



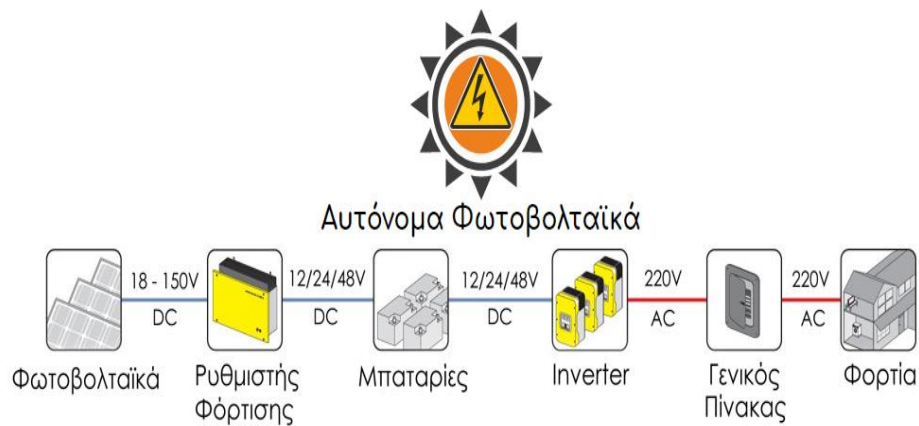
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ



Φοιτητής: Καραγιαννίδης Ευάγγελος
ΑΜ: 48346851

Επιβλέπων Καθηγητής

Γεώργιος Βόκας
Καθηγητής

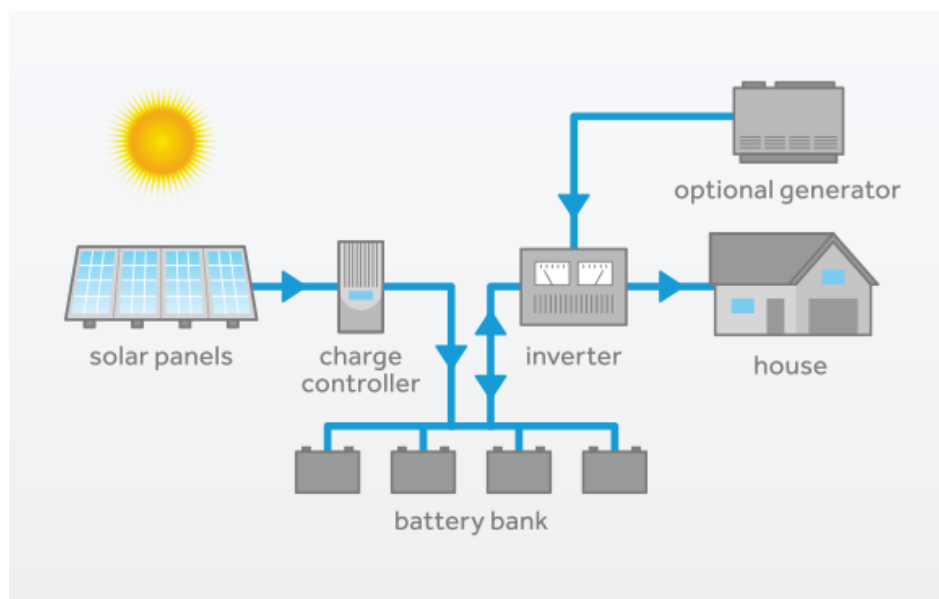
ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, Οκτώβρης 2021



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Diploma Thesis

OFF GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEMS WITH BATTERIES AND PROJECTS WITH REAL MARKET PRODUCTS



Student: Karagiannidis Evangelos
Registration Number: 48346851

Supervisor

Georgios Vokas
Professor

ATHENS-EGALEO, October 2021

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Γεώργιος Βόκας Καθηγητής	Παναγιώτης Παπαγέωργας Καθηγητής	Σταύρος Καμινάρης Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

Καραγιαννίδης Ευάγγελος, Οκτώβριος, 2021

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή 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 τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Καραγιαννίδης Ευάγγελος του Παύλου, με αριθμό μητρώου 48346851 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι 30/12/2021 και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος καθηγητή.»

Ο Δηλών

Καραγιαννίδης Ευάγγελος

(Υπογραφή)



Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Βόκα Γεώργιο για τις υποδείξεις του και την διάθεση που έδειξε ώστε να λυθούν όλες οι απορίες που μου γεννήθηκαν κατά τη διάρκεια συγγραφής της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Περίληψη

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αναλύει την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας μέσω της χρήσης αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων. Αρχικά αναφέρονται διάφορες πηγές ενέργειας, ανανεώσιμες και μη, μιας και οι ανανεώσιμες έχουν σκοπό να πάρουν τη θέση των παραδοσιακών πηγών ενέργειας. Στη συνέχεια γίνεται μια γενική αναφορά στα φωτοβολταϊκά πάνελ και γενικότερα στα είδη των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Επίσης εξηγείται αναλυτικά η δομή ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος και των συστημάτων που το απαρτίζουν. Τέλος, συναντάμε ορισμένα προϊόντα της αγοράς τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα ανά τον κόσμο και επιπλέον γίνεται μια διαστασιολόγηση για τρεις οικίες μέσω του προγράμματος προσομοίωσης PVSyst.

Λέξεις κλειδιά: αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα, αποθήκευση ενέργειας, ηλιακή ενέργεια, μπαταρίες, pvsyst, προσημείωση

Abstract

This dissertation analyzes the exploitation of solar energy through the use of autonomous photovoltaic systems. First of all, various energy sources are mentioned (renewable and non-renewable) as the renewable ones are keen on taking the place of traditional energy sources. Then a general reference is made to photovoltaic panels and generally to the types of photovoltaic systems are used around the world. Also, there is an explanation over the structure of an autonomous photovoltaic system and the parts that are concluded on it. Finally, there are some famous products which are being referred . Last but not least there is a detailed sizing of three off grid systems by using the well-known PVSyst 7.1 application.

Key-words: stand alone (off grid) photovoltaic system, stored energy, solar energy, batteries, pvsyst, simulation

Contents

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.....	1
Δομή	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	2
1.1 Γενικά	2
1.2 Κύριες πηγές ενέργειας.....	2
1.2.1 Λιγνίτης	3
1.2.2 Πυρηνική ενέργεια.....	3
1.2.3 Πετρέλαιο	3
1.2.4 Φυσικό αέριο	4
1.3 Φαινόμενο του θερμοκηπίου	4
1.4 Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.....	5
1.4.1 Βιομάζα	5
1.4.2 Αιολική ενέργεια	5
1.4.3 Γεωθερμική ενέργεια	6
1.4.4 Υδραυλική ενέργεια	6
1.4.5 Θερμοκρασιακές διαφορές του νερού της θάλασσας	7
1.4.6 Ηλιακή ενέργεια.....	7
1.5 Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία	8
1.6 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα	8
1.7 Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	9
1.8 Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	11
2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	11
2.2 Συνιστώσες μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας.....	11
2.2.1 Ενθυσάλκωση.....	12
2.3 Διάκριση μεταξύ ηλιακών συλλεκτών	13
2.3.1 Φωτοβολταϊκά πάνελ πρώτης γενιάς.....	13
2.3.2 Φωτοβολταϊκά πάνελ δεύτερης γενιάς	13
2.3.3 Φωτοβολταϊκά πάνελ τρίτης γενιάς	14
2.4 Τρόποι σύνδεση φωτοβολταϊκών στοιχείων	14
2.5 Βασικοί τύποι φ/β συστημάτων	16
2.6 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών	17
2.7 Πληροφορίες για φ/β στον ελληνικό χώρο	18

2.8 Ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (STC).....	19
2.9 Μέγιστο σημείο λειτουργίας (MPP)- Χαρακτηριστική Καμπύλη I-V και P-V.....	19
2.10 Προσανατολισμός και βέλτιστη κλίση φ/β πλαισίων.....	19
2.11 Το ρεύμα που παράγει ένα φωτοβολταϊκό πάνελ.....	20
2.12 Πάχος των καλωδίων.....	21
2.13 Μέθοδοι αύξησης απόδοσης φ/β συστημάτων.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΟΜΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ.....	22
3.1 Γενικά.....	22
3.2 Λειτουργία αυτόνομου φωτοβολταϊκού.....	22
3.3 Τα μέρη που αποτελούν ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.....	23
3.4 Βασικές διατάξεις και όργανα ελέγχου.....	31
3.4.1 Δίοδοι.....	32
3.4.2 Μετατροπέας.....	33
3.4.3 inverter-αντιστροφέας.....	33
3.5 Πυκνωτής στην έξοδο του φ/β.....	36
3.6 Σύστημα προστασίας – ασφάλειας ανθρώπων και φ/β.....	36
3.7 Νησιδοποίηση (islanding protection).....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ.....	38
4.1 Φωτοβολταϊκά πάνελ.....	38
4.2 Ρυθμιστές φόρτισης.....	43
4.3 Μπαταρίες.....	47
4.4 Inverter.....	51
4.5 Καλώδια & Ακροδέκτες.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ Φ/Β.....	66
5.1 Εισαγωγή.....	66
5.2 Θεωρητικός υπολογισμός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.....	66
5.3 Επιλογή καλωδίων.....	68
5.4 Οδηγός χρήσης εγκατάστασης.....	69
5.5 Οικονομοτεχνική μελέτη.....	69
5.5.1 Κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος.....	70
5.5.2 Κόστος συστήματος αποθήκευσης.....	70
5.6 Εισαγωγή στο πρόγραμμα προσομοίωσης PVsyst.....	72
5.7 Παραδείγματα κατανόησης - υπολογισμού.....	80
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	116
Βιβλιογραφία.....	117

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εύκολα μπορεί να παρατηρήσει κανείς τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην καθημερινότητα μας. Συνεπώς η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί ίσως μια από τις μοναδικές ευκαιρίες που έχουμε στα χέρια μας με σκοπό να περιορίσουμε όσο μπορούμε τις διαστάσεις της κλιματικής αλλαγής. Η αφθονία της ηλιακής ενέργειας στη χώρα μου έδωσε την αφορμή να ασχοληθώ με τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι να αναδείξει το πως καλύπτονται οι ανάγκες ενός οποιουδήποτε χώρου (οικεία, χώρος εργασίας, αποθήκη κ.α.) μέσω της εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς της ηλιακής ενέργειας με τη χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ. Για την επίτευξη του στόχου μας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα προσομοίωσης PVsyst.

Δομή

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο γίνεται αναφορά στις παραδοσιακές μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται ανά τον κόσμο και στη συνέχεια αναφέρονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που τείνουν να τις αντικαταστήσουν. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα φωτοβολταϊκά πάνελ και στον τρόπο που αυτά λειτουργούν. Επιπλέον, αναφέρονται οι κατηγορίες των πάνελ με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Τέλος, αναφέρονται οι διαδικασίες που ουσιαστικά βελτιστοποιούν την απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος. Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται τα μέρη του αυτόνομου φωτοβολταϊκού, τα χαρακτηριστικά τους αλλά και ο τρόπος και το σημείο σύνδεσής τους. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια επιγραμματική αναφορά ορισμένων προϊόντων που υπάρχουν στην αγορά και προέρχονται από εταιρίες που βρίσκονται στο χώρο των αυτόνομων φωτοβολταϊκών. Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο πραγματοποιείται η μελέτη, η οποία στην αρχή γίνεται με θεωρητικούς υπολογισμούς και στη συνέχεια γίνεται χρήση του προγράμματος προσομοίωσης με σκοπό να υπάρξει σύγκριση των αποτελεσμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Γενικά

Είναι αδιαμφισβήτητο πως η ενέργεια αποτελεί μια ανάγκη της καθημερινότητας όπως το φαγητό και το νερό. Με την πάροδο των χρόνων υπήρξε σημαντική αύξηση στον πληθυσμό της γης που είναι άμεσα ανάλογη με την ενέργεια που καταναλώνεται σε καθημερινή βάση. Όλα τα πιθανά gadgets και ο νέος εξοπλισμός που διαθέτει ο καθένας από μας χρειάζονται άλλα περισσότερο και άλλα λιγότερο, κάποιο είδος ενέργειας για να λειτουργήσουν.

Με την εξάντληση των ορυκτών καυσίμων, καθίσταται απαραίτητο να προσδιοριστεί η βιώσιμη ανανεώσιμη ενέργεια και οι ενεργειακοί πόροι που μπορούν να μειώσουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο άφθονη μορφή ενέργειας που έχουμε στη διάθεσή μας. Κατά προσέγγιση ηλιακή ενέργεια αξίας 10000 TW πέφτει στην επιφάνεια της γης σε μια μέρα (Bosshard, 2006).

Με βάση μια τοποθέτηση, η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας το 2015 ήταν 17,4 TW συνολικά (Seeger, 2016) και υπάρχει μια ελάχιστη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας κάθε χρόνο, περίπου 1-1,5%.

Έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες που εμφανίζουν μεγάλη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας στον κόσμο. Συγκεκριμένα αναμένεται αύξηση έως και 56% έως το έτος 2040.

Παρά αυτό το ενεργειακό δυναμικό που έχουμε στη διάθεσή μας, η τρέχουσα χρήση της ηλιακής ενέργειας είναι λιγότερο από 5% παγκοσμίως. Υπάρχουν χώρες που αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες για μετάβαση από τη χρήση βλαβερών καυσίμων σε ηλιακές εφαρμογές. Αυτές οι χώρες σχηματίζουν μια ομάδα που ονομάζεται G-20 και έχουν αναλάβει να βρουν λύσεις για την χρησιμοποίηση των ανανεώσιμων πόρων ενέργειας σε βάρος των υπολοίπων.

Η Γερμανία αποτελεί μία από τις πιο ισχυρές χώρες στον κόσμο που δίνουν το καλό παράδειγμα μιας και καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες σε ποσοστό περίπου 38% μέσω της ηλιακής ενέργειας και στοχεύει στην πλήρη αντικατάσταση της πυρηνικής με την ηλιακή έως το έτος 2050.

Υπάρχουν όμως πάρα πολλές χώρες που έχουν άφθονο ηλιακό δυναμικό και δεν το εκμεταλλεύονται συνεπώς θα ήταν συνετό να πάρουν μαθήματα από τη Γερμανία και τις πράξεις της, διότι εκμεταλλεύεται στο έπακρο το δυναμικό που διαθέτει σαν χώρα.

Είναι γεγονός πως τα ορυκτά καύσιμα κάποια στιγμή θα εξαντληθούν αλλά εκτός αυτού, η εκτεταμένη χρήση τους επιφέρει ορισμένες σοβαρές συνέπειες άμεσες προς το περιβάλλον αλλά και έμμεσες προς τον άνθρωπο. Μέσω της καύσης των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργεια υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, απελευθερώνεται CO₂ στην ατμόσφαιρα το οποίο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου το οποίο θα αναλυθεί στην συνέχεια.

Είναι αξιοθαύμαστο το γεγονός πως ένα ηλιακό πλαίσιο 4 KW που χρησιμοποιείται σε σπίτια για 25 χρόνια μπορεί να αντισταθμίσει 199.697 λίβρες CO₂. Κατανοούμε λοιπόν το πόσο μεγάλο αντίκτυπο μπορεί να έχει ένα μόνο σπίτι στην προστασία του περιβάλλοντος χρησιμοποιώντας ηλιακούς συλλέκτες.

1.2 Κύριες πηγές ενέργειας

Κάθε φυσικός πόρος που μας δίνει ενέργεια μπορεί να χαρακτηριστεί ως φυσική ενέργεια. Υπάρχουν δύο μορφές ενέργειας, οι ανανεώσιμες και οι μη ανανεώσιμες. Ανανεώσιμες καλούνται αυτές που δεν κινδυνεύουν με εξαφάνιση, υπάρχουν γύρω μας στο φυσικό περιβάλλον και μπορούμε να τις εκμεταλλευόμαστε απεριόριστα όπως είναι η ηλιακή, η αιολική, η υδραυλική ενέργεια και άλλες. Από την άλλη, στις μη ανανεώσιμες συγκαταλέγονται αυτές που αργά ή γρήγορα κάποια στιγμή θα εξαντληθούν διότι προέρχονται από εξορύξεις και μοιραία θα τελειώσουν τα αποθέματα. Αυτές είναι το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο γαιάνθρακας κ.α.

1.2.1 Λιγνίτης

Ο λιγνίτης ή αλλιώς άνθρακας είναι ένα σκούρο καφέ έως μαύρο εύφλεκτο ορυκτό που σχηματίζεται εδώ και εκατομμύρια χρόνια από τη μερική αποσύνθεση του φυτικού υλικού που υπόκειται σε αυξημένη πίεση και θερμοκρασία σε μια ατμόσφαιρα χωρίς αέρα. Τα αποθέματα λιγνίτη στην ουσία δημιουργήθηκαν από τόνους νεκρών και αποσυντιθέμενων φυτών σε μια βαλτώδη ατμόσφαιρα πριν από 50 έως 70 εκατομμύρια χρόνια.



Η περιεκτικότητα θέρμανσης του λιγνίτη είναι περίπου 7.000 Btus ανά λίβρα και η περιεκτικότητα σε νερό είναι περίπου 35% ενώ πρέπει να τονιστεί πως η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από λιγνίτη είναι άφθονη, χαμηλού κόστους, αξιόπιστη και περιβαλλοντικά βιώσιμη. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως ο λιγνίτης προκαλεί συχνά συγκρούσεις ανάμεσα στους μόνιμους κατοίκους μιας περιοχής και της εκάστοτε κυβέρνησης, μιας και η εγκατάσταση ενός τέτοιου εργοστασίου αφενός υποβαθμίζει την περιοχή και αφετέρου μπορεί να προκαλέσει πολύ σοβαρά προβλήματα υγείας στους ντόπιους.

1.2.2 Πυρηνική ενέργεια

Η πυρηνική ή ατομική ενέργεια αποτελεί μια εξωπραγματική μορφή ενέργειας. Προέρχεται από τον διαχωρισμό ατόμων ουρανίου, μια διαδικασία που ονομάζεται σχάση. Έτσι παράγεται θερμότητα για την παραγωγή ατμού, ο οποίος χρησιμοποιείται από μια γεννήτρια στροβίλων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, λόγω του ότι οι πυρηνικοί σταθμοί δεν καίνε καύσιμα, δεν παράγουν εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Από την άλλη μεριά, μια σημαντική περιβαλλοντική ανησυχία που σχετίζεται με την πυρηνική ενέργεια είναι η δημιουργία ραδιενεργών αποβλήτων (ουράνιο), αναλωμένα (μεταχειρισμένα) καύσιμα αντιδραστήρων και άλλα ραδιενεργά απόβλητα. Αυτά τα υλικά μπορούν να παραμείνουν ραδιενεργά και επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία για χιλιάδες χρόνια (βλ. Τσερνόμπιλ).



Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Πυρηνικής Ενέργειας (NEI), οι Ηνωμένες Πολιτείες απέφυγαν περισσότερους από 476 εκατομμύρια μετρικούς τόνους εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα το 2019, ένα πραγματικά πολύ σημαντικό νούμερο.

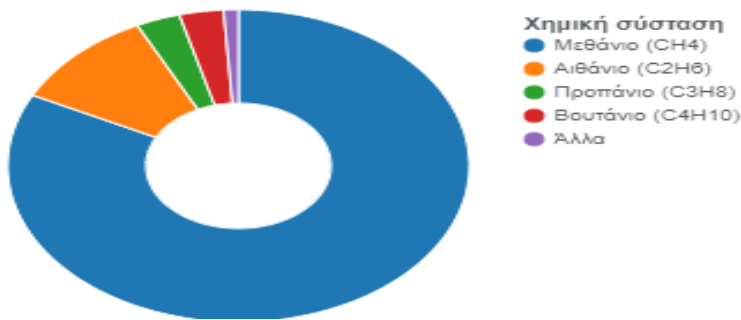
Στις μέρες μας υπάρχουν 31 χώρες που παράγουν το 14% του ηλεκτρισμού παγκοσμίως, μέσω των 439 πυρηνικών αντιδραστήρων που βρίσκονται σε λειτουργία αυτή τη στιγμή.

1.2.3 Πετρέλαιο

Το αργό πετρέλαιο (ή αλλιώς μαύρος χρυσός) αποτελεί ένα μείγμα υδρογονανθράκων που υπάρχει σε υγρή μορφή σε φυσικές υπόγειες δεξαμενές και παραμένει υγρό σε ατμοσφαιρική πίεση μετά από διέλευση από εγκαταστάσεις διαχωρισμού. Εξάγεται μέσω γεωτρήσεων (βλ. εικόνα) και χρησιμοποιείται για μεταφορά, θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ υπάρχουν πάνω από 160 διαφορετικοί τύποι αργού πετρελαίου με τους πιο γνωστούς απ' αυτούς να είναι το West Texas Intermediate (WTI), το Brent Crude, το OPEC Reference Basket, το Dubai Crude, το Bonny Light κ.α. Η καύση του απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), οξείδια αζώτου (NO_x) και οξείδια θείου (SO) τα οποία είναι υπεύθυνα σε μεγάλο βαθμό για την κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως με τα τρέχοντα επίπεδα κατανάλωσης πετρελαίου έχει υπολογιστεί πως απομένουν περί τα 47 χρόνια χρήσης του πριν εξαντληθεί.

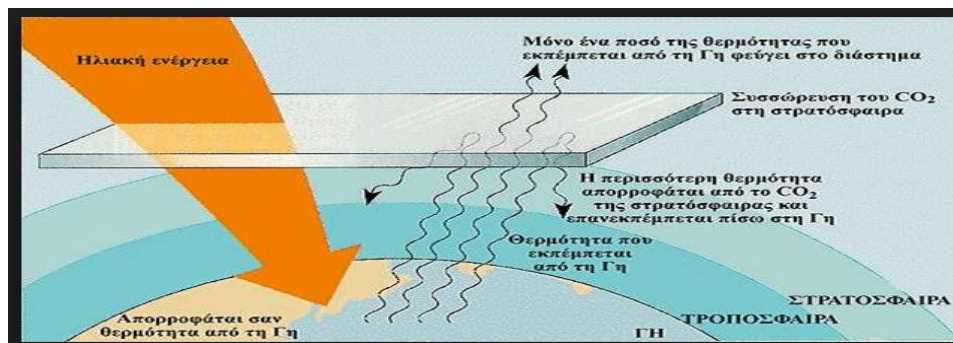


1.2.4 Φυσικό αέριο



Το φυσικό αέριο είναι ένα φυσικό αέριο μείγμα υδρογονανθράκων που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, αλλά συνήθως περιλαμβάνει διάφορες ποσότητες άλλων υψηλότερων αλκανίων και μερικές φορές ένα μικρό ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα, αζώτου, υδρόθειου ή ηλίου. Είναι ορυκτό καύσιμο και σχηματίζεται όταν στρώματα αποσυντιθέμενης φυτικής και ζωικής ύλης εκτίθενται σε έντονη θερμότητα και πίεση κάτω από την επιφάνεια της Γης για εκατομμύρια χρόνια, ενώ τα φυτά αυτά είχαν αρχικά αποκτήσει ενέργεια από τον ήλιο η οποία αποθηκεύεται με τη μορφή χημικών δεσμών στο αέριο. Ικανοποιεί τη σχέση με τα 3Α είναι δηλαδή άχρωμο, άοσμο και άγευστο και αποτελεί κύρια πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η χημική του σύσταση αποτελείται από διάφορα συστατικά τα οποία φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.

1.3 Φαινόμενο του θερμοκηπίου



Πρόκειται για την θέρμανση της επιφάνειας της Γης που προκαλείται από την παρουσία υδρατμών, διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και ορισμένων άλλων αερίων στον αέρα (γνωστά και ως αέρια του θερμοκηπίου). Από τα αέρια που προαναφέρθηκαν, οι υδρατμοί έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση. Στην ουσία ορισμένα απ' αυτά τα αέρια στην ατμόσφαιρα μοιάζουν με γυαλί σε ένα θερμοκήπιο, επιτρέποντας στο φως του ήλιου να περάσει στο «θερμοκήπιο», αλλά εμποδίζοντας τη θερμότητα της Γης να διαφύγει στο διάστημα. Τα αέρια αυτά όμως δεν έχουν μόνο περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά ευθύνονται και για την εμφάνιση συγκεκριμένων προβλημάτων στην υγεία των ανθρώπων. Συγκεκριμένα, συμβάλουν στην αναπνευστική νόσο από την αιθαλομίχλη. Παράλληλα, οι ακραίες καιρικές συνθήκες, οι διακοπές της τροφοδοσίας και οι αυξημένες πυρκαγιές είναι μερικά από τα προβλήματα που προκαλούν τα συγκεκριμένα αέρια. Αν υπήρχε η απουσία του συγκεκριμένου φυσικού φαινομένου, τότε η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν αισθητά χαμηλότερη καθώς θα έφτανε τους -20°C αντί για +15°C που είναι σήμερα, πράγμα που σημαίνει πως δεν θα υπήρχε ζωή με την έννοια που ξέρουμε. Επειδή λοιπόν το φαινόμενο του θερμοκηπίου συμμετέχει ενεργά στη διασφάλιση της καθημερινότητας μας πρέπει όλοι να προσπαθήσουμε να μειώσουμε την εξάπλωσή του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ποδηλάτου και Μ.Μ.Μ. αντί για την καθημερινή χρήση του προσωπικού μας αυτοκινήτου για να περιοριστούν οι βλαβερές εκπομπές αερίων, ενώ παράλληλα και η πολιτεία θα μπορούσε να βοηθήσει με την κατασκευή μεγάλων πεζοδρομίων αλλά και ποδηλατοδρόμων.

1.4 Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που συχνά αναφέρονται ως καθαρή ενέργεια, προέρχονται από φυσικές πηγές ή διαδικασίες που ανανεώνονται συνεχώς και μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή ασφάλεια και στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Για παράδειγμα, το φως του ήλιου ή ο άνεμος συνεχίζουν να λάμπουν και να φυσούν ανεξάρτητα από το χρόνο και το καιρό. Όσον αφορά τις ανανεώσιμες πηγές υπάρχει ένα ερώτημα που απασχολεί πολύ κόσμο και αυτό δεν είναι άλλο από το αν οι Α.Π.Ε. έχουν τη δυνατότητα να καλύψουν στο 100% τις καθημερινές ανάγκες των ανθρώπων ανά τον κόσμο. Σύμφωνα με μια έκθεση του Πανεπιστημίου LUT στη Φινλανδία και του Energy Watch Group, ενός γερμανικού μη κερδοσκοπικού οργανισμού, η απάντηση είναι ναι. Μαζί, θα καλύπτουν το 88% του συνολικού ενεργειακού εφοδιασμού.

Οι Α.Π.Ε. που εκμεταλλεύεται σήμερα ο άνθρωπος κατά κόρον είναι οι ακόλουθες:



1.4.1 Βιομάζα

Η βιομάζα είναι οργανική ύλη που προέρχεται από ζωντανά φυτά και οργανισμούς και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους στην καθημερινή μας ζωή, όχι μόνο για προσωπική χρήση, αλλά και για επιχειρήσεις. Η χρήση ξύλου στο τζάκι για παράδειγμα είναι μια μορφή βιομάζας που γνωρίζουν οι περισσότεροι άνθρωποι. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας μέσω της χρήσης βιομάζας. Αυτό μπορεί να γίνει με καύση βιομάζας, ή αξιοποίηση αερίου-μεθανίου που παράγεται από τη φυσική αποσύνθεση οργανικών υλικών σε λίμνες ή ακόμη και χώρους υγειονομικής ταφής. Στα οφέλη της χρήσης της βιομάζας συγκαταλέγεται το γεγονός ότι δημιουργείται διοξείδιο του άνθρακα που τίθεται στον αέρα, το οποίο καταναλώνεται από την αναγέννηση των νέων φυτών με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια ισορροπημένη ατμόσφαιρα. Τέλος, παρ' όλο που η βιομάζα έχει πολλές προοπτικές ώστε να βοηθήσει τον άνθρωπο και τον κόσμο γενικότερα, δεν υπάρχει ακόμη η απαραίτητη τεχνολογία για τη χρήση της αντί των ορυκτών καυσίμων.



1.4.2 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας, που σημαίνει ότι δεν μολύνει τον αέρα όπως άλλες μορφές ενέργειας. Δεν παράγει διοξείδιο του άνθρακα ούτε απελευθερώνει επιβλαβή προϊόντα που μπορούν να προκαλέσουν περιβαλλοντική υποβάθμιση ή να επηρεάσουν αρνητικά την υγεία του ανθρώπου, όπως αιθαλομίχλη, όξινη βροχή ή άλλα αέρια παγίδευσης θερμότητας. Τεχνικά, η αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ηλιακής ενέργειας. Το φαινόμενο που ονομάζουμε «άνεμος» προκαλείται από τις διαφορές στη θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα σε συνδυασμό με την περιστροφή της Γης και τη γεωγραφία του πλανήτη.



Οι επενδύσεις στην τεχνολογία αιολικής ενέργειας μπορούν επίσης να ανοίξουν νέους δρόμους για θέσεις εργασίας και επαγγελματική κατάρτιση, καθώς οι ανεμογεννήτριες πρέπει να συντηρούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα για να συνεχίσουν να λειτουργούν και να αποδίδουν όπως πρέπει.

Επιπλέον, τα αιολικά πάρκα συλλαμβάνουν την ενέργεια της ροής του ανέμου χρησιμοποιώντας στρόβιλους και μετατρέποντάς την σε ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχουν διάφορες μορφές συστημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της αιολικής ενέργειας και το καθένα ποικίλλει. Τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αιολική ενέργεια μπορούν να τροφοδοτήσουν πολλούς διαφορετικούς αποδέκτες, ενώ οι ανεμογεννήτριες με έναν άνεμο χρησιμοποιούνται για τη συμπλήρωση προϋπαρχόντων ενεργειακών αναγκών. Μια άλλη μορφή είναι τα αιολικά πάρκα τα οποία αγοράζονται με σύμβαση ή χονδρική πώληση.

Όπως κάθε νέα τεχνολογία που προκύπτει έχει τα θετικά της, έτσι υπάρχουν και τα αρνητικά της. Δεδομένου ότι τα αιολικά πάρκα τείνουν να κατασκευάζονται σε αγροτικές ή απομακρυσμένες περιοχές, συνήθως απέχουν πολύ από τις πολυσύχναστες πόλεις όπου χρειάζονται περισσότερο ο ηλεκτρισμός. Η αιολική ενέργεια πρέπει να μεταφέρεται μέσω γραμμών μετάβασης, με αποτέλεσμα υψηλότερο κόστος. Αν και οι ανεμογεννήτριες παράγουν πολύ λίγη ρύπανση, ορισμένες πόλεις τις αντιτίθενται καθώς κυριαρχούν στους ουρανούς και παράγουν θόρυβο. Οι ανεμογεννήτριες απειλούν επίσης την τοπική άγρια φύση όπως τα πουλιά, τα οποία μερικές φορές σκοτώνονται χτυπώντας τα χέρια της τουρμπίνας ενώ πετούν.

1.4.3 Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμική είναι η θερμότητα που παγιδεύτηκε κάτω από τον φλοιό της γης κατά το σχηματισμό της Γης πριν από 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια και από τη ραδιενεργή διάσπαση. Μερικές φορές μεγάλες ποσότητες αυτής της θερμότητας διαφεύγουν φυσικά και έτσι προκύπτουν μερικά γνωστά μας περιστατικά, όπως ηφαιστειακές εκρήξεις και θερμοπίδακες.

Αυτή η θερμότητα μπορεί να συλληφθεί και να

χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας

χρησιμοποιώντας ατμό που προέρχεται από το θερμαινόμενο νερό που αντλείται κάτω από την επιφάνεια, το οποίο στη συνέχεια ανεβαίνει στην κορυφή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία ενός στρόβιλου. Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι τόσο συνηθισμένη όσο και άλλοι τύποι ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά έχει σημαντικό ενεργειακό δυναμικό και δεδομένου ότι αναπληρώνεται φυσικά δεν διατρέχει κίνδυνο εξάντλησης. Παρ' όλα τα κύρια μειονεκτήματά της είναι ότι αποτελεί μια άκρως δαπανηρή επένδυση όσον αφορά την κατασκευή της υποδομής και εμφανίζει ευπάθεια σε σεισμούς σε ορισμένες περιοχές του κόσμου.



1.4.4 Υδραυλική ενέργεια

Οι άνθρωποι όταν ακούμε υδροηλεκτρική ή υδραυλική ενέργεια σκεφτόμαστε αμέσως ένα φράγμα. Αυτή λοιπόν είναι η ενέργεια που αποταμιεύεται ως δυναμική μέσω μεγάλων ποσοτήτων νερού που εξαιτίας της δύναμης της βαρύτητας πέφτουν από μεγάλο υψόμετρο. Στη συνέχεια, η ενέργεια που προκύπτει μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας (ηλεκτρική) ή χρησιμοποιείται αυτούσια επιτόπου (νερόμυλοι). Τα μειονεκτήματά της συγκεκριμένης εναλλακτικής μορφής ενέργειας είναι πως ναι μεν δεν μολύνει τον αέρα, διαταράσσει όμως τις πλωτές οδούς και επηρεάζει αρνητικά τα ζώα που ζουν σε αυτά,

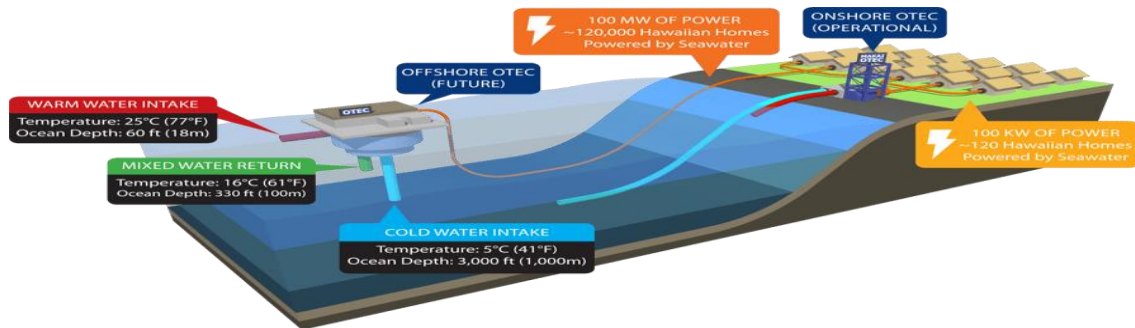


αλλάζοντας τα επίπεδα του νερού, τα ρεύματα και τις διαδρομές μετανάστευσης για πολλά ψάρια και άλλα οικοσυστήματα γλυκού νερού, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις όπου τα συστήματα αποθήκευσης ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Καραγιαννίδης Ευάγγελος

ενδέχεται να χρειαστεί να χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα για την άντληση νερού.

Στην Ελλάδα έχουμε καταφέρει μέσω της υδροηλεκτρικής ενέργειας να καλύπτεται περί το 10% των ενεργειακών μας αναγκών.

1.4.5 Θερμοκρασιακές διαφορές του νερού της θάλασσας



Ο ωκεανός μπορεί να παράγει δύο τύπους ενέργειας: θερμική και μηχανική. Η θερμική ενέργεια του ωκεανού βασίζεται στις θερμοκρασίες της επιφάνειας του ζεστού νερού για την παραγωγή ενέργειας μέσω μιας ποικιλίας διαφορετικών συστημάτων. Η μηχανική ενέργεια του ωκεανού χρησιμοποιεί τις άμπωτες και τις ροές των παλιρροιών για να παράγει ενέργεια, η οποία δημιουργείται από την περιστροφή και τη βαρύτητα της γης από το φεγγάρι.

Σε αντίθεση με άλλες μορφές ενέργειας, η κυματική είναι προβλέψιμη και είναι εύκολο να εκτιμηθεί η ποσότητα ενέργειας που θα παραχθεί. Αντί να βασίζεται σε διάφορους παράγοντες, όπως ο ήλιος και ο άνεμος, η ενέργεια των κυμάτων είναι πολύ πιο συνεπής. Αυτός ο τύπος ανανεώσιμης ενέργειας είναι επίσης άφθονος, οι πιο πυκνοκατοικημένες πόλεις τείνουν να είναι κοντά σε ωκεανούς και λιμάνια, καθιστώντας ευκολότερη την εκμετάλλευση αυτής της ενέργειας για τον τοπικό πληθυσμό. Το δυναμικό της κυματικής ενέργειας είναι ένας εκπληκτικός ακόμη ανεκμετάλλευτος ενεργειακός πόρος με εκτιμώμενη ικανότητα παραγωγής 2640 TWh / έτος. Εκείνοι που ζουν κοντά στον ωκεανό επωφελούνται σίγουρα από την κυματική ενέργεια, αλλά όσοι ζουν σε στεγασμένες πολιτείες δεν θα έχουν άμεση πρόσβαση σε αυτήν την ενέργεια. Ένα άλλο μειονέκτημα για την ενέργεια των ωκεανών είναι ότι μπορεί να διαταράξει τα πολλά ευαίσθητα οικοσυστήματα του ωκεανού. Παρόλο που είναι μια πολύ καθαρή πηγή ενέργειας, πρέπει να κατασκευαστούν μεγάλα μηχανήματα σε κοντινή απόσταση για να βοηθήσουν στη σύλληψη αυτής της μορφής ενέργειας, η οποία μπορεί να προκαλέσει διαταραχές στον πυθμένα του ωκεανού και τη θαλάσσια ζωή που την κατοικεί. Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ο καιρός, όταν εμφανίζεται τραχύς καιρός, αλλάζει τη συνέπεια των κυμάτων, παράγοντας έτσι χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση σε σύγκριση με τα κανονικά κύματα χωρίς θυελλώδη καιρό.

1.4.6 Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιεί το φως και τη θερμότητα του ήλιου για να παράγει ανανεώσιμη ή «πράσινη» ισχύ. Η πιο κοινή μορφή ηλιακής ενέργειας αξιοποιείται από ηλιακούς συλλέκτες ή φωτοβολταϊκά κύτταρα. Σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας ή σε μεγάλες εκτάσεις γενικότερα, είναι τοποθετημένοι σχεδόν από άκρη σε άκρη για να συλλάβουν το φως του ήλιου. Πολλές φορές τους συναντάμε πάνω από σπίτια και στις ταράτσες άλλων κτηρίων. Τα κελιά δημιουργούνται από υλικά ημιαγωγών. Οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να παράγουν ενέργεια για χιλιάδες ανθρώπους ταυτόχρονα. Οι ηλιακοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν μια ποικιλία τεχνικών για την παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιώντας τον ήλιο. Η ενέργεια του ήλιου χρησιμοποιείται για να βράσει νερό το οποίο,



με τη σειρά του, οδηγείται στον ατμοστρόβιλο για να παράξει ενέργεια με παρόμοιο τρόπο με αυτόν του άνθρακα ή των πυρηνικών σταθμών.

1.5 Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

Υπάρχουν τρία είδη ακτινοβολίας που φτάνουν στη Γη. Οι τρεις σχετικές ζώνες, ή περιοχές, κατά μήκος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι υπεριώδεις, ορατές (PAR) και υπέρυθρες. Από το φως που φτάνει στην επιφάνεια της Γης, η υπέρυθρη ακτινοβολία αποτελεί το 49,4%, ενώ το ορατό φως παρέχει 42,3%, ενώ η υπεριώδης ακτινοβολία αντιπροσωπεύει λίγο περισσότερο από το 8% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας. Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της Γης χωρίς να διαχέεται ονομάζεται ηλιακή ακτινοβολία άμεσης δέσμης. Το άθροισμα της διάχυτης και άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ονομάζεται παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία, ενώ οι ατμοσφαιρικές συνθήκες μπορούν να μειώσουν την άμεση ακτινοβολία δέσμης κατά 10% σε καθαρές ημέρες και κατά 100% κατά τη διάρκεια συννεφιασμένων ημερών.

Όταν οι ακτίνες του ήλιου είναι κάθετες σε μια απορροφητική επιφάνεια, η ακτινοβολία σε αυτήν την επιφάνεια έχει την υψηλότερη δυνατή πυκνότητα ισχύος. Καθώς η γωνία μεταξύ του ήλιου και της απορροφητικής επιφάνειας αλλάζει, η ένταση του φωτός στην επιφάνεια μειώνεται.

Η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στη Γη χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: την άμεση και την έμμεση. Η κατηγοριοποίηση τους συνδέεται τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν εκείνη τη στιγμή αλλά και τη θέση που βρίσκεται ο ήλιος. Η άμεση, που αποτελεί περίπου το 60% της συνολικής, έχει περισσότερη ενέργεια και πρόκειται για την ακτινοβολία που πέφτει κατευθείαν σε ένα φωτοβολταϊκό σε αντίθεση με την έμμεση στη διάχυση του φωτός που αντανακλά σε άλλες επιφάνειες.

Υπάρχουν τρία είδη συστημάτων μέσω των οποίων καταφέρνουμε να εκμεταλλευτούμε την ηλιακή ενέργεια. Αυτά είναι τα φωτοβολταϊκά, τα παθητικά και τα ενεργητικά συστήματα.

1.6 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Ένα ενεργό σύστημα ηλιακής ενέργειας είναι ένα ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού ή χώρου που



χρησιμοποιεί αντλίες ή ανεμιστήρες για την κυκλοφορία του υγρού από τους ηλιακούς συλλέκτες σε ένα υποσύστημα δεξαμενής αποθήκευσης. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ενεργών συστημάτων ηλιακής θέρμανσης με βάση τον τύπο του υγρού - είτε υγρού είτε αέρα - που θερμαίνεται στους συλλέκτες ηλιακής ενέργειας. Τα συστήματα με βάση τα υγρά θερμαίνουν το νερό ή ένα αντιψυκτικό διάλυμα σε έναν «υδρονικό» συλλέκτη, ενώ τα συστήματα που βασίζονται στον αέρα θερμαίνουν τον αέρα σε έναν συλλέκτη αέρα.

Και τα δύο αυτά συστήματα συλλέγουν και απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και μετά μεταφέρουν την ηλιακή θερμότητα απευθείας στον εσωτερικό χώρο ή σε ένα σύστημα αποθήκευσης, από το οποίο κατανέμεται η θερμότητα. Εάν το σύστημα δεν μπορεί να παρέχει επαρκή θέρμανση χώρου, ένα βοηθητικό ή εφεδρικό σύστημα παρέχει την επιπλέον θερμότητα. Τα συστήματα υγρών χρησιμοποιούνται

συχνότερα όταν περιλαμβάνεται η αποθήκευση και είναι κατάλληλα για συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία, λέβητες με καλοριφέρ ζεστού νερού ακόμη και αντλίες θερμότητας απορρόφησης και ψυγεία. Τόσο τα συστήματα αέρα όσο και τα υγρά μπορούν να συμπληρώσουν συστήματα αναγκαστικού αέρα.

1.7 Παθητικά ηλιακά συστήματα

Ένα παθητικό ηλιακό σπίτι συλλέγει θερμότητα καθώς ο ήλιος λάμπει μέσω παραθύρων με νότιο προσανατολισμό και τη διατηρεί σε υλικά που αποθηκεύουν θερμότητα, γνωστή ως θερμική μάζα. Το μερίδιο του θερμικού φορτίου του σπιτιού που μπορεί να καλύψει ο παθητικός ηλιακός σχεδιασμός ονομάζεται παθητικό ηλιακό κλάσμα και εξαρτάται από την περιοχή των υαλοπινάκων και την ποσότητα της θερμικής μάζας. Η ιδανική αναλογία θερμικής μάζας προς υαλοπίνακα ποικίλλει ανάλογα με το κλίμα. Τα καλά σχεδιασμένα παθητικά ηλιακά σπίτια παρέχουν επίσης το φως της ημέρας όλο το χρόνο και άνεση κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης μέσω της χρήσης νυχτερινού αερισμού.

Για να είναι επιτυχής, ένας παθητικός ηλιακός σχεδιασμός σπιτιού πρέπει να περιλαμβάνει ορισμένα βασικά στοιχεία.

Σωστά προσανατολισμένα παράθυρα: Συνήθως, τα παράθυρα ή άλλες συσκευές που συλλέγουν ηλιακή ενέργεια πρέπει να βλέπουν μέσα σε 30⁰ το νότο και δεν πρέπει να σκιάζονται κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης από άλλα κτίρια ή δέντρα από τις 9 π.μ. έως τις 3 μ.μ. Κατά τη διάρκεια της άνοιξης, του φθινοπώρου και της περιόδου ψύξης, τα παράθυρα πρέπει να σκιάζονται για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση. Σε αυτό βοηθάνε και τα καθαρά τζάμια του παραθύρου.

Θερμική μάζα: Θερμική μάζα σε ένα παθητικό ηλιακό σπίτι (συνήθως με σκυρόδεμα, τούβλο, πέτρα και πλακάκια) απορροφά θερμότητα από το φως του ήλιου κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης και απορροφά θερμότητα από ζεστό αέρα στο σπίτι κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης. Άλλα υλικά θερμικής μάζας όπως το νερό και τα προϊόντα αλλαγής φάσης είναι πιο αποτελεσματικά στην αποθήκευση θερμότητας, αλλά η τοιχοποιία έχει το πλεονέκτημα να κάνει διπλή εργασία ως δομικό και τελικό υλικό. Σε καλά μονωμένα σπίτια σε μέτρια κλίματα, η θερμική μάζα που είναι εγγενής στα έπιπλα σπιτιού και στην γυψοσανίδα μπορεί να είναι επαρκής, εξαλείφοντας την ανάγκη για πρόσθετα θερμικά υλικά αποθήκευσης. Επιπλέον, πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι τα αντικείμενα δεν εμποδίζουν το ηλιακό φως σε υλικά θερμικής μάζας.

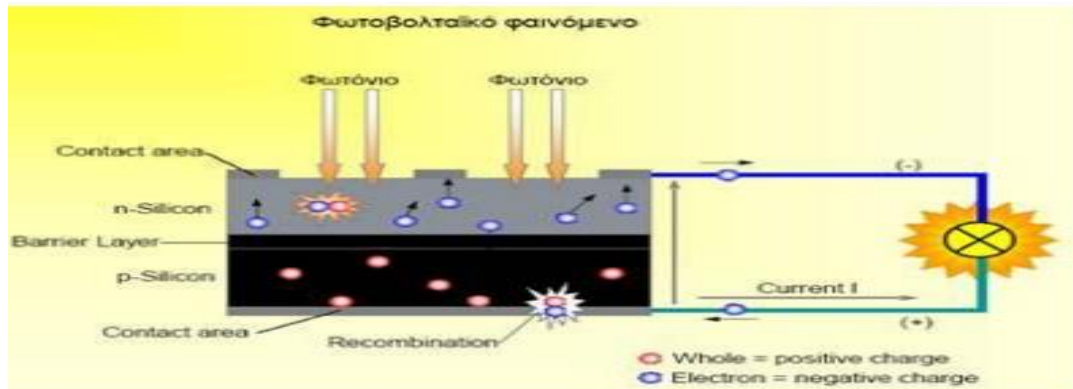
Μηχανισμοί διανομής: Η ηλιακή θερμότητα μεταφέρεται από όπου συλλέγεται και αποθηκεύεται σε διαφορετικές περιοχές του σπιτιού μέσω αγωγιμότητας, μεταφοράς και ακτινοβολίας. Η αγωγή συμβαίνει όταν η θερμότητα κινείται μεταξύ δύο αντικειμένων που βρίσκονται σε άμεση επαφή μεταξύ τους. Το Convection είναι η μεταφορά θερμότητας μέσω ενός υγρού, όπως αέρα ή νερού, και τα παθητικά ηλιακά σπίτια χρησιμοποιούν συχνά θερμότητα για να μεταφέρουν αέρα από θερμότερες περιοχές στο υπόλοιπο σπίτι. Τέλος, η ακτινοβολία είναι αυτό που νιώθετε όταν στέκεστε δίπλα σε μια ξύλινη σόμπα ή ένα ηλιόλουστο παράθυρο και νιώθετε τη ζεστασιά του στο δέρμα σας. Τα πιο σκούρα χρώματα απορροφούν περισσότερη θερμότητα από τα ελαφρύτερα χρώματα και αποτελούν καλύτερη επιλογή για θερμική μάζα σε παθητικά ηλιακά σπίτια.

Υπάρχουν ορισμένα τεχνάσματα που χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε τέτοιου είδους συστήματα. Αρχικά, οι προεξοχές στέγης κατάλληλου μεγέθους μπορούν να παρέχουν σκιά στα κατακόρυφα νότια παράθυρα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Άλλες προσεγγίσεις ελέγχου περιλαμβάνουν ηλεκτρονικές συσκευές ανίχνευσης, όπως έναν διαφορικό θερμοστάτη που σηματοδοτεί έναν ανεμιστήρα για ενεργοποίηση. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν λειτουργικοί εξαεριστήρες και αποσβεστήρες που επιτρέπουν ή περιορίζουν τη ροή θερμότητας, περσίδες χαμηλής εκπομπής, λειτουργικά μονωτικά ρολά, και τέντες.

1.8 Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούν κύτταρα για τη μετατροπή του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια. Η φωτοβολταϊκή κυψέλη αποτελείται από ένα ή δύο στρώματα ημιαγώγιμου υλικού, συνήθως πυριτίου. Όταν το φως λάμπει στο κελί δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο στα στρώματα προκαλώντας τη ροή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα αναφέρονται ως προς την ποσότητα ενέργειας που παράγουν σε πλήρες φως του ήλιου. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα λοιπόν ήρθαν στη ζωή μας με σκοπό να αντικαταστήσουν μελλοντικά τους παρόχους ρεύματος οι οποίοι για να καλύψουν τις ανάγκες του κόσμου χρησιμοποιούν βλαβερά για το περιβάλλον υλικά (λιγνίτης). Επιπλέον, έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτούν με ρεύμα κτήρια ακόμη και ολόκληρες εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε περιοχές απομακρυσμένες από το δίκτυο ή ακόμη και σε περιοχές όπου η ΔΕΗ απαιτεί μεγάλο κόστος για τη μεταφορά ρεύματος (π.χ. αγροτικές εγκαταστάσεις σε βουνά – δύσβατες περιοχές).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

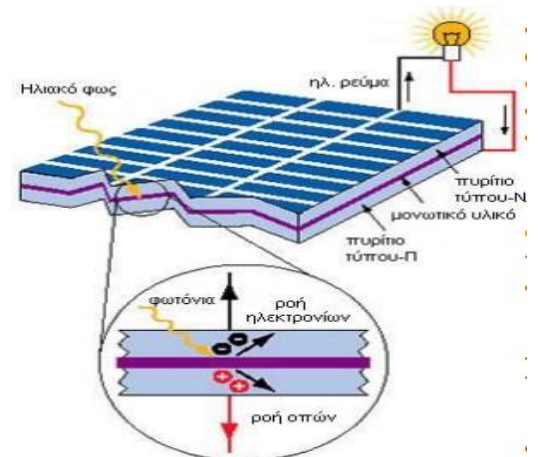


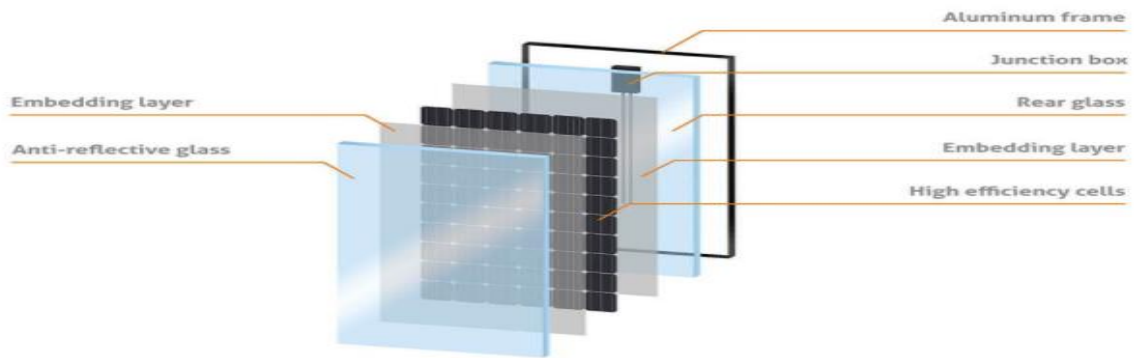
2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το 1839 ο Becquerel ήταν ο πρώτος που διαπίστωσε πως η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική και έτσι προέκυψε αυτό που σήμερα ονομάζουμε φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στα φωτοβολταϊκά πλαίσια προκαλεί την κίνηση των ηλεκτρονίων, γεγονός που ονομάζεται φωτοβολταϊκή μετατροπή. Όλα τα φωτοβολταϊκά κατασκευάζονται από διαφορετικούς ημιαγωγούς, με έναν απ' αυτούς να τοποθετείται στην κορυφή του φωτοβολταϊκού, όπου προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία. Έστω ότι έχουμε δύο στρώσεις ημιαγωγών τύπου p και n και ο ημιαγωγός τύπου p είναι αυτός που εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία. Μέσω της επαφής p-n τα ηλεκτρόνια τύπου p αποκτούν τη δυνατότητα να κινηθούν προς τον αντίστοιχο τύπου n. Έτσι λοιπόν, μπαίνουν μέσα στην επαφή p-n κατάλληλης ενέργειας φωτόνια τα οποία με τη σειρά τους απορροφώνονται από τα ηλεκτρόνια της ζώνης σθένους και στη συνέχεια εντάσσονται στη ζώνη αγωγιμότητας. Ως άμεσο αποτέλεσμα έχουμε τη δημιουργία αντίστοιχου αριθμού οπών στη ζώνη σθένους. Ο σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι να δημιουργηθεί ηλεκτρική τάση στα άκρα της επαφής p-n. Για να συμβεί αυτό πρέπει τα ζεύγη ηλεκτρονίων – οπών που έχουν προκύψει, να βρεθούν στα σημεία που υπερτερούν οι αντίστοιχοι φορείς. Έτσι λοιπόν ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο καταφέρνει να μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και θα συνεχίσει να το καταφέρει για όσο διάστημα το φως του ήλιου προσπίπτει πάνω του.

2.2 Συνιστώσες μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας

Μια φωτοβολταϊκή συστοιχία αποτελείται από πλαίσια τα οποία με τη σειρά τους αποτελούνται από κυψέλες. Ανάλογα με την εφαρμογή, η συστοιχία μπορεί να αποτελείται από μία κυψέλη, ένα πλαίσιο, ή πολλά πλαίσια. Ανάλογα με τις ανάγκες του project που πρέπει να καλύψουμε, προσαρμοζόμαστε στον αριθμό των πλαισίων – συστοιχιών που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για να φέρουμε την αποστολή μας εις πέρας.





Στρώματα φωτοβολταϊκού πλαισίου

Φωτοβολταϊκή κυψέλη: Είναι το στοιχείο που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται την ακτινοβολία του ήλιου. Μία κυψέλη υπό ιδανικές συνθήκες παράγει περίπου 1.5 Watt στα 0,5 Volts. Κάθε σύστημα απαιτεί μια συγκεκριμένη ισχύ. Προκειμένου λοιπόν να επιτευχθεί η απαιτούμενη ισχύς, οι κυψέλες έχουν τη δυνατότητα να συνδεθούν ηλεκτρικά μεταξύ τους είτε σε σειρά είτε παράλληλα και σε πολλές περιπτώσεις κόβονται και σε πιο μικρά τμήματα. Το κόψιμο των κυψελών γίνεται με απώτερο σκοπό :

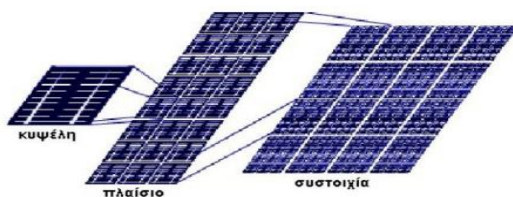
α) Να επιτευχθεί αύξηση της τάσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να απαιτείται υψηλή τάση με λίγο ρεύμα. Αυτό που έχουμε να κάνουμε είναι να κόψουμε στη μέση τις κυψέλες και στη συνέχεια να τις συνδέσουμε σε σειρά μεταξύ τους δημιουργώντας ένα μικρό πλαίσιο. Αυτό που καταφέραμε είναι κάθε κομμάτι να παράγει την ίδια τάση με την κυψέλη αλλά να λειτουργεί με μικρότερο ρεύμα.

β) Να επιτευχθεί αύξηση της πυκνότητας τους. Οι κυψέλες με εγκοπές έχουν μέρη της επιφάνειάς τους που μένουν ανεκμετάλλευτα και κόβοντας τις σε ορθογώνια παραλληλόγραμμα επιτυγχάνεται η αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος. Η διαδικασία κοπής των κυψελών έχει και μειονεκτήματα καθώς τα τμήματα είναι πιθανό να υποστούν βλάβη κατά την κοπή.

Φωτοβολταϊκό πλαίσιο: Μέσω αυτού η ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Το πλαίσιο σχηματίζεται από τις κυψέλες που είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένες μεταξύ τους και αποτελεί βασικό γρανάζι για τη σωστή λειτουργία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Τα πλαίσια τοποθετούνται σε πλαστικό για την προστασία τους από αντίξοες καιρικές συνθήκες και αποτελούνται από επεξεργασμένους δίσκους πυριτίου. Η πάνω μεριά του πλαισίου από την άλλη προστατεύεται από ανθεκτικό γυαλί, ενώ τα εσωτερικά στοιχεία συνδέονται είτε σε σειρά είτε παράλληλα. Η σύνδεσή τους εξαρτάται καθαρά από την ένταση του ρεύματος αλλά και την τάση που θέλουμε να πετύχουμε.

Φωτοβολταϊκό πάνελ: Σχηματίζεται από τα πλαίσια που έχουν προκατασκευαστεί σε ενιαία κατασκευή.

Φωτοβολταϊκή συστοιχία: Είναι το σύνολο των φωτοβολταϊκών πάνελ που έχουν τοποθετηθεί σε κοινή κατασκευή.



2.2.1 Ενθυλάκωση

Οι ηλιακές κυψέλες σχεδόν πάντα τοποθετούνται σε κέλυφος ώστε να τις μονώνει ηλεκτρικά και να τις προστατεύει. Ανάλογα την εφαρμογή, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που εξετάζονται ώστε να γίνει η

επιλογή των υλικών για ενθυσιάκωση. Ακολουθούν τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της ενθυσιάκωσης:

- Ηλεκτρική ειδική αντίσταση: Το χρησιμοποιούμενο υλικό πρέπει να είναι ηλεκτρικός μονωτής. Πρέπει να μπορεί να απομονωθεί η τάση της συστοιχίας αλλά και να προστατεύεται από εξωτερικές τάσεις.
- Μετάδοση της θερμότητας: Οι κυψέλες είναι πιο αποδοτικές όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, γι' αυτό το λόγο συμφέρει το υλικό ενθυσιάκωσης που θα χρησιμοποιηθεί να έχει υψηλή θερμική αγωγιμότητα έτσι ώστε να μπορεί να απομακρυνθεί η θερμότητας απ' αυτές.
- Θερμική διαστολή: Λόγω των θερμοκρασιακών διαφορών ανάμεσα σε χειμώνα και καλοκαίρι πρέπει το υλικό ενθυσιάκωσης να μην συστέλλεται ή διαστέλλεται σε μεγάλο βαθμό.
- Μετάδοση του φωτός: Σε μια ιδανική περίπτωση, δεν πρέπει να εμποδίζεται η ακτινοβολία του φωτός να φτάσει στις κυψέλες.
- Βάρος: Υπάρχουν ορισμένες εφαρμογές όπου σύμφωνα με το βάρος γίνεται η επιλογή του υλικού ενθυσιάκωσης.
- Ανθεκτικότητα: Σε πολλές περιπτώσεις τα πλαίσια είναι τοποθετημένα σε εξωτερικό χώρο και έχουν να αντιμετωπίσουν διάφορα καιρικά φαινόμενα (άνεμοι, βροχές, ήλιο, χαλάζι, χιόνια). Τα πλαίσια αυτά όμως επειδή έχουν διάρκεια ζωής κοντά στα 20 έτη πρέπει να μπορούν να αποφύγουν τη διάβρωση από τα καιρικά φαινόμενα.

2.3 Διάκριση μεταξύ ηλιακών συλλεκτών

Η διάκριση μεταξύ των ηλιακών συλλεκτών αφορά συνήθως τη διαφοροποίηση τους ανάμεσα σε συλλέκτες μονοφασικών και πολλαπλών διασταυρώσεων, δηλαδή πάνελ πρώτης, δεύτερης ή τρίτης γενιάς. Αυτά διαφέρουν ως προς τον αριθμό των στρωμάτων που θα παρατηρήσουν το φως του ήλιου στον ηλιακό πίνακα, ενώ η ταξινόμηση κατά γενιά αφορά την απόδοση των συλλεκτών και τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί σ' αυτούς.

2.3.1 Φωτοβολταϊκά πάνελ πρώτης γενιάς

Τα φωτοβολταϊκά πρώτης γενιάς αποτελούν τον παλιότερο τύπο ηλιακών συλλεκτών. Κατασκευάζονται από πολυπυρίτιο ή μονοκρυσταλλικό πυρίτιο και χρησιμοποιούνται συνήθως στο συμβατικό περιβάλλον.

Μονοκρυσταλλικοί ηλιακοί συλλέκτες (SI).

Όπως προδίδει και το όνομά τους κατασκευάζονται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο που είναι και ο πιο καθαρός. Μέσω της εξωτερικής του εμφάνισης(σκούρο χρώμα, στρογγυλοποιημένες άκρες) γίνεται εύκολα αντιληπτό από τον καθένα. Το γεγονός ότι το πυρίτιο είναι πολύ καθαρό, δίνει τη δυνατότητα για υψηλές αποδόσεις που αγγίζουν το 20%. Τα μονοκρυσταλλικά πάνελ έχουν μεγαλύτερη χρονική διάρκεια, μεγάλη τιμή ισχύς εξόδου και καταλαμβάνουν λίγο χώρο. Τέλος, έχουν την τάση να επηρεάζονται λιγότερο, σε σύγκριση με τις πολυκρυσταλλικές πλάκες, από τις υψηλές θερμοκρασίες.

Πολυκρυσταλλικά Ηλιακά Φωτοβολταϊκά πάνελ (p-SI)

Αυτά αποτελούνται από μπλε τετράγωνα που δεν έχουν κομμένες τις γωνίες τους και μέσω της τήξης του πυριτίου, που αποτελεί φθηνότερη και ταχύτερη διαδικασία, επιτυγχάνεται η κατασκευή τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να έχουν χαμηλότερη τιμή στην αγορά και χαμηλότερη απόδοση (17%-19%).

Παρατηρούμαι πως μονοκρυσταλλικοί και πολυκρυσταλλικοί συλλέκτες δεν έχουν μεγάλες διαφορές μιας και οι πρώτοι έχουν ελαφρώς υψηλότερη αποδοτικότητα σε ελαφρώς υψηλότερη τιμή, ενώ η ισχύς εξόδου και στις δύο περιπτώσεις είναι ίδια.

2.3.2 Φωτοβολταϊκά πάνελ δεύτερης γενιάς

Τα πάνελ αυτά έχουν κυψέλες λεπτής μεμβράνης και χρησιμοποιούνται κυρίως για φωτοβολταϊκούς σταθμούς.

Λεπτά ηλιακά κύτταρα (TFSC)

Τα φ/β πάνελ λεπτού υμενίου κατασκευάζονται τοποθετώντας σε υπόστρωμα ένα ή περισσότερα υλικά (πυρίτιο, κάδμιο, χαλκός). Αυτοί οι συλλέκτες απαιτούν λιγότερα υλικά για την παραγωγή τους γι' αυτό το λόγο αποτελούν μια φθηνή και εύκολη λύση.

Έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε ποικίλες εφαρμογές καθώς επηρεάζονται λιγότερο από υψηλές θερμοκρασίες. Τέλος, θεωρούνται ακατάλληλα για οικιακή χρήση, διότι καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο και έχουν μικρή διάρκεια ζωής.

Άμορφο ηλιακό κύτταρο πυριτίου (A-Si)

Η κύρια χρήση αυτών των κυττάρων βρίσκεται στους υπολογιστές τσέπης. Αυτά τα πλαίσια εξυπηρετούν την τριπλή τεχνολογία που είναι καλύτερη από την ποικιλία λεπτών ταινιών.

Με απόδοση που αγγίζει το 7%, βρίσκονται στο τέλος της λίστας αποδοτικότητας αλλά κερδίζουν στο χαμηλό κόστος που διαθέτουν.

2.3.3 Φωτοβολταϊκά πάνελ τρίτης γενιάς

Τα πάνελ τρίτης γενιάς περιλαμβάνουν μια ποικιλία τεχνολογιών λεπτού υμενίου, χωρίς όμως να είναι έτοιμες προς χρήση καθώς οι περισσότερες βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο (έρευνα). Κάποια από αυτά έχουν τη δυνατότητα χρησιμοποιώντας οργανικά υλικά να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.

Biohybrid Solar Cell

Το συγκεκριμένο ηλιακό κύτταρο βρίσκεται στη φάση της έρευνας μετά από την ανακάλυψή του από ομάδα εμπειρογνομόνων. Απώτερος σκοπός της συγκεκριμένης ανακάλυψης είναι να καταφέρει το κύτταρο να μιμηθεί τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Τα περισσότερα από τα υλικά που χρησιμοποιούνται μοιάζουν με αυτά στις προηγούμενες κατηγορίες, αλλά για να καταφέρουν να κάνουν τη μετατροπή της χημικής σε ηλεκτρική ενέργεια, απαιτείται ο συνδυασμός πολλαπλών στρωμάτων του φωτοσυστήματος. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να γίνει και 1000 φορές πιο αποτελεσματική από τους ηλιακούς συλλέκτες πρώτης γενιάς.

Κάμινιο ηλιακό κύτταρο Telluride (CdTe)

Αυτή η τεχνική χρησιμοποιεί τελουρίδιο του κάδμιο, μέσω του οποίου υπάρχει δυνατότητα για παραγωγή ηλιακών κυψελίδων με χαμηλό κόστος δηλαδή μικρό χρόνο αποπληρωμής. Το μειονέκτημα της χρησιμοποίησης του τελουρίδιου του καδμίου βρίσκεται στο γεγονός ότι είναι τοξικό όταν εισπνέεται και αν θέλει να προχωρήσει αυτή η τεχνολογία πρέπει με κάποιο τρόπο να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα.

Συγκεντρωμένα φωτοκύτταρα (CVP και HCVP)

Σε αυτή την κατηγορία οι ηλιακοί συλλέκτες είναι πολλαπλών διασταυρώσεων και παράγουν ηλεκτρική ενέργεια όπως και τα συμβατικά φ/β. Έχουν μεγάλο ποσοστό απόδοσης που φθάνει το 41%, το οποίο αποτελεί το μεγαλύτερο που έχει επιτευχθεί

2.4 Τρόποι σύνδεση φωτοβολταϊκών στοιχείων

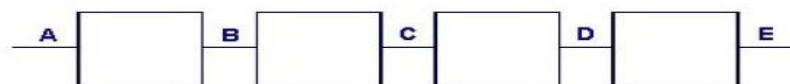
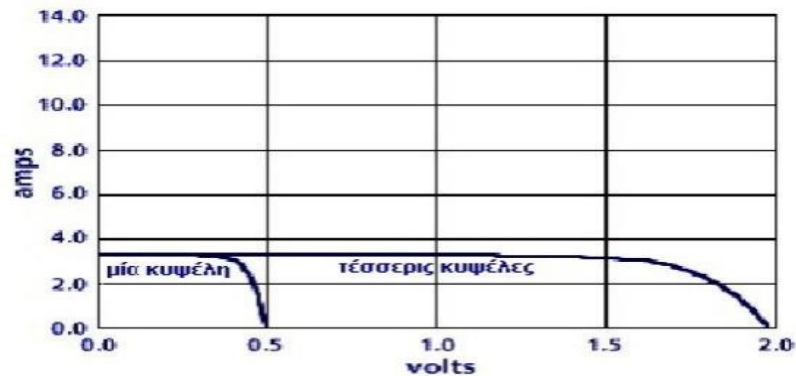
Ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος που έχουμε, επιλέγεται η σύνδεση σε σειρά, η εν παραλλήλω σύνδεση ή ακόμη και η μικτή. Όταν επιστρατεύεται η σύνδεση σε σειρά συνδέεται το θετικό με το αρνητικό μέρος των στοιχείων εναλλάξ αθροίζοντας την τάση, ενώ στην παράλληλη συνδέονται μεταξύ τους τα θετικά των στοιχείων και αντίστοιχα τα αρνητικά τους και έτσι αθροίζεται η ένταση που προκύπτει. Τέλος, υπάρχει και η μικτή σύνδεση. Η επιλογή του τρόπου σύνδεσης των φ/β συλλεκτών μεταξύ τους γίνεται με βάση την ονομαστική τάση λειτουργίας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (ονομαστική τάση εισόδου μετατροπέα, φορτιστή, συσσωρευτών). Η επιλογή του τρόπου σύνδεσης έχει σχέση (ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης) και με τον περιορισμό απωλειών.

Συνδέοντας πολλούς φ/β συλλέκτες σε σειρά αυξάνουμε την τάση λειτουργίας της φ/β εγκατάστασης, μειώνοντας αντίστοιχα το ονομαστικό ρεύμα κάθε κλάδου. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης, σ' αυτήν την περίπτωση είναι μεγαλύτερο.

Σύνδεση σε σειρά

Η σύνδεση σε σειρά δύο ή και περισσότερων φ/β αθροίζει την τάση στην έξοδο τους.

Το ρεύμα του συστήματος (μέγιστο ή βραχυκύκλωσης) είναι ίσο με αυτό του ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου και σε περίπτωση που θέλουμε να ελέγξουμε το ρεύμα σε διαφορετικά σημεία της συνδεσμολογίας, θα διαπιστώσουμε ότι είναι παντού ίδιο. Σε περίπτωση σύνδεσης δύο κυψελών με διαφορετικά χαρακτηριστικά δηλαδή μία κυψέλη χαμηλού ρεύματος με μία υψηλότερου, το σύστημα δεν έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ποιο ρεύμα θα ακολουθήσει και αναγκαστικά υπερισχύει η κυψέλη με το χαμηλότερο. Επιπλέον, συνδέοντας σε σειρά δύο ή και περισσότερα όμοια φ/β πλαίσια δημιουργούμε έναν κλάδο σύνδεσης. Οι κλάδοι θα πρέπει να είναι ισοδύναμοι, για να μπορούν να συνδεθούν παράλληλα.



τάση μεταξύ A και B = 0.5 volts

A και C = 1.0 volts

A και D = 1.5 volts

A και E = 2.0 volts

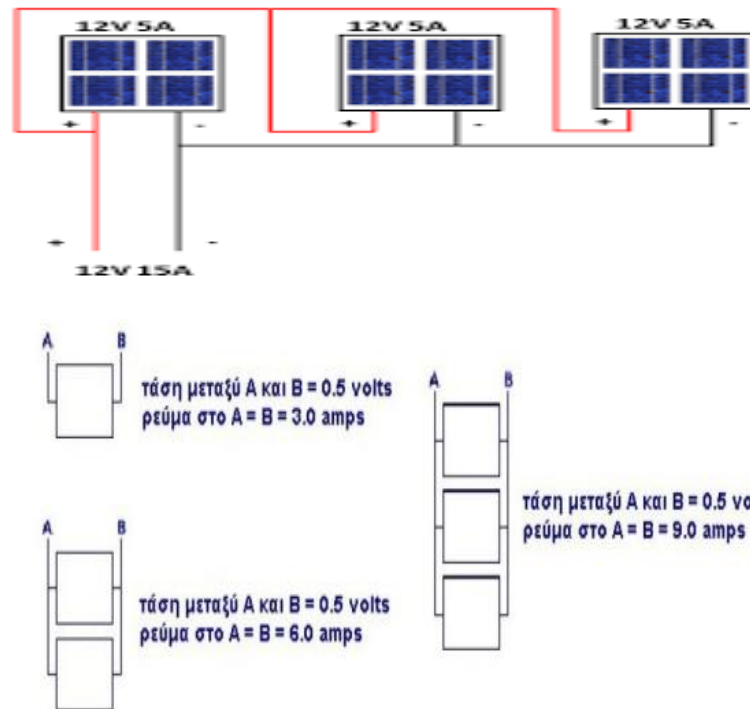
ρεύμα στο A = B = C = D = E = 3.0 amps

Τέλος, κάθε κυψέλη έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί με διαφορετική τάση, ταυτόχρονα όμως λειτουργούν όλες με ίδιο ρεύμα.

Παράλληλη σύνδεση

Η παράλληλη σύνδεση δύο ή και περισσότερων φ/β πλαισίων αυξάνει την ένταση του ρεύματος στους τελικούς ακροδέκτες δηλαδή το παραγόμενο ρεύμα ισούται με το άθροισμα των ρευμάτων κάθε κυψέλης. Συνδέοντας λοιπόν N όμοια φ/β έχουμε ένα σύστημα με ρεύμα (βραχυκύκλωσης ή μέγιστο) που ισούται με n φορές το ρεύμα (βραχυκύκλωσης ή μέγιστο) του ενός πλαισίου.

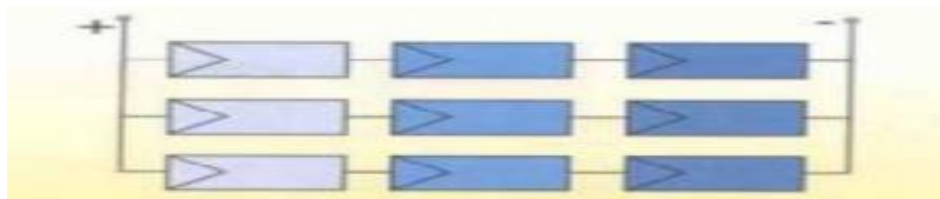
Η τάση του συστήματος είναι ίδια με την τάση του ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου.



Τέλος, κάθε κυψέλη μπορεί να έχει διαφορετικό ρεύμα, αλλά λειτουργεί στην ίδια τάση με τις υπόλοιπες.

Μικτή σύνδεση

Η μικτή σύνδεση αφορά το συνδυασμό των δύο άλλων συνδέσεων. Αρχικά τα πάνελ που συνδέονται σε σειρά ονομάζονται string και αυτά με τη σειρά τους συνδέονται στη συνέχεια παράλληλα. Μέσω αυτού του τρόπου πετυχαίνουμε τάσεις και ρεύματα που δεν μπορούν να παράγουν μόνα τους τα πάνελ. Τα πάνελ που συνδέονται σε σειρά καθορίζουν το συνολικό τάση της συστοιχίας, ενώ τα string καθορίζουν το ρεύμα της.



2.5 Βασικοί τύποι φ/β συστημάτων

Υπάρχουν τρία είδη φ/β συστημάτων. Το καθ' ένα απ' αυτά προσαρμόζεται και επιλύει διαφορετικού τύπου εφαρμογές. Αυτά είναι τα αυτόνομα φ/β συστήματα, τα διασυνδεδεμένα και τα υβριδικά συστήματα.

Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Είναι ιδανικά για απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει τρόπος σύνδεσης με το δίκτυο και είναι δύσκολη η μεταφορά καυσίμου για τη χρήση γεννήτριας. Κατά κύριο λόγο συναντάμε ένα τέτοιο σύστημα σε: ηλεκτρικά αυτοδύναμες κατοικίες, άντληση νερού για γεωργία - κτηνοτροφία, δημόσιο φωτισμό – φωτισμό πινακίδων, τηλεπικοινωνίες (αναμεταδότες στα βουνά), τροφοδότηση απομακρυσμένων στρατιωτικών μονάδων.

Διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα συστήματα αυτά βρίσκονται όχι μόνο σε απομακρυσμένες περιοχές όπου ήδη υπάρχει δίκτυο αλλά και στο τοπικό ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας και είναι διασυνδεδεμένα με αυτό.

Υβριδικά συστήματα

Σε αυτά η ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται, αποτελείται από διάφορους τύπους ανανεώσιμων και συμβατικών πηγών ενέργειας. Ο συνδυασμός τους ποικίλει από περίπτωση σε περίπτωση και ο βέλτιστος σχεδιασμός αποτελεί το δυσκολότερο κομμάτι του συγκεκριμένου συστήματος διότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να συνεκτιμηθούν όπως η ευστάθεια του συστήματος. Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες παίζουν σημαντικό ρόλο σε τέτοια συστήματα, τα οποία αποτελούν έναν από τους πλέον οικολογικούς τρόπους παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

2.6 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών

Η χρήση και εκμετάλλευση των φωτοβολταϊκών συστημάτων έχει πολλά πλεονεκτήματα τα οποία είναι πολύ σημαντικά για εμάς αλλά και για το περιβάλλον. Συγκεκριμένα:

1. ΚΑΘΑΡΗ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα των φωτοβολταϊκών κυττάρων είναι η καθαρή και πράσινη ενέργεια που παρέχει. Δεν υπάρχει φόβος ή ανησυχία για απελευθέρωση επιβλαβών αερίων από τα πάνελ.

2. ΔΩΡΕΑΝ ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ

Το δεύτερο πλεονέκτημα είναι ότι δεν χρειάζεται να πληρώνετε για πρώτες ύλες! Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία εξαρτώνται από την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία διατίθεται ελεύθερα σε αφθονία γύρω σας. Ενώ πρέπει να γίνει μια αρχική επένδυση στο σύστημα, από εκεί και έπειτα δεν υπάρχει κάποια άλλη επιβάρυνση. Καταλήγεται να εξοικονομείτε κόστος ηλεκτρικής ενέργειας μόλις αρχίσετε να χρησιμοποιείτε την ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά στοιχεία.

3. ΕΥΚΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά κύτταρα μπορούν να παράγουν ηλεκτρισμό οπουδήποτε. Το μόνο που χρειάζεται είναι η ηλιακή ακτινοβολία.

4. ΜΕΙΩΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ

Σχετικά με το κόστος οι τιμές τους αναμένεται να μειωθούν σημαντικά μέσα στα επόμενα χρόνια. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, τα φωτοβολταϊκά κύτταρα είναι πράγματι μια επένδυση που αξίζει να γίνει. Εκτός αυτού, τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα είναι επίσης ένα σύστημα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που προωθείται μέσω κρατικής επιδότησης. Τα οικονομικά κίνητρα που προσφέρονται καθιστούν τα πάνελ ηλιακής ενέργειας μια ελκυστική εναλλακτική επένδυση.

5. ΧΑΜΗΛΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Οι ηλιακές φωτοβολταϊκές κυψέλες είναι γνωστές για το χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας σε σύγκριση με άλλα συστήματα ανανεώσιμης ενέργειας.

6. ΑΘΟΥΡΒΟ

Είναι ιδανική τεχνολογία για αστικές περιοχές και οικιακές εφαρμογές, επειδή δεν παράγει θόρυβο.

7. ΕΥΚΟΛΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Τέλος, μπορείτε εύκολα να εγκαταστήσετε οικιακά ηλιακά πάνελ στις στέγες ή απλά στο έδαφος χωρίς να παρεμβαίνετε στον τρόπο ζωής σας

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω υπάρχουν και μειονεκτήματα στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά είναι:

1. ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ

Όπως όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έτσι και η ηλιακή συνεπώς και τα φωτοβολταϊκά κύτταρα έχουν προβλήματα διακοπτόμενης διάρκειας. Αυτό σημαίνει πως κατά τη διάρκεια της νύχτας ή μιας συννεφιασμένης – βροχερής ημέρας δεν είναι δυνατό να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα.

2. ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες απαιτούν πρόσθετη επένδυση σε μετατροπείς και μπαταρίες αποθήκευσης. Μέσω των πρώτων μετατρέπεται η ηλεκτρική ενέργεια σε εναλλασσόμενη για χρήση στο δίκτυό σας. Οι μπαταρίες αποθήκευσης από την άλλη αποδεικνύονται χρήσιμες στην παροχή ηλεκτρικής ισχύος στις συνδέσεις δικτύου. Αυτή η πρόσθετη επένδυση μπορεί, ωστόσο, να προσφέρει μια λύση για τα προβλήματα διακοπής των φωτοβολταϊκών κυττάρων.

3. ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΜΕΓΑΛΟΣ ΧΩΡΟΣ

Τα πάνελ έχουν τη δυνατότητα να μετατρέψουν περίπου το 11% της ακτινοβολίας του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια. Εξαιτίας της μικρής τους απόδοσης, για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος απαιτείται η χρήση μεγάλων επιφανειών

2.7 Πληροφορίες για φ/β στον ελληνικό χώρο

Η Ελλάδα πληρεί μερικές πολύ ισχυρές προϋποθέσεις για την ανάπτυξη και την εκμετάλλευση της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων για τους παρακάτω λόγους:

- Η Ελλάδα είναι μια χώρα που έχει ηλιοφάνεια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και ιδιαίτερα στα νησιά που φθάνει την τιμή 4.9 – 5.2 kWh/m² ανά ημέρα.
- Οι πετρελαιογεννήτριες χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε νησιωτικές περιοχές με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όμως το υψηλό κόστος συντήρησης και μόλυνσης του περιβάλλοντος αποτελεί αφορμή για την εύρεση μιας εναλλακτικής που να καλύπτει τις ανάγκες των ανθρώπων σε ρεύμα.
- Υπάρχουν πολλές απομακρυσμένες περιοχές και μικρά νησιά που βρίσκονται εκτός ηλεκτρικού δικτύου όπως επίσης και άλλες περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές όπως είναι οι αρχαιολογικοί χώροι
- Το καλοκαίρι είναι μια περίοδος με μεγαλύτερη ζήτηση ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρ' όλο λοιπόν που υπάρχουν αυτές οι ιδανικές συνθήκες που εξυπηρετούν την άμεση ανάπτυξη της συγκεκριμένης τεχνολογίας, στη χώρα μας η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φθάνει τα 900 kWp και οι περισσότερες απ' αυτές τις εφαρμογές αφορούν μικρά αυτόνομα φωτοβολταϊκά.

Η εγκατάσταση των πρώτων μεμονωμένων φ/β στην Ελλάδα ξεκίνησε το 1990 και έτσι πλέον είμαστε σε θέση να καταγράψουμε τα πρώτα συμπεράσματα.

1. Λόγω των απομακρυσμένων περιοχών και την πρόσβαση σε αυτούς, πρέπει οι φ/β εγκαταστάσεις να είναι αξιόπιστες, αποδοτικές και η διαδικασίες συντήρησης και επίβλεψης να είναι εύκολες
2. Είναι σημαντική η συχνή παρακολούθηση των συσσωρευτών για την αποφυγή προβλημάτων και για τη διατήρηση της διάρκειας ζωής τους
3. Επιπλέον, πρέπει να εξασφαλιστεί πως ο ρυθμιστής φόρτισης λειτουργεί σωστά καθώς αυτός συμβάλει στη σωστή λειτουργία ολόκληρης της εγκατάστασης.

4. Υπάρχει ανάγκη για σωστή προστασία και στεγανοποίηση των εγκαταστάσεων από το θαλασσινό περιβάλλον καθώς υπάρχει κίνδυνος διαβρώσεων των μεταλλικών τμημάτων της μονάδας

Κατάλληλες εφαρμογές στον ελλαδικό χώρο

- a) Αυτόνομα φ/β συστήματα ηλεκτροδότησης κατοικιών ή άλλων εγκαταστάσεων που δεν είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο (τηλεπικοινωνία, αφαλάτωση, άντληση νερού)
- b) Μικρά διασυνδεδεμένα φ/β τοποθετημένα σε ταράτσες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- c) Μεγάλα διασυνδεδεμένα φ/β τοποθετημένα στο έδαφος για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΔΕΗ

Από το 2007 και έπειτα όποτε και ψηφίστηκε ο νόμος που επέτρεπε την εγκατάσταση φ/β μονάδων και την πώληση της περίσσιας ηλεκτρικής ενέργειας που προέκυπτε, εγκαταστάθηκαν στην Ελλάδα πάνω από 2.8 GWp (2.800.000 kWp).

2.8 Ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (STC)

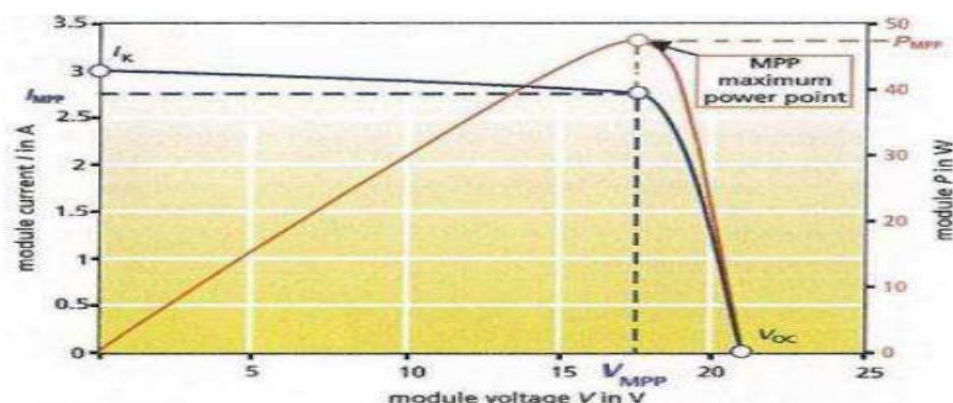
Με τον όρο STC (standard testing conditions) αναφερόμαστε στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου. Αυτές αναγράφονται από τους κατασκευαστές και είναι:

- Θερμοκρασία κυψέλης ισούται με 25°C
- Ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του πλαισίου ισούται με 1000W/m²
- Φασματική κατανομή AM = 1,5. Το AM ορίζεται ως το τυπικό ηλιακό φάσμα

2.9 Μέγιστο σημείο λειτουργίας (MPP)- Χαρακτηριστική Καμπύλη I-V και P-V

Για να πετύχουμε τη βέλτιστη απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου σε συνδυασμό με τη μέγιστη δυνατή ισχύ στην έξοδο του, θα πρέπει αυτό να λειτουργεί κάτω υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες, σε συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας (MPP, Maximum Power Point) της καμπύλης I-V που ονομάζεται σημείο μέγιστης ισχύος.

Η μέγιστη ισχύς του πλαισίου στην έξοδό του και η βέλτιστη απόδοση, μπορεί να εξασφαλιστεί με συνδυασμό του ρεύματος και της τάσης του πλαισίου. Δηλαδή, όταν το ρεύμα που διαρρέει το πλαίσιο ισούται με I_{MPP} και εμφανίζει διαφορά δυναμικού ίση με V_{MPP} .

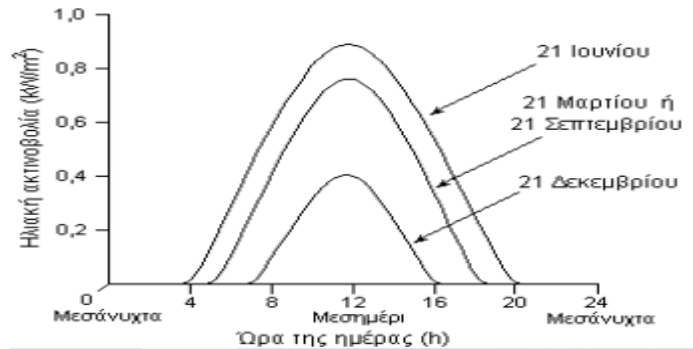


2.10 Προσανατολισμός και βέλτιστη κλίση φ/β πλαισίων

Ο προσανατολισμός και η εύρεση της σωστής γωνίας κλίσης είναι ναί μεν μια απλή υπόθεση αλλά για να πετύχουμε το σκοπό μας και το σύστημα μας να αποδίδει τα μέγιστα πρέπει αυτή η διαδικασία να γίνει σωστά. Εάν επιλεγεί λάθος κλίση σε σχέση με την περιοχή που μας ενδιαφέρει, θα υπάρχει και διαφορετική παραγωγή ρεύματος από την αναμενόμενη. Σε μια ιδανική περίπτωση, η γωνία κλίσης είναι το γεωγραφικό πλάτος της γεωγραφικής θέσης που μας αφορά. Ως εκ τούτου, για οποιαδήποτε περιοχή

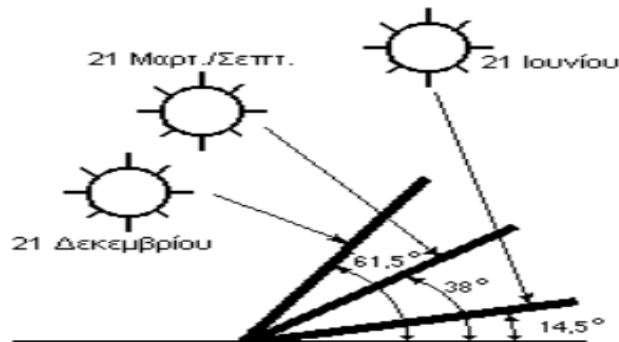
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Καραγιαννίδης Ευάγγελος

υπολογίζεται μια συγκεκριμένη γωνία κλίσης με τη μέγιστη ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους για ένα σταθερό πάνελ. Επίσης, συνιστάται στο βόρειο ημισφαίριο τα πάνελ που βλέπουν προς το νότο, ενώ στο νότιο ημισφαίριο προς το βορά, μιας και ο ήλιος κινείται επάνω στον ισημερινό, για να εκμεταλλευτούν στο μέγιστο την ακτινοβολία του ήλιου. Στο σχήμα που ακολουθεί είναι ορατές οι αλλαγές στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου σε κομβικά σημεία στη διάρκεια μιας χρονιάς.



Οι ώρες του ήλιου διαφέρουν από το χειμώνα στο καλοκαίρι πράγμα που σημαίνει πως μεταβάλλεται και η βέλτιστη κλίση. Για να πετύχουμε η προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια να είναι η μέγιστη δυνατή πρέπει η κλίση των συλλεκτών να είναι κάθετη στις ηλιακές ακτίνες.

Στην Ελλάδα υπάρχει ένας άτυπος κανόνας που λέει πως η κλίση το καλοκαίρι είναι 30° , την Άνοιξη και το Φθινόπωρο είναι 45° και το Χειμώνα φθάνει τις 60° .



Εκτός του σωστού προσανατολισμού των φωτοβολταϊκών, κατά τη διαδικασία τοποθέτησής τους απαιτούνται και κατάλληλες βάσεις στήριξης, οι οποίες είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα, αλουμίνιο ή πολυμερή. Επιπλέον, προσαρμόζονται στην κάθε τοποθεσία ώστε να υπάρχει πλήρης στατική επάρκεια των πλαισίων της εγκατάστασης και να εξασφαλίζεται η αντοχή τους στους δυνατούς ανέμους αλλά και στα φορτία χιονιού που ενδεχομένως να υπάρχουν στην περιοχή. Τέλος πρέπει το ύψος του φ/β από το έδαφος να είναι από 0.5 m και άνω ($h > 0.5m$). Ιδανικό σενάριο αποτελεί η τοποθέτησή του σε βάσεις που απέχουν 0.7m από το έδαφος για να επιτευχθεί καλύτερη ψύξη απ' τον αέρα αλλά και για αποφυγή των φυτών (ζιζανίων).

2.11 Το ρεύμα που παράγει ένα φωτοβολταϊκό πάνελ

Ένα πλαίσιο έχει τη δυνατότητα να παράγει την ονομαστική του ισχύ επί περίπου 5 φορές το καλοκαίρι και επί 3,5 φορές το χειμώνα την ημέρα. Αυτό σημαίνει πως σε περίπτωση που έχουμε ένα πάνελ με ονομαστική ισχύ στα 100Wp θα περιμένουμε να μας αποδώσει κοντά στα 500 Watt/h το καλοκαίρι και περίπου 350 Watt/h το χειμώνα.

2.12 Πάχος των καλωδίων

Το σωστό πάχος των καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα κύκλωμα, για να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση που επιδιώκουμε, σχετίζεται άμεσα με την τάση και την ένταση του ρεύματος που υπάρχει στο κύκλωμα αυτό. Σε διαφορετική περίπτωση, αν δεν γίνει σωστή επιλογή καλωδίου, θα έχουμε απώλεια ρεύματος και σε δεύτερο βαθμό μπορεί να υπάρξει ενδεχόμενο βραχυκύκλωμα ή ακόμη και πυρκαγιά από το λιώσιμο των καλωδίων. Τέλος, έχει διαπιστωθεί πως όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ρεύματος και το μήκος του καλωδίου, ανάλογα μεγάλο πρέπει να είναι και το πάχος του.

2.13 Μέθοδοι αύξησης απόδοσης φ/β συστημάτων

Λόγω του υψηλού κόστους εγκατάστασης ενός πλήρους φωτοβολταϊκού συστήματος, οι ερευνητές ανά τον κόσμο να προσπαθήσουν να μειώσουν το κόστος των φ/β συστημάτων ώστε να πείσουν τον κόσμο να ασχοληθεί πιο σοβαρά με αυτά. Οι μέθοδοι που ακολουθούν παραθέτονται παρακάτω.

- Η εφαρμογή που συναντάμε περισσότερο αφορά τη συγκέντρωση της ακτινοβολίας, η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση φακών και κάτοπτρων που έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση με αποτέλεσμα βοηθούν στη συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στα φ/β στοιχεία. Η εταιρεία Fresnel είναι αυτή που κατάφερε τα προϊόντα της να συνδυάζουν χαμηλό κόστος και βέλτιστη απόδοση οπτικής συγκέντρωσης αλλά και πολύ καλή ανοχή σε γεωμετρικές αποκλίσεις που αφορούν της ευθυγράμμισης του ήλιου.
- Η βελτιστοποίηση των υλικών που επιτυγχάνεται με τη χρήση ημιαγώγιμων υλικών τα οποία προηγουμένως έχουν υποστεί μια κατεργασία.
- Ο φασματικός διαχωρισμός (πρίσμα) της ακτινοβολίας μέσω του οποίου επιτυγχάνεται επιλεκτική εκμετάλλευση του ηλιακού φάσματος και το οποίο στη συνέχεια κατευθύνεται σε πλαίσια με διαφορετικό ενεργειακό διάκενο.
- Η φασματική επεξεργασία της ακτινοβολίας η οποία ουσιαστικά αναφέρεται στην επέμβαση που γίνεται στη σύσταση του φάσματος που φθάνει στη Γη, με απώτερο σκοπό η ηλιακή ακτινοβολία να αποτελείται από φωτόνια συγκεκριμένης ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΟΜΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ

3.1 Γενικά

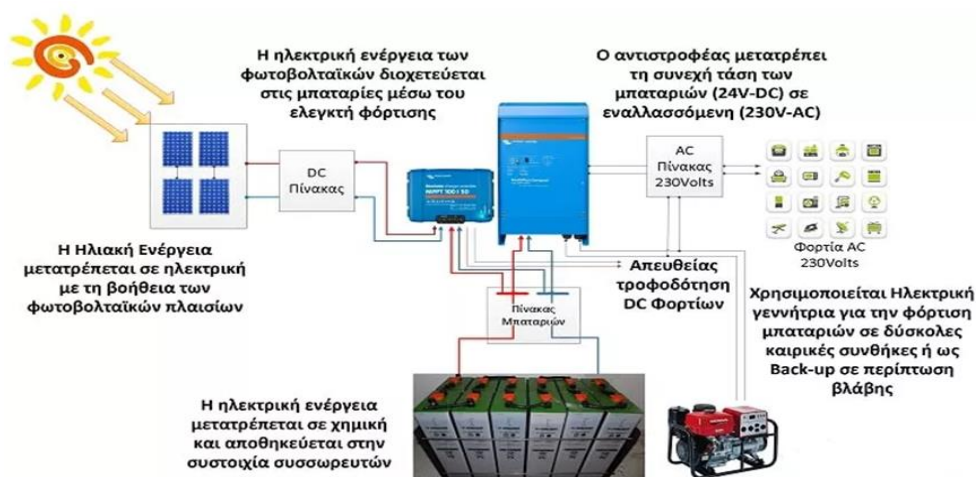
Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα όπως φαίνεται και από την ονομασία τους, είναι αυτά που έχουν την ικανότητα να λειτουργούν και να αποδίδουν χωρίς να είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο.

Εκμεταλλεύονται την ακτινοβολία του ήλιου για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω των φωτοβολταϊκών πάνελ, μια ενέργεια η οποία μπορεί να αποθηκευτεί σε μπαταρίες και να χρησιμοποιηθεί σε στιγμές όπου δεν υπάρχει ηλιοφάνεια. Τα Αυτόνομα φ/β συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τροφοδότηση:

1. Φορτίων εναλλασσομένου ρεύματος (AC φορτία: π.χ. όλες οι σύγχρονες οικιακές συσκευές). Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται μετατροπείς dc/ac (αντιστροφείς) για την μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη 230V – 50Hz.
2. Φορτίων συνεχούς ρεύματος (DC φορτία: π.χ. dc κινητήρες και οικιακά φορτία, αντλητικά συγκροτήματα, ειδικός φωτισμός δρόμων κλπ.), όπου είτε υπάρχει απευθείας παροχή συνεχούς ρεύματος είτε έχουμε μετατροπείς dc/dc για πιο εξειδικευμένες εφαρμογές.
Η τοποθέτηση μιας συσκευής ή εξαρτήματος σε μια φ/β εγκατάσταση χωρίς το σωστό υπολογισμό και τη σωστή επιλογή, θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μη αποδοτική λειτουργία του συστήματος, το μεγάλο ενδεχομένως κόστος κατασκευής και την εμφάνιση συχνών ανωμαλιών κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Τα αυτόνομα αυτά συστήματα κάνουν την εμφάνισή τους όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια καθώς συνδυάζουν οικονομία και αξιοπιστία. Με τον όρο αξιοπιστία εννοούμε πως η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει βελτιωθεί αισθητά σε σχέση με τα αυτόνομα πάνελ της προηγούμενης δεκαετίας, μιας και έχουν την ικανότητα να τροφοδοτήσουν οποιοδήποτε φορτίο με την προϋπόθεση να υπάρχει η σωστή προεργασία και μελέτη από έναν έμπειρο μηχανικό.
Ένα πλήρες αυτόνομο σύστημα αποτελείται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ, τους συσσωρευτές, έναν ελεγκτή φόρτισης και έναν αντιστροφέα (inverter). Η άριστη λειτουργία ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να εξασφαλιστεί μόνο με τη σωστή συνεργασία των προαναφερθέντων τμημάτων.

3.2 Λειτουργία αυτόνομου φωτοβολταϊκού

Τα πάνελ εκμεταλλεύονται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο (αναφέρθηκε παραπάνω), δηλαδή την ακτινοβολία του ήλιου, την οποία και μετατρέπουν σε ηλεκτρικό ρεύμα. Ο ρυθμιστής φόρτισης με τη σειρά του χρησιμοποιείται για να φορτίζει τις μπαταρίες οι οποίες παρέχουν την απαραίτητη ενέργεια στον χρήστη μέσω του αντιστροφέα. Ο τελευταίος έχει την ικανότητα να μετατρέπει την συνεχή τάση που υπάρχει στην έξοδο των συσσωρευτών, σε εναλλασσόμενη για να ικανοποιήσει όλες τις συσκευές που τροφοδοτούνται από το σύστημα. Τις ώρες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια (νύχτα, συννεφιά) οι ανάγκες του συστήματος και συνεπώς του χρήστη καλύπτονται μέσω των φορτισμένων μπαταριών. Τέλος, για να προφυλαχθούν οι μπαταρίες και η μακροζωία τους υπάρχει περιορισμός όσον αφορά την εκφόρτισή τους που συνήθως δεν ξεπερνάει το 30%.



3.3 Τα μέρη που αποτελούν ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα

Τα βασικά μέρη που βοηθούν ένα αυτόνομο σύστημα να πετύχει τους σκοπούς του (βλ. παραπάνω εικόνα) είναι τα **φωτοβολταϊκά πάνελ**, ο **ρυθμιστής ή ελεγκτής φόρτισης** και οι **μπαταρίες ή συσσωρευτές**. Όπως φαίνεται στην εικόνα σημαντικό ρόλο έχει και ο αντιστροφέας (inverter) ο οποίος θα αναλυθεί στην επόμενη παράγραφο.

Τα **φωτοβολταϊκά πάνελ** είναι πηγές ρεύματος που παράγουν ρεύμα και τάση διότι μέσω αυτών και της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει πάνω τους, προκύπτει η ηλεκτρική ενέργεια. Χαρακτηρίζονται από την ισχύ τους σε ιδανικές συνθήκες (Wp) και χωρίζονται σε τρεις τύπους:

Μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πάνελ: Είναι ακριβότερα σε σχέση με τους άλλους τύπους πλαισίων διότι η δημιουργία τους είναι περίπλοκη καθώς προκύπτει από κομμένες κυψέλες που έχουν κοπεί από κρύσταλλο πυριτίου.

Ιδιότητες:

- Πρόκειται για τα φωτοβολταϊκά πάνελ που άρχισαν να παράγονται με φρενήρεις ρυθμούς.
- Σε σχέση με τα πάνελ άλλων κατηγοριών, αυτά συνδυάζουν καλύτερα την βέλτιστη απόδοση με την μικρότερη δυνατή επιφάνεια . Αν και τα νέα γενιάς πολυκρυσταλλικού πυριτίου με νέες εξελιγμένες κυψέλες πλησιάζουν αντίστοιχες αποδώσεις
- Η απόδοσή τους φτάνει το 20%
- Το κόστος παραγωγής τους είναι μεγαλύτερο σε σύγκριση με τα πολυκρυσταλλικά πάνελ.
- Το πάχος του υλικού τους είναι μεγαλύτερο
- Το χρώμα τους είναι σκούρο μπλε ή μαύρο

Πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πάνελ: Προέρχονται από πυρίτιο το οποίο αφού πρώτα λιώσει χύνεται σε δοχεία από τα οποία στη συνέχεια προκύπτουν οι κυψέλες που κόβονται σε κομμάτια.

Ιδιότητες:

- Είναι οικονομικότερη η δημιουργία τους σε σχέση με τα παραπάνω και αυτό δικαιολογεί την χαμηλότερη τιμή αγοράς τους.
- Η απόδοση των πολυκρυσταλλικών νέας γενιάς τους μοιάζει με αυτή των μονοκρυσταλλικών.
- Αποτελούν τα πιο πολυχρησιμοποιημένα πάνελ ανά τον κόσμο.

Φωτοβολταϊκά πάνελ λεπτού υμενίου : Πρόκειται για τα πάνελ «τρίτης γενιάς» που προκύπτουν από ποικίλες μεθόδους επεξεργασίας (π.χ. άμορφου πυριτίου (a-Si), Δισεληνοϊνδιούχου χαλκού (CuInSe₂ ή CIS), Αρσενικούχου Γαλλίου (GaAs)). Τα πιο γνωστά είναι αυτά του άμορφου πυριτίου που όπως δηλώνει και το όνομά τους αποτελούνται από λεπτές στρώσεις πυριτίου. Στο γεγονός ότι τα άτομα πυριτίου είναι διασκορπισμένα στο χώρο με ακανόνιστο τρόπο οφείλεται ο όρος άμορφο φωτοβολταϊκό

Χαρακτηριστικά:

- Από κατασκευής έχουν χαμηλότερη τιμή ονομαστικής απόδοσης σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες (6% - 11%).
- Είναι οικονομικότερα διότι χρησιμοποιείται λιγότερη ποσότητα πυριτίου στην παραγωγή τους
- Στις υψηλές θερμοκρασίες έχουν δυνατότητα καλύτερης απόδοσης.
- Όταν οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν (συννεφιά) , τα πάνελ αυτής της κατηγορίας εκμεταλλεύονται τη διάχυτη ακτινοβολία και επιτυγχάνουν καλύτερη απόδοση από τα κρυσταλλικά
- Για να καταφέρουμε να έχουμε την επιθυμητή ενέργεια, λόγω χαμηλής ενεργειακής πυκνότητας , απαιτείται διπλάσια επιφάνεια απ' ότι στα κρυσταλλικά
- Λόγω του ότι αποτελούν νέα τεχνολογία, δεν υπάρχουν στοιχεία από τη χρησιμοποίησή τους σε παλαιότερες εφαρμογές
- Με την προϋπόθεση ότι υπάρχει ο απαιτούμενος διαθέσιμος χώρος, δύσκολος προσανατολισμός και συννεφιά (σκιά), αυτά τα πάνελ αποτελούν μια καλή λύση.

Συμβουλή που δεν πρέπει να παραλυφθεί -> Στα αυτόνομα συστήματα παίζει πολύ σπουδαίο ρόλο ο προσανατολισμός και η κλίση του φωτοβολταϊκού πάνελ καθώς αυτή διαφέρει ανάλογα με το πότε το χρησιμοποιεί ο χρήστης (τοποθεσία, εποχή, ώρες λειτουργίας κοκ.).

Ο **ρυθμιστής ή ελεγκτής φόρτισης** που λέγεται ακόμη και κόφτης/ σταθεροποιητής, είναι το "μυαλό" του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος. Ο εκάστοτε ρυθμιστής χαρακτηρίζεται από την ισχύ των φωτοβολταϊκών πάνελ που μπορεί να σηκώσει σε συνδυασμό με την τάση μπαταρίας που έχει χρησιμοποιηθεί στην εγκατάσταση. Εντοπίζεται ανάμεσα σε ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά πάνελ και μια ή περισσότερες μπαταρίες. Τα παλαιότερα χρόνια επιλέγονταν PWM ρυθμιστές οι οποίοι πλέον έχουν αντικατασταθεί από έξυπνους MPPT. Πλέον, υπάρχουν πολλοί ρυθμιστές φόρτισης οι οποίοι περιλαμβάνονται μέσα στον αντιστροφέα. Η τιμή εισόδου που λαμβάνει ένας ρυθμιστής συνδέεται με την τιμή εξόδου των πάνελ και μέσω αυτής επιτρέπει στη σωστή ποσότητα παραγόμενου ρεύματος να φτάσει και να φορτίσει τις μπαταρίες έτσι ώστε να αποφευχθεί ενδεχόμενη υπερφόρτιση και όταν καταλάβει πως αυτές είναι γεμάτες λαμβάνει την απόφαση για διακοπή. Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα προστασίας των μπαταριών από υπερεκφόρτιση (όταν φτάσει η τάση σε μια προκαθορισμένη τιμή LVD) και αυτή επιτυγχάνεται με της σύνδεσή τους με το ηλεκτρικό φορτίο μέσω ανοιχτού κυκλώματος. Ακόμη, ένας ρυθμιστής έχει τη δυνατότητα να παρακάμψει τις μπαταρίες την ώρα που αυτές φορτίζονται και να τροφοδοτήσει απευθείας μικρές συσκευές και λαμπτήρες. Τέλος, ο ελεγκτής έχει τη δυνατότητα να ορίσει αυτόματη σύνδεση και αποσύνδεση των φορτίων στη διάρκεια μιας ημέρας.

Συμβουλή που δεν πρέπει να παραληφτεί -> Προτιμάμε να εγκαταστήσουμε μεγαλύτερο ρυθμιστή φόρτισης από αυτόν που απαιτούν οι ανάγκες του συστήματος μας ώστε σε πιθανή επέκταση να μην χρειαστεί να τον αντικαταστήσουμε με έναν νέο, ταυτόχρονα όμως δεν επιλέγουμε μεγαλύτερο ρυθμιστή φόρτισης από την χωρητικότητα των μπαταριών διαιρεμένη με το 10.

Σύγκριση ρυθμιστών φόρτισης PWM/MPPT		
	PWM	MPPT
Κόστος	Συνήθως χαμηλό	Υψηλό
Τάση φ/β	Πρέπει να ταιριάζει με την τάση της μπαταρίας	Η τάση φ/β μπορεί να είναι αρκετά υψηλότερη
Μέγεθος Συστήματος	Η χρήση του βολεύει σε μικρότερα συστήματα	Επιλέγεται σε συστήματα > 200 Wp
Τύπος φ/β	Δεν επιλέγεται για πάνελ δικτύου ή Thin Film	Δεν έχει περιορισμό ως προς τα πάνελ
Απώλειες	Διανομή της παραγόμενης ενέργειας στις μπαταρίες (80%) και η υπόλοιπη (20%) χάνεται γιατί δεν μπορεί να ανιχνεύσει το μέγιστο σημείο ισχύος	Περιορισμένες έως ελάχιστες
Διαστασιολόγηση	Σύμφωνα με το ρεύμα εξόδου του φ/β πλαισίου	Σύμφωνα με τα Wp του πάνελ και της τάσης της μπαταρίας

Λειτουργία των ρυθμιστών φόρτισης MPPT & PWM

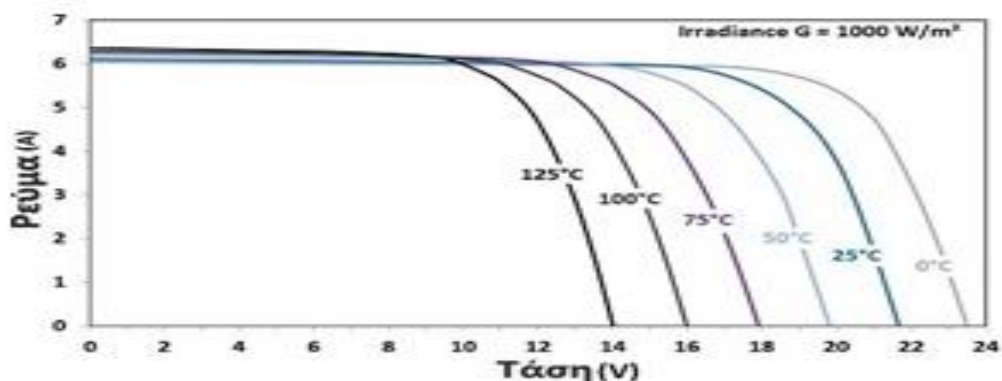
MPPT:

Αποτελεί έναν μετασχηματιστή DC/DC όπου η ισχύς στην είσοδό του ισούται με την ισχύ στην έξοδο. Στην είσοδο συναντάμε υψηλότερη τάση και χαμηλότερο ρεύμα ενώ στην έξοδο γίνεται το αντίθετο δηλαδή υπάρχει χαμηλότερη τάση και υψηλότερο ρεύμα.

Η λειτουργία αυτού του ρυθμιστή βασίζεται σε έναν αλγόριθμο. Ο αλγόριθμος αυτός πραγματοποιεί ορισμένες γρήγορες ενέργειες στην είσοδο του για την προσαρμογή της τάσης. Συγκεκριμένα, προσαρμόζει την τάση του πάνελ στην τιμή V_m , παίρνει την αντίστοιχη τιμή του πάνελ I_m και έτσι προκύπτει το βέλτιστο P_m που αποτελεί τη μέγιστη ισχύ. Για να καταφέρουμε να πετύχουμε την μέγιστη δυνατή ισχύ στα πάνελ μας, η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κάθε φορά για τις εκάστοτε συνθήκες θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας.

Ένα φωτοβολταϊκό πάνελ δεν αποτελεί πηγή τάσης αλλά πηγή ρεύματος δηλαδή όταν υπάρχει μείωση της ακτινοβολίας αναπόφευκτα μειώνεται και το ρεύμα που δίνει το πάνελ ενώ η τάση μειώνεται σε μικρότερο βαθμό. Παρ' όλα αυτά, όπως ειπώθηκε παραπάνω ο MPPT έχει τη δυνατότητα να απορροφήσει τη μέγιστη δυνατή ισχύ για τις εκάστοτε καιρικές συνθήκες προσαρμόζοντας την τάση του πάνελ και λαμβάνοντας το αντίστοιχο ρεύμα.

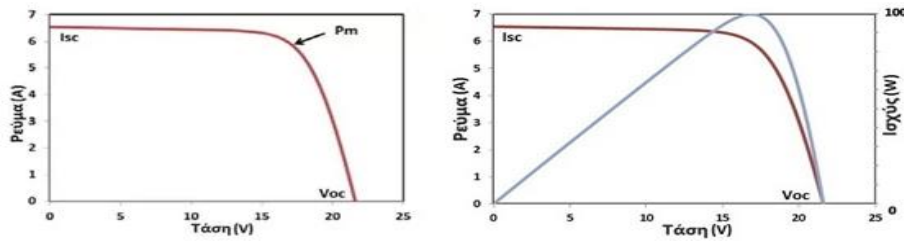
Με την αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται η τάση (εικόνα 1), ενώ το ρεύμα παραμένει σχετικά σταθερό. Ο ρυθμιστής μας εκ νέου θα πραγματοποιήσει την ίδια διαδικασία και θα καταφέρει και πάλι να απορροφήσει τη μέγιστη ισχύ.



Εικόνα 1

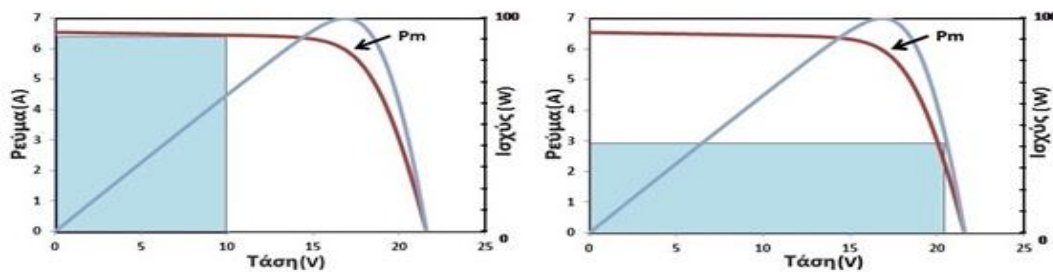
Γραφική απεικόνιση:

Θα χρησιμοποιήσουμε την καμπύλη ρεύματος-τάσης του φωτοβολταϊκού πάνελ (εικόνα 2), στην οποία παρατηρούμαι ότι μπορεί να υπάρξουν διάφοροι συνδυασμοί ρεύματος τάσης, από το γινόμενο των οποίων προκύπτει η αντίστοιχη καμπύλη της ισχύος ως προς την τάση.



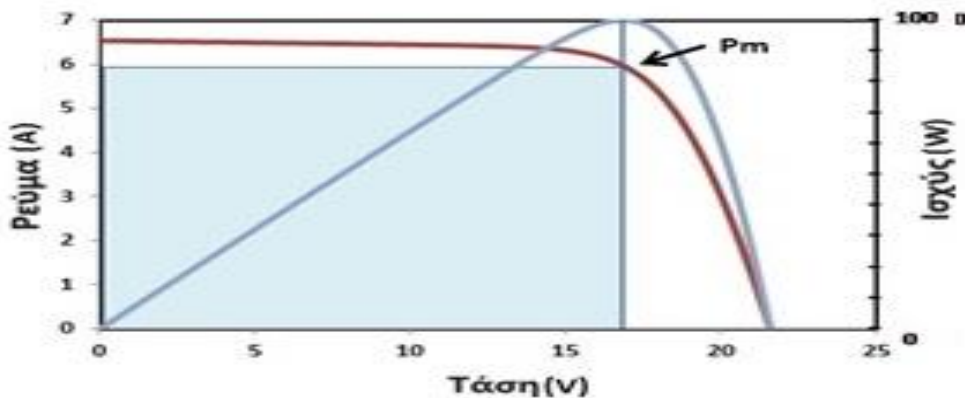
Εικόνα 1

Αυτά τα γινόμενα απεικονίζονται στο διάγραμμα και ως εμβαδά που βρίσκονται κάτω από την καμπύλη ρεύματος τάσης (εικόνα 3).



Εικόνα 2

Υπάρχει όμως μόνο ένα ζεύγος τιμών σε κάθε περίπτωση όπου έχουμε το μέγιστο εμβαδό συνεπώς πετυχαίνουμε τη μέγιστη απόδοση του πάνελ (εικόνα 4).



Εικόνα 3

PWM:

Ο συγκεκριμένος ρυθμιστής δεν αποτελεί μετασχηματιστή DC/DC όπως ο MPPT. Συνδέει απλά σαν διακόπτης τα πάνελ με την εκάστοτε μπαταρία. Αυτό σημαίνει πως η τάση των πάνελ που μπορεί να δεχθεί ο ρυθμιστής εξαρτάται άμεσα από την τάση της μπαταρίας. Ουσιαστικά αποτελεί έναν διακόπτη που όταν είναι κλειστός προκύπτει πως η τάση του πάνελ ισούται με αυτή της μπαταρίας.

Εν κατακλείδι, έχει αποδειχθεί πως σε πρότυπες συνθήκες STC (θερμοκρασία 25°C, ακτινοβολία 1000 W/m²) ο MPPT απορροφά από ένα μονοκρυσταλλικό πάνελ των 100Wr περίπου 20% περισσότερη ισχύ απ' ότι ο PWM συνεπώς κερδίζουμε περισσότερη ενέργεια από τον ήλιο.

Οι μπαταρίες ή συσσωρευτές έχουν σπουδαίο ρόλο διότι αναλαμβάνουν να αποθηκεύσουν την περισσευούμενη ηλεκτρική ενέργεια που προκύπτει κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Μέσω αυτής της ενέργειας τροφοδοτείται το σύστημά μας τις βραδινές ώρες και γενικότερα όταν δεν υπάρχει επαφή με τον ήλιο. Υπάρχουν οι ανοιχτού, κλειστού τύπου (αναλυτική σύγκριση στη συνέχεια) και χαρακτηρίζονται σύμφωνα με την τάση τους (2V, 6V, 12V), ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η τάση τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος ζωής τους. Οι μπαταρίες φωτοβολταϊκών χαρακτηρίζονται από την χωρητικότητά τους (Ah) και την τάση τους (V) και πρέπει να δίνεται μεγάλη βάση στη θερμοκρασία και τον αερισμό του χώρου όπου είναι τοποθετημένες οι μπαταρίες, ειδικά όταν μιλάμε για μπαταρίες ανοιχτού τύπου.

Η χρήση συσσωρευτών στις φ/β εγκαταστάσεις εγγυάται σταθερότητα στην τάση εξόδου. Χαρακτηριστικό γνώρισμα για την επιλογή ενός συσσωρευτή είναι ο κύκλος του. Η φόρτιση και η εκφόρτιση αποτελούν τον κύκλο του συσσωρευτή και διακρίνεται σε βαθύ και αβαθή. Ο πρώτος αφορά την εκφόρτιση του συσσωρευτή μέχρι το 80% (deep cycle) της διαθέσιμης χωρητικότητάς του και ο δεύτερος περιορίζεται στο 20% - 30% (μπαταρίες εκκίνησης για αυτοκίνητα και έντονο αρχικό ξεκίνημα). Τέλος, μέσω ειδικού πυκνόμετρου μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια η κατάσταση φόρτισης μιας μπαταρίας.

Συμβουλή που δεν πρέπει να παραληφτεί -> Επιλέγουμε όσο τον δυνατόν μεγαλύτερης χωρητικότητας μπαταρίες διότι διαθέτουν μικρότερο βάθος εκφόρτισης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας

Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στην οικιακή αποθήκευση ενέργειας τυπικά κατασκευάζονται με μία από τις τρεις χημικές συνθέσεις: μόλυβδο, ιόν λιθίου και αλμυρό νερό. Κατά κύριο λόγο σε ένα σύστημα με πάνελ προτιμώνται μπαταρίες λιθίου παρ' όλο που είναι ακριβότερες από τις άλλες εναλλακτικές που έχουμε. Συγκεκριμένα, για τις τρεις κατηγορίες μπαταριών ισχύει:

Μολύβδου οξέος (PzS)

Η συγκεκριμένη κατηγορία μπαταριών είναι αυτή που χρησιμοποιείται κατά κόρον εδώ και αρκετά χρόνια σε συστήματα που αφορούν αυτόνομα φωτοβολταϊκά και αποθήκευση οικιακής ενέργειας, παρόλο που έχουν χαμηλή διάρκεια ζωής και χαμηλότερο DoD, διότι αποτελούν μια φθηνή λύση. Για τους ιδιοκτήτες σπιτιού που θέλουν να εγκαταλείψουν το δίκτυο και πρέπει να εγκαταστήσουν πολλά αποθέματα ενέργειας οι μπαταρίες αυτές είναι μια καλή λύση. Οι μπαταρίες αυτές περιέχουν πλάκες θειικού Μολύβδου (PbSO₄: lead acid, VRLA) που διακρίνονται σε ξηρούς ηλεκτρολυτικούς (μικρής χωρητικότητας, H₂SO₄) και χαμηλού αντιμονίου που έχουν υψηλή χωρητικότητα, μεγάλο χρόνο ζωής και πολλούς κύκλους φόρτισης εκφόρτισης. Οι μπαταρίες κλειστού τύπου (sealed battery) αποτελούν την πιο εύχρηστη κατηγορία αυτής της κατηγορίας και ονομάζονται VRLA. Οι μπαταρίες αυτές χωρίζονται σε AGM και GELL CELLS.

AGM (PzV):

Ανάμεσα στις πλάκες αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνεται Boron-Silicate Glass Mat και το γεγονός ότι μέσα στο Glass Mat βρίσκεται ο ηλεκτρολύτης σημαίνει πως αποφεύγεται ο κίνδυνος διαρροής σε πιθανό σπάσιμο της μπαταρίας. Επιπλέον, η μη ύπαρξη υγρών στο εσωτερικό της, βοηθά στην αποφυγή παγώματος σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Ακόμη, δεν υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης σε συνθήκες γρήγορης φόρτισης ή εκφόρτισης καθώς διαθέτει πολύ μικρή εσωτερική αντίσταση, ενώ η τάση φόρτισης θυμίζει μια απλή μπαταρία. Ένα άλλο θετικό που συναντάμε στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι πως με το πέρασμα του χρόνου δεν πέφτει σε αξιοσημείωτο βαθμό η απόδοσή της καθώς ο ρυθμός αυτοεκφόρτισης κυμαίνεται μεταξύ 1-3% ανά μήνα. Τέλος, η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται από 10-12 χρόνια, έχουν πολλαπλές και κυκλικές φορτίσεις και έχουν ιδιαίτερη αντοχή στους κραδασμούς και τα χτυπήματα.

GEL (PzV):

Όπως προδίδει και το όνομα τους, οι μπαταρίες αυτές περιλαμβάνουν ένα οξύ που είναι σαν ζελέ (Silica Gel). Στη συγκεκριμένη περίπτωση ακόμη και να σπάσει τελείως η μπαταρία δεν υπάρχει καμία περίπτωση να χυθεί το ζελέ. Η φόρτιση πρέπει να γίνεται από ειδικευμένο φορτιστή, καθώς σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να προκύψει κάποια βλάβη, και να γίνεται σε χαμηλότερη τάση απ' ότι στην AGM διότι σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να δημιουργηθούν κενά στο GEL τα οποία θα προκαλέσουν μείωση της χωρητικότητας της μπαταρίας. Έχουν διάρκεια ζωής 10-12 και είναι κατάλληλες για πολλαπλές και κυκλικές φορτίσεις.

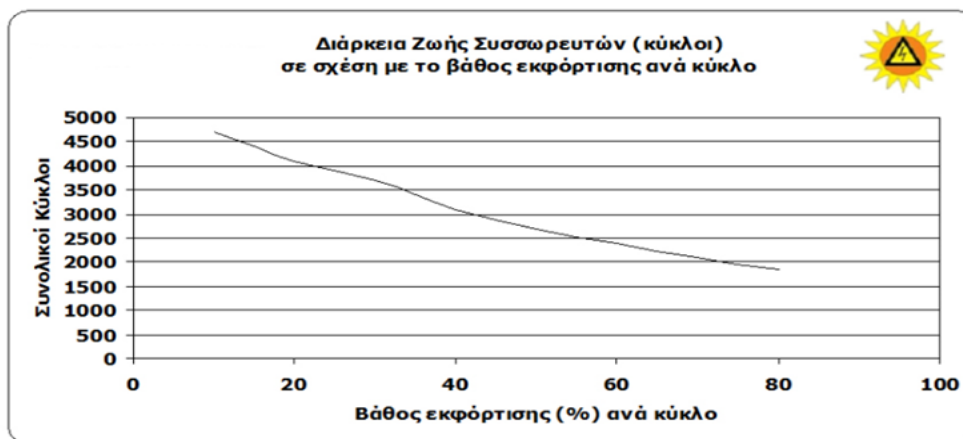
Ιόντων λιθίου (LiFePO₄)

Οι περισσότερες τεχνολογίες που ασχολούνται με την αποθήκευση ενέργειας για οικιακή χρήση χρησιμοποιούν κάποια μορφή χημικής σύνθεσης ιόντων λιθίου. Έχουν υψηλή πυκνότητα ενέργειας που σημαίνει ότι μπορούν να αποθηκεύουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας και έτσι πετυχαίνουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Έχουν υψηλότερη DoD και είναι πιο ελαφριές από τις αντίστοιχες μολύβδου οξέος καθώς το λίθιο είναι πιο ελαφρύ από το μέταλλο. Σε αντίθεση με άλλες μπαταρίες, δεν χρειάζονται πλήρη φόρτιση ή αποφόρτιση και η επαναφόρτιση μπορεί να γίνεται όποτε βολεύει τον πελάτη. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζει καλύτερη απόδοση σε κύκλους και μεγαλύτερη αυτονομία σε σχέση με τις μπαταρίες μολύβδου. Όσον αφορά την απόδοση είναι εντυπωσιακό το γεγονός πως είναι σταθερή ακόμη και σε δύσκολες συνθήκες λειτουργίας. Τέλος, το γεγονός πως δεν απαιτεί συντήρηση σε συνδυασμό με το μικρό βάρος και το χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο (δεν περιέχει τοξικά, σπάνια, μολυσματικά υλικά) κάνει τη συγκεκριμένη μπαταρία άκρως ελκυστική. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, πρέπει να τονιστεί πως αποτελούν ακριβότερη λύση από ό,τι οι αντίστοιχες μολύβδου και πως είναι υπαρκτή η πιθανότητα ανάφλεξης σε περίπτωση που τα χημικά που την απαρτίζουν έρθουν ξαφνικά σε επαφή καθώς διαχωρίζονται από το μονωτικό υλικό (εσωτερικά των κελιών της μπαταρίας), τότε ανεβαίνει απότομα η θερμοκρασία και η βίαιη εκτόνωση των αερίων προκαλεί την έκρηξη.

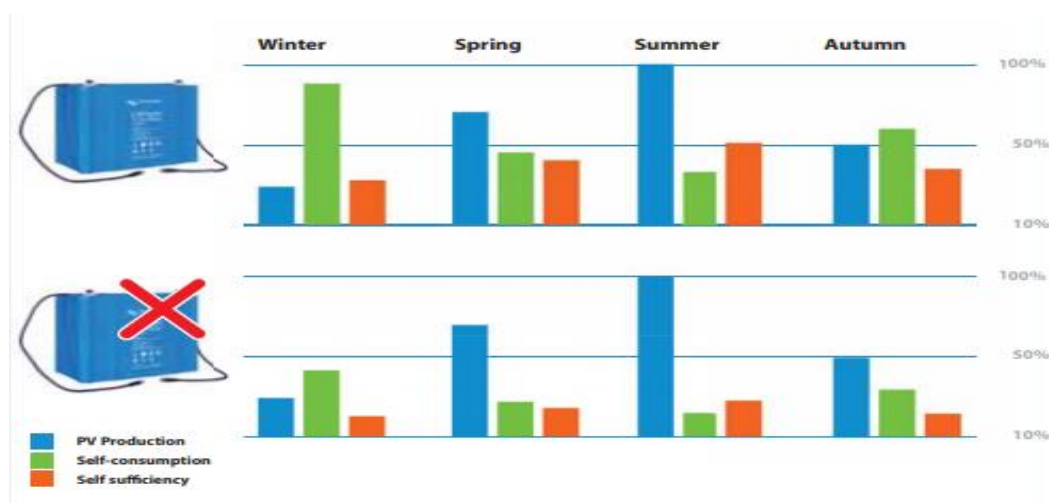
Παρ' όλα αυτά είναι τόσα πολλά τα θετικά πλεονεκτήματα που έδωσαν το δικαίωμα στις μπαταρίες λιθίου να κατακτήσουν της αγορά και να χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές.

Αλατόνερο

Ένας νέος τρόπος οικιακής αποθήκευσης ενέργειας είναι η μπαταρία αλμυρού νερού. Οι μπαταρίες αυτές δεν περιέχουν βαρέα μέταλλα, αντίθετα στηρίζονται σε ηλεκτρολύτες αλμυρού νερού. Ενώ οι μπαταρίες που χρησιμοποιούν βαρέα μέταλλα, συμπεριλαμβανομένων των μπαταριών μολύβδου οξέος και ιόντων λιθίου, πρέπει να απορρίπτονται με ειδικές διεργασίες, μια μπαταρία αλμυρού νερού μπορεί εύκολα να ανακυκλωθεί. Σύμφωνα με τους ερευνητές που έχουν ασχοληθεί με την εν λόγω καινοτομία, η μπαταρία που θα αναπτυχθεί θα έχει μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα και καλύτερη ασφάλεια από τις υπάρχουσες, ενώ θα μπορεί στο τέλος της ζωής της να ανακυκλώνεται. Ωστόσο, ως νέα τεχνολογία, οι μπαταρίες αλμυρού νερού είναι σχετικά μη δοκιμασμένες.



Τυπικές εποχιακές παραλλαγές σε περίπου 50 μοίρες γεωγραφικό πλάτος με/χωρίς τη χρήση μπαταρίας



Χαρακτηριστικά μπαταριών

Τα κύρια χαρακτηριστικά που αντιπροσωπεύουν μια μπαταρία είναι η χωρητικότητα, οι κύκλοι ζωής (DoD) και η τάση.

Η χωρητικότητα (Ah) είναι η συνολική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί στη μπαταρία, μετρούμενη σε κιλοβατώρες (kWh). Οι περισσότερες οικιακές ηλιακές μπαταρίες έχουν σχεδιαστεί για να είναι “στοιβαζόμενες”, πράγμα που σημαίνει ότι μπορείτε να συμπεριλάβετε πολλές μπαταρίες με το σύστημα ηλιακής αποθήκευσης για να έχετε επιπλέον χωρητικότητα.

Ενώ λοιπόν η χωρητικότητα δείχνει πόσο μεγάλη είναι η μπαταρία, δεν λέει πόση ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να δώσει σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Για να υπάρχει πλήρης εικόνα, πρέπει να ληφθεί υπόψη η ονομαστική ισχύς της μπαταρίας. Στο πλαίσιο των ηλιακών συσσωρευτών, η ονομαστική ισχύς είναι η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παράγει μια μπαταρία και μετριέται σε κιλοβάτ (kW). Ένας παράγοντας που επηρεάζει την χωρητικότητα είναι ο χρόνος αποφόρτισης της μπαταρίας. Οι περισσότερες μπαταρίες για φωτοβολταϊκά πρέπει να διατηρούν κάποια φόρτιση ανά πάσα στιγμή λόγω της χημικής σύνθεσής τους. Αν χρησιμοποιείτε το 100% της φόρτισης μιας μπαταρίας, η ωφέλιμη ζωή της θα μειωθεί σημαντικά.

Το βάθος (βαθμός) εκφόρτισης (DoD) μιας μπαταρίας δηλώνει την ποσότητα της χωρητικότητας που έχει ήδη χρησιμοποιηθεί. Οι περισσότεροι κατασκευαστές θα καθορίσουν ένα μέγιστο DoD για να πετύχουν τη βέλτιστη απόδοση της μπαταρίας. Έστω ότι μια μπαταρία 10 kWh έχει DoD 90%, αυτό σημαίνει ότι δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από 9 kWh πριν την επαναφόρτιση. Γενικά, μια υψηλή ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Καραγιαννίδης Ευάγγελος

τιμή DoD δηλώνει ότι θα μπορεί να αξιοποιηθεί περισσότερη χωρητικότητα της μπαταρίας. Η μπαταρία σε περίπτωση που την σεβαστείς θα σε ανταμείψει, δηλαδή η ίδια μπαταρία θα παρέχει στον χρήστη περισσότερο ρεύμα εάν ξεφορτίζεται σε διάρκεια 100 ωρών (C100) απ' ό,τι σε 20 ώρες (C20). Σε εξοχική κατοικία για παράδειγμα οι μπαταρίες θα αντέξουν 3-4 χρόνια εάν είναι 300 κύκλων και τα διπλάσια χρόνια σε περίπτωση που είναι 600 κύκλων. Εδώ πρέπει να τονιστεί πως ένας κύκλος ολοκληρώνεται όταν η μπαταρία εκφορτιστεί μέχρι το σημείο που έχει ορίσει ο κατασκευαστής και εν συνεχεία φορτιστεί στο 100%. Ο αριθμός των κύκλων διαμορφώνεται αναλόγως του ποσοστού εκφόρτισης της μπαταρίας και είναι αντιστρόφως ανάλογος με αυτόν. Τέλος, οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στα αυτόνομα συστήματα δεν πρέπει να αποφορτίζονται κάτω από το 50% με 60%.

Τέλος, η τάση μιας μπαταρίας παίζει τον σπουδαίο ρόλο της τροφοδότησης του συστήματος με DC τάση καθώς για τη σωστή λειτουργία του απαιτείται η συνεχής τάση της μπαταρίας και όχι η εναλλασσόμενη του δικτύου. Επιπλέον, για την μέγιστη απόδοση του συστήματος, η επιλογή του σωστού συνδυασμού μπαταριών με την καταλληλότερη τάση για το πρότζεκτ μας παίζει τον πιο σπουδαίο ρόλο ώστε να επιτύχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα.

Σύγκριση Μπαταριών Ανοιχτού - Κλειστού τύπου

Μπαταρίες ανοιχτού τύπου με υγρά (OPzS, sOPzS, Serviceable) :

Εύκολη παρακολούθηση : Εύκολα μπορεί κανείς να μετρήσει την πυκνότητα του ηλεκτρολύτη με τη βοήθεια πυκνόμετρου αφού πρώτα έχει ξεβιδώσει την τάπα.

Μηνιαία αναζωογόνηση : Ο ρυθμιστής φόρτισης έχει τη δυνατότητα να αναζωογονεί – εξισορροπεί (equalization) την μπαταρία μία φορά τον μήνα παρέχοντας της μεγάλη ποσότητα ρεύματος για μερικές ώρες. Με την εξισορρόπηση ελαχιστοποιούμε τις πιθανότητες να μειωθεί η διάρκεια ζωής των μπαταριών διότι εμποδίζεται η εμφάνιση κρυστάλλων στην επιφάνεια της πλάκας μολύβδου και της θείωσης.

Έκλυση αερίων : Κατά τη διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισης, οι μπαταρίες εκλύουν αέρια γι' αυτό το λόγω συνίσταται η τοποθέτησή τους σε εξωτερικό χώρο.

Συντήρηση : Γίνεται έλεγχος των υγρών, τα οποία πρέπει να καλύπτουν τις πλάκες μολύβδου και σε περίπτωση που δεν καλύπτονται προσθέτουμε απιονισμένο νερό. Επιπλέον, απαγορεύεται να τοποθετούμε οποιοδήποτε αντικείμενο πάνω στη συστοιχία των μπαταριών όπως επίσης απαγορεύεται και η αποσύνδεση του ρυθμιστή φόρτισης από τις μπαταρίες. Τέλος, οι μπαταρίες εκφορτίζονται ακόμη και όταν δεν είναι συνδεδεμένες σε κάποιο φορτίο γι' αυτό πρέπει να φορτίζονται συχνά. Ο έλεγχος αυτός καλό θα είναι να πραγματοποιείται δύο φορές το χρόνο.

Μπαταρίες κλειστού τύπου PzV, (AGM VRLA , GEL VRLA, OPzV, μπαταρίες λιθίου, Maintenance free) :

Μηδενική συντήρηση : Αποτελούν την κατάλληλη κατηγορία μπαταριών για όσους δεν έχουν τη διάθεση να ασχολούνται με την συντήρησή τους.

Χωρίς μηνιαία αναζωογόνηση : Δεν μπορεί να υπάρξει η εξισορρόπηση που αναφέρθηκε παραπάνω διότι υπάρχει κίνδυνος ατυχήματος.

Δεν εκλύονται αέρια : Είναι οι ιδανικές μπαταρίες για όσους θέλουν να τις τοποθετήσουν σε κλειστό χώρο διότι τα αέρια που προκύπτουν δεν απελευθερώνονται ενώ συμφέρουν και για σημεία που δεν είναι δυνατός ο συχνός έλεγχός τους.

Αποφόρτιση: Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στο ίδιο κεφάλαιο, οι μπαταρίες καλό είναι να μην αποφορτίζονται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50-60%. Οι πιο σύγχρονοι και έξυπνοι αντιστροφείς έχουν τη δυνατότητα να σταματούν τη λειτουργία τους αμέσως μόλις αντιληφθούν μεγαλύτερη αποφόρτιση από την προαναφερθείσα.

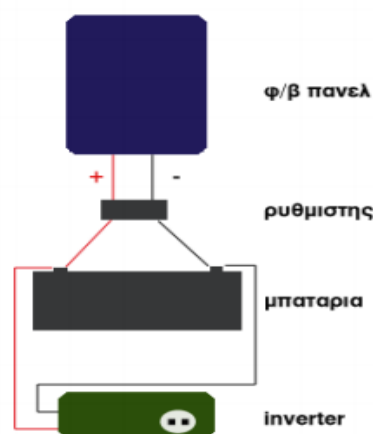
Φόρτιση: Η ορθή φόρτιση των μπαταριών περιλαμβάνει τη χρήση ενός ρυθμιστή φόρτισης. Όταν φορτίζουμε, μέσω μιας άλλης πηγής ρεύματος, τις μπαταρίες μας (γεννήτρια) απαιτείται η ύπαρξη ενός inverter AC/DC διαφορετικά η καταστροφή των μπαταριών είναι δεδομένη, ενώ και το ενδεχόμενο ατυχήματος είναι πολύ πιθανό.

Η **ανεμογεννήτρια** (προαιρετικά) εκμεταλλεύεται την ενέργεια που της παρέχει ο άνεμος και την μετατρέπει σε ηλεκτρική. Στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις έχει συμπληρωματικό ρόλο και η επιλογή της είναι κρίσιμη διότι αποτελεί ένα ακριβό αντικείμενο που πρέπει να χρησιμοποιηθεί σωστά για να μην υπάρχει πρόβλημα με την διάρκεια ζωής της. Λόγω του όγκου της αποτελεί αμφιλεγόμενο στοιχείο ενώ προβληματίζουν και οι συχνές μηχανικές της βλάβες.

Συμβουλή που δεν πρέπει να παραληφτεί -> επιλέξτε πρώτα να δοκιμάσετε την επιβίωση μόνο με φωτοβολταϊκά και σε συνεννόηση με έναν έμπειρο μηχανικό αυτόνομων φωτοβολταϊκών σε δεύτερο χρόνο εξετάζετε την χρήση της ανεμογεννήτριας. Συστήνεται για αρχή το σύστημα να λειτουργήσει αποκλειστικά μέσω των φωτοβολταϊκών πάνελ και στη συνέχεια αν απαιτηθεί να εγκατασταθεί και η σωστή ανεμογεννήτρια.

Η **ηλεκτρογεννήτρια** (προαιρετικά) φορτίζει τις μπαταρίες του συστήματος όταν δεν υπάρχει η απαιτούμενη εκμεταλλεύσιμη ηλιακή ακτινοβολία αλλά για να χρησιμοποιηθεί είναι απαραίτητη η ύπαρξη φορτιστή μπαταριών, ο οποίος συνήθως περιλαμβάνεται στον inverter και φροντίζει για την φόρτιση των μπαταριών από εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Η ισχύς της ηλεκτρογεννήτριας μετριέται σε kVA και μπορεί να ελεγχθεί μέσω του αντιστροφέα.

Συμβουλή που δεν πρέπει να παραληφτεί -> Απαγορεύεται αυστηρά η επιλογή ηλεκτρογεννήτριας μικρότερης ισχύς απ' αυτή του inverter



3.4 Βασικές διατάξεις και όργανα ελέγχου

Σε ένα φ/β σύστημα είναι απαραίτητο να υπάρχουν και ορισμένες άλλες διατάξεις και όργανα ελέγχου τα οποία έχουν ως σκοπό:

1. Να εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη και ασφαλή λειτουργία του φ/β συστήματος.

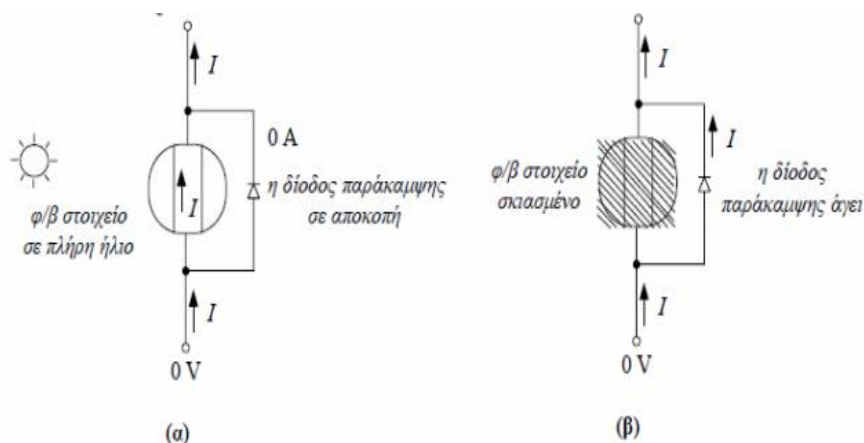
2. Να εξασφαλίζουν την απαραίτητη ποιότητα της παρεχόμενης στους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας.
3. Να μεγιστοποιήσουν την παρεχόμενη ενέργεια. Τα συστήματα αυτά που υποστηρίζουν και βελτιστοποιούν την απόδοση των φ/β συστημάτων είναι οι δίοδοι (παράκαμψης, φραγής, αντεπιστροφής) ο Ρυθμιστής Τάσης (μετατροπέας DC/DC), ο αντιστροφέας dc/ac και ο Ανιχνευτής Μέγιστου Σημείου Ισχύος (MPPT: Maximum Power Point Tracker). Ο λόγος ύπαρξής τους και ο τρόπος λειτουργίας τους παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω.

3.4.1 Δίοδοι

Οι συστοιχίες των πάνελ διαθέτουν αρκετές φορές διόδους φραγής, παράκαμψης και αντεπιστροφής. Χρησιμοποιούνται για να περιορίσουν την κατεύθυνση της ροής του ρεύματος και είναι χρήσιμες ανάλογα με το κύκλωμα που διαθέτουμε και το αποτέλεσμα που θέλουμε να πετύχουμε.

Δίοδοι παράκαμψης

Τοποθετούμε τη συγκεκριμένη δίοδο κατά μήκος του πλαισίου και έτσι καταφέρνουμε να αντιμετωπίσουμε την πτώση τάση στα σκιασμένα πλαίσια. Όταν οι ακτίνες του ήλιου φθάνουν κανονικά πάνω στο φ/β στοιχείο, υπάρχει ανύψωση τάσης και συνεπώς η δίοδος δεν χρησιμοποιείται. Όταν όμως σκιαστεί το πάνελ, πολώνεται θετικά η δίοδος και αφήνει το ρεύμα να την διαπεράσει. Γενικά στο σκιασμένο στοιχείο λειτουργεί σαν ανοιχτό κύκλωμα και περνάει απ' αυτό το σύνολο της τάσης από την ανάποδη, με αποτέλεσμα το στοιχείο να καταστρέφεται λόγω της ισχυρής τάσης. Συνεπώς, η δίοδος παράκαμψης καταφέρνει και έχει υπό έλεγχο την πτώση τάσης και να την περιορίζει σε μια μικρή τιμή σε σύγκριση με τη μεγάλη πτώση τάσης που θα υπήρχε τη δίοδο παράκαμψης στο κύκλωμα .



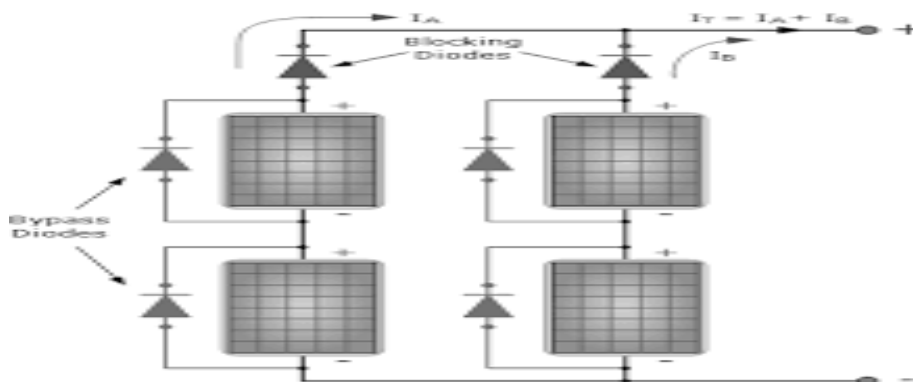
Δίοδοι φραγής

Στη διάρκεια της νύχτας οι μπαταρίες έχουν απώλειες και επιτρέπουν στο ρεύμα να διαρρέει προς την αντίθετη κατεύθυνση μέσα από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο .Γι' αυτό λοιπόν εγκαθίστανται δίοδοι φραγής για να αποτρέψουν αυτή τη διαρροή. Αυτή συνδέεται σε σειρά ανάμεσα στα πάνελ και τις μπαταρίες. Εάν υπάρχουν παραπάνω από μία συνδεσμολογίες σε σειρά τότε οι δίοδοι φραγής συνδέονται σε σειρά με κάθε μία από τις συνδεσμολογίες χωριστά. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου η χρήση διόδου φραγής είναι περιττή διότι στα σύγχρονα συστήματα επιτυγχάνεται ρύθμιση της ισχύος χωρίς την ύπαρξή της.

Δίοδοι αντεπιστροφής

Για την προστασία των τμημάτων του συστήματος από την εκφόρτιση των συσσωρευτών, όταν το σύστημα των πλαισίων δεν παράγει τάση (νυχτερινές ώρες, ημέρα με συννεφιά) χρησιμοποιούνται δίοδοι

αντεπιστροφής. Με τις διόδους αντεπιστροφής αποφεύγουμε τη δημιουργία ρευμάτων μέσα στους παράλληλους κλάδους.



3.4.2 Μετατροπέας

Το σημαντικότερο στις Φ/Β μονάδες, είναι ο κατάλληλος τρόπος φόρτισης και ελέγχου των συσσωρευτών, καθώς και η προστασία τους από το φαινόμενο της υπεφόρτισης και της βαθιάς εκφόρτισης. Πολλές φορές δεν είναι εύκολο να «ταιριάξουμε» την τάση των συσσωρευτών με αυτή της Φ/Β Γεννήτριας. Μέσω όμως, ενός μετατροπέα dc/dc η τάση φόρτισης των συσσωρευτών ανεξαρτητοποιείται εντελώς από την τάση εξόδου της Φ/Β Γεννήτριας. Ο μετατροπέας αυτός παραλαμβάνει την τάση της, η οποία αναγκαστικά είναι ασταθής λόγω μεταβλητότητας των καιρικών συνθηκών, και την μετατρέπει στην κατάλληλη τάση για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Παράλληλα την σταθεροποιεί, ώστε να εξασφαλίζονται οι βέλτιστες συνθήκες φόρτισης.

Μία δεύτερη περίπτωση στην οποία οι ρυθμιστές τάσης δίνουν τη λύση είναι όταν οι συσσωρευτές πρέπει να φορτιστούν. Τότε ο ρυθμιστής αναλαμβάνει και διοχετεύει την περίσσεια ενέργειας προς φορτία απόρριψης (dump loads), ή προς άλλες χρήσεις όπως άντληση νερού. Έτσι προστατεύονται οι συσσωρευτές από τον κίνδυνο υπερφόρτισης.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως οι μετατροπείς DC-DC είναι κυκλώματα μετατροπής ισχύος υψηλής συχνότητας, που χρησιμοποιούν διακόπτες υψηλής συχνότητας και επαγωγείς, μετασχηματιστές και πυκνωτές για εξομάλυνση του θορύβου μεταγωγής σε ρυθμιζόμενες τάσεις DC. Οι κλειστοί βρόχοι ανατροφοδότησης διατηρούν σταθερή την έξοδο τάσης ακόμη και όταν αλλάζουν τάσεις εισόδου και ρεύματα εξόδου.

3.4.3 inverter-αντιστροφείας

Οι μετατροπείς παίζουν καθοριστικό ρόλο σε οποιοδήποτε σύστημα ηλιακής ενέργειας και συχνά θεωρούνται οι εγkéφαλοι ενός έργου, είτε πρόκειται για οικιακό σύστημα 2 kW είτε για μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 5 MW. Οι βασικές λειτουργίες που παρέχουν οι σύγχρονοι αντιστροφείς είναι οι ακόλουθες:

1. Μετατροπή DC τάσης σε AC

Η βασική λειτουργία ενός μετατροπέα είναι να μετατρέψει την ισχύ συνεχούς ρεύματος (DC) που δημιουργούν οι ηλιακοί συλλέκτες σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σπίτια και επιχειρήσεις.

2. Μεγιστοποιήστε την ισχύ εξόδου

Οι μετατροπείς είναι υπεύθυνοι για τη συνεχή παρακολούθηση της τάσης της ηλιακής συστοιχίας και για τον προσδιορισμό της μέγιστης ισχύος με την οποία μπορούν να λειτουργούν οι μονάδες. Εάν η σκίαση

συμβαίνει από περιβαλλοντικούς παράγοντες ή εάν οι μονάδες έχουν υποβαθμιστεί, ο μετατροπέας μπορεί να εντοπίσει το λάθος μειώνοντας έτσι τη συνολική παραγωγή ενέργειας του συστήματος.

3. Επικοινωνία με το δίκτυο

Οι έξυπνοι αντιστροφείς, έχουν προχωρήσει από μονόδρομη σε αμφίδρομη επικοινωνία με το δίκτυο, βοηθώντας τις λειτουργίες υποστήριξης δικτύου. Χάρη στο προηγμένο λογισμικό, οι έξυπνοι μετατροπείς μπορούν να εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες υποστήριξης δικτύου που σχετίζονται με την τάση, την συχνότητα, την επικοινωνία και τον χειρισμό τους.

Μία από τις πιο σημαντικές δυνατότητες ενίσχυσης δικτύου των έξυπνων μετατροπέων είναι η ικανότητα οδήγησης μέσω μικρών διαταραχών (για παράδειγμα, αλλαγές τάσης). Οι έξυπνοι μετατροπείς μπορούν να μεταβούν σε κατάσταση αναμονής σε περίπτωση αλλαγής τάσης και να παρατηρήσουν τη διάρκεια της διαταραχής και μετά να απενεργοποιηθούν μόνο εάν η διαταραχή διαρκεί πολύ. Αυτό διασφαλίζει ότι υπάρχουν ελάχιστες διακυμάνσεις τάσης στο δίκτυο λόγω κατανεμημένων πόρων που απενεργοποιούν και σταματούν την παραγωγή ενέργειας. Διαβάστε όλα σχετικά με τους έξυπνους μετατροπείς εδώ.

4. Έκθεση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Οι μετατροπείς επιτρέπουν στους ιδιοκτήτες ηλιακών συστημάτων να παρακολουθούν την απόδοση ισχύος των ηλιακών συστημάτων τους. Οι περισσότεροι μετατροπείς έχουν δυνατότητες επικοινωνίας μέσω ενσύρματου Ethernet, Bluetooth ή Wi-Fi. Αυτή η επικοινωνιακή συνδεσιμότητα μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τους μετατροπείς από διαδικτυακές επιθέσεις, αλλά οι επιστήμονες εργάζονται για τον περιορισμό αυτής της πιθανότητας.

5. Εξασφαλίστε ασφαλή λειτουργία του συστήματος

Οι μετατροπείς πρέπει να κλείσουν σε περίπτωση ηλεκτρικού τόξου, το οποίο μπορεί να προκληθεί από τη γήρανση του συστήματος και την υποβάθμιση του υλικού. Επειδή οι μετατροπείς αποτελούνται από τόσα πολλά ηλεκτρονικά εξαρτήματα και εκτελούν πολλές εργασίες, είναι πιο πιθανό να εμφανίσουν πρόβλημα από οποιοδήποτε άλλο στοιχείο ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Οι κεντρικοί μετατροπείς (central inverters) διαθέτουν διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, αλλά οι μετατροπείς σειρών (string inverters) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευκολότερα σε μια αστοχία.

Συμβουλή που δεν πρέπει να παραληφτεί -> Ο συνδυασμός καλού αερισμού του χώρου τοποθέτησης του αντιστροφέα σε συνδυασμό με την χαμηλή θερμοκρασία του, οδηγεί στην καλύτερη δυνατή απόδοσή του.

Τα είδη των μετατροπέων

Οι inverter διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς. Η ΔΕΗ έχει θεσπίσει έναν νόμο ο οποίος για εγκατεστημένη ισχύ έως 5 kWp υποχρεώνει το χρήστη να παράγει μονοφασικό ρεύμα (230V) και τριφασικό για μεγαλύτερο των 5 kWp στις «οικιακές» φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Όσον αφορά τις άνω των 5 kWp, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας τριφασικός είτε τρεις μονοφασικοί αντιστροφείς για την επίτευξη του επιθυμητού στόχου.

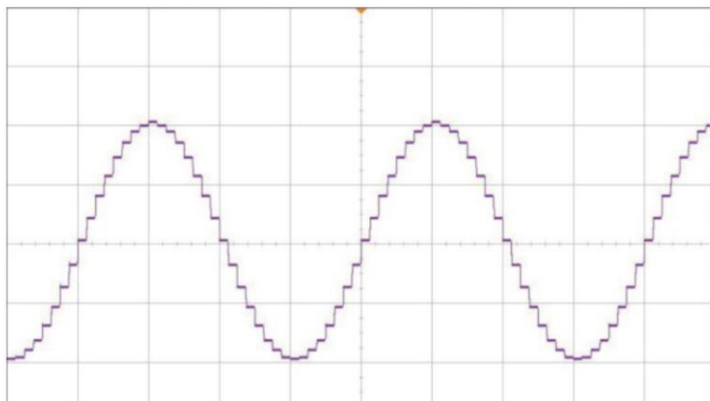
Ο βαθμός απόδοσης του μετατροπέα

Ο βαθμός απόδοσης (που κυμαίνεται από 92%-99% στα προϊόντα που κυκλοφορούν τώρα στην αγορά) ενός αντιστροφέα ορίζεται ως ο λόγος της παραγόμενης ενέργειας προς την ενέργεια που παράγει η συστοιχία των φωτοβολταϊκών πάνελ.

Inverter κανονικού (ή καθαρού) ημιτόνου

Η κυματομορφή του εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) που παράγει ένας μετατροπέας κανονικού ή καθαρού ημιτόνου (εικόνα 1) αποτελεί μια πολύ κοντινή απεικόνιση της πραγματικά ημιτονοειδούς κυματομορφής αν και δεν προσεγγίζει στο 100% την κυματομορφή που συναντάμε στο δίκτυο. Σχεδόν όλοι οι μετατροπείς που πωλούνται “ως καθαρού ημιτόνου” παράγουν στην έξοδό τους μια κυματομορφή που είναι λιγότερο ασταθής από τον τετραγωνικό παλμό και το τροποποιημένο ημιτονοειδές κύμα. Οι περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές της αγοράς έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν βέλτιστα με καθαρό ημίτονο και αυτό αποτελεί το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των inverter αυτών. Τέλος, η χρήση ενός τέτοιου inverter απαιτείται σε εγκαταστάσεις όπου τροφοδοτούνται ευαίσθητες συσκευές ή συσκευές με πολύωρη χρήση.

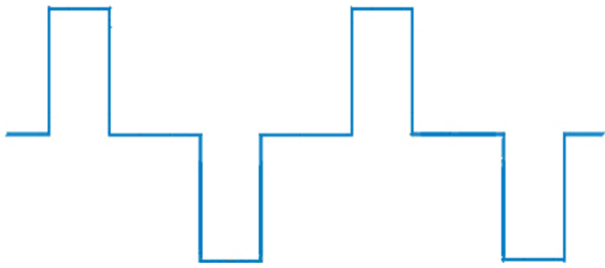
Το μοναδικό του μειονέκτημα είναι η τιμή καθώς είναι 3-4 φορές ακριβότερος από τον αντίστοιχο τροποποιημένου ημιτόνου.



Inverter τροποποιημένου ημιτόνου

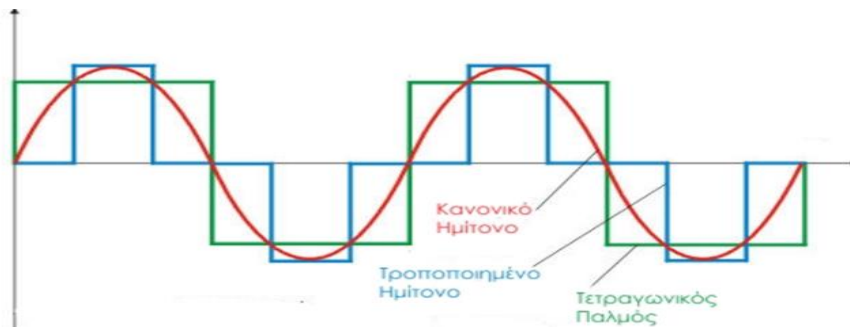
Η έξοδος ενός τέτοιου μετατροπέα είναι το άθροισμα δύο τετραγωνικών κυμάτων όπου το ένα από τα δύο μετατοπίζεται κατά 90° σε σχέση με το άλλο. Έτσι προκύπτει μια κυματομορφή τριών επιπέδων με ίσα διαστήματα μηδενικών βολτ. Παρουσιάζεται μια κυματομορφή με κλιμακωτή μορφή που τείνει να μοιάσει σε αυτήν του καθαρού ημιτόνου (εικόνα 2) με τετραγωνικές βηματικές κινήσεις. Αυτή η κυματομορφή έχει ως αποτέλεσμα τη συνύπαρξη της συχνότητας των 50Hz με υψηλότερες αρμονικές πολλαπλάσιες της. Η τάση παραμένει στις υψηλότερες τιμές (θετικές και αρνητικές) για μεγαλύτερο διάστημα και η μετάβαση ανάμεσα στις τιμές αυτές γίνεται απότομα. Επιπλέον, αυτός ο inverter καταναλώνει μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας, από τις μπαταρίες, που φθάνει και στο 20% με αποτέλεσμα να της δημιουργεί μεγαλύτερη φθορά. Όπως προείπαμε οι σύγχρονες συσκευές (τηλεοράσεις, υπολογιστές κ.α.) είναι κατασκευασμένες για να λειτουργούν με ημιτονική κυματομορφή ρεύματος με ελάχιστη παραμόρφωση (μικρότερη από 5%) οπότε αν αυτές τροφοδοτηθούν με τροποποιημένο ημίτονο στην καλύτερη περίπτωση θα ακούγεται ένα βουητό από τη συσκευή και στη χειρότερη θα καταστραφεί ή δεν θα λειτουργήσει καθόλου.

Σε γενικές γραμμές ο αντιστροφέας ημιτόνου είναι ιδανικός για τροφοδοσία σε ωμικές αντιστάσεις (μοτέρ, αντλίες, ψυγεία κ.α.). Τα φορτία όμως στην πράξη δεν είναι μόνο ωμικές αντιστάσεις αλλά σύνθετα επαγωγικά (πηνιά). Αυτό σημαίνει πως αυτά τα φορτία για να λειτουργήσουν με τον συγκεκριμένο αντιστροφήα πρέπει να καταναλώσουν πολλαπλάσιο ρεύμα και εξαιτίας των υψηλών αρμονικών συχνοτήτων θα υπερθερμανθούν μέχρι να καταστραφούν ολοσχερώς.



Inverter τετραγωνικού παλμού

Ο μετατροπέας αυτός δίνει σαν έξοδο ένα τετραγωνικό παλμό των 50Hz. Όπως φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί με τα τρία είδη παλμών, δεν θυμίζει αυτόν του καθαρού ημιτόνου. Οι συσκευές που μπορούν να τροφοδοτηθούν από ένα τέτοιο μετατροπέα είναι οι λάμπες πυρακτώσεως, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τηλεοράσεις και άλλες συσκευές που χρησιμοποιούν παλμοτροφοδοτικά. Αντιθέτως, δεν μπορούν να τροφοδοτηθούν συσκευές που χρησιμοποιούν μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσης, κινητήρες και συσκευές που διαθέτουν παλμογραφικά με διόρθωση του συντελεστή ισχύος.



3.5 Πυκνωτής στην έξοδο του φ/β

Η ύπαρξη των πυκνωτών στην έξοδο της συστοιχίας των φωτοβολταϊκών είναι ιδιαίτερα σημαντική για την απρόσκοπτη και σταθερή λειτουργία του συστήματος. Αν δεν υπήρχαν αυτοί οι πυκνωτές, θα μπορούσε να υπάρξει μεγάλη και απροσδόκητη πτώση στην τάση εξόδου των φωτοβολταϊκών σε οποιαδήποτε ξαφνική αλλαγή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε αυτό. Με την ύπαρξη του λοιπόν, ο πυκνωτής προστατεύει την εγκατάσταση από μια απότομη βύθιση. Εκτός αυτού, ο πυκνωτής περιορίζει τον ρυθμό μεταβολής της τάσεως εισόδου του inverter και η χωρητικότητα εξομαλύνει τις αρμονικές της τάσεως.

3.6 Σύστημα προστασίας – ασφάλειας ανθρώπων και φ/β

Στα περισσότερα φ/β συστήματα υπάρχει και αυτόματο ή μη σύστημα πυρανίχνευσης και πυροπροστασίας το ποίο έχει σπουδαίο ρόλο. Όσον αφορά το αυτόματο, περιλαμβάνεται ένας πίνακας πυρανίχνευσης στον οποίο είναι συνδεδεμένοι πυρανιχνευτές οι οποίοι σε περίπτωση που αντιληφθούν βλάβη δίνουν εντολές στη σειρήνα του συναγερμού. Από την άλλη μεριά, στο μη αυτόματο σύστημα περιλαμβάνονται πυροσβεστήρες αναγόμωσης και αντλία νερού.

Σπουδαίο ρόλο για την προστασία και τη ορθή λειτουργία του συστήματός μας παίζει και η γείωση του συστήματος καθώς προστατεύει τους ανθρώπους αλλά και το σύστημα.

Τέλος, δεν πρέπει να παραληφτεί η σημαντικότητα της ύπαρξης ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας (Σ.Α.Π.). Αφού γίνει εκτίμηση του κινδύνου πτώσης κεραυνού στην τοποθεσία της εγκατάστασης, αποφασίζεται αν υπάρχει ανάγκη για εγκατάσταση του ΣΑΠ και αν ναι επιλέγεται προστασία στάθμης I, II, III ή IV. Κάθε τέτοιο σύστημα αποτελείται από εξωτερικό και εσωτερικό σύστημα

αντικεραυνικής προστασίας. Στόχος του εξωτερικού είναι η προστασία του εξοπλισμού, των συσκευών και των ανθρώπων από άμεση κεραυνοπληξία. Το εσωτερικό από την άλλη αφορά την προστασία των ανθρώπων και του εξοπλισμού από ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις που αποτελούν έμμεσο αποτέλεσμα ενός κεραυνού.

Εάν δεν υπάρχει ΣΑΠ στην εγκατάσταση η προστασία παρέχεται από το υπάρχον εσωτερικό σύστημα των απαγωγέων υπέρτασης.

3.7 Νησιδοποίηση (islanding protection)

Το φαινόμενο της νησιδοποίησης αφορά έναν φωτοβολταϊκό αντιστροφέα ο οποίος μπορεί να συνεχίζει να τροφοδοτεί με ρεύμα τα φορτία, παρ' όλο που μπορεί να έχει υπάρξει διακοπή με σκοπό τη συντήρηση ή την αποκατάσταση κάποιας βλάβης στην εγκατάσταση. Ουσιαστικά το φωτοβολταϊκό λειτουργεί σαν νησίδα με αποτέλεσμα να παράγεται τάση και έτσι καθίσταται επικίνδυνη η εργασία των τεχνικών. Ο απώτερος σκοπός είναι να “κλείνει” όλη η εγκατάσταση όταν σβήνει το φωτοβολταϊκό. Αυτό το έχουν καταφέρει οι νέοι inverter οι οποίοι καταλαβαίνουν τυχόν σφάλμα και διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία τους.

Υπάρχουν τεχνικές ανίχνευσης αυτού του προβλήματος και χωρίζονται σε παθητικές και ενεργητικές. Οι μεν προσπαθούν να ανιχνεύσουν το φαινόμενο μέσα από την παρατήρηση των ηλεκτρικών μεταβλητών στην έξοδο του αντιστροφέα. Οι δε διαταράσσουν σκόπιμα τις μεταβλητές αυτές με σκοπό να παρατηρήσουν την αντίδραση του συστήματος και έτσι να ανιχνεύσουν την πιθανή ύπαρξη του φαινομένου. Κατά κύριο λόγο προτιμούνται οι ενεργητικές τεχνικές διότι οι παθητικές έχουν μια μεγάλη ζώνη μη ανίχνευσης του φαινομένου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα συναντήσουμε ορισμένες εταιρίες οι οποίες έχουν κατακλύσει την αγορά με τα προϊόντα τους και έχουν συμβάλει όλες ώστε τα φωτοβολταϊκά να γίνουν παγκοσμίως γνωστά και να πείσουν τον άνθρωπο να ενημερωθεί για τα προνόμια που μπορεί να εξασφαλίσει ο ίδιος στον προσωπικό του ισολογισμό αλλά και στο πόσο μπορούν οι τεχνολογίες αυτές να βοηθήσουν το περιβάλλον.

4.1 Φωτοβολταϊκά πάνελ

Οι εταιρίες των οποίων τα προϊόντα καταγράφηκαν είναι οι : *Solarwatt, Suntech, Ying Li, Trina.*

Solarwatt

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	EasyIn 60M style	Vision 60M style	Vision 36M glass	Vision 60M	Vision 60M construct	ECO 60M style	ECO 120M	ECO 120M (330)	ECO 120M
ΤΑΣΗ ΑΝΟΙΧΤ. ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ (Voc) [V]	40.1	39.9	23.8	40	39.9	40.8	41.7	41.3	41.5
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (Vmp)[V]	32.7	32.5	19.4	32.1	32.5	33.6	34	33.8	33.7
ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧ. (Isc) [A]	10	9.88	9.32	10.09	9.88	9.92	11.3	10.18	11
ΒΕΛΤ. ΡΕΥΜΑ (Imp)	9.42	9.32	9.09	9.6	9.32	9.38	10.9	9.77	10.5
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (Pmax) Wp	305	300	175	305	300	315	370	330	355
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜ. [V]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ΑΝΟΧΗ ΔΥΝΑΜΗΣ	±10 %	±10 %	±10%	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ	24 V	24V	12V	24V	24V	24V	36V	36V	36V
ΕΙΔΟΣ	Μονοκρυστ.	Πολυκρυστ.	Μονοκρυστ	Μονοκρυστ.	Μονοκρυστ.	Μονοκρυστ.	Μονοκρυστ.	Μονοκρυστ.	Μονοκρυστ.
ΣΥΝΟΛΟ ΚΕΛΙΩΝ	60	60	36	60	60	60	120	120	120
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (mm)	1.688x1.035 x47	1.680x990 x40	1550x710x9	1680x990x40	1.680x990x40	1.665x1.002 x40	1.780x1.052 x40	1.684x1.002 x35	1.780x1.052 x40
ΒΑΡΟΣ (kg)	24	22.8	25	22.8	22.8	19	21	19	21
ΚΑΛΩΔΙΑ ΕΞΟΔΟΥ (mm)	2x1m/ 4 mm ² Ακροδέκτης φ/β MC4		0.5m/4mm ² Ακροδέκτης φ/β PV4-S	2x1.1m/4mm ² Ακροδέκτης φ/β PV4-S	2x1m/4mm ² Ακροδέκτης φ/β HC4				

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C
------------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Suntech

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	STP005B12 /DEA	STP01D-12/ KEA	STP020B-12 /CEA	STP030D-12/ LEA	STP040D12/ REA	STP045D12/ REA	STP090B12/ BEA	STP130D12/ TEA	STP135D12/ TEA	STP050D12/ MEA	STP065D12/ SEA
ΤΑΣΗ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜ. (Voc) [V]	21.6	21.6	21.7	21.6	21.8	22.0	22.4	22.0	22.3	21.8	21.8
ΒΕΛΤ.ΤΑΣΗ ΛΕΙΤ. (Vmp)[V]	17.4	17.4	17.6	17.2	17.4	17.6	18	17.4	17.5	17.4	17.6
ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧ (Isc) A	0.32	0.65	1.26	1.94	2.58	2.79	5.29	8.09	8.20	3.13	4.11
ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓ. (Imp) [A]	0.29	0.57	1.14	1.74	2.30	2.56	5.00	7.47	7.71	2.93	3.69
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (Pmax) Wp	5	10	20	30	40	45	90	130	135	50	65
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ [V]	30	30	30	30	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ΑΝΟΧΗ ΔΥΝΑΜΗΣ	±10%	±10 %	±10%	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%
ΑΣΦΑΛΕΙΑ [A]	5	5	5	5	10	10	15	20	20	10	15
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ [v]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
ΕΙΔΟΣ	Μονο κρυστ	Πολύ κρυστ	Μονο κρυστ	Πολυ κρυστ	Πολυ κρυστ	Πολυ κρυστ.	Μονο κρυστ	Πολυ κρυστ.	Πολυ κρυστ.	Πολυ κρυστ	Πολυ κρυστ
ΚΕΛΙΑ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (mm)	216×306 x18	310×368 x18	656×306 x18	426×680 x18	537×665 x30	537×665 x30	1195×541 x30	1482×676 x35	1482×676 x35	537×665 x30	771×665 x30
ΒΑΡΟΣ (kg)	0.8	1.5	2.5	3.2	4.5	4.5	8	12	12	5.3	6.2
ΚΑΛΩΔΙΑ ΕΞΟΔΟΥ (mm)							H+S (12 AWG) 750 mm ² Ακρδέκτης φ/β MC4				

Ying Li

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	YL30-M-2	YL50-M-2	YL100-M-2	YL150-M	Black Poly
ΤΑΣΗ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ (Voc) [V]	22.8	23.3	23.1	22	46.3
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (Vmp) [V]	18.4	18.8	18.8	18	37.3
ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ (Isc) [A]	1.74	2.85	5.63	8.74	9.24
ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (Imp) [A]	1.63	2.66	5.32	8.33	8.72
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (Pmax) [Wp]	30	300	100	150	325
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ [V]	30	30	30	30	30
ΑΝΟΧΗ ΔΥΝΑΜΑΜΗΣ	±10%	±10%	±10%	±5%	±5%
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ [V]	12	12	12	12	24
ΕΙΔΟΣ	Μονοκρυστ	Μονοκρυστ	Μονοκρυστ	Μονοκρυστ.	Πολυκρυστ
ΣΥΝΟΛΟ ΚΕΛΙΩΝ	36	36	36	36	72
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (mm)	450x510x25	490x660x25	910x660x25	1470x680x30	1960x992x40
ΒΑΡΟΣ (kg)	2.7	3.8	6.7	11.5	22
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C

Trina

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	TSM-250PC054	DUOMAX M Plus 280	DUOMAX M Plus 340	TALLMAX PLUS 380	DUOMAX M 380	DUOMAX Twin 350	DUOMAX 320	DUOMAX
ΤΑΣΗ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ (Voc) [V]	38	38.4	46.3	48.1	48.1	47.5	45.4	38
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (Vmp) [V]	30.3	31.7	38.1	39.6	39.6	39	37.2	31.1
ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ (Isc) [A]	8.79	9.44	9.41	9.99	9.99	9.58	9.23	9.28
ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (Imp) [A]	8.27	8.84	8.93	9.59	9.59	8.97	8.6	8.69
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (Pmax)[Wp]	250	280	340	380	380	350	320	270
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ [V]	1500	1000	1500	1500	1500	1500	1500	1500
ΑΝΟΧΗ ΔΥΝΑΜΗΣ	±10 %	±1.5%	±1.5%	±1.5%	±1 %	+1.5%	+1.5%	+2 %
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ [V]	24	24	48	48	48	24	24	24
ΑΣΦΑΛΕΙΑ Α	15	15	15	20	20	20	15	15
ΕΙΔΟΣ	Μονο κρυστ.	Πολυ κρυστ.	Μονο κρυστ.	Μονο κρυστ.	Μονο κρυστ.	Διφυλετικός	Διφυλετικός	Πολυκρυστ.
ΣΥΝΟΛΟ ΚΕΛΙΩΝ	60	60	144	144	144	72	72	60
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (mm)	1658 x992 x6	1.680 x990 x40	1978 x992 x25	2024x1004x35	2031x1011x30	2000x1.000x25	1978x992x6	1.658x992x6
ΒΑΡΟΣ (kg)	23.5	22.8	28	22.8	26.8	31	28	23.5
ΟΝΟΜΑΣΤ. ΘΕΡΜΟΚΡ. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C	45 ±2°C
ΚΑΛΩΔΙΑ ΕΞΟΔΟΥ (mm)	1200m/ 4 mm ² Ακροδέκτης φ/β MC4		1400m, 4 mm ² Ακροδέκτης φ/β PV4-S		1400/ 4mm ² Ακροδέκ. φ/β HC4	1400/ 4mm ² Ακροδέκτης φ/β MC4		

4.2 Ρυθμιστές φόρτισης

Οι ρυθμιστές φόρτισης που καταγράφηκαν είναι των εταιριών: Phocos, Victron, Steca

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

Phocos

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	CIS-N-MPPT-Series (15/30A)	ECO-N-MPPT(15A)	ECO-N-T(10/20A) PWM	CML-USB 5A PWM	ECO-N PWM	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	CIS-N-(10/20A) PWM	D20-N(20A) PWM	SPS(200A) PWM	CXNup (40A) PWM
ΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ [V]	12/24	12/24	12/24	12/24	12	ΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ [V]	12/24	12/24/32/36/48	12/24/48	12/24
ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΦΟΡΤ. [A]	15/30	15	10/20	5	10	ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [A]	10/20	20	200	40
ΚΥΡΙΩΣ ΦΟΡΤΙΣΗ V	14.4/28.8	14.4/28.8	14.4/28.8	14.4/28.8	14.4	ΚΥΡΙΩΣ ΦΟΡΤΙΣΗ[V]	14.4/28.8	14.4/28.8	14.4/28.8	14.4/28.8
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΥΠΕΡΤ. [V]	15.5/31	15.5/31	15.5/31	15.5/31	15.5	ΠΡΟΣΤ.ΥΠΕΡΤ. [V]	15.5/31	15.5/31	Προσαρμόζεται	15.5/31
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΥΠΟΤΑΣΗΣ [V]	10.5/21	10.5/21	10.5/21	10.5/21	10.5	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΥΠΟΤΑΣΗΣ [V]	10.5/21	10.5/21	10.5/21	10.5/21
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΒΑΘΙΑΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ [V]	11-12/22-24	11-12/22-24.04	11-22	11.4-11.9	11	ΠΡΟΣΤ ΒΑΘΙΑΣ ΕΚΦΟΡΤ [V]	11-12/22-24	10-50	22-23.5	11.5-12 / 23-24
ΕΚ ΝΕΟΥ ΣΥΝΔΕΣΗ [V]	12.8/25.6	12.8/25.6	12.8/25.6	12.8/25.6	12.8	ΕΚ ΝΕΟΥ ΣΥΝΔΕΣΗ [V]	12.8/25.6	11-64	11-64	12.8-25.6
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ Φ/Β [V]	50-85/ 95	50-85V / 95	30/50	30/50	30	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ Φ/Β [V]	30/ 50	100	47.5	30/50
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ Φ/Β [WP]	225-450 /450-900	225-450 /450-900	225-450 /450-900	225-450 /450-900	225-450	ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	-25 mV/K / -50 mV/K	-5 mV/K ανά κελί	-30 mV/K (12V), -60 mV/K (24V), -120 mV/K (48 V)	-25 mV/K(12V) / -50 mV/K(24V)
ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	-25 mV/K / -50 mV/K			-24 mV/K / -48 mV/K	-25 mV/K	ΑΥΤΟΚΑΤΑ ΝΑΛΩΣΗ	5-8mA / 6-10mA	9mA(12V) - 26mA(60V)	60/170 mA (max.)	<4mA
ΑΥΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	8-16Ma	10mA/8mA	4mA	<4mA	4Ma	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	-40 to +60°C	-20 to +55 °C	-15 to+55°C	-40 to+60°C
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒ.	-40 to +60 °C			-40 to +45°C	-40 to +60 °C	ΤΥΠΟΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ	Μολύβδου(gel, AGM, flooded)			

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

ΤΥΠΟΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ	Μολύβδου (gel, AGM, flooded), Λιθίου	Μολύβδου (gel, AGM, flooded), Λιθίου	Μολύβδου (gel, AGM, flooded)	Μολύβδου (gel, AGM, flooded)	Μολύβδου (gel, AGM, flooded)	ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	20cm	20cm	20cm	20cm
ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	20cm	20cm	20cm	20cm	20cm	ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	2.5mm ² (AWG 13)/3.3mm ²	16mm ² (AWG 6)	150mm ² (μπατ) 50mm ² (πάνελ)	16mm ² (AWG 6)
ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	2.5mm ² (AWG 13) /3.3mm ² (AWG 12)	16mm ² (AWG 6)	10mm ² (AWG 8)	16mm ² (AWG 6)	2.5mm ² (AWG 13)	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ [mm]	82x64x20	137x121x45	400x500x240	101x103x32
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (mm)	88.5x150x41.4/ 128x152x43	147x90x31	100x61x20	80x100x32	87x51x16	ΒΑΡΟΣ [kg]	0.15	0.45	16	0.18
ΒΑΡΟΣ(kg)	0.78 / 1.3	1.1	0.16	0.16	0.11					

Victron

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	SmartSolar Charge MPPT 75/15	SmartSolar Charge MPPT 100/30	SmartSolar Charge MPPT 150/35	SmartSolar Charge MPPT 250/60	BlueSolar PWM-Pro 10A
ΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ [V]	12/24	12/24	12/24/48	12 / 24 / 48	12/24
ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [A]	15	30	40	60	10
ΚΥΡΙΩΣ ΦΟΡΤΙΣΗ V	14.4/28.8	14.4/28.8	14.4/28.8/43.2/57.6	14.4/28.8/43.2/57.6	14.4/28.8
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ Φ/Β [V]	75	100	150	250	28/55
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ Φ/Β [Wp]	220-440	440-880	12V: 500 24V: 1000 36V: 1500 48V: 2000	12V:860/ 24V: 1700 36V: 2580 48V: 3440	
ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	-16 mV / °C / -32 mV / °C	-16 mV / °C / -32 mV / °C	16 mV / -32 mV / -64 mV /°C	16 mV / -32 mV / -64 mV /°C	-30 mV / -60 mV /°C
ΑΥΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	12V: 25 mA/ 24V: 15 mA	12V: 30 mA/ 24V: 20 mA	12V: 20mA /24V: 15mA 48V: 10mA	12V: 20mA	<10mA
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	-30 to +60 °C	-30 to +60 °C	-30 to +60°C	-30 to +60°C	-20 to +50 °C
ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	6 mm ² (AWG 10)	16mm ² (AWG 6)	16mm ² (μπαταρίας)	35mm ² (AWG 2)	4mm ²

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ [mm]	100x113x40	130x186x70	130x186 x70	185x250 x95	138x70 x37
ΒΑΡΟΣ [kg]	0.5	1.3	1.25	3	0.13

Steca

Προδιαγραφές	PR 1010 PWM	Solarix 2525 PWM	SOLSUM 2525	SOLARIX MPPT 1010	SOLSUM 6.6 F	SOLARIX PRS 1515 PWM	SOLARIX 5020 MPPT	SOLARIX 3020 MPPT	PR 2020 IP PWM	SOLARIX 2020 X2 PWM	TAROM 4545 PWM	POWER TAROM 2070- PWM
ΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ [V]	12/24	12/24	12/24	12 / 24	12/24	12/24	12/24/48	12/24	12/24	12/24	12/24	12/24
ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [A]	10	25	10	10	6	15	50	30	20	20	45	70
ΑΥΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	12.5Ma	<18.5mA	<12.5mA	10mA	<4mA	<4mA			12mA	22mA	30mA	14mA
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΒΑΘΙΑΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ [V]	11.1	11.1	11.1	11.5	11.2	11.2... 11.6	11.5/23/46	11.5/23	11.1/ 22.2	11.7	11.7/ 23.4	11.2/ 22.2
ΕΚ ΝΕΟΥ ΣΥΝΔΕΣΗ [V]	12.6	12.6	12.6	12.5	12.4	12.4... 12.7	12.5/ 25/50	12.5/25	12.6/ 25.2	12.5	12.5/25	12.6/ 25.2
ΘΕΡΜΟΚΡ. ΠΕΡΙΒ.	-10 to +50 °C	-10 to +50 °C	-10 to +50°C	-25 to +40°C	-25 +50°C	-25 °C +50°C	-25 °C- +40°C	-25 °C +40°C	-10 °C +50°C	-10 °C +60°C	-10 °C+60°C	-10 °C +60°C
ΔΙΑΤΟΜ.ΚΑΛΩΔ./ ΜΟΝΟ ΚΑΛΩΔΙΟ	16 mm ² (AWG 6) / 25mm ² (AWG 4)	16mm ² (AWG 6) / 25mm ² (AWG 4)	16mm ² (AWG 6) / 25mm ² (AWG 4)	16mm ² (AWG 6) / 25mm ² (AWG 4)	4mm ² (AWG 12) / 6mm ² (AWG 9)	16 mm ² AWG 6 / 25 mm ² AWG 4	35 mm ² AWG 2	16 mm ² AWG 6	16 mm ² AWG 6 / 25 mm ² AWG 4	6 mm ² AWG 10 / 10 mm ² AWG 8	25 mm ² AWG 4 / 35 mm ² AWG 2	50 mm ² AWG 1
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ [mm]	187x96x44	187x97x45	187x96x44	187x153 x68	145x100 x30	187x96x45	250x155x85	230x130x80	122x147x55	190x120x57	218x134x65	330x330 x190
ΤΑΣΗ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ [V]	<47	<47	<47	17	<47	<47	17/34/68	17....100/ 34...100	<47	<60	<60	<50
ΒΑΡΟΣ [g]	350	350	350	900	150	345			410	500	800	10kg
ΤΑΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [V]	13.9/27.8	13.9/27.8	13.9/27.8	13.9/27.8	13.9/27.8	13.9/ 27.8	14.1/ 28.2/ 56.4	14.1/ 28.2	13.9/ 27.8	14.1/ 28.2	14.1/ 28.2	13.7/ 27.4
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ [W]		-		200/ 500		-	750/1500/ 3000	450/900			-	

4.3 Μπαταρίες

Οι μπαταρίες των εταιριών που μελετήθηκαν είναι οι: Victron, Crown, Discover

Victron

Τεχνολογία: επίπεδο AGM Ακροδέκτης: χαλκός						
Υπολογισμένη χωρητικότητα: 20 hr. Εκφόρτιση στους 25°C Διάρκεια ζωής: 7-10 χρόνια στους 20°C						
Διάρκεια ζωής κύκλου : 400 κύκλοι στο 80% εκφόρτισης 600 κύκλοι στο 50% εκφόρτισης 1500 κύκλοι στο 30% εκφόρτισης						
12 VOLT DEEP CYCLE AGM						
Κωδικός Προϊόντος	Ah	V	M x Π x Y mm	Βάρος kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F
BAT406225084	240	6	320 x 176 x 247	31	700	270
BAT212070084	8	12	151 x 65 x 101	2,5		
BAT212120084	14	12	151 x 98 x 101	4,1		
BAT212200084	22	12	181 x 77 x 167	5,8		
BAT412350084	38	12	197 x 165 x 170	12,5		
BAT412550084	60	12	229 x 138 x 227	20	280	80
BAT412600084	66	12	258 x 166 x 235	24	300	90
BAT412800084	90	12	350 x 167 x 183	27	400	130
BAT412101084	110	12	330 x 171 x 220	32	500	170
BAT412121084	130	12	410 x 176 x 227	38	550	200
BAT412151084	165	12	485 x 172 x 240	47	600	220
BAT412201084	220	12	522 x 238 x 240	65	650	250
BAT412124081	240	12	522 x 240 x 224	67	650	250
12 VOLT DEEP CYCLE GEL						
Κωδικός Προϊόντος	Ah	V	M x Π x Y mm	Βάρος kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F
BAT412550104	60	12	229 x 138 x 227	20	250	70

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

BAT412600100	66	12	258 x 166 x 235	24	270	80
BAT412800104	90	12	350 x 167 x 183	26	360	120
BAT412101104	110	12	330 x 171 x 220	33	450	150
BAT412121104	130	12	410 x 176 x 227	38	500	180
BAT412151104	165	12	485 x 172 x 240	48	550	200
BAT412201104	220	12	522 x 238 x 240	66	600	220
BAT412126101	265	12	520 x 268 x 223	75	650	250

Τεχνολογία: επίπεδο GEL Ακροδέκτης: χαλκός
Υπολογισμένη χωρητικότητα: 20 hr. Εκφόρτιση στους 25°C Διάρκεια ζωής: 12 χρόνια στους 20°C
Διάρκεια ζωής κύκλου: 500 κύκλοι στο 80% εκφόρτισης 750 κύκλοι στο 50% εκφόρτισης 1800 κύκλοι στο 30% εκφόρτισης

2 VOLT LONG LIFE GEL				
Κωδικός Προϊόντος	Ah	V	M x Π x Y mm	Βάρος kg
BAT702601260	600	2	145 x 206 x 688	49
BAT702801260	800	2	210 x 191 x 688	65
BAT702102260	1000	2	210 x 233 x 690	80
BAT702122260	1200	2	210 x 275 x 690	93
BAT702152260	1500	2	210 x 275 x 840	115
BAT702202260	2000	2	215 x 400 x 815	155
BAT702252260	2500	2	215 x 490 x 815	200
BAT702302260	3000	2	215 x 580 x 815	235

Technology: σωληνοειδής πλάκα GEL Ακροδέκτης: χαλκός
Υπολογισμένη χωρητικότητα: 10 hr. Εκφόρτιση στους 25°C Διάρκεια ζωής: 20 χρόνια στους 20°C Διάρκεια ζωής κύκλου : 1500 κύκλοι στο 80% εκφόρτισης 2500 κύκλοι στο 50% εκφόρτισης 4500 κύκλοι στο 30% εκφόρτισης

Crown

6 VOLT SEALED DEEP CYCLE						
Κωδικός Προϊόντος	Ηλεκτρική Χωρητικότητα		M x Π x Y mm	Λεπτά RC	Τύπος	Βάρος kg
	20 Hr	5 Hr				
6CRV220	220	190	260 x 179 x 278	105 / 75A	Standard	29.9
6CRV215	215	185	306 x 175 x 205	115 / 75A	Inserted	27.2
6CRV260	260	222	260 x 181 x 289	150 / 75A	Standard	35.7
6CRV330	330	285	295 x 178 x 371	215 / 75A	Standard	46.9
6CRV390	390	335	295 x 178 x 430	255 / 75A	Standard	57.5
8 VOLT SEALED DEEP CYCLE						
8CRV165	165	130	260 x 182 x 292	115 / 56A	Standard	29.8

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

12 VOLT SEALED DEEP CYCLE						
Κωδικός Προϊόντος	Ηλεκτρική Χωρητικότητα		Μ x Π x Υ mm	Λεπτά RC	Τύπος	Βάρος kg
	20 Hr	5 Hr				
12CRV33	33	28	195 x 130 x 187	30 / 25A	B2	10
12CRV55	55	47	229 x 138 x 237	85 / 25A	Type Z	17
12CRV80	80	69	286 x 171 x 238	140 / 25A	Standard	23.1
12CRV100	98	85	330 x 171 x 238	170 / 25A	Standard	26.8
12CRV110	110	95	330 x 171 x 240	200 / 25A	Standard	27.2
12CRV110S	110	95	330 x 171 x 240	200 / 25A	Type S	27.2
12CRV135	135	116	340 x 173 x 309	85 / 75A	Standard	43.3
12CRV230	230	198	394 x 178 x 369	130 / 75A	Standard	66
12CRV4D	160	152	530 x 209 x 240	340 / 75A	Standard	56
12CRV8D	240	206	521 x 269 x 229	500 / 75A	Standard	73.5

Discover

VRLA ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

DRY CELL AGM							
Μοντέλο	Ah	V	Μ x Π x Υ mm	Βάρος kg	Τεχνολογία	Αυτοεκφόρτιση (20°C)	Τάση Cut off (50% DOD)
12VRE-1400FD	119	6	308 x 172 x 212	28.5	VRLA Non-spill	2-3% ανά μήνα	12.3
12VRE-1900FD	162	12	327 x 180 x 254	39.5	VRLA Non-spill	2-3% ανά μήνα	12.3
12VRE-2800FD	232	12	225 x 225 x 222	59	VRLA Non-spill	2-3% ανά μήνα	12.3
12VROE-3100FD	257	12	386 x 178 x 352	61.5	VRLA Non-spill	2-3% ανά μήνα	12.3
12VRE-3200FD	268	12	517 x 225 x 222	63	VRLA Non-spill	2-3% ανά μήνα	12.3
12VRE-3400FD	283	12	522 x 275 x 222	73	VRLA Non-spill	2-3% ανά μήνα	12.3

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

12VRE-3900FD	321	12	522 x 275 x 222	78	VRLA Non-spill	2-3% ανά μήνα	12.3
6VRE-1500FD	247	6	260 x 180 x 254	29.5	VRLA Non-spill	2-3% ανά μήνα	6.15
6VRE-2200FD	372	6	295 x 180 x 345	46	VRLA Non-spill	2-3% ανά μήνα	6.15
6VRE-2700FD	449	6	295 x 180 x 383	53	VRLA Non-spill	2-3% ανά μήνα	6.15

ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΛΙΘΙΟΥ

AES LiFeP04

ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ
12-48-6650	51.2 V	130 Ah	6656 Wh
42-48-6650	51.2 V	130 Ah	6656 Wh
14-24-2800	25.6 V	110 Ah	2816 Wh
44-24-2800	25.6 V	110 Ah	2816 Wh
15-24-1000	25.6 V	40 Ah	1024 Wh
12-36-6700	38.4 V	175 Ah	6720 Wh
15-36-1000	38.4 V	25 Ah	960 Wh
IFR32650	3.2 V	5 Ah	16 Wh
900-0044	12.8 V	228 Ah	2918 Wh
900-0043	25.6 V	114 Ah	2918 Wh
900-0042	38.4 V	76 Ah	2918 Wh
900-0041	51.2 V	57 Ah	2918 Wh
590-0080	51.2 V	57 Ah	2918 Wh
590-0086	38.4 V	76 Ah	2918 Wh
590-0090	25.6 V	114 Ah	2918 Wh
590-0097	12.8 V	228 Ah	2918 Wh
IFR26650P	3.2 V	3.8Ah	12 Wh

VRLA DEEP CYCLE

Μοντέλο	Ah	V	M x Π x Y mm	Βάρος kg	Εσωτερική Αντίσταση (mΩ)	Θερμοκρασία Φόρτισης	Θερμοκρασία Εκφόρτισης
D121000BDE	100	12	306 x 169 x 208	27	6	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D121000D	105	12	328 x 171 x 214	28.8	6	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D12100SD	10	12	151 x 65 x 111	3	25	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D121200DE	120	12	328 x 171 x 222	32	5	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D121200DS	128	12	410 x 176 x 227	34.6	4	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D12120D	12	12	151 x 98 x 95	3.5	20	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D121350D	140	12	341 x 173 x 283	35	4	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D12140D	14	12	151 x 98 x 97	24		Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D121500D	156	12	482 x 170 x 242	45		Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

D12180D	18	12	181 x 77 x 167	5.3	16	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D122000D	204	12	522 x 238 x 218	59.5	4	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D122000DSE	200	12	530 x 209 x 214	55.5	4	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D12200D	20	12	181 x 77 x 167	5.4	11	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D122250D	230	12	522 x 238 x 218	64		Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D12240D	24	12	166 x 175 x 125	7.8	12	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D122600D	270	12	520 x 269 x 220	72	4	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C
D12280D	28	12	166 x 175 x 125	7.8	12	Min: -10°C Max: 50°C	Min: -40°C Max: 50°C

4.4 Inverter

Οι inverter που καταγράφηκαν είναι των εταιριών: Studer, Victron, Fronious, SMA, KACO

STUDER

AJ series

Μοντέλο	ΙΣΧΥΣ P30/Pnom [VA]	ΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ U _{nom} [V]	ΡΕΥΜΑ ΗΛΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤ. I _{max} [A]	ΤΑΣΗ AC [V]
AJ 275-12	275/200	12	10	230
AJ 350-24	350/300	24	10	230
AJ 400-48	400/300	48	10	230
AJ 500-12	500/400	12	15	230
AJ 600-24	600/500	24	15	230
AJ 700-48	700/500	48	15	230
AJ 1000-12	1000/800	12	25	230
AJ 1300-24	1300/1000	24	25	230
AJ 2100-12	2100/2000	12	30	230
AJ 2400-24	2400/2000	24	30	230

Xtender series

Μοντέλο	ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ P30/Pnom [VA]	ΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ U _{nom} [V]	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΡΕΧΟΝΤΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ [A]	ΡΕΥΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [A]
XTS 900-12	900/500	12	16	0-35
XTS 1200-24	1200/650	24	16	0-25
XTS 1400-48	1400/750	48	16	0-12

Compact Series

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

ΧΤΜ 1500-12	1500/1500	12	50	0-70	Μοντέλο	ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ P30/Pnom [VA]	ΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ Unom [V]	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΡΕΥΜΑΤΟΣ [A]	ΡΕΥΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [A]	ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΑΝΕΛ (Si) [A]
ΧΤΜ 2000-12	2000/2000	12	50	0-100						
ΧΤΜ 2400-24	2400/2000	24	50	0-55						
ΧΤΜ 2600-48	2600/2000	48	50	0-30						
ΧΤΜ 3500-24	3500/3000	24	50	0-90						
ΧΤΜ 4000-48	4000/3500	48	50	0-50						
ΧΤΗ 3000-12	3000/2500	12	50	0-160						
ΧΤΗ 5000-24	5000/4500	24	50	0-140						
ΧΤΗ 6000-48	6000/5000	48	50	0-100						
ΧΤΗ 8000-48	8000/7000	48	50	0-120						
ΧΡC 1400-12	1400/1100	12			ΧΡC 1400-12	1400/1100	12	16	0-45	30
ΧΡC 2200-24	2200/1600	24			ΧΡC 2200-24	2200/1600	24	16	0-37	30
ΧΡC 2200-48	2200/1600	48			ΧΡC 2200-48	2200/1600	48	16	0-20	20
C 1600-12	1600/1300	12			C 1600-12	1600/1300	12	16	0-55	30
C 2600-24	2600/2300	24			C 2600-24	2600/2300	24	16	0-55	30
C 4000-48	4000/3500	24			C 4000-48	4000/3500	24	16	0-50	20

VICTRON

PHOENIX INVERTERS

PHOENIX INVERTER	C12/120 0 C24/120 0 VA	C12/160 0 C24/160 0 VA	C12/200 0 C24/200 0 VA	12/3000 24/3000 48/3000V A	24/5000 48/5000V A
ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΚΑΙ 3ΦΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΝΑΙ				
ΕΥΡΟΣ ΤΑΣΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ DC	9,5 – 17V/ 19 – 33V/ 38 – 66V				
ΕΞΟΔΟΣ	ΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ: 230 VAC ± 2% ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ: 50 Hz ± 0,1%				
ΒΑΡΟΣ kg	10	12	18	30	
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗ W	2400	3000	4000	6000	10000

PHOENIX Inverter 3KVA (120V/60HZ)

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ h x w x d mm	375 x 214 x 110	520 x 255 x 125	362 x 258 x 218	444 x 328 x 240	PHOENIX INVERTER	12/3000	24/3000
					ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ 3ΦΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΦΑΣΗ	ΝΑΙ	
					ΕΥΡΟΣ ΤΑΣΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ DC	9,5-17V	19-33V
					ΕΞΟΔΟΣ	ΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ :120 VAC ±2% ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ:60 Hz ± 0.1%	
					ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	93%	94%
					ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΗ W	6000	6000
					ΒΑΡΟΣ kg	18	
					ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ h x w x d mm	362x258x218 mm	

MultiPlus inverter 800VA - 5kVA / 230V

MultiPlus 12/24/48 V	C12/800/3 5 C24/1200/ 25	C12/1200/ 50 C24/1200/ 25	C12/1600/ 70 C24/1600/ 40	C12/2000/ 80 C24/2000/ 50	12/3000/1 20 24/3000/7 0 48/3000/3 5	24/5000/ 120 48/5000/ 70
ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ [A]	16	16	16	30	16 H 50	100
ΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ	9,5 – 17 V/ 19 – 33 V/ 38 – 66 V					
ΕΞΟΔΟΣ	ΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ: 230 VAC ± 2% ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ: 50 Hz ± 0,1%					
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ W	1600	2400	3000	4000	6000	10000
ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΟΡΤΙΟΥ W	8/10	8/10	8/10	9/11	15/15/16	25/25

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗ %	92/94	93/94	93/94	93/94	93/94/95	94/95
-------------------	-------	-------	-------	-------	----------	-------

EasySolar 1600VA-3000VA

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	12/1600/70	24/1600/40
ΕΥΡΟΣ ΤΑΣΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ DC	9,5 – 17V	19-33 V
ΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ	230VAC ±2% 50 Hz or 60Hz ± 0,1%	
ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ A	16	
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (W)	3000	
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗ %	92	94
ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΟΡΤΙΟΥ W	8	10

MultiPlus inverter 500VA - 1600VA

MultiPlus 12/24/48 V	12/500/20 24/500/10 48/500/6	12/800/35 24/800/16 48/800/9	12/1200/50 24/1200/25 48/1200/13	12/1600/70 24/1600/40 48/1600/20
ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Α	16	16	16	16
ΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ	9,5 – 17 V/ 19 – 33 V/ 38 – 66 V			
ΕΞΟΔΟΣ	ΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ: 230 VAC ± 2% ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ: 50 Hz ± 0,1%			
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ [W]	900	1600	2400	2800
ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΟΡΤΙΟΥ[W]	6/6/7	7/7/8	10/9/10	10/9/10
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗ %	90/91/92	92/93/94	93/94/95	93/94/95

Quattro inverter 3kVA - 15kVA 230V

Quattro	12/3000/120- 50/50 24/300/70- 50/50	12/5000/220- 100/100 24/5000/120- 100/100 48/5000/70- 100/100	24/8000/200- 100/100 48/8000/110- 100/100	48/10000/14 0-100/100	48/15000/14 0-100/100
ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Α	ΝΑΙ				
ΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ	9,5 – 17 V/ 19 – 33 V/ 38 – 66 V				
ΕΞΟΔΟΣ	ΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ: 230 VAC ± 2% ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ: 50 Hz ± 0,1%				
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ W	6000	10000	16000	20000	25000
ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΟΡΤΙΟΥ W	20/20	30/30/35	60/60	60	110
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗ %	93/94	94/94/95	94/96	96	96

FRONIOUS

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	GALVO	PRIMO	SYMO	ECO
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ AC	1.5-3 Kva	3-8.2 kVA	3-8.2 kVA 10-20kVA	25-27kVA
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ V	120-420	80-1000	150-1000	580-1000
ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΕΙΣ. A	13.3	12	16	44.2
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΣΕΩΝ	1	1	3	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ	1	2	1,2	1
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔ.	96.1%	97.8%	98.1%	98.7%
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ H x W x D mm	645 x 431 x 204	645 x 431 x 204 725 x 510 x 225	645 x 431 x 204 725 x 510 x 225	725 x 510 x 225
ΒΑΡΟΣ kg	16.8	21.5	16,19,9,21.9,34.8,43.4	35.7
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	25°C - +50°C	-40°C - +55°C	-25°C - +60°C	-25°C - +60°C
ΕΥΡΟΣ ΤΑΣΗΣ MPP V	120-335/ 165-440	80-800	150-800/ 200-800	580-850
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ Hz	45-65	45-65	45-65	45-65

SMA

SUNNY ISLAND OFF GRID

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	5048	5048-US	3324/4248	2012/2224
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ AC [kW]	12.8	6.7	12.8	5.75
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ [V]	230(172.5-264.5)	120(105-132)	230(172.5-264.5)	230(202-253)
ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ [A]	56	56	56	25
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΣΕΩΝ	3	3	3	3
ΑΥΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ [W]	25/4	25/4	22/4	21/6
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ A %	95	95	94.5/95	93/94
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ H x W x D mm	467 x 612 x 235	467 x 612 x 235	390 x 590 x 245	470 x 445 x 185
ΒΑΡΟΣ kg	63	63	39	19
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	-25°C - +50°C	-25°C - +50°C	-25°C - +50°C	-25°C - +60°C
ΕΥΡΟΣ ΤΑΣΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ V	48 (41-63)	48 (41-63)	24(21-32)/48(41-63)	12(8.4-15.6) / 24(16.8-31.5)
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ Hz	50/60 (40-70)	60(54-66)	50(40-60)	50/60 (40-70)

KACO **BLUEPLANET 3.0 – 10.0 TL3**

BLUEPLANET	3.0/4.0	5.0/6.5	7.5/8.6	9.0/10.0
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ AC	3000/4000 VA	5000/6500 VA	7500/8600 VA	9000/10000
ΕΥΡΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [V]	200-950	200-950	200-950	200-950
ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ [A]	2x11	2x11	2x11	2x11
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΣΕΩΝ	3	3	3	3
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ[V]	1000	1000	1000	10000
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ %	98.1/98.2	98.3	98.3	98.3/98.5
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ H x W x D mm	522 x 363 x 246	522 x 363 x 246	522 x 363 x 246	522 x 363 x 246
ΒΑΡΟΣ kg	30	30	30	30
ΘΕΡΜΟΚΡ. ΛΕΙΤ.	-25°C - +60°C	-25°C - +60°C	-25°C - +60°C	-25°C - +60°C
ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΡΟΤΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ Φ/Β [kW]	3.6/4.8	6/7.8	9/10.3	10.8/12
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ Hz	50/60 (45-65)	50/60 (45-65)	50/60 (45-65)	50/60 (45-65)

4.5 Καλώδια & Ακροδέκτες

Μέσω του καλωδίου, το οποίο αποτελεί έναν μονωμένο αγωγό, επιτυγχάνεται η μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος-φορτίου.

Τα καλώδια που καταγράφηκαν προέρχονται από τις εταιρείες Prysmian Group και Helukabel
Prysmian

1) TECSUN (PV) H1Z2Z2-K



Ονομαστική Τάση: 1,5 kV DC και 1,0 kV AC
Μέγ. τάση: 1,8 kV DC και 1,2 kV AC
Τάση δοκιμής: 15 kV DC και 6,5 kV AC
Θερμοκρασία Λειτουργίας : : -40°C to +90°C

2) TECSUN (PV) S3Z2Z2-K



Ονομαστική τάση: 1,8 / 3 kV AC
Μέγιστη. τάση λειτουργίας AC: 2,1 / 3,6 kV
Μέγιστη. τάση λειτουργίας DC: 2,7 / 5,4 kV
Τάση δοκιμής AC: 6,5 kV (5 λεπτά)
Θερμοκρασία Λειτουργίας : +90°C

3) HIK AL-S



Ονομαστική τάση: 0,6 / 1 kV
Τάση δοκιμής: 4000 V
Μέγιστη Θερμοκρασία: +90°C

4) ΑΧQJ PURE



Ονομαστική τάση: 0,6 / 1 kV
Τάση δοκιμής: 4000 V
Μέγιστη Θερμοκρασία: +90°C

5) FXQJ PURE



Ονομαστική τάση: 0,6 / 1 kV
Τάση δοκιμής: 4000 V
Μέγιστη Θερμοκρασία: +90°C

6) ΑΧLJ-RMF 12/24kV



Ονομαστική τάση: 6 – 12kV / 12-20 kV
Μέγιστη Θερμοκρασία: +90°C

7) 1000N 2-24 FIBRES LLDPE - A-DQ(ZN)B2Y



Ονομαστική εξωτερική διάμετρος:

2-16 ίνες: 6,0 mm

18-24 ίνες: 6,5 mm

Ονομαστικό βάρος:

2-6 ίνες: 40 kg / km

18-24 ίνες: 45 kg / km

Helukabel

1) SOLARFLEX®-X PV1-F



Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως +90 ° C

Μέγιστη θερμοκρασία στους αγωγούς: +120 ° C

Ονομαστική τάση: 600/1000 V AC

1800 V DC αγωγός / αγωγός

Τάση δοκιμής AC: 10000 V

2) SOLARFLEX®-X PV1-F TWIN



Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως +90 ° C

Μέγιστη θερμοκρασία στους αγωγούς: +120 ° C

Ονομαστική τάση: 600/1000 V AC

1800 V DC αγωγός / αγωγός

Τάση δοκιμής AC: 6500 V, 50 Hz

3) HELUSOL 101 Y-split

Διατομή: 4 και 6 mm²

Ονομαστική τάση: 1100 V

Αντίσταση επαφής: <0,1 mΩ

Δοκιμή τάσης: 12 kV

Θερμοκρασία εφαρμογής: -40 ° C έως + 85 ° C



4) HELUSOL 102 T-split

Διατομή: 2.5 και 16 mm²

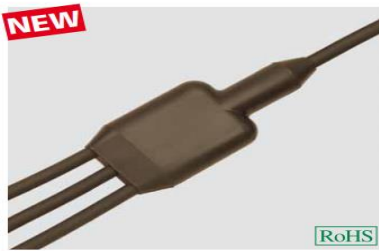
Ονομαστική τάση: 1000 V

Αντίσταση επαφής: <2 mΩ

Θερμοκρασία εφαρμογής: -40 ° C έως + 140 ° C



5) HELUSOL 103 E-split



Διατομή: 2.5 και 16 mm²

Ονομαστική τάση: 1000 V

Αντίσταση επαφής: <2 mΩ

Θερμοκρασία εφαρμογής: -40 ° C έως + 140 ° C

6) PV wiring fuse/diode



Ασφάλεια Καλωδίωσης

Ονομαστικό Ρεύμα: 20A

Τάση: 900V

Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως + 120

Δίοδος διακλάδωσης

Ονομαστικό Ρεύμα: 5A

Αντίστροφη τάση: 50 - 1000 V

Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως + 120 ° C

7) PV MC4 male coupling connector



PV MC4 female coupling connector



Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως + 90 ° C

Ονομαστική τάση: 1000 V

Ονομαστικό ρεύμα: 22A (2,5 mm²), 30A (4 mm², 6 mm²)

Αντίσταση επαφής: <0,5 mΩ

Σύστημα επαφής: επαφή MC

8) PV Sunclix male coupling connector , PV Sunclix female coupling connector



Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως + 90 ° C

Ονομαστική τάση: 1000 A

Ονομαστικό ρεύμα: 40 A

9) PV MC4 female branch connector



PV MC4 male branch connector



Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως + 90 ° C

10) JZ-600



Ονομαστική Τάση 0.6/1 kV

Τάση δοκιμής 4000 V

Ελάχιστη τάση διακοπής 8000 V

Εύρος θερμοκρασίας: -15 ° C έως + 80 ° C

11) H07 RN-F



Ονομαστική Τάση 450/700 V

Τάση δοκιμής 2500 V

Εύρος θερμοκρασίας: -30 ° C έως + 60 ° C

12) NYJ-J



Ονομαστική Τάση 0.6/1 kV

Τάση δοκιμής 4000 V

Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως + 70 ° C

13) NAYY



Ονομαστική Τάση 0.6/1 kV

Τάση δοκιμής 4000 V

Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως + 70 ° C

14) NYCY

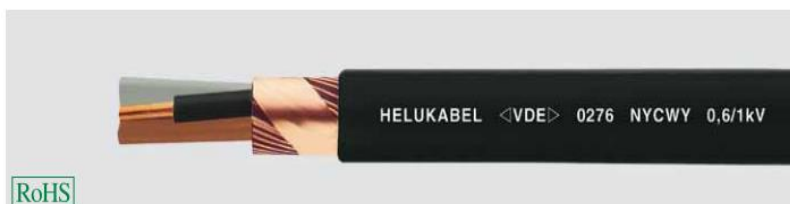


Ονομαστική Τάση 0.6/1 kV

Τάση δοκιμής 4000 V

Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως + 70 ° C

15) NYCWY



Ονομαστική Τάση 0.6/1 kV

Τάση δοκιμής 4000 V

Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως + 70 ° C

16) NAYCWY



Ονομαστική Τάση 0.6/1 kV

Τάση δοκιμής 4000 V

Εύρος θερμοκρασίας: -40 ° C έως + 70 ° C

17) N2XH



Ονομαστική Τάση 0.6/1 kV

Τάση δοκιμής 4000 V

Εύρος θερμοκρασίας: -30 ° C έως + 90 ° C

18) N2XCH



Ονομαστική Τάση 0.6/1 kV

Τάση δοκιμής 4000 V

Εύρος θερμοκρασίας: -30 ° C έως + 90 ° C

19) N2XSY 6/10kV, 12/20kV, 18/30kV



Ονομαστικές τάσεις: 6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV

Τάσεις λειτουργίας για: 6/10 kV = 12 kV max , 12/20 kV = 24 kV max , 18/30 kV = 36 kV max

Δοκιμή τάσεων για: 6/10 kV = 15 kV, 12/20 kV = 30 kV, 18/30 kV = 45 kV

Θερμοκρασία Λειτουργίας: 90 ° C max

20) N2XS2Y 6/10kV, 12/20kV, 18/30kV



Ονομαστικές τάσεις: 6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV

Τάσεις λειτουργίας για: 6/10 kV = 12 kV max , 12/20 kV = 24 kV max , 18/30 kV = 36 kV max

Δοκιμή τάσεων για: 6/10 kV = 15 kV, 12/20 kV = 30 kV, 18/30 kV = 45 kV

Θερμοκρασία Λειτουργίας: 90 ° C max

21) N2XS(F)2Y 6/10kV, 12/20kV, 18/30kV



Ονομαστικές τάσεις: 6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV

Τάσεις λειτουργίας για: 6/10 kV = 12 kV max , 12/20 kV = 24 kV max , 18/30 kV = 36 kV max

Δοκιμή τάσεων για: 6/10 kV = 15 kV, 12/20 kV = 30 kV, 18/30 kV = 45 kV

Θερμοκρασία Λειτουργίας: 90 ° C max

22) NA2XS(F)2Y 6/10kV, 12/20kV, 18/30kV



Ονομαστικές τάσεις: 6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV

Τάσεις λειτουργίας για: 6/10 kV = 12 kV max , 12/20 kV = 24 kV max , 18/30 kV = 36 kV max

Δοκιμή τάσεων για: 6/10 kV = 15 kV, 12/20 kV = 30 kV, 18/30 kV = 45 kV

Θερμοκρασία Λειτουργίας: 90 ° C max

23) N2XSEY 3x ... 6/10kV



Ονομαστικές τάσεις 6/10 kV

Τάσεις λειτουργίας: 12 kV max

Τάση Δοκιμής: 15 kV

Τάση Δοκιμής DC: 48 kV

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ Φ/Β

5.1 Εισαγωγή

Η διαστασιολόγηση μιας οποιασδήποτε φωτοβολταϊκής εγκατάστασης βασίζεται στη μέση ηλιακή προσπίπτουσα ακτινοβολία που δέχονται τα φωτοβολταϊκά πάνελ, στη μέση ηλεκτρική κατανάλωση του συστήματος από τον χρήστη και στην επιλογή της περιόδου λειτουργίας η οποία αφορά την επιλογή εποχής, μήνα ή ολόκληρο το έτος. Πολύ συχνά όμως παρατηρούμε πως οι πραγματικές συνθήκες απέχουν αρκετά από τις δοσμένες μέσες τιμές. Για να είναι λοιπόν η διαστασιολόγηση μας ακριβής πρέπει η ροή ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών πλασιών να καλύπτει επακριβώς τις ανάγκες του συστήματος. Μέσω της διαστασιολόγησης ο μηχανικός έχει σκοπό να φτιάξει ένα σύστημα το οποίο να δουλεύει σε βέλτιστους ρυθμούς και ταυτόχρονα το συνολικό κόστος να ικανοποιεί τον πελάτη-χρήστη. Για να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση, πέραν του προσεκτικού σχεδιασμού απαιτείται και η συμμόρφωση του μηχανικού με τα πρότυπα, τα οποία έχουν ορισμένες διαφορές ανάλογα με την χώρα, την περιοχή και την εποχή που θα χρησιμοποιείται το σύστημα.

5.2 Θεωρητικός υπολογισμός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος

Ο θεωρητικός υπολογισμός είναι το πιο βασικό κριτήριο για την δημιουργία του σωστού συστήματος, το οποίο θα ικανοποιεί τις ανάγκες του πελάτη. Ο μηχανικός που θα αναλάβει τη μελέτη πρέπει να γνωρίζει επακριβώς τα φορτία που θέλει να τροφοδοτήσει ο χρήστης σε συνδυασμό με τις ώρες λειτουργίας τους, την ισχύ που απαιτούν αλλά και ποια από αυτά θα ήθελε ο χρήστης να δουλεύουν ταυτόχρονα, όπως επίσης και τις μέρες αυτονομίας του συστήματος. Σε περίπτωση που υπάρξει λάθος στη μελέτη (λάθος χρήση υλικών από τον εγκαταστάτη, χρήση αντικειμένου από τον χρήστη που δεν έχει προηγουμένως προβλεφθεί π.χ. πιο ενεργοβόρο πλυντήριο) αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα το σύστημα να ζοριστεί και να μην μπορεί να αποδώσει τα μέγιστα με αποτέλεσμα να φθαρεί γρηγορότερα και να μην αφήσει ικανοποιημένο τον πελάτη. Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία βήμα βήμα.

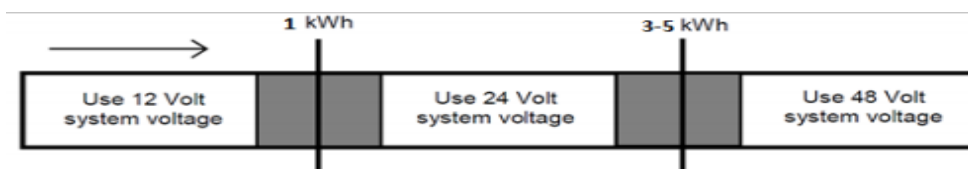
- Ανάλογα με το σημείο που βρίσκεται το σύστημα επιλέγουμε τον εξοπλισμό που θα χρειαστούμε (φωτοβολταϊκό, μπαταρία, αντιστροφέα, γεννήτρια, κ.α).
- Ανάλογα με το πότε θα βρίσκεται το σύστημα σε χρήση (εποχή) επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος μπαταριών (σε εξοχική κατοικία αρκούν τα 12V και σε μόνιμη οι 2βολτες).
- Αν ο χρήστης επιθυμεί να φορτίζει τις μπαταρίες όχι μόνο μέσω πάνελ αλλά και με γεννήτρια επιλέγουμε μοντέρνο αντιστροφέα με ενσωματωμένο φορτιστή.
- Μελέτη φορτίων: Κάθε εγκατάσταση είναι διαφορετική και έχει τα δικά της φορτία που απαιτούν και τα αντίστοιχα μηχανήματα. Για να πετύχουμε το βέλτιστο, αποτέλεσμα πρέπει αφού καταγραφούν όλα τα φορτία να δούμε σε συνεργασία με τον πελάτη ποιες συσκευές θα ήθελε να είναι ταυτόχρονα σε χρήση και για πόση ώρα. Επιπλέον, πρέπει να οριστεί και η αυτονομία του συστήματος για να μπορεί το σύστημα να λειτουργεί και σε περιόδους χωρίς ηλιοφάνεια. Η μελέτη πραγματοποιείται συνήθως για τις χειρότερες ενεργειακά μέρες του μήνα (π.χ. τον Δεκέμβρη αν το κτήριο χρησιμοποιείται). Σε ένα πίνακα καταγράφονται οι ώρες λειτουργίας και τα φορτία του κάθε αντικειμένου με σκοπό να υπολογιστεί η ημερήσια ανάγκη σε kWh. Το σύνολο της ισχύος των φορτίων που λειτουργούν ταυτόχρονα με ένα συντελεστή ασφαλείας (περίπου 20%) μας δίνει την ισχύ του αντιστροφέα. Πάντα πρέπει να δίνεται έμφαση σε φορτία που κατά την εκκίνησή τους απαιτούν 2 και 3 φορές την ονομαστική τους ισχύ.

Γενικά, είναι σύνηθες να προτείνονται συσκευές χαμηλής ισχύος με υψηλότερο κόστος αγοράς αλλά μεγαλύτερη αντοχή σε βάθος χρόνου σε βάθος χρόνου. Τέλος, υπάρχει πάντα η δυνατότητα τροφοδότησης ενός συστήματος μέσω διαφορετικών πηγών ενέργειας π.χ. ανεμογεννήτριες, βενζινοκινητήρες. Σε μια τέτοια εγκατάσταση η διαστασιολόγηση γίνεται με διαφορετικό τρόπο καθώς γίνονται διάφοροι συνδυασμοί για την συμμετοχή της κάθε πηγής.

- Στη συνέχεια, μέσω υπολογισμών βρίσκεται η ισχύς των φ/β πάνελ που απαιτείται για την κάλυψη των φορτίων αλλά και την φόρτιση της μπαταρίας.
- Μέσω του φωτοβολταϊκού που επιλέξαμε επιλέγεται αυτόματα και η τάση του όλου συστήματος.

ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ(kWp)	ΤΑΣΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ(Volt)
0-0.5	12
0.5-3	24
3-10	48
>10	>48

Στην επιλογή της τάσης του συστήματος μπορεί να φανεί πολύ χρήσιμη και η παρακάτω εικόνα.



- Από την ισχύ των πάνελ και την τάση των μπαταριών προκύπτει ο ρυθμιστής φόρτισης.
- Από τα φορτία που λειτουργούν ταυτόχρονα και σε συνδυασμό με την τάση της μπαταρίας επιλέγεται ο αντιστροφέας.
- Από τις ημέρες αυτονομίας που επιλέχθηκαν (2 - 4 ημέρες) σε συνδυασμό με την ημερήσια κατανάλωση ενέργειας που προέκυψε και την τάση του συστήματος εξάγεται η χωρητικότητα C σε Ah της συστοιχίας των συσσωρευτών μέσω της εξίσωσης που ακολουθεί:

$$C = \frac{(N + p) * m * E_{day}}{Lo * Ltr * Ddis * V}$$

Όπου:

N: Ημέρες αυτονομίας (συνήθως 2-4)

p: Ποσοστό φορτίων που τροφοδοτούνται από το συσσωρευτή (0-1, συνήθως 0.6)

m: Περιθώριο (συνήθως 1.2)

E_{day}: Ημερήσια Ενέργεια σε kWh (μέσω πίνακα φορτίων)

Lo: Συντελεστής απωλειών γήρανσης (συνήθως 0.8)

Ltr: Συντελεστής απωλειών μεταφοράς (συνήθως 0.9)

V: Τάση συστοιχίας

Ddis: βάθος εκφόρτισης

ΗΜΕΡΕΣ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ	ΒΑΘΟΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ
1-3	0.4
4-6	0.6
7-10	0.8

Στη συνέχεια υπολογίζεται η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος από την παρακάτω σχέση και αμέσως μετά διαιρούμε το νούμερο που προέκυψε με την ισχύ του φωτοβολταϊκού πάνελ που επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε. Έτσι, υπολογίζεται ο συνολικός αριθμός των πάνελ:

$$P = \frac{E_{day} * P_{stc} * m}{E_{he} * L_{pv} * L_{tr}} * \frac{31}{31 - N}$$

Όπου:

P: Ισχύς φωτοβολταϊκού (kWp)

E_{day}: Ημερήσια Ενέργεια σε KWh/ημέρα (από πίνακα φορτίων)

P_{stc}: Ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε πρότυπες συνθήκες (1kW/m²)

m: Περιθώριο (συνήθως 1.2)

E_{he}: Ημερήσια ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (3kW/m² τον χειμώνα και 7kW/m² το καλοκαίρι)

L_{pv}: Συντελεστής απωλειών φωτοβολταϊκού (συνήθως 0.8)

L_{tr}: Συντελεστής απωλειών μεταφοράς καλωδίων (συνήθως 0.9)

N: Αριθμός ημερών αυτονομίας (συνήθως 2-4)

- Μέσω της χωρητικότητας των μπαταριών επιλέγεται ο κατάλληλος φορτιστής μπαταριών (Ah/10)
- Αφού αθροίσουμε την ισχύ των φορτίων που λειτουργούν ταυτόχρονα με την ισχύ του φορτιστή επιλέγουμε την ισχύ της γεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί
- Η ισχύς της ανεμογεννήτριας επιλέγεται με βάση την ενέργεια που λείπει το χειμώνα και θέλουμε να την καλύψουμε
- Τέλος, η εύρεση των καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν αποτελεί σημαντικό τμήμα της μελέτης γι' αυτό ακολουθεί σε ξεχωριστή παράγραφο

5.3 Επιλογή καλωδίων

Υπάρχουν τρεις σημαντικοί κανόνες που δεν πρέπει ποτέ να παραλείπονται:

- Όλα τα καλώδια πρέπει να έχουν το απαραίτητο μέγεθος για να ικανοποιούν το μέγιστο ρεύμα
- Οι απώλειες καλωδίου μεταξύ της μπαταρίας και οποιουδήποτε DC φορτίου δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 5%
- Οι απώλειες καλωδίου μεταξύ της φωτοβολταϊκής συστοιχίας και της συστοιχίας μπαταριών δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 5%

Οι ακόλουθες μέθοδοι μεγέθους (με βάση τις πτώσεις τάσης) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όλους τους τύπους διαθέσιμων καλωδίων χαλκού.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: η ονομαστική τάση οποιουδήποτε καλωδίου δεν πρέπει ποτέ να ξεπεραστεί

Η πτώση τάσης (V_d) δίνεται από τη σχέση:

$$V_d = \frac{2 * L * I * p}{A}$$

Όπου:

L = μήκος διαδρομής καλωδίου σε μέτρα

I = τρέχον ρεύμα (A)

ρ = αντίσταση καλωδίου χαλκού ($\Omega / m / mm^2$) = 0,0183 Ω

A = Περιοχή διατομής (CSA) καλωδίου (mm^2)

Υπάρχει πτώση τάσης ανά 10 μέτρα μήκους του καλωδίου (αυτό διαπιστώνεται και από τον παραπάνω τύπο)

Όλα τα μέρη του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των φωτοβολταϊκών συστοιχιών και των βοηθητικών κυκλωμάτων φόρτισης πρέπει να προστατεύονται μέσω ασφαλειών HRC ή κυκλωμάτων διακοπών. Τα κυκλώματα αυτά πρέπει να μπορούν να απομονωθούν χωρίς τη χρήση εργαλείων. Ο διακόπτης που χρησιμοποιείται σε κάθε κυκλώματα DC πρέπει να έχει την κατάλληλη τάση DC και να μην είναι πολωμένος. Τέλος, όλα τα καλώδια που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση πρέπει να στερεωθούν με ασφάλεια στη θέση τους για να ελαχιστοποιηθεί οποιαδήποτε κίνηση του καλωδίου.

5.4 Οδηγός χρήσης εγκατάστασης

Όλες οι εφαρμογές της καθημερινότητας (από την πιο εύκολη μέχρι την πιο δύσκολη) απαιτούν εγχειρίδιο χρήσης, ώστε να γίνονται κατανοητές οι λειτουργίες του στον πελάτη.

Ο οδηγός χρήσης των αυτόνομων συστημάτων που αποτελεί και την τεκμηρίωση της εγκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνει:

- Λίστα εξοπλισμού που παρέχεται
- Διαδικασία απενεργοποίησης και απομόνωσης για έκτακτη ανάγκη και συντήρηση
- Διαδικασία συντήρησης και χρονοδιάγραμμα
- Λίστα ελέγχου λειτουργίας και εγκατάστασης
- Ημερολόγιο καταγραφής μπαταρία
- Διάγραμμα σύνδεσης συστήματος
- Τεκμηρίωση κατασκευαστών εξοπλισμού και εγχειρίδια για όλο τον εξοπλισμό που παρέχεται
- Πληροφορίες εγγύησης

5.5 Οικονομοτεχνική μελέτη

Όπως προαναφέρθηκε σκοπός της σωστής διαστασιολόγησης είναι η επίτευξη της βέλτιστης οικονομικής και τεχνικής λύσης. Αφού λοιπόν ολοκληρωθεί η παραπάνω ανάλυση που αφορά την εύρεση των κατάλληλων υλικών, πρέπει να δούμε και το συνολικό κόστος που θα προκύψει. Στην πραγματικότητα πρέπει να δούμε αν είναι συμφέρουσα η επένδυση ώστε να πειστεί ο πελάτης. Τα οικονομοτεχνικά κριτήρια χαρακτηρίζουν το κάθε σύστημα, αναδεικνύοντας τον ιδανικότερο οικονομικά συνδυασμό ανάμεσα στο φωτοβολταϊκό σύστημα και την χωρητικότητα της μπαταρίας.

Η οικονομική αξιολόγηση διεξάγεται ακολουθώντας το κριτήριο του ομοιόμορφου ισοδύναμου ετήσιου κόστους. Χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων, με τη λογική πως το χαμηλό κόστος αποτελεί ένα πολύ σπουδαίο πλεονέκτημα για την επίτευξη του στόχου ενός τέτοιου δαπανηρού σχεδίου. Γίνεται εύκολα κατανοητό πως αν το κόστος είναι χαμηλότερο σε σχέση με το κόστος του άμεσου ανταγωνιστή (ΔΕΗ), τότε θα υπάρξει στροφή προς την πιο φθηνή τεχνολογία συνεπώς προσφέρει διάρκεια και σταθερό κέρδος. Το συνολικό ετήσιο κόστος προκύπτει από την παρούσα αξία του όλου έργου (έξοδα επένδυσης + κόστη λειτουργίας + έξοδα συντήρησης) επί τον συντελεστή ανάκτησης κεφαλαίου (CRF) δηλαδή των χρημάτων που περιμένεις να κερδίσεις στο κοντινό μέλλον εξαιτίας της επιλογής σου αυτής. Έτσι προκύπτει:

$$\text{Συνολικό ισοδύναμο ετήσιο κόστος} = \left(\sum_{t=0}^n 1 \frac{(Ct + OCt)}{(1+r)^t} \right) * \left(\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right)$$

Όπου:

$t = 0$ το έτος αναφοράς

Ct : τα έξοδα επένδυσης

OCt : τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης

r : το επιτόκιο αναγωγής

n : η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής του έργου σε έτη

5.5.1 Κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος

Έστω η διάρκεια ζωής και λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και συνεπώς της επένδυσης είναι τα είκοσι χρόνια ($n = 20$). Το κόστος της επένδυσης της εγκατάστασης προκύπτει ως εξής:

$$PV_{cost} = PV_{invest, cost} * PV_{system, size}$$

Όπου:

$PV_{invest, cost}$ το κόστος επένδυσης του φωτοβολταϊκού συστήματος (€/kWp)

$PV_{system, size}$ το μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος (kWp)

Τα ετήσια κόστη του φωτοβολταϊκού συστήματος αποτελούνται από τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης, τα οποία παραμένουν σταθερά για όλη τη διάρκεια της επένδυσης και υπολογίζονται από την σχέση:

$$PV_{oper, cost} = PV_{invest, cost} * PV_{system, size} * 1.5\%$$

Όπου:

$PV_{oper, cost}$: τα κόστη λειτουργίας-συντήρησης συμπεριλαμβανομένα στο κόστος επένδυσης

Το κόστος του φωτοβολταϊκού αντιστροφέα ενσωματώνεται στο κόστος επένδυσης του φωτοβολταϊκού συστήματος, ενώ, τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης ανέρχονται στο 1.5 % του συνολικού κόστους επένδυσης ανά έτος.

5.5.2 Κόστος συστήματος αποθήκευσης

Για να υπολογιστεί το ετήσιο κόστος του συστήματος αποθήκευσης ακολουθείται παρόμοια διαδικασία με την παραπάνω. Συγκεκριμένα αφού υπολογιστούν τα ετήσια λειτουργικά κόστη $BCL_{annual, cost}$ (1) και το κόστος του αντιστροφέα που θα χρησιμοποιηθεί, προστίθενται στο κόστος επένδυσης της μπαταρίας το οποίο υπολογίζεται ως εξής(2):

$$BCL_{cost}(t) = \frac{E_{loss}(t) * B_{invest, cost}}{(1 - SOH_{min}) * 10^3} \quad (1)$$

$$B_{cost} = B_{invest, cost} * E_{nom} \quad (2)$$

Όπου:

$B_{invest, cost}$: το κόστος επένδυσης του συσσωρευτή (€/kWh)

E_{nom} : η ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας (kWh)

Η χωρητικότητα της μπαταρίας (από κατασκευαστή) E_{nom} μετράται σε ενέργεια (kWh) και υπολογίζεται από την σχέση:

$$E_{nom} = \frac{C_{nom} * V_{nom}}{10^3}$$

Όπου:

C_{nom} η ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας (Ah)

V_{nom} η ονομαστική τάση της μπαταρίας (V)

Επομένως, το κόστος του συνολικού αποθηκευτικού συστήματος προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση:

$$B_{system,cost} = B_{cost} + BCL_{annual,cost} + B_{inverter,cost} * B_{inverter,size}$$

Όπου:

B_{cost} το κόστος επένδυσης της μπαταρίας (€)

$BCL_{annual,cost}$ τα λειτουργικά κόστη της μπαταρίας στο τέλος του έτους (€)

$B_{inverter,cost}$ το κόστος επένδυσης του αντιστροφέα της μπαταρίας (€/kW)

$B_{inverter,size}$ το μέγεθος του αντιστροφέα των μπαταριών (kW)

Πρέπει να τονιστεί πως σε αντίθεση με τα ετήσια λειτουργικά κόστη του φωτοβολταϊκού συστήματος τα οποία παραμένουν σταθερά, το συνολικό κόστος του συστήματος αποθήκευσης $B_{system,cost}$ μεταβάλλεται ανά έτος, καθώς μπορεί οι συσσωρευτές ή ο αντιστροφέας των μπαταριών να αντικατασταθούν μετά από ορισμένα χρόνια. Το κόστος επένδυσης του αντιστροφέα θα πρέπει να συμπεριληφθεί όχι μόνο κατά το πρώτο αλλά και κατά το δέκατο έτος στον υπολογισμό της παρούσας αξίας μιας και η διάρκεια ζωής του πλησιάζει τα δέκα έτη. Το ίδιο συμβαίνει και με τις μπαταρίες. Δηλαδή αφού προσεγγιστεί ο χρόνος ζωής των μπαταριών μέσω της σχέσης (3) υπολογίζεται πόσες φορές πρέπει να αλλαχτούν οι μπαταρίες στην διάρκεια της οικονομικής ζωής της επένδυσης. Σταθερά κόστη για κάθε έτος στους παρακάτω υπολογισμούς θεωρούνται μόνο τα λειτουργικά κόστη της μπαταρίας $BCL_{annual,cost}$.

$$SOH(t) = \frac{C_{actual}(t)}{C_{nom}} \quad (3)$$

Όπου:

SOH η κατάσταση υγείας των συσσωρευτών

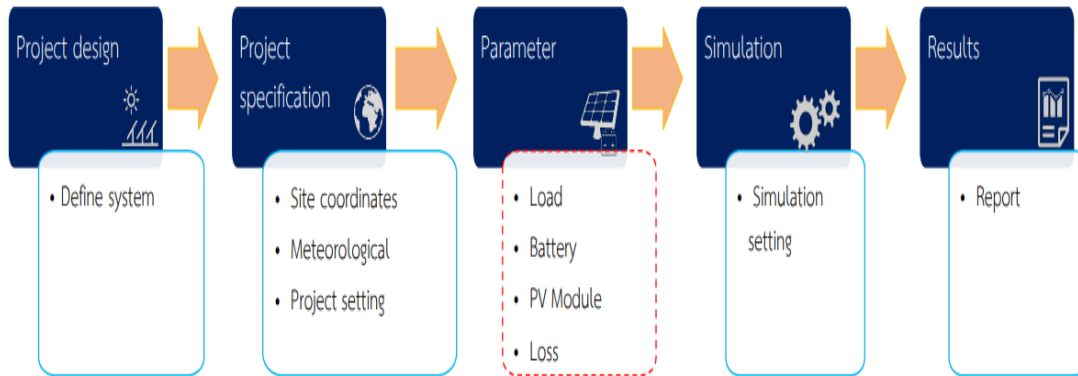
C_{nom} η ονομαστική χωρητικότητα (Ah)

C_{actual} η αξιοποιήσιμη χωρητικότητα (Ah)

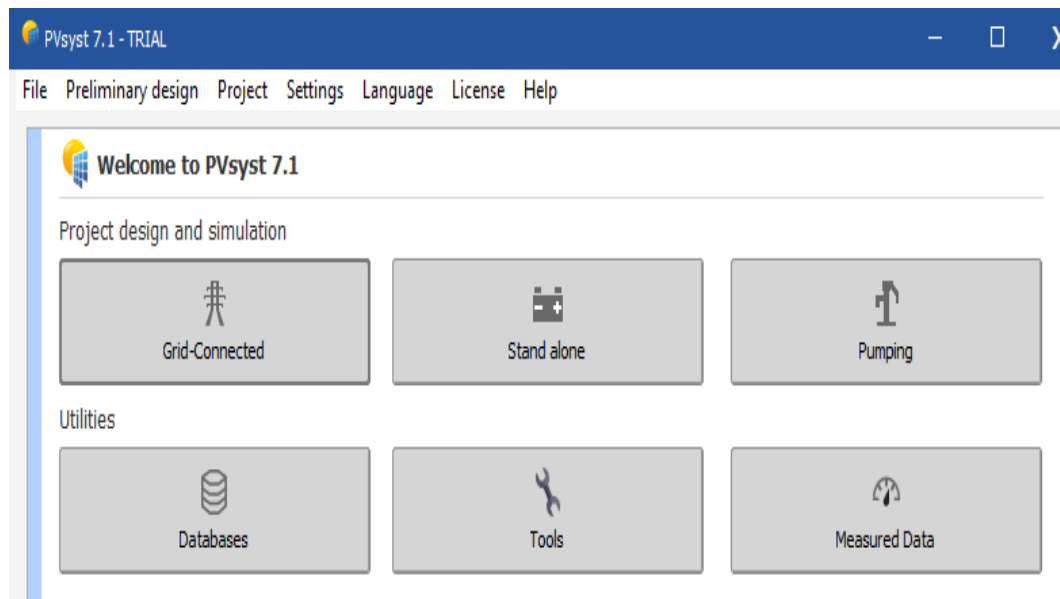
5.6 Εισαγωγή στο πρόγραμμα προσομοίωσης PVsyst

Επιγραμματικά συμβαίνει η παρακάτω διαδικασία, με την αναλυτικότερη καταγραφή των βημάτων να ακολουθεί.

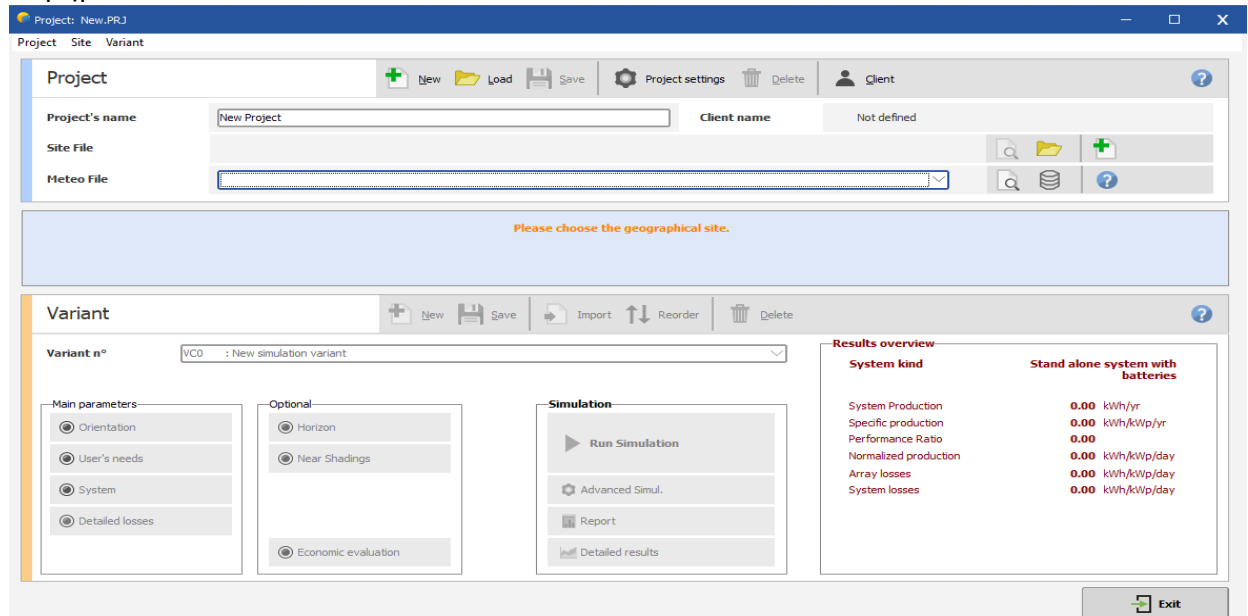
Project Design



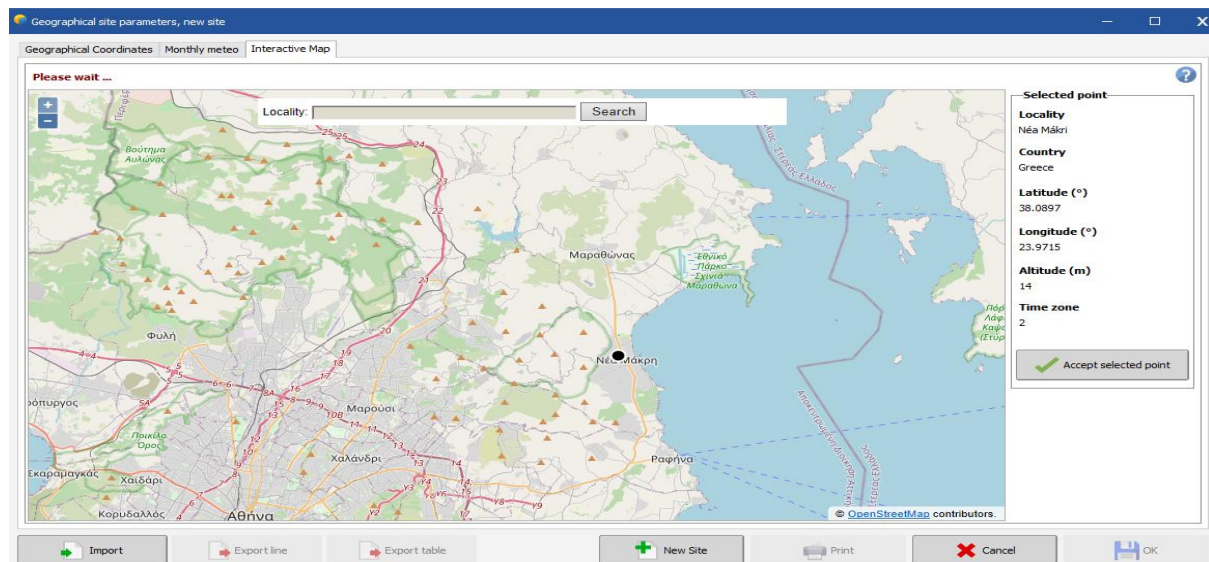
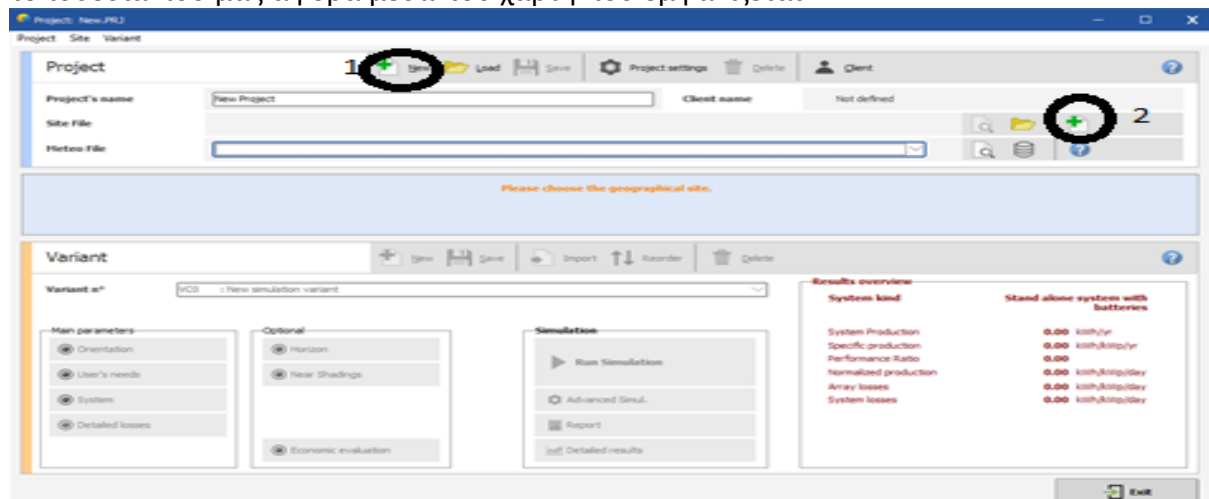
1^ο βήμα: Επιλέγουμε την κατηγορία που μας ενδιαφέρει. Στη δική μας περίπτωση είναι αυτή του stand alone project



2^ο βήμα:



Μέσω της πρώτης επιλογής δίνουμε όνομα στο project μας και μέσω της δεύτερης βρίσκουμε την τοποθεσία που μας αφορά μέσω του χάρτη που εμφανίζεται.

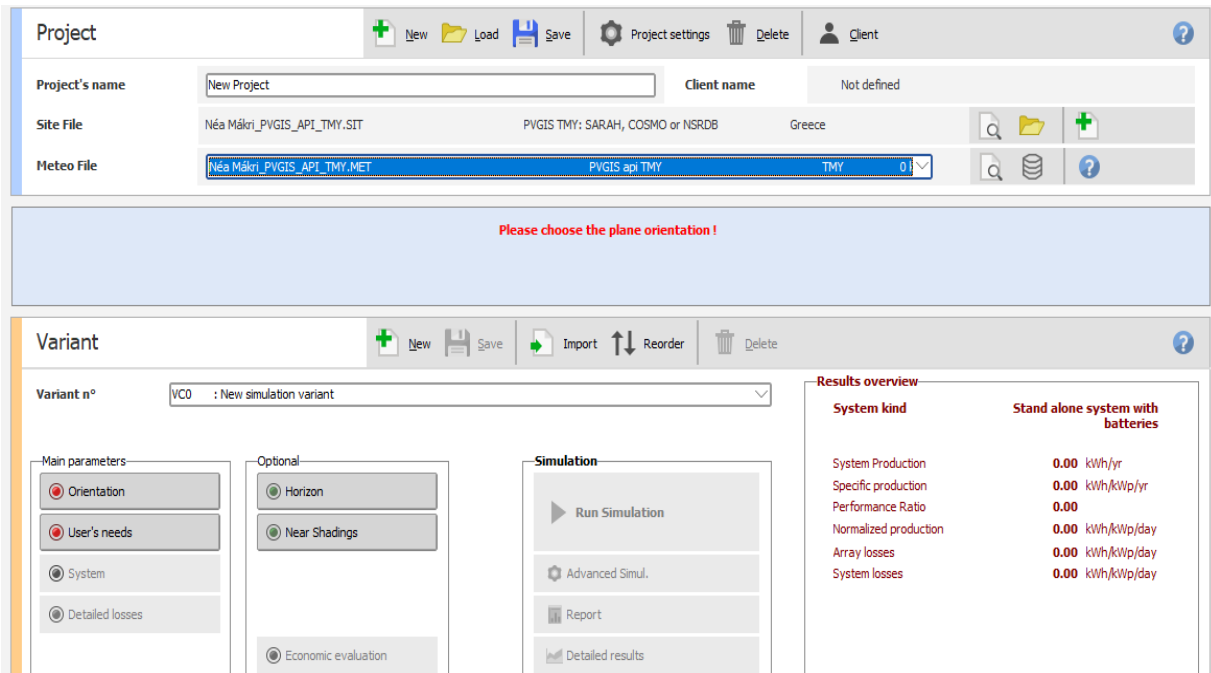
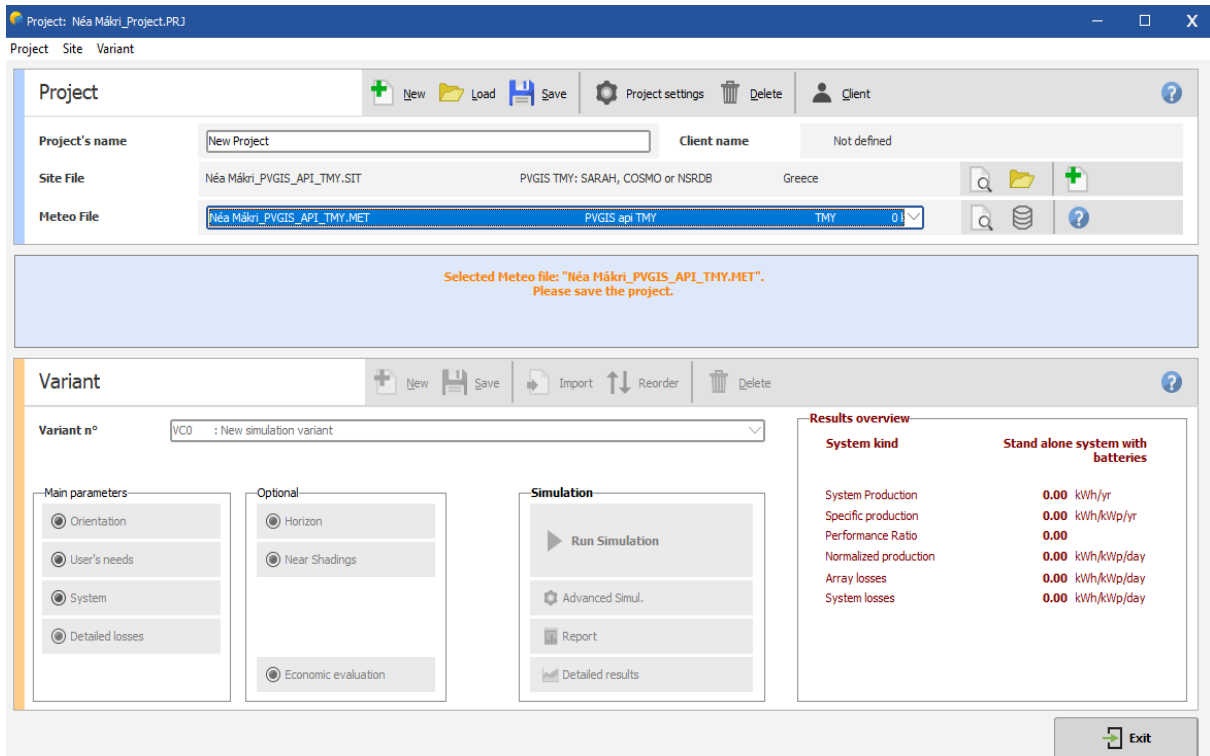


Αφού βρεθεί η τοποθεσία, επιλέγουμε το Accept selected point και στη συνέχεια μέσω του PVGIS κάνουμε import τα καιρικά δεδομένα της περιοχής

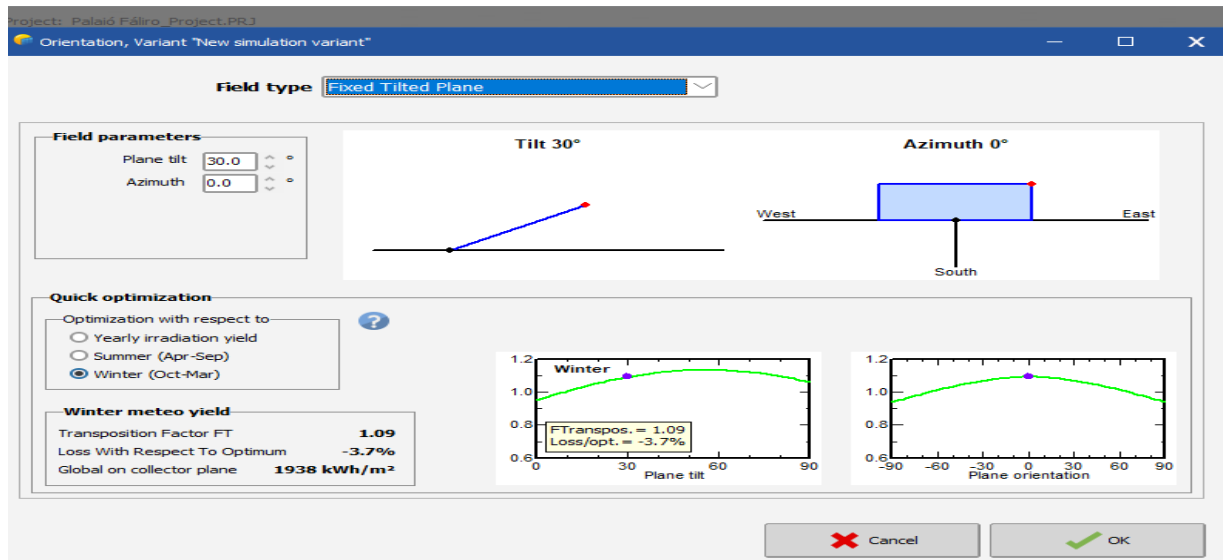
3^ο βήμα: Αφού τελειώσει η διαδικασία εισαγωγής των καιρικών δεδομένων, επιλέγουμε να εμφανίζονται τα δεδομένα σε kWh/m²/mth και τέλος πατάμε το ok για να ολοκληρωθεί η πρώτη φάση της διαδικασίας.

	Global horizontal irradiation kWh/m ² /mth	Horizontal diffuse irradiation kWh/m ² /mth	Temperature °C	Wind Velocity m/s	Relative humidity %
January	71.4	33.7	9.6	5.00	79.5
February	67.0	38.7	8.1	7.26	79.3
March	111.2	54.5	10.1	5.90	77.2
April	183.9	68.4	13.3	5.04	77.2
May	205.9	72.9	17.3	5.22	82.9
June	224.6	68.7	21.7	5.04	80.1
July	255.6	58.7	27.2	7.43	70.6
August	227.6	52.9	26.2	7.94	76.0
September	158.7	49.7	23.4	5.59	78.6
October	113.9	46.8	17.1	7.00	76.4
November	66.7	34.2	12.2	7.11	76.4
December	55.9	28.9	9.8	8.19	75.6
Year	1742.4	608.0	16.4	6.4	77.5

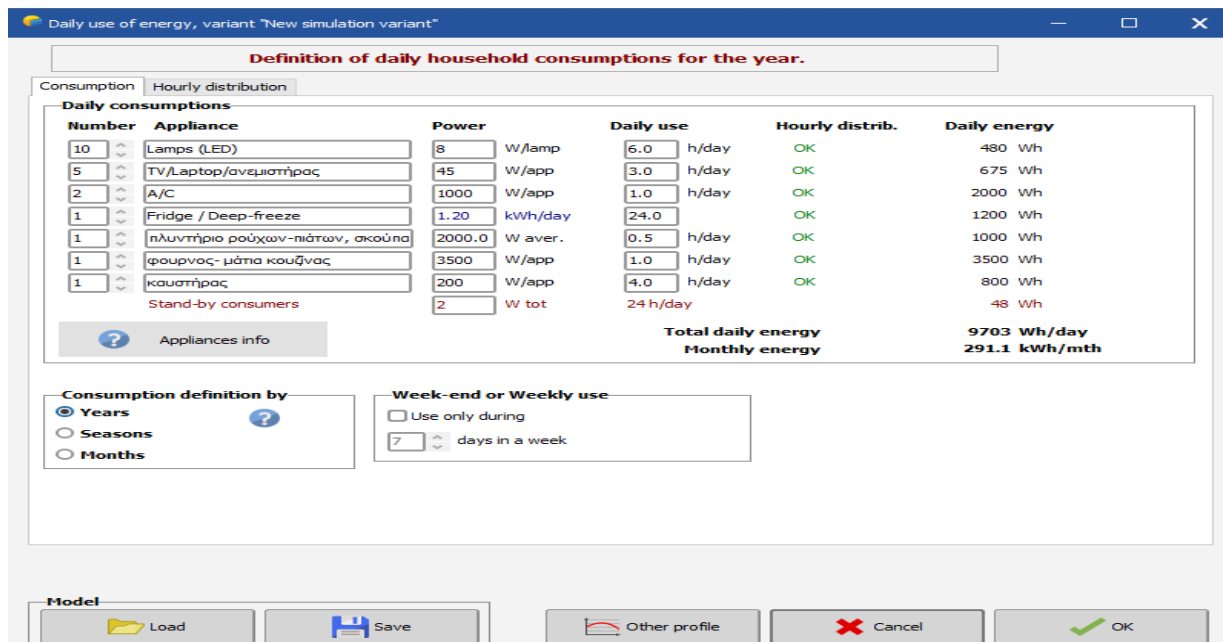
4^ο βήμα: Αφού αποθηκεύσουμε το project μας, περνάμε στη δεύτερη φάση που αφορά τις κύριες παραμέτρους ξεκινώντας από το orientation



5^ο βήμα: Ανάλογα με τη χρήση του εκάστοτε συστήματος επιλέγονται οι παράμετροι



6^ο βήμα: Επιλέγουμε το user's needs όπου καταγράφονται οι ανάγκες του καταναλωτή δηλαδή οι ενδεικτικές καταναλώσεις των φορτίων που χρησιμοποιούνται. Επίσης επιλέγονται οι ώρες που θα λειτουργεί η κάθε συσκευή μαζί με το διάστημα που επιθυμούμε να χρησιμοποιούμε την φωτοβολταϊκή μας εγκατάσταση (εξοχική ή μόνιμη κατοικία).



7^ο βήμα: Πρόκειται για το σημείο όπου επιλέγονται οι μέρες αυτονομίας και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν όπως οι μπαταρίες τα πάνελ αλλά και ο αντιστροφέας. Όπως φαίνεται στις φωτογραφίες που ακολουθούν μόλις επιλέξεις το υλικό που θες, το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να σου πει πόσα απ' αυτά χρειάζεσαι αλλά και πως θα συνδεθούν. Τέλος, σε περίπτωση λανθασμένης επιλογής υλικών εμφανίζεται ένα κόκκινο μήνυμα.

Stand-alone system definition, Variant "New simulation variant", Variant "New simulation variant"

Av. daily needs: 9.7 kWh/day
 Enter accepted PLOL: 5.0 %
 Enter requested autonomy: 3.0 day(s)
 Battery (user) voltage: 48 V
 Suggested capacity: 713 Ah
 Suggested PV power: 3076 Wp (nom.)

Storage | PV Array | Back-Up | Simplified sketch

Procedure

1. - Pre-sizing: Define the desired Pre-sizing conditions (PLOL, Autonomy, Battery voltage)
2. - Storage: Define the battery pack (default checkboxes will approach the pre-sizing)
3. - PV Array design: Design the PV array (PV module) and the control mode. You are advised to begin with a universal controller.
4. - Back-Up: Define an eventual Genset

Specify the Battery set

Sort batteries by: voltage capacity manufacturer

Moll | 2 V | 970 Ah | Pb Sealed Gel | OPzV Solar 1280 | Since 2016 | Open

Lead-acid

24 batteries in series
 1 batteries in parallel

Number of batteries: 24
 Number of elements: 24

Battery pack voltage: 48 V
 Global capacity: 970 Ah
 Stored energy (80% DOD): 37.2 kWh
 Total weight: 1656 kg
 Nb. cycles at 80% DOD: 1500
 Total stored energy during the battery life: 63 MWh

Initial State of Wear (nb. of cycles): 100.0 %
 Initial State of Wear (static): 100.0 %

Operating battery temperature

Temper. mode: Fixed (air-conditioned)
 Fixed temperature: 20 °C

The battery temperature is important for the aging of the battery. An increase of 10 °C divides the "static" battery life by a factor of two.

User's needs

Household	Aver. power	404 W
Night ratio	Daily energy	9.7 kWh
Battery pack		Capacity
1 in parallel, 48 V		970 Ah
Autonomy		3.8 day
3 str. of 4 modules		Stored energy
PV/Load		37.2 kWh
MPPT converter		Nom. Power
PV/PConv		3.07 kW
1.18		Av. daily energy
Thresholds		12.0 kWh
acc. to volta		Nom. Power
2.60 kW		

Cancel OK

Stand-alone system definition, Variant "New simulation variant", Variant "New simulation variant"

Av. daily needs: 9.7 kWh/day
 Enter accepted PLOL: 5.0 %
 Enter requested autonomy: 3.0 day(s)
 Battery (user) voltage: 48 V
 Suggested capacity: 713 Ah
 Suggested PV power: 3076 Wp (nom.)

Storage | PV Array | Back-Up | Simplified sketch

Sub-array name and Orientation
 Name: PV Array
 Orient: Fixed Tilted Plane
 Tilt: 30°
 Azimuth: 0°

Pre-sizing Help

No sizing
 or available area: 0 m²

Enter planned power: 3.1 kWp

Resize

Select the PV module

Available Now: Sharp
 Sort modules: Power Technology
 256 Wp 23V Si-mono NQ-R256A | Since 2016 | Manuf. Measur

Sizing voltages: Vmpp (60°C): 23.6 V
 Voc (-10°C): 35.9 V

Select the control mode and the controller

Universal controller: Victron
 MPPT power converter

Operating mode: MPPT 2600 W 48 V 100 A 100 A SmartSolar MPPT 150/100 48V

MPPT converter
 DC-DC converter

Number of controllers: 1
 MPP Operating voltage: 53-145 V
 Input maximum voltage: 150 V
 Controller's power: 2.60 kW
 Associated Battery: 48 V

PV Array design

Number of modules and strings
 Mod. in series: 4
 Nb. strings: 3

Operating conditions:
 Vmpp (60°C): 94 V
 Vmpp (20°C): 111 V
 Voc (-10°C): 143 V
 Plane irradiance: 1000 W/m²
 Imp (STC): 33.8 A
 Isc (STC): 30.2 A
 Imp (STC): 33.8 A
 Isc (at STC): 29.9 A

Max. operating power: 3.8 kW
 (at 1000 W/m² and 50°C)
 Array nom. Power (STC): 3.1 kWp

User's needs

Household	Aver. power	404 W
Night ratio	Daily energy	9.7 kWh
Battery pack		Capacity
1 in parallel, 48 V		970 Ah
Autonomy		3.8 day
3 str. of 4 modules		Stored energy
PV/Load		37.2 kWh
MPPT converter		Nom. Power
PV/PConv		3.07 kW
1.18		Av. daily energy
Thresholds		12.0 kWh
acc. to volta		Nom. Power
2.60 kW		

Cancel OK

Επιπλέον, υπάρχει επιλογή και για χρήση εφεδρικής γεννήτριας

Stand-alone system definition, Variant "New simulation variant", Variant "New simulation variant"

Av. daily needs: 9.7 kWh/day
 Enter accepted PLOL: 5.0 %
 Enter requested autonomy: 3.0 day(s)
 Battery (user) voltage: 48 V
 Suggested capacity: 713 Ah
 Suggested PV power: 3076 Wp (nom.)

Storage | PV Array | Back-Up | Simplified sketch

Back-up generator

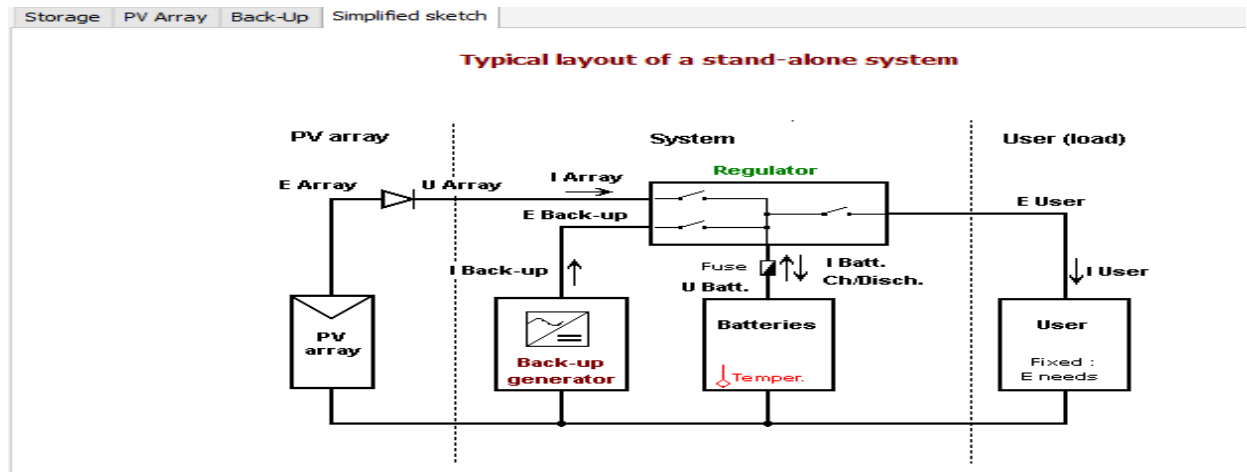
Uses back-up genset

Full load capability: Nominal power: 0.0 kW
 Effective operating: Power: 0.0 kW

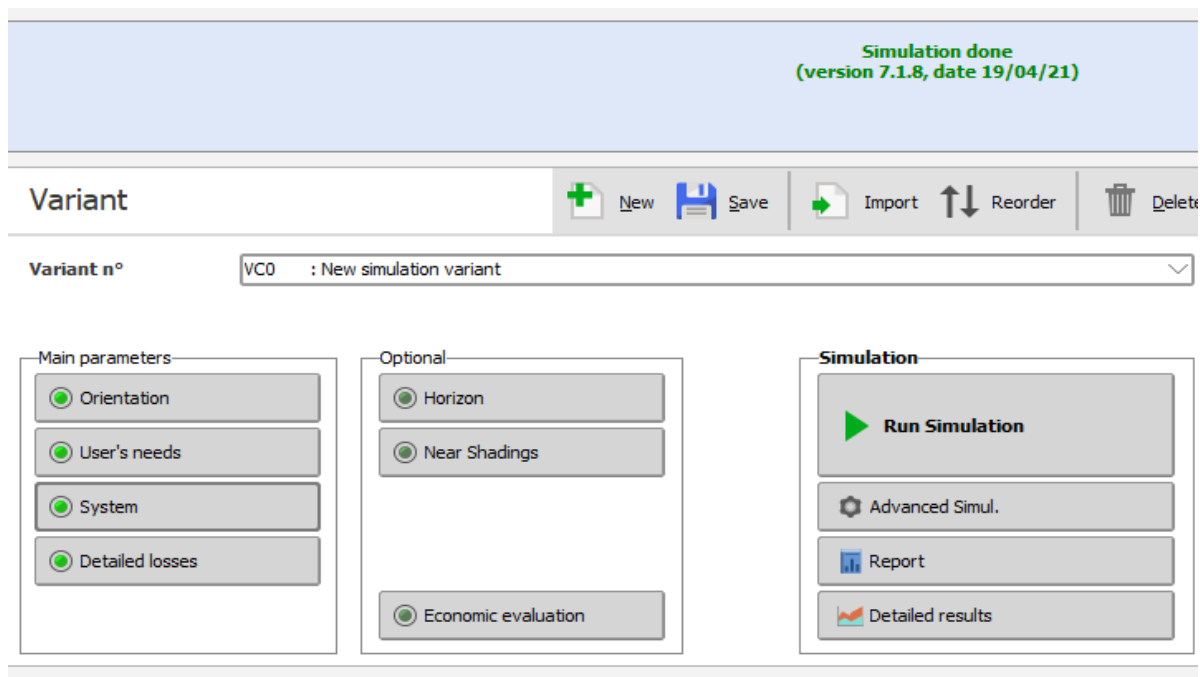
Battery voltage: 48 V
 Charging Current: 0.0 A

Battery voltage: 48 V
 Charging Current: 0.0 A

Αφού τελειώσουμε με όλα αυτά το πρόγραμμα εξάγει ένα τυπικό σχέδιο ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού.



8^ο βήμα: Αποτελεί το τελευταίο βήμα διότι αφορά την προσομοίωση (simulation) όπου θα προκύψει και η τελική αναφορά της εγκατάστασης που θα πραγματοποιηθεί.



Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης μέσω του rnsyst εμφανίζονται κάποιοι όροι που καλό είναι γνωρίζουμε τι αντιπροσωπεύουν. Αυτοί είναι :

PR= πραγματική παραγωγή φ/β / θεωρητική παραγωγή

SF= E_{used}/E_{load} δηλαδή η ενέργεια που παρέχεται από τα φ/β / τη συνολική απαιτούμενη ενέργεια των φορτίων

SOW (state of wear): κατάσταση χρήσης

SOWcycle: φθορά από αδυναμίες λόγω του αριθμού των κύκλων

SOWstatic: φθορά λόγω της ηλικίας της μπαταρίας

SOC: Το επίπεδο φόρτισης της μπαταρίας σε σχέση με την χωρητικότητα της

DoD: Το κομμάτι της χωρητικότητας που έχει χαθεί από μια πλήρως φορτισμένη μπαταρία

Time fraction: Ο χρόνος που ένα σύστημα δεν θα είναι διαθέσιμο στη διάρκεια του χρόνου

Emiss: ELoad-Euser

EUnused: Αχρησιμοποίητη ενέργεια (απώλειες λόγω γεμάτης μπαταρίας), (charging off)

ELoad: Ενέργεια που χρειάζεται ο χρήστης

Euser: Ενέργεια που δίνεται στο χρήστη

Yr: Ενέργεια αναφοράς στο συλλέκτη

Yu: Πιθανή παραγωγή των φ/β (ποτέ γεμάτη η μπαταρία)

Ya: Παραγωγή συστοιχιών

Yf: Παραγωγή συστήματος

Pr: Λόγος απόδοσης (Yf/Yr)

Lu: Αχρησιμοποίητη ενέργεια (Yr-Yu)

Lc: Απώλειες συστοιχίας (Yu-Ya)

Ls: Απώλειες συστήματος (Ya-Yf)

Lur: Αχρησιμοποίητη ενέργεια / ενέργεια αναφοράς στο συλλέκτη (Lu/ Yr)

Lcr: Απώλειες συστοιχίας / ενέργεια αναφοράς στο συλλέκτη (Lc/ Yr)

Lsr: Απώλειες συστήματος / ενέργεια αναφοράς στο συλλέκτη (Ls/Yr)

5.7 Παραδείγματα κατανόησης - υπολογισμού

1^ο Παράδειγμα: Αυτόνομο φ/β για τροχόσπιτο ή εξοχική κατοικία στη Νέα Μάκρη (Νομό Αττικής)

Ενδεικτικές καταναλώσεις-φορτία (καλοκαίρι):

ΦΟΡΤΙΟ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΦΟΡΤΙΑ (W)	ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hours/day)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Wh/day)
ΨΥΓΕΙΟΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ (A ⁺)	100	1	NAI	24 (διακοπτομ.) 7 hours/day	700
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED	8	5	NAI	6	240
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ 32"	12	2	NAI	6	144
Laptop	65	1	NAI	5	325
Φορτιστής κινητού	18	2	NAI	3	108
Ανεμιστήρας δαπέδου	15	2	NAI	5	150
Εργαλεία κήπου	800	1	NAI	1	800
Αναδευτήρας καφέ	100	1	NAI	0.1	10
ΣΥΝΟΛΟ	1018		1018		2467

Ενδεικτικές καταναλώσεις-φορτία (χειμώνα):

ΦΟΡΤΙΟ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΦΟΡΤΙΑ (W)	ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hours/day)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Wh/day)
ΨΥΓΕΙΟΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ (A ⁺)	100	1	NAI	24 (διακοπτομ.) 7 hours/day	700
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED	8	5	NAI	5	200
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ 32"	12	1	NAI	6	72
Laptop	65	1	NAI	2	130
Θερμαινόμενο υπόστρωμα	60	1	NAI	2.5	150
Φορτιστής κινητού	18	1	NAI	2	36
ΣΥΝΟΛΟ	263		263		1288

Έστω ότι θέλω 2 μέρες αυτονομίας (N=2)

Το σύστημα που σχεδιάσαμε θα μπορεί να είναι σε χρήση από Μάιο – Σεπτέμβριο λόγω της υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας που υπάρχει στη χώρα. Επιπλέον, θα μπορεί να χρησιμοποιείται περιστασιακά και τους χειμωνιάτικους μήνες (κυρίως τα σαββατοκύριακα).

Υπολογισμός ισχύς φ/β:

$$P = \frac{E_{day} * P_{stc} * m}{E_{he} * L_{pv} * L_{tr}} * \frac{31}{31 - N}$$

$$P = \frac{1288 * 1 * 1.2}{3 * 0.8 * 0.9} * \frac{31}{31 - 2} = 764.9 \text{ Wp} = 0,76 \text{ kWp}$$

Λόγω της ισχύς του φωτοβολταϊκού, μέσω των πινάκων (σελ 67) επιλέγω τάση συστοιχίας συσσωρευτών και συνεπώς της εγκατάστασης τα 24 V και το 0.4 για βάθος εκφόρτισης.

Αν επιλέξω πλαίσια των 245 Wp συμπεραίνουμε πως θα χρειαστούν 3 φωτοβολταϊκά πλαίσια, τα οποία θα συνδεθούν σε σειρά με νότιο προσανατολισμό στις 30°

Προτείνεται ο κωδικός NU-R245J5 της εταιρείας Sharp.

Υπολογισμός ρυθμιστή φόρτισης:

Έχουμε 3 πάνελ των 245 Watt άρα συνολική ισχύ που αγγίζει τα 735 Watt και τάση συστήματος τα 24 V

Το ρεύμα λοιπόν που θα διαχειρίζεται ο ρυθμιστής φόρτισης είναι:

$$735 \div 24 = 30.6 \text{ A}$$

Για λόγους ασφαλείας εφαρμόζεται στην εγκατάσταση μια ασφάλεια 1.25 A συνεπώς προκύπτει ότι το ρεύμα που μπορεί να χειριστεί ο ελεγκτής φόρτισης είναι:

$$30.6 \div 1.25 = 24.5 \text{ A}$$

Προτείνεται ο Victron Bluesolar MPPT 30A

Υπολογισμός συσσωρευτών:

Στη συνέχεια υπολογίζεται η χωρητικότητα C της συστοιχίας των συσσωρευτών

$$C = \frac{(N + p) * m * Eday * 10^3}{Lo * Ltr * Ddis * V}$$

$$C = \frac{(2 + 0.6) * 1.2 * 1.288 * 10^3}{0.8 * 0.9 * 0.4 * 24} = 581,4 \text{ Ah}$$

Επειδή το σύστημα χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο τους καλοκαιρινούς μήνες (εξοχική κατοικία), είναι καλύτερο να επιλέξουμε μπαταρίες των 24V AGM ή GEL (με 600-1000 κύκλους φορτίσεων-εκφορτίσεων για 50% βάθος εκφόρτισης).

Στη συγκεκριμένη περίπτωση προτείνουμε την OBM των 24V , 240Ah (C100), AGM στους 850 κύκλους ζωής στο 50% αποφόρτιση.

Λόγω της χωρητικότητας που πρέπει να καλύψουμε, επιλέγουμε να συνδέσουμε 2 τέτοιες μπαταρίες παράλληλα.

Στην προσομοίωση του rnsyst που θα ακολουθήσει παρακάτω έχει επιλεγεί άλλη μπαταρία διότι δεν υπήρχε η προαναφερθείσα.

Υπολογισμός αντιστροφέα:

Τέλος, μέσω της στήλης ταυτόχρονων φορτίων επιλέγουμε αντιστροφέα. Ένας αντιστροφέας των 3000 VA είναι απαραίτητος αλλά προτείνεται η χρήση ενός μεγαλύτερου για πιθανή μελλοντική επέκταση του συστήματος. Συγκεκριμένα ο Multiplus 5000VA της εταιρείας Victron.

Από τη μέγιστη ισχύ που θα μπορεί να τραβήξει ο αντιστροφέας σε συνδυασμό με την τάση των μπαταριών, επιλέγεται η ασφάλεια των μπαταριών αλλά και τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν.

Τελική λύση:

A/A	Υλικά	Τύπος	Τεμάχια
1	Φωτοβολταϊκά Πλαίσια	Sharp Si-mono 245W NU-R245J5	3
2	Αντιστροφέας	Victron Multiplus 5kVA	1
3	Ρυθμιστής Φόρτισης	Victron Bluesolar MPPT 30A	1
4	Μπαταρίες + Βάσεις	OBM AGM 24V, 240Ah (C100)	2

5	Βάσεις πάνελ	Αλουμίνιο	3
6	Καλώδια-Ραγοϋλικό	NOARK-Διακόπτες-Ασφάλειες AC/DC/Batteries- Ρελέ OFLEX	

Ακολουθεί μια σειρά από προσημειώσεις μέσω του rnsyst, μέχρι να καταλήξουμε σε αυτήν που τελικά μας καλύπτει.

Πρώτο τρέξιμο του προγράμματος(PV ->245Wp , Bat->200Ah):

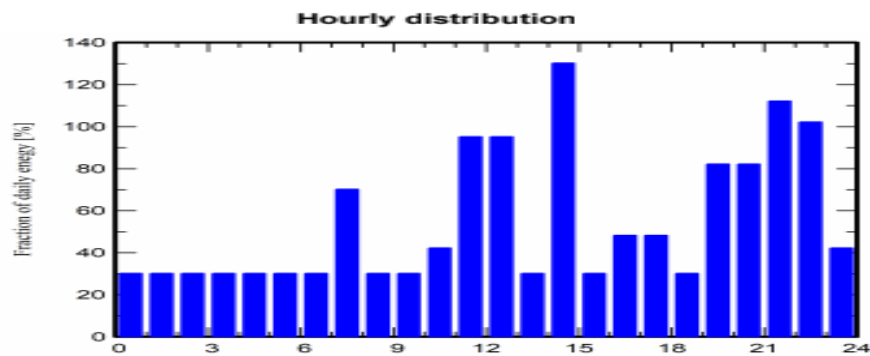
Πρόκειται για την πρώτη απόπειρα η οποία στην πραγματικότητα είναι και απόπειρα εξοικείωσης με τις λειτουργίες του προγράμματος. Οι καταναλώσεις μοιράστηκαν ως εξής:

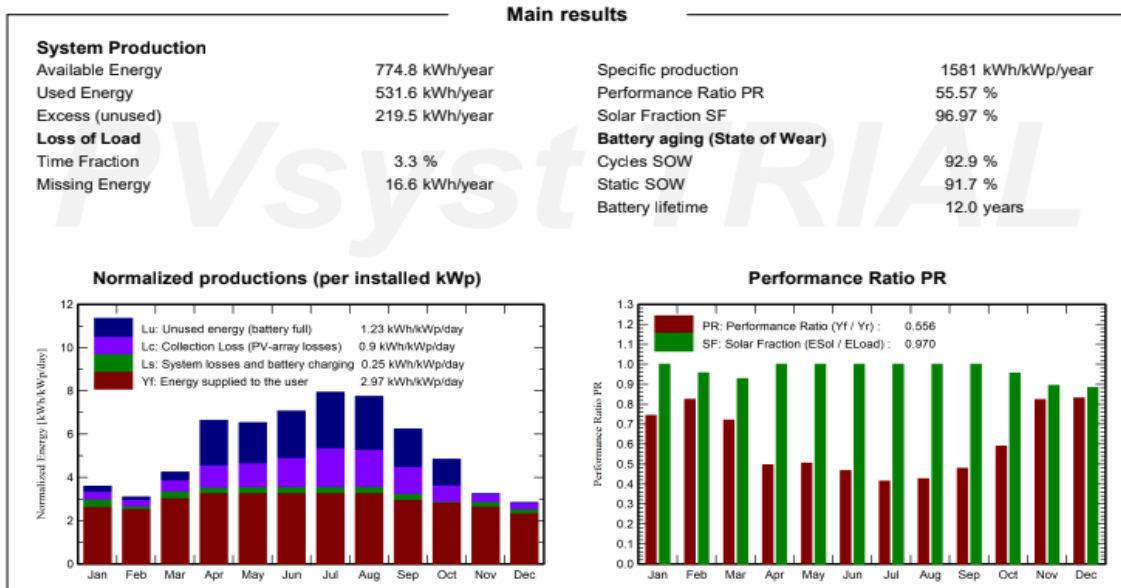
Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 1.5 kWh/day

Summer (Jun-Aug)					Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	5	8W/lamp	6.0	240	Lamps (LED)	5	8W/lamp	6.0	240
TV (32")	1	12W/app	6.0	72	TV (32")	1	12W/app	6.0	72
Laptop	1	65W/app	5.0	325	Laptop	1	65W/app	5.0	325
Fridge / Deep-freeze	1		24	701	Fridge / Deep-freeze	1		24	701
Φορτιστες	2	18W tot	3.0	108	Φορτιστες	2	18W tot	3.0	108
Ανεμιστήρες	2	15W tot	5.0	150	Stand-by consumers			24.0	24
Stand-by consumers			24.0	24	Total daily energy				1470Wh/day
Total daily energy				1620Wh/day					

Winter (Dec-Feb)					Spring (Mar-May)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	5	8W/lamp	5.0	200	Lamps (LED)	5	8W/lamp	6.0	240
TV (32")	1	12W/app	6.0	72	TV (32")	1	12W/app	6.0	72
Laptop	1	65W/app	2.0	130	Laptop	1	65W/app	5.0	325
Fridge / Deep-freeze	1		24	701	Fridge / Deep-freeze	1		24	701
Φορτιστες	1	18W tot	2.0	36	Φορτιστες	2	18W tot	3.0	108
θερμαινομενο υπόστρωμα	1	60W tot	2.5	150	Ανεμιστήρες	2	15W tot	5.0	150
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				1313Wh/day	Total daily energy				1620Wh/day





Παρατηρούμε πως η απόδοση του συστήματος μας (PR) βρίσκεται στο 55% και έχει αρκετά περιθώρια αύξησης διότι υπάρχει μεγάλη ποσότητα αχρησιμοποίητης ενέργειας (σκούρο μπλε χρώμα στο αριστερό διάγραμμα).

Δεύτερο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->245Wp , Bat->200Ah):

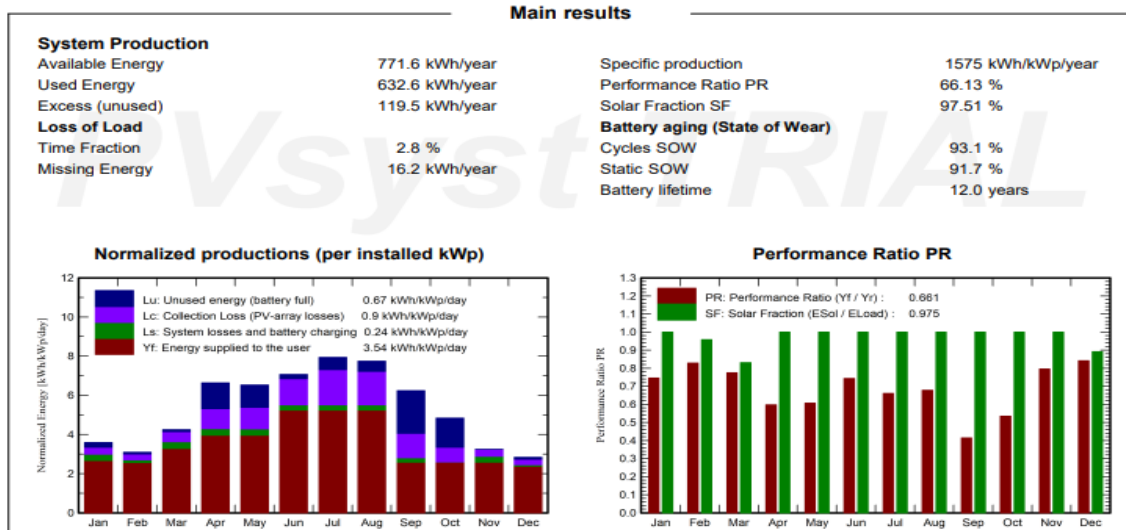
Αύξηση φορτίων καλοκαίρι και άνοιξη

Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 1.8 kWh/day

Summer (Jun-Aug)					Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	5	8W/lamp	6.0	240	Lamps (LED)	5	8W/lamp	6.0	240
TV (32")	2	12W/app	6.0	144	TV (32")	1	12W/app	6.0	72
Laptop	1	65W/app	5.0	325	Laptop	1	65W/app	3.0	195
Fridge / Deep-freeze	1		24	701	Fridge / Deep-freeze	1		24	701
εργαλεία κήπου	1		1	800	Φορτιστές	1	18W tot	2.0	36
Φορτιστές/Ανεμιστήρες	4	18W tot	4.0	288	Stand-by consumers			24.0	24
Αναδευτήρας καφέ	1	100W tot	0.5	50	Total daily energy				1268Wh/day
Stand-by consumers			24.0	24					
Total daily energy				2572Wh/day					

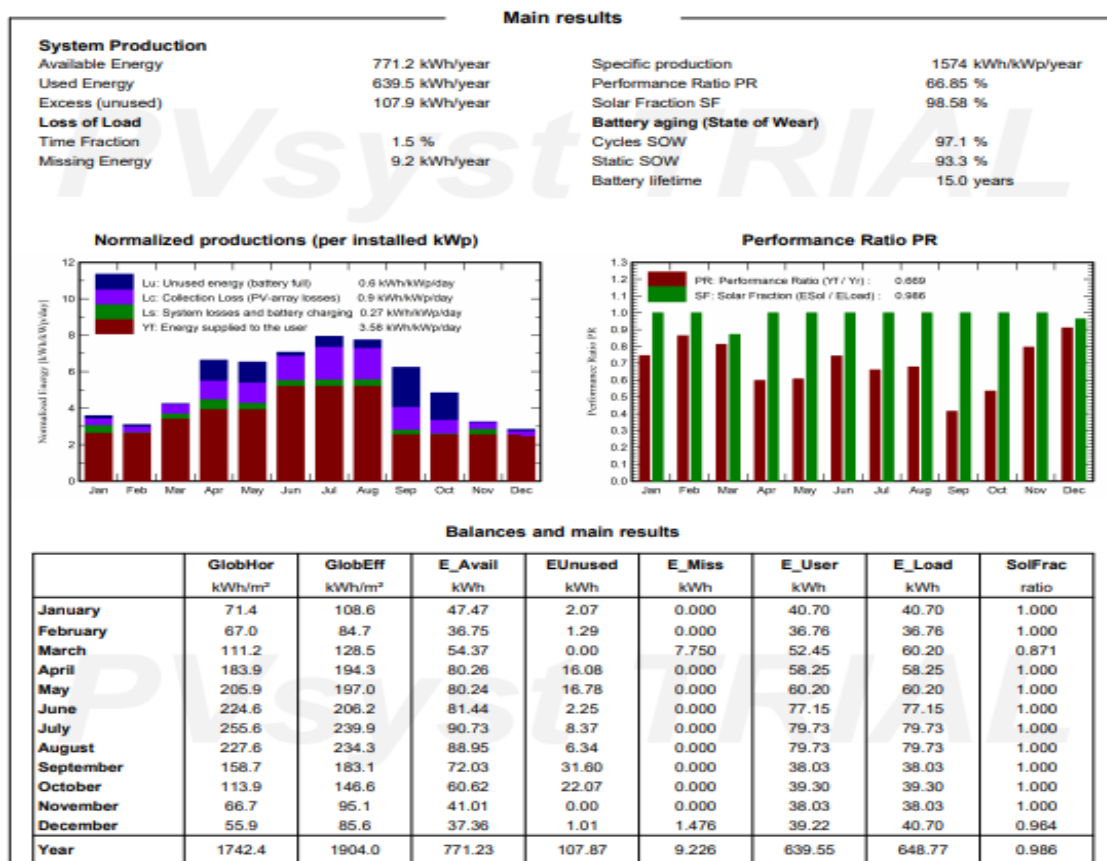
Winter (Dec-Feb)					Spring (Mar-May)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	5	8W/lamp	5.0	200	Lamps (LED)	5	8W/lamp	6.0	240
TV (32")	1	12W/app	6.0	72	TV (32")	2	12W/app	6.0	144
Laptop	1	65W/app	2.0	130	Laptop	1	65W/app	5.0	325
Fridge / Deep-freeze	1		24	701	Fridge / Deep-freeze	1		24	701
Φορτιστές	1	18W tot	2.0	36	Εργαλεία κήπου	1		1	400
θερμανόμενο υπόστρωμα	1	60W tot	2.5	150	Φορτιστές	2	18W tot	3.0	108
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				1313Wh/day	Total daily energy				1942Wh/day



Παρατηρούμε ότι το PR και το SF είχαν άνοδο όπως περιμέναμε αλλά η missing energy παραμένει σχετικά στα ίδια επίπεδα

Τρίτο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->245Wp , Bat->296Ah):

Η μόνη αλλαγή με το δεύτερο τρέξιμο είναι ότι χρησιμοποιήθηκε μπαταρία με περισσότερα Ah με σκοπό να μπορέσουμε να αποθηκεύσουμε λίγη περισσότερη από την ενέργεια που παράγουν τα φ/β πλαίσια που χρησιμοποιήσαμε και έτσι προέκυψε η τελική μας λύση.



Με αυτή μας την κίνηση καταφέραμε να μειώσουμε σχεδόν στο μισό την missing energy, να φτάσουμε το SF κοντά στο 99% και επιπλέον είχαμε κέρδη και στην ίδια την μπαταρία. Αρχικά αυξήθηκε η ζωή της κατά ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Καραγιαννίδης Ευάγγελος

τρία χρόνια ενώ βελτιώθηκε και το SOW cycle (φθορά από αδυναμίες λόγω του αριθμού των κύκλων) όπως και το SOW state (φθορά λόγω της ηλικίας της μπαταρίας). Τέλος, παρατηρούμε πως οι Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβρης, Οκτώβρης έχουν περιθώρια για να αυξήσουν κι' άλλο τις καταναλώσεις τους καθώς όπως φαίνεται στο διάγραμμα του PR η κόκκινη γραμμή είναι σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με την πράσινη. Όσον αφορά την τελική μελέτη που εκδώθηκε από το rnsyst παρατηρούμε ότι αποτελεί οικονομικότερη λύση του συστήματος που μελετάμε, σε σχέση με τους χειρόγραφους υπολογισμούς που προηγήθηκαν (χρήση ενός λιγότερου πάνελ).

Συγκεντρωτικός πίνακας στοιχείων αναφορών

A/A	P _v W _p	Τεμά- χια (strings x series)	Bat Ah	Τεμάχια (parallel x series)	Glob Hor kWh/ m ²	Glob Eff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	PR ratio %	SF ratio %
<i>Υπολ.στο χέρι</i>	245	3 (1x3)	240 (24V)	2 (2x1)									
<i>Πρώτο τρέξιμο</i>	245	2 (1x2)	200 (12V)	2 (2x1)	1742.4	1904	774.8	219.4	16.6	531.6	548.2	55.5	96.9
<i>Δεύτερο τρέξιμο</i>	245	2 (1x2)	200 (12V)	2 (2x1)	1742.4	1904	771.6	119.4	16.1	632.6	648.7	66.1	97.5
<i>Τρίτο τρέξιμο</i>	245	2 (1x2)	296 (12V)	2 (2x1)	1742.4	1904	771.2	107.9	9.2	639.5	648.7	66.9	99

PVsyst - Simulation report

Stand alone system

Project: Τροχόσπιτο_ή_μικρό_εξοχικό_Νέα_Μάκρη

Variant: New simulation variant_4

Stand alone system with batteries

System power: 490 Wp

Νέα Μάκρη - Greece

Stand alone system	Stand alone system with batteries
PV Field Orientation Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 30 / 0 ° User's needs Daily household consumers Seasonal modulation Average 1.8 kWh/Day	Sheds configuration No 3D scene defined Models used Transposition Perez Diffuse Imported Circumsolar separate

PV Array Characteristics	
PV module Manufacturer Generic Model NU-R245J5 (Original PVsyst database) Unit Nom. Power 245 Wp Number of PV modules 2 units Nominal (STC) 490 Wp Modules 1 String x 2 In series At operating cond. (50°C) P _{mpp} 434 Wp U _{mpp} 53 V I _{mpp} 8.1 A Controller Manufacturer Generic Model SmartSolar MPPT 100/30 12V Technology MPPT converter Temp coeff. -2.7 mV/°C/Elem Converter Maxi and EURO efficiencies 98.0 / 96.0 % Total PV power Nominal (STC) 0 kWp Total 2 modules Module area 3.3 m ²	Battery Manufacturer Generic Model 12-CS-11PS Technology Lead-acid, sealed, plates Nb. of units 2 in parallel Discharging min. SOC 20.0 % Stored energy 5.7 kWh Battery Pack Characteristics Voltage 12 V Nominal Capacity 592 Ah (C10) Temperature Fixed 20 °C Battery Management control Threshold commands as Battery voltage Charging 13.3 / 12.5 V Corresp. SOC 0.90 / 0.75 Discharging 11.7 / 12.2 V Corresp. SOC 0.19 / 0.45

PVsyst V7.1.8
 VC2, Simulation date:
 07/05/21 14:05
 with v7.1.8

Project summary	
Geographical Site Νέα Μάκρη Greece	Situation Latitude 38.09 °N Longitude 23.98 °E Altitude 9 m Time zone UTC+2
Meteo data Νέα Μάκρη PVGIS api TMY	Project settings Albedo 0.20

System summary	
Stand alone system PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 30 / 0 ° System information PV Array Nb. of modules 2 units P _{nom} total 490 Wp	Stand alone system with batteries User's needs Daily household consumers Seasonal modulation Average 1.8 kWh/Day Battery pack Technology Lead-acid, sealed, plates Nb. of units 2 units Voltage 12 V Capacity 592 Ah

Results summary			
Available Energy	771.2 kWh/year	Specific production	1574 kWh/kWp/year
Used Energy	639.5 kWh/year	Perf. Ratio PR	66.85 %
		Solar Fraction SF	98.58 %

Array losses					
Thermal Loss factor		DC wiring losses		Serie Diode Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	111 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	1.2 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s				
Module Quality Loss		Module mismatch losses		Strings Mismatch loss	
Loss Fraction	-0.8 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %
IAM loss factor					
ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosi - 1)					
bo Param.	0.05				

Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 1.8 kWh/day

Summer (Jun-Aug)

	Number	Power	Use		Energy
			W	Hour/day	
Lamps (LED)	5	8W/lamp	6.0	240	
TV (32")	2	12W/app	6.0	144	
Laptop	1	65W/app	5.0	325	
Fridge / Deep-freeze	1		24	701	
εργαλεία κήπου	1		1	800	
Φορτιστές/Ανεμιστήρες	4	18W tot	4.0	288	
Αναδευτήρας καφέ	1	100W tot	0.5	50	
Stand-by consumers			24.0	24	
Total daily energy					2572Wh/day

Autumn (Sep-Nov)

	Number	Power	Use		Energy
			W	Hour/day	
Lamps (LED)	5	8W/lamp	6.0	240	
TV (32")	1	12W/app	6.0	72	
Laptop	1	65W/app	3.0	195	
Fridge / Deep-freeze	1		24	701	
Φορτιστές	1	18W tot	2.0	36	
Stand-by consumers			24.0	24	
Total daily energy					1268Wh/day

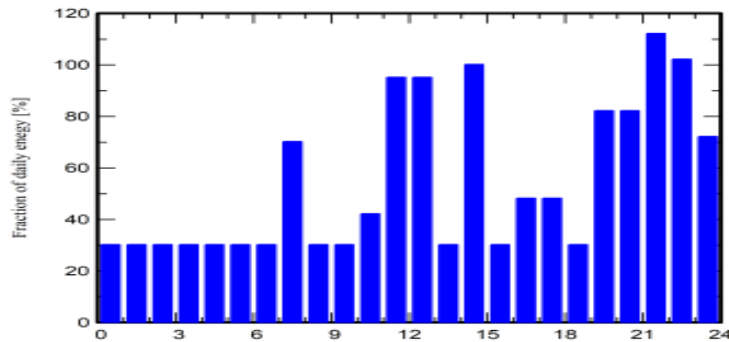
Winter (Dec-Feb)

	Number	Power	Use		Energy
			W	Hour/day	
Lamps (LED)	5	8W/lamp	5.0	200	
TV (32")	1	12W/app	6.0	72	
Laptop	1	65W/app	2.0	130	
Fridge / Deep-freeze	1		24	701	
Φορτιστές	1	18W tot	2.0	36	
θερμαινόμενο υπόστρωμα	1	60W tot	2.5	150	
Stand-by consumers			24.0	24	
Total daily energy					1313Wh/day

Spring (Mar-May)

	Number	Power	Use		Energy
			W	Hour/day	
Lamps (LED)	5	8W/lamp	6.0	240	
TV (32")	2	12W/app	6.0	144	
Laptop	1	65W/app	5.0	325	
Fridge / Deep-freeze	1		24	701	
Εργαλεία κήπου	1		1	400	
Φορτιστές	2	18W tot	3.0	108	
Stand-by consumers			24.0	24	
Total daily energy					1942Wh/day

Hourly distribution



Main results

System Production

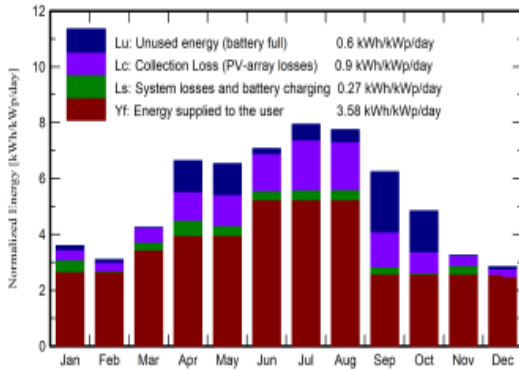
Available Energy 771.2 kWh/year
 Used Energy 639.5 kWh/year
 Excess (unused) 107.9 kWh/year
Loss of Load
 Time Fraction 1.5 %
 Missing Energy 9.2 kWh/year

Specific production 1574 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR 66.85 %
 Solar Fraction SF 98.58 %

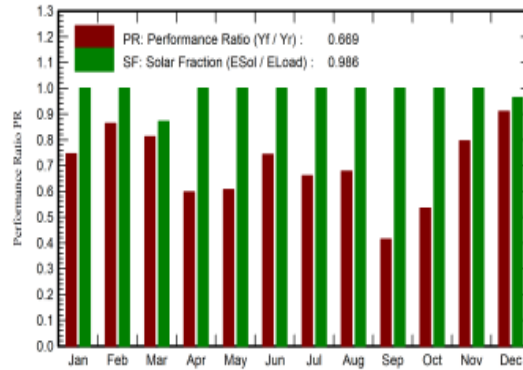
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 97.1 %
 Static SOW 93.3 %
 Battery lifetime 15.0 years

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR

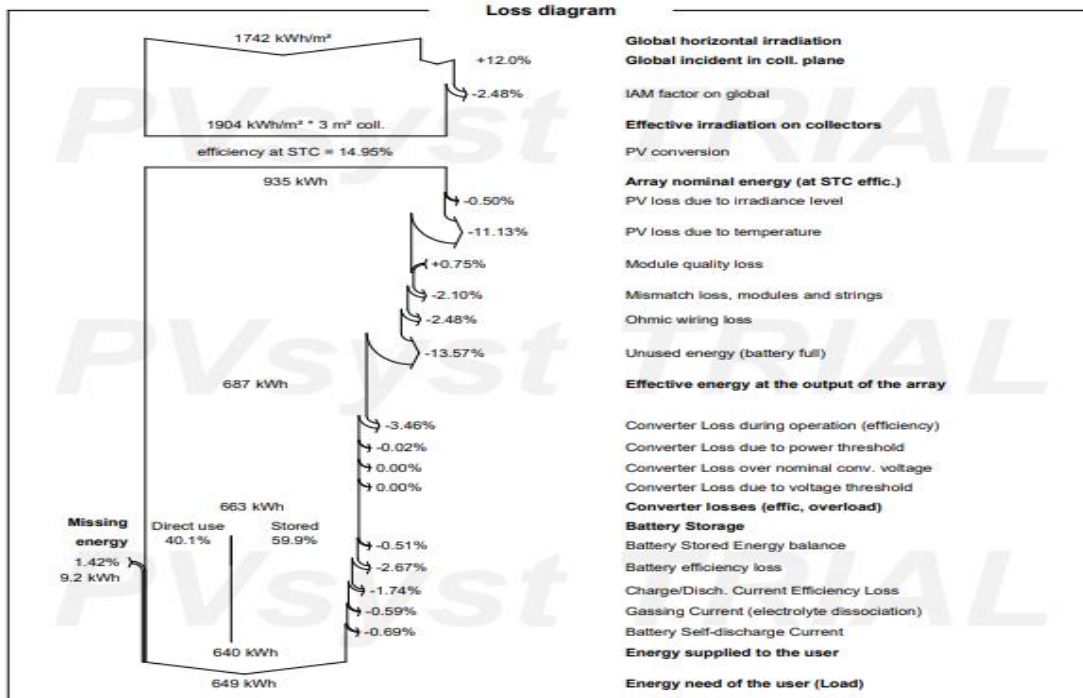


Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	71.4	108.6	47.47	2.07	0.000	40.70	40.70	1.000
February	67.0	84.7	36.75	1.29	0.000	36.76	36.76	1.000
March	111.2	128.5	54.37	0.00	7.750	52.45	60.20	0.871
April	183.9	194.3	80.26	16.08	0.000	58.25	58.25	1.000
May	205.9	197.0	80.24	16.78	0.000	60.20	60.20	1.000
June	224.6	206.2	81.44	2.25	0.000	77.15	77.15	1.000
July	255.6	239.9	90.73	8.37	0.000	79.73	79.73	1.000
August	227.6	234.3	88.95	6.34	0.000	79.73	79.73	1.000
September	158.7	183.1	72.03	31.60	0.000	38.03	38.03	1.000
October	113.9	146.6	60.62	22.07	0.000	39.30	39.30	1.000
November	66.7	95.1	41.01	0.00	0.000	38.03	38.03	1.000
December	55.9	85.6	37.36	1.01	1.476	39.22	40.70	0.964
Year	1742.4	1904.0	771.23	107.87	9.226	639.55	648.77	0.986

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 E_Avail Available Solar Energy
 EUnused Unused energy (battery full)
 E_Miss Missing energy
 E_User Energy supplied to the user
 E_Load Energy need of the user (Load)
 SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)



2^ο Παράδειγμα: Αυτόνομο φ/β για μόνιμη κατοικία στο Παλιό Φάληρο (Ν. Αττικής)

Ενδεικτικές καταναλώσεις για χειμώνα

ΦΟΡΤΙΟ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΦΟΡΤΙΑ (W)	ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hours/day)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Wh/day)
ΨΥΓΕΙΟΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	100	1	ΝΑΙ	7	700
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED	7	8	ΝΑΙ	6	336
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ (43'')	16	3	ΝΑΙ	5	240
ΛΑΡΤΟΡ	70	1	ΝΑΙ	4	280
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ ΡΟΥΧΩΝ- ΠΙΑΤΩΝ	2000	1	ΟΧΙ	0.5	1000
ΔΙΑΦΟΡΑ	1200	1	ΝΑΙ	1.5	1200
ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	65	2	ΝΑΙ	3	390
ΣΥΝΟΛΑ	3604		1604		4146

Ενδεικτικές καταναλώσεις για καλοκαίρι

ΦΟΡΤΙΟ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΦΟΡΤΙΑ (W)	ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hours/day)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Wh/day)
ΨΥΓΕΙΟΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	100	1	ΝΑΙ	7	700
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED	7	8	ΝΑΙ	7	392
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ (43'')	16	3	ΝΑΙ	6	288
ΛΑΡΤΟΡ	70	1	ΝΑΙ	4.5	315
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ ΡΟΥΧΩΝ- ΠΙΑΤΩΝ	2000	1	ΟΧΙ	1	2000
ΔΙΑΦΟΡΑ	1200	1	ΟΧΙ	3	3600
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ 9000 btu	1000	2	ΝΑΙ	3	6000
ΣΥΝΟΛΑ	5374		2274		13295

Έστω ότι θέλω 2 μέρες αυτονομίας (N=2)

Υπολογισμός ισχύς φ/β:

$$P = \frac{E_{day} * P_{stc} * m}{E_{he} * L_{pv} * L_{tr}} * \frac{31}{31 - N}$$

$$P = \frac{4146 * 1 * 1.2}{3 * 0.8 * 0.9} * \frac{31}{31 - 2} = 2462.18 \text{ Wp} = 2.46 \text{ kWp}$$

Λόγω της ισχύς του φωτοβολταϊκού μέσω των πινάκων (σελ 67) επιλέγω τάση συστοιχίας συσσωρευτών και συνεπώς της εγκατάστασης τα 24 V και το 0.4 για βάθος εκφόρτισης.

Αν επιλέξω πλαίσια των 265 Wp συμπεραίνουμε πως θα χρειαστούν 9.3 (περίπου 10) φωτοβολταϊκά πλαίσια (2.46 kW/265 Wp), τα οποία θα τοποθετηθούν σε δύο σειρές (strings) των πέντε πάνελ η κάθε μία (δηλαδή κάθε πεντάδα σε σειρά και οι δύο σειρές παράλληλα) με Νότιο προσανατολισμό και κλίση 30^ο

Προτείνεται ο κωδικός 60M style της εταιρείας Solarwatt

Υπολογισμός αντιστροφέα:

Από τη στήλη της ταυτόχρονης λειτουργίας των φορτίων του καλοκαιριού θα προκύψει ο αντιστροφέας που θα χρησιμοποιήσουμε.

Στην περίπτωση μας οι συσκευές θα μπορούσαν να καλυφθούν με έναν αντιστροφέα των 3kVA, παρ' όλα αυτά προτείνεται η επιλογή ενός αντιστροφέα που να είναι 5 kVA για μεγαλύτερη ασφάλεια, ενώ θα μπορούσε να επιλεγεί και αντιστροφέας των 8 kVA για να καλύψει το χρήστη σε πιθανή μελλοντική επέκταση του συστήματός του.

Προτείνεται η χρησιμοποίηση του Victron Multiplus 5 kVA

Υπολογισμός ρυθμιστή φόρτισης:

Έχουμε 10 πάνελ των 265 Watt άρα συνολική ισχύ που αγγίζει τα 2650 Watt και τάση συστήματος τα 24 V

Το ρεύμα λοιπόν που θα διαχειρίζεται ο ρυθμιστής φόρτισης είναι:
 $2650 \div 24 = 110 \text{ A}$

Για λόγους ασφαλείας εφαρμόζεται στην εγκατάσταση μια ασφάλεια 1.25 A συνεπώς προκύπτει ότι το ρεύμα που μπορεί να χειριστεί ο ελεγκτής φόρτισης είναι:

$128 \div 1.25 = 88.3 \text{ A}$ και σε συνδυασμό με την τάση του συστήματος που είναι 24 V προτείνεται ο Victron SmartSolar MPPT 100A

Υπολογισμός συσσωρευτών:

Έπειτα υπολογίζεται η χωρητικότητα C της συστοιχίας των συσσωρευτών

$$C = \frac{(N + p) * m * E_{day} * 10^3}{L_o * L_{tr} * D_{dis} * V}$$

$$C = \frac{(2 + 0.6) * 1.2 * 4.146 * 10^3}{0.8 * 0.9 * 0.4 * 24} = 1871.46 \text{ Ah}$$

Επειδή το σύστημα είναι απαιτητικό καθώς χρησιμοποιείται όλη τη διάρκεια του χρόνου (μόνιμη κατοικία), είναι καλύτερο να επιλέξουμε μπαταρίες των 2V OpzS ή OpzV (με πολλούς κύκλους φορτίσεων-εκφορτίσεων για 50% βάθος εκφόρτισης). Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε 24 μπαταρίες OpzS των 2V, 992 Ah (C10) και θα συνδέσουμε 2 string παράλληλα, όπου το καθένα θα αποτελείται από 12 μπαταρίες συνδεδεμένες σε σειρά.

Παρόλο που οι μπαταρίες τύπου OpzV δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν σε χώρο που αερίζεται, δεν απαιτούν κάποια συντήρηση ή συμπλήρωση υγρών και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, δεν προτιμήθηκαν στο συγκεκριμένο παράδειγμα λόγω του μεγαλύτερου κόστους αγοράς.

Από τη μέγιστη ισχύ που θα μπορεί να τραβήξει ο αντιστροφέας σε συνδυασμό με την τάση των μπαταριών, επιλέγεται η ασφάλεια των μπαταριών αλλά και τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν.

Τελική λύση:

A/A	Υλικά	Τύπος	Τεμάχια
1	Φωτοβολταϊκά Πλαίσια	Solarwatt 60M style	10
2	Αντιστροφέας	Victron Multiplus 5 kVA	1
3	Ρυθμιστής Φόρτισης	Victron Smartsolar MPPT 100A	1
4	Μπαταρίες + Βάσεις	OpzS 2V,992 Ah C10	24

5	Βάσεις πάνελ	Αλουμίνιο	10
6	Καλώδια-Ραγοϋλικό	NOARK-Διακόπτες-Ασφάλειες AC/DC/Batteries- Ρελέ OFLEX	

Πρώτο τρέξιμο του προγράμματος

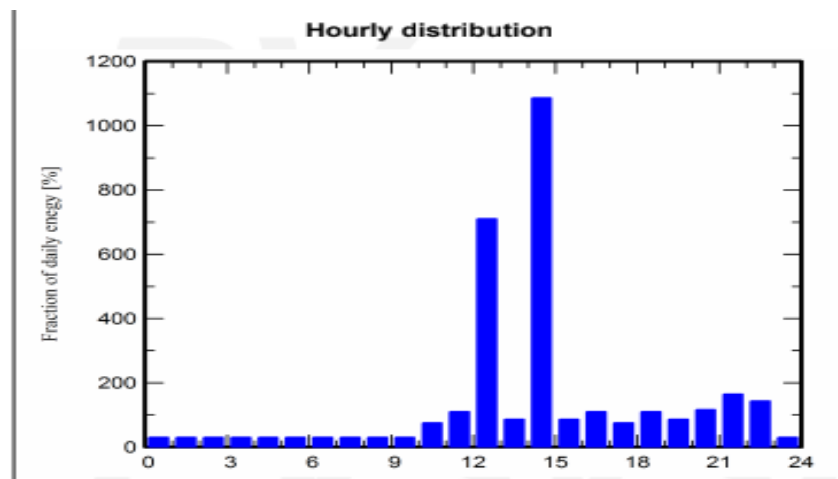
Οι καταναλώσεις μοιράστηκαν ως εξής (PV ->265Wp , Bat->992Ah):

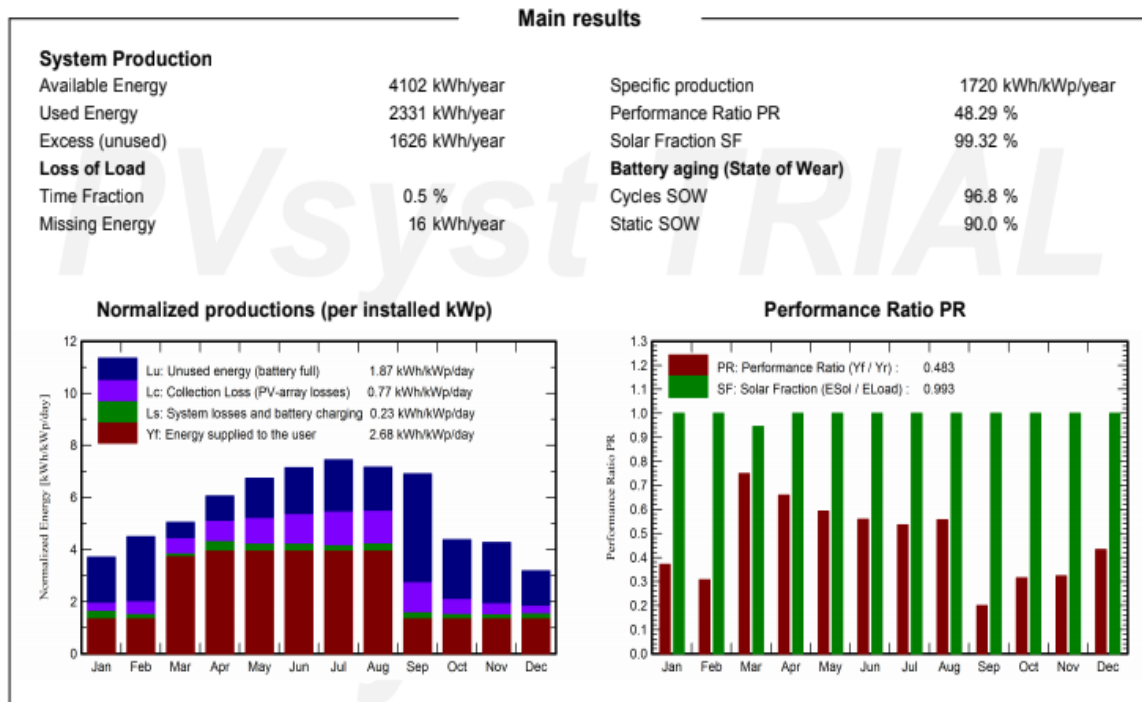
Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 6.4 kWh/day

Summer (Jun-Aug)					Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392	Lamps (LED)	6	7W/lamp	6.0	252
TV (43")	3	16W/app	6.0	288	TV (43")	3	16W/app	5.0	240
Κλιματιστικό (A/C)	2	1000W/app	2.0	4000	Θερμαινόμενο υπόστρωμα	2	65W/app	1.5	195
Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000	Dish- and Cloth-washer	1		1	1000
Laptop	1	70W tot	4.5	315	Laptop	1	70W tot	4.0	280
Διάφορα	1	1200W tot	1.5	1800	Διάφορα	1	1200W tot	0.5	600
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				9519Wh/day	Total daily energy				3291Wh/day

Winter (Dec-Feb)					Spring (Mar-May)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	6	7W/lamp	6.0	252	Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV (43")	3	16W/app	5.0	240	TV (43")	3	16W/app	6.0	288
Θερμαινόμενο υπόστρωμα	2	65W/app	1.5	195	Κλιματιστικό (A/C)	2	1000W/app	2.0	4000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	1000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Laptop	1	70W tot	4.0	280	Laptop	1	70W tot	4.5	315
Διάφορα	1	1200W tot	0.5	600	Διάφορα	1	1200W tot	1.5	1800
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				3291Wh/day	Total daily energy				9519Wh/day

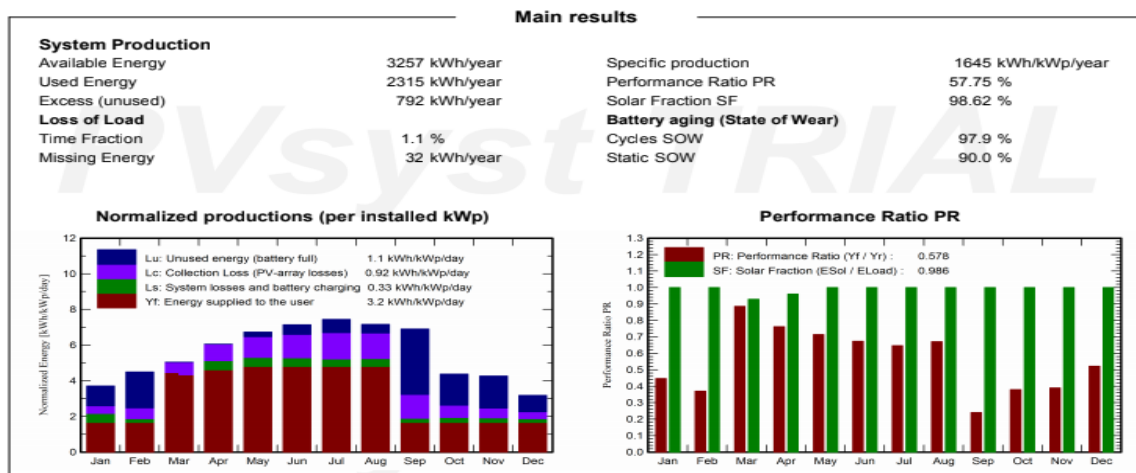




Παρατηρούμε μέσω των διαγραμμάτων που προέκυψαν πως έχουμε δυνατότητα να αυξήσουμε πολύ τις καταναλώσεις μας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με σκοπό να αυξηθεί και η απόδοση του συστήματός μας. Μια άλλη λύση σε περίπτωση που θέλουμε να διατηρήσουμε τις τιμές των καταναλώσεων στα ίδια επίπεδα είναι να επιλέξουμε άλλα υλικά που θα είναι πιο κατάλληλα για το συγκεκριμένο σύστημα. Αυτή είναι και η λύση που επιλέξαμε για τη συνέχεια των προσομοιώσεων. Επιπλέον, θα μοιραστεί καλύτερα και η λειτουργία των συσκευών κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Δεύτερο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->220Wp , Bat->665Ah)

Όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί με την επιλογή πάνελ με λιγότερα Wp και μπαταρίας με λιγότερα Ah αυξήθηκε αρκετά η απόδοση του συστήματος (PR), χωρίς να πραγματοποιηθεί άλλη αλλαγή προς το παρόν. Το γεγονός όμως ότι χρησιμοποιήθηκε μικρότερη μπαταρία είχε ως αποτέλεσμα να διπλασιαστεί η missing energy.



Τρίτο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->265Wp , Bat->992Ah)

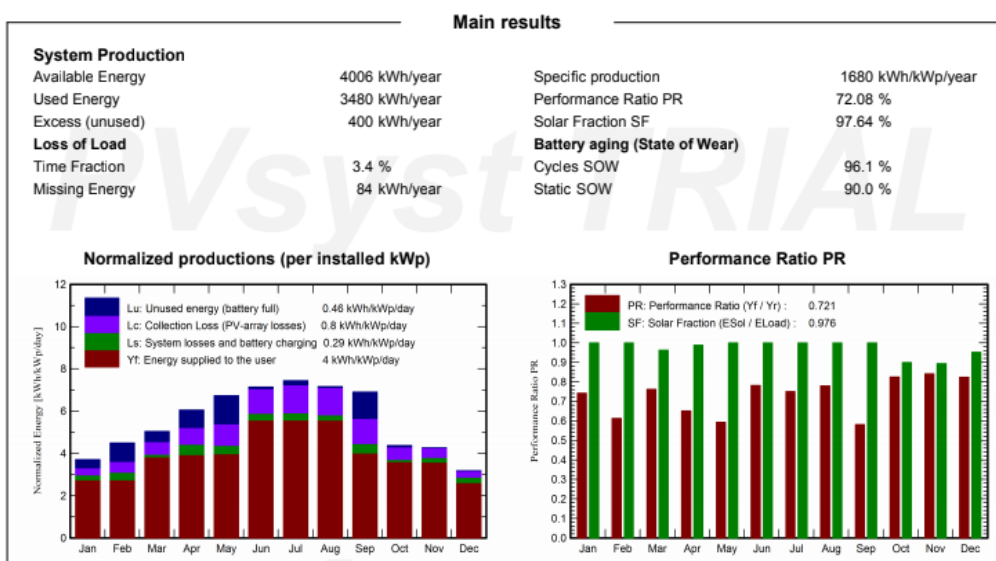
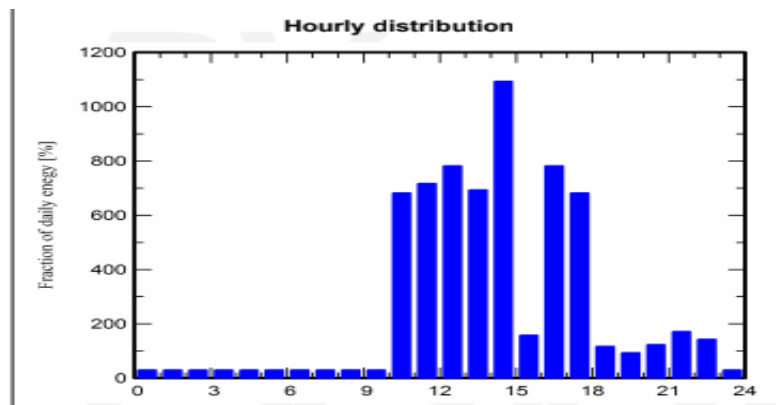
Εδώ εφαρμόζουμε την άλλη λύση που αναφέρθηκε στο πρώτο βήμα, αυτή της διατήρησης των υλικών και αύξησης των καταναλώσεων της οικίας.

Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 9.8 kWh/day

Summer (Jun-Aug)					Autumn (Sep-Nov)									
	Number	Power	Use		Energy		Number	Power	Use		Energy			
		W	Hour/day	Wh/day				W	Hour/day	Wh/day				
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392	Lamps (LED)	8	7W/lamp	6.0	336	Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV (43")	3	16W/app	6.0	288	TV (43")	3	16W/app	5.0	240	TV (43")	3	16W/app	6.0	288
Κλιματιστικό (A/C)	2	1000W/app	3.0	6000	Κλιματιστικό (A/C)	2	1000W/app	1.5	3000	Κλιματιστικό (A/C)	2	1000W/app	2.0	4000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Laptop	1	70W tot	4.5	315	Laptop / θερμανώμενο υποστρώμα	1	70W tot	4.0	280	Laptop	1	70W tot	4.5	315
Διάφορα	1	1200W tot	3.0	3600	Διάφορα	1	1200W tot	2.5	3000	Διάφορα	1	1200W tot	1.5	1800
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				13319Wh/day	Total daily energy				9580Wh/day	Total daily energy				9519Wh/day

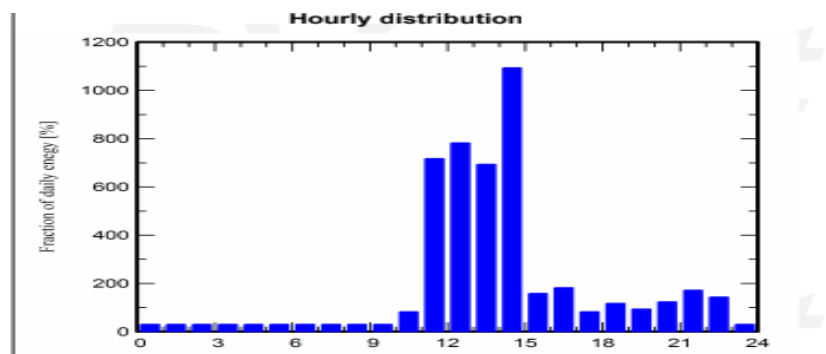
Winter (Dec-Feb)					Spring (Mar-May)									
	Number	Power	Use		Energy		Number	Power	Use		Energy			
		W	Hour/day	Wh/day				W	Hour/day	Wh/day				
Lamps (LED)	8	7W/lamp	6.0	336	Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392	Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV (43")	3	16W/app	5.0	240	TV (43")	3	16W/app	6.0	288	TV (43")	3	16W/app	6.0	288
Θερμανώμενο υποστρώμα	2	65W/app	3.0	390	Κλιματιστικό (A/C)	2	1000W/app	2.0	4000	Κλιματιστικό (A/C)	2	1000W/app	2.0	4000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	1000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Laptop	1	70W tot	4.0	280	Laptop	1	70W tot	4.5	315	Laptop	1	70W tot	4.5	315
Διάφορα	1	1200W tot	3.0	3600	Διάφορα	1	1200W tot	1.5	1800	Διάφορα	1	1200W tot	1.5	1800
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				6570Wh/day	Total daily energy				9519Wh/day	Total daily energy				9519Wh/day

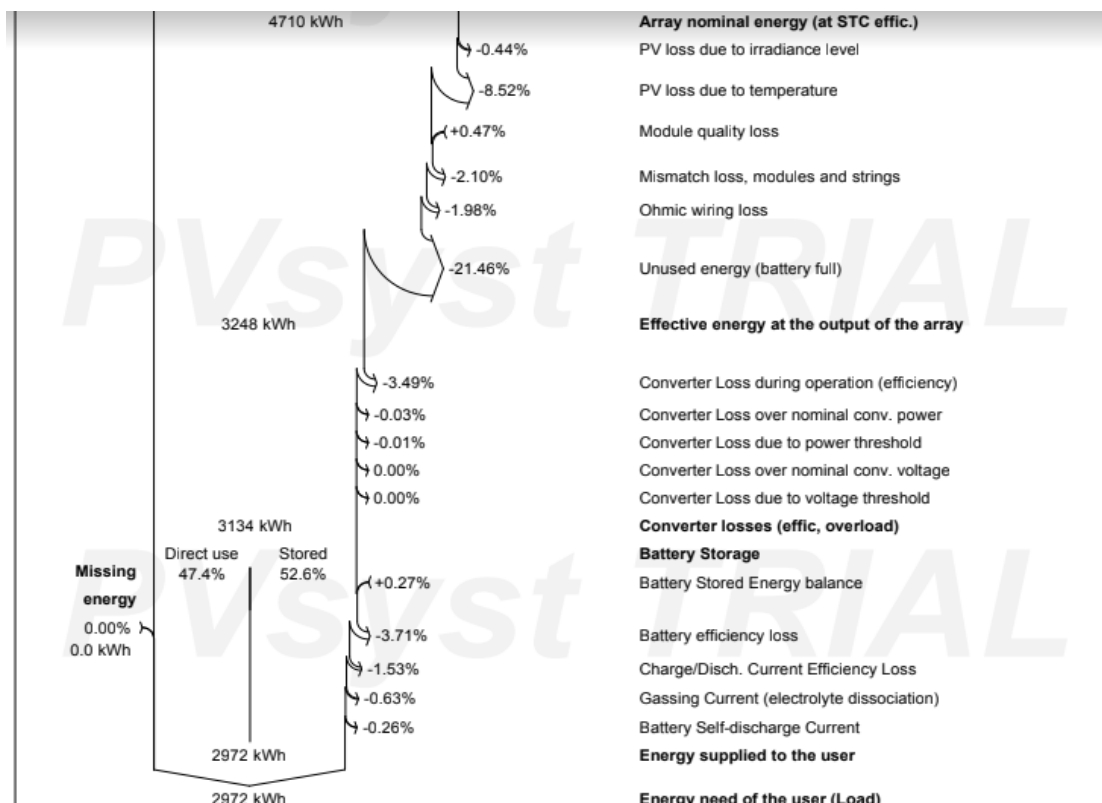
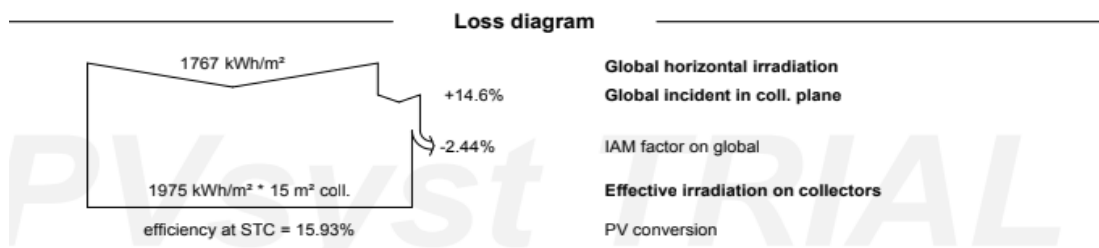
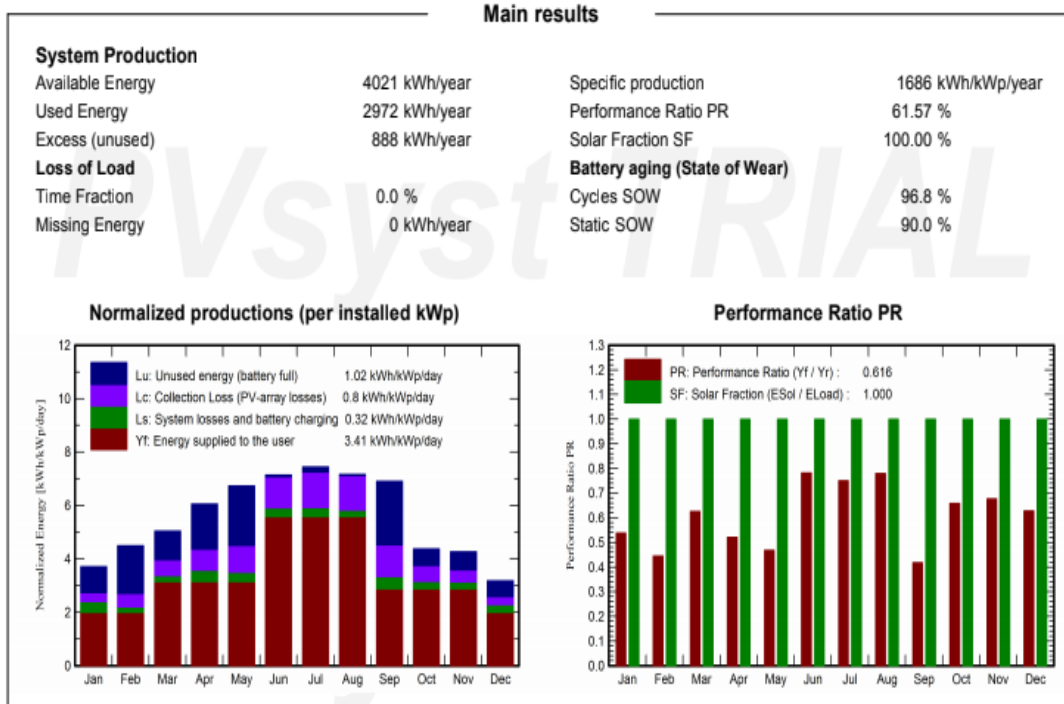


Τέταρτο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->265Wp , Bat->992Ah)

Στο τέταρτο τρέξιμο διατηρούμε τα υλικά του τρίτου τρεξίματος και αλλάζουμε λίγο τα φορτία στους μήνες (Οκτώβρης, Νοέμβρης, Δεκέμβρης, Μάρτιος, Απρίλιος) που υπήρχε Emiss με σκοπό να την μηδενίσουμε. Για να επιτευχθεί βέβαια αυτό θα πρέπει να υπάρξει πτώση στο PR και αύξηση στο SF

Detailed User's needs					Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 8.1 kWh/day				
Summer (Jun-Aug)					Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power W	Use Hour/day	Energy Wh/day		Number	Power W	Use Hour/day	Energy Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392	Lamps (LED)	8	7W/lamp	6.0	336
TV (43")	3	16W/app	6.0	288	TV (43")	3	16W/app	5.0	240
Κλιματιστικό (A/C)	2	1000W/app	3.0	6000	A/C	1	1000W/app	1.5	1500
Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Laptop	1	70W tot	4.5	315	Laptop/ θερμανώμενο υποστρώμα	1	70W tot	4.0	280
Διάφορα	1	1200W tot	3.0	3600	Διάφορα	1	1200W tot	1.5	1800
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				13319Wh/day	Total daily energy				6880Wh/day
Winter (Dec-Feb)					Spring (Mar-May)				
	Number	Power W	Use Hour/day	Energy Wh/day		Number	Power W	Use Hour/day	Energy Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	6.0	336	Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV (43")	3	16W/app	5.0	240	TV (43")	3	16W/app	6.0	288
Θερμανώμενο υποστρώμα	2	65W/app	3.0	390	Κλιματιστικό (A/C)	2	1000W/app	1.0	2000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	1000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Laptop	1	70W tot	4.0	280	Laptop	1	70W tot	4.5	315
Διάφορα	1	1200W tot	1.5	1800	Διάφορα	1	1200W tot	1.5	1800
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				4770Wh/day	Total daily energy				7519Wh/day





Στη συνέχεια θα κάνουμε μια μικρή παραλλαγή του συστήματος που προηγήθηκε. Στην ουσία στις καταναλώσεις θα προστεθούν δύο ενεργοβόρες συσκευές. Αυτές είναι μία ηλεκτρική κουζίνα των 3.5kW

και ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας των 4kW. Παρ' όλο που προτιμάμε να μην τροφοδοτούμε ωμικά φορτία μέσω φωτοβολταϊκών πάνελ, θα δούμε μέσω της προσομοίωσης που θα ακολουθήσει την επίδρασή τους σε ένα σύστημα. Γενικά, για την καλύτερη απόδοση ενός συστήματος είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται κουζίνα υγραερίου και ηλιακός θερμοσίφωνας για την κάλυψη των συγκεκριμένων αναγκών.

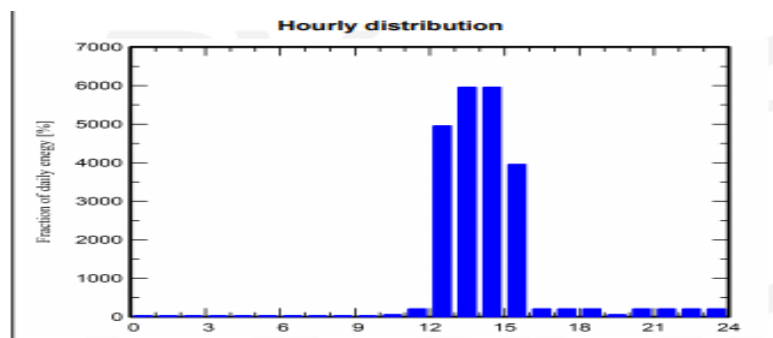
Πέμπτο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->440Wp , Bat->992Ah)

Κατανομή καταναλώσεων: έχει γίνει επιλογή ώστε ο θερμοσίφωνας μαζί με την κουζίνα και το A/C να λειτουργούν από τις 12-3 μ.μ.

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 24.1 kWh/day

Summer (Jun-Aug)					Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392	Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800	TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800
A/C	2	1000W/app	3.0	6000	A/C	1	1000W/app	3.0	3000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000	Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000
Θερμοσίφωνας	1	4000W tot	2.0	8000	Θερμοσίφωνας	1	4000W tot	2.0	8000
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				24416Wh/day	Total daily energy				22916Wh/day

Winter (Dec-Feb)					Spring (Mar-May)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392	Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800	TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800
A/C	1	1000W/app	3.0	3000	A/C	2	1000W/app	3.0	6000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000	Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000
Θερμοσίφωνας	1	4000W tot	2.0	8000	Θερμοσίφωνας	1	4000W tot	2.0	8000
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				22916Wh/day	Total daily energy				25916Wh/day



Φαίνεται ξεκάθαρα στο παραπάνω διάγραμμα πως οι τρεις ενεργοβόρες συσκευές μας έχουν επισκιάσει ουσιαστικά όλες τις υπόλοιπες και τις ώρες λειτουργίας τους. Αυτό συμβαίνει λόγω της μεγάλης τους ισχύς.

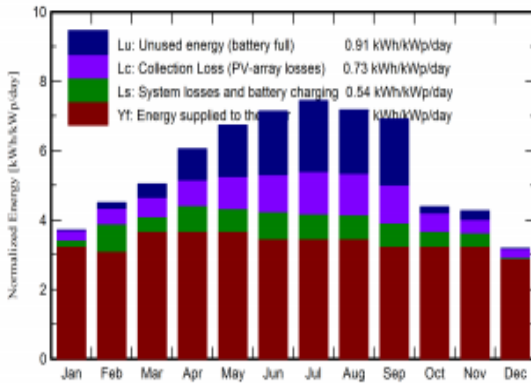
Main results

System Production

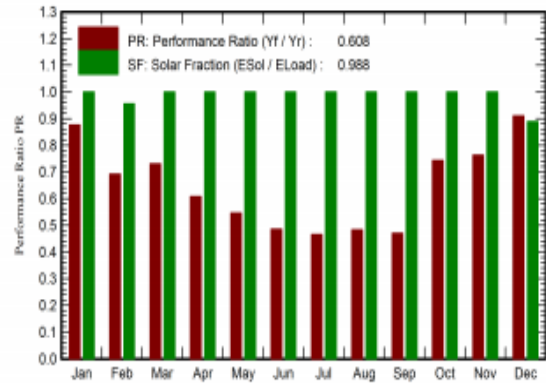
Available Energy	12132 kWh/year
Used Energy	8671 kWh/year
Excess (unused)	2334 kWh/year
Loss of Load	
Time Fraction	1.6 %
Missing Energy	107 kWh/year

Specific production	1723 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR	60.85 %
Solar Fraction SF	98.78 %
Battery aging (State of Wear)	
Cycles SOW	97.9 %
Static SOW	90.0 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Βλέπουμε ότι υπάρχει αχρησιμοποίητη ενέργεια την άνοιξη και το καλοκαίρι, συνεπώς έχουμε περιθώριο να αυξήσουμε τις ώρες λειτουργίας των συσκευών μας ή να προσθέσουμε περισσότερα φορτία, ενώ και ο χειμώνας χρειάζεται μια μικρή μείωση.

Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 26.3 kWh/day

Summer (Jun-Aug)

	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800
A/C	2	1000W/app	6.0	12000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000
διάφορα	2	1500W tot	3.0	9000
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				34916Wh/day

Autumn (Sep-Nov)

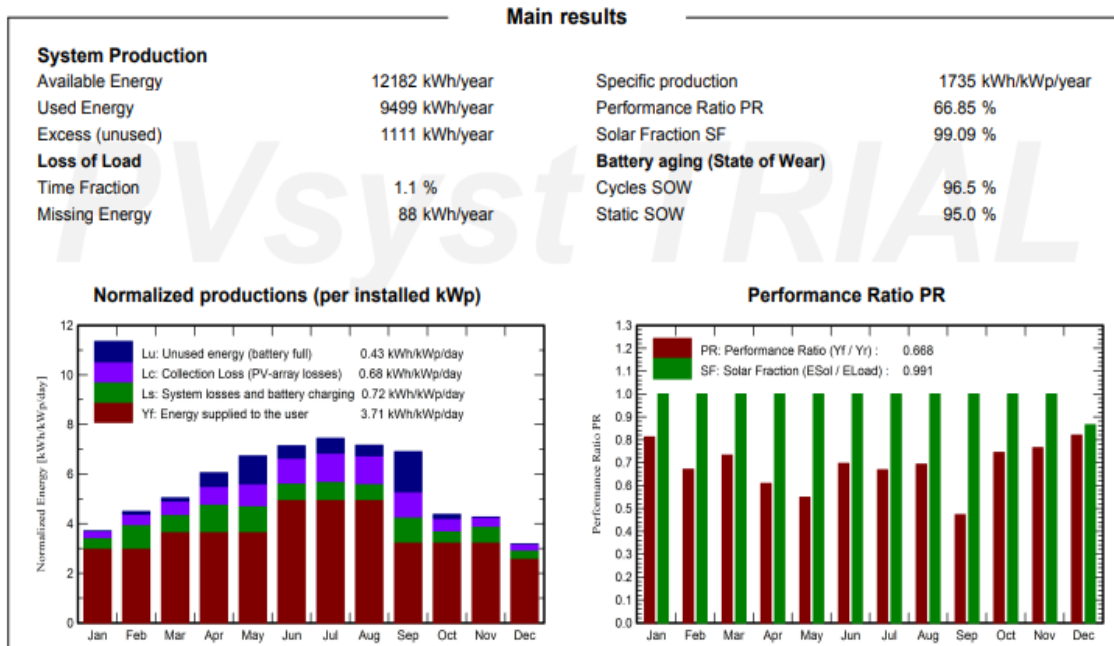
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800
A/C	1	1000W/app	3.0	3000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000
Θερμοσίφωνας	1	4000W tot	2.0	8000
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				22916Wh/day

Winter (Dec-Feb)

	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800
A/C	1	1000W/app	3.0	3000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	1.5	5250
Θερμοσίφωνας	1	4000W tot	2.0	8000
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				21166Wh/day

Spring (Mar-May)

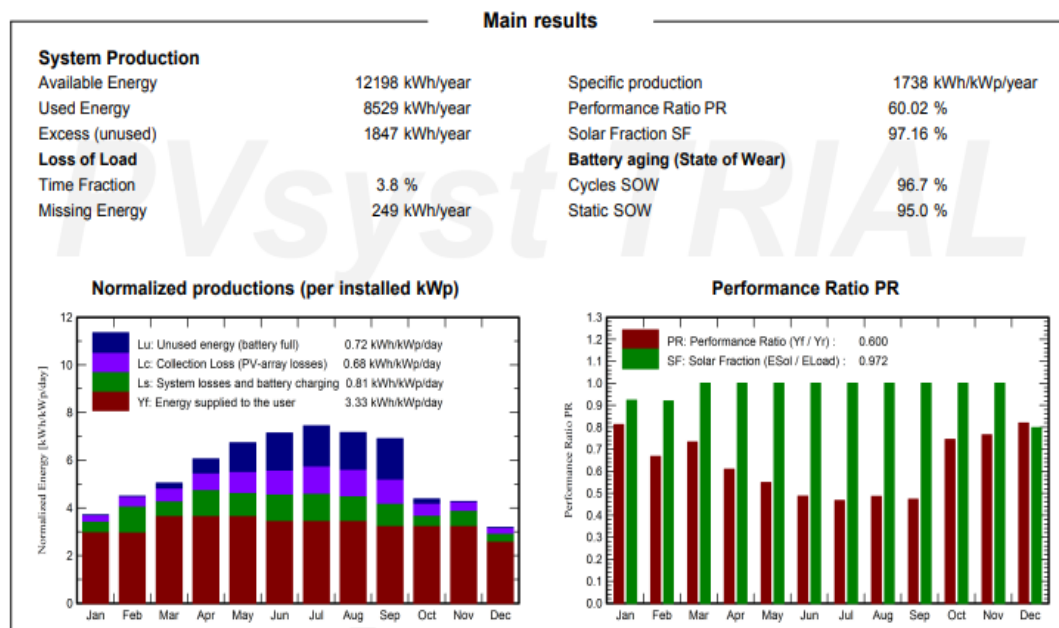
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800
A/C	2	1000W/app	3.0	6000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000
Θερμοσίφωνας	1	4000W tot	2.0	8000
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				25916Wh/day



Όπως είδαμε αυξήθηκαν το PR και το SF ενώ μειώθηκε και η missing energy.

Η δοκιμή του ίδιου συστήματος με μεγαλύτερη μπαταρία και μεγαλύτερο πάνελ

(PV ->585Wp , Bat->1090Ah) έχει ως αποτέλεσμα να πέσουν τα PR και SF, να μεγαλώσει η E_miss και να αυξηθεί το SOWstatic



Έκτο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->585Wp , Bat->858Ah)

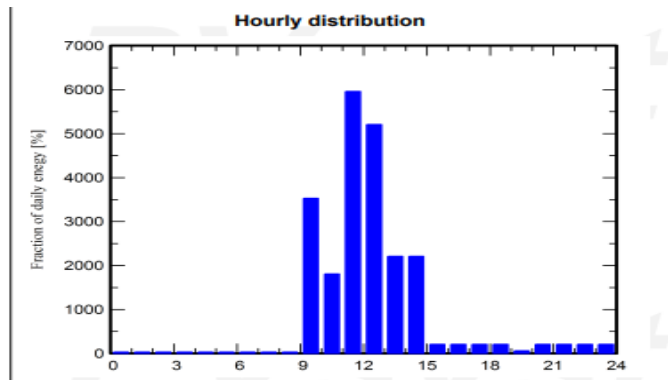
Η κουζίνα λειτουργεί 9-11 π.μ. , ο θερμοσίφωνας 11-13 μ.μ. , και το A/C σταθερά 12-3 μ.μ.

Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 26.7 kWh/day

Summer (Jun-Aug)					Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power		Energy		Number	Power		Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392	Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800	TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800
A/C	2	1000W/app	6.0	12000	A/C	1	1000W/app	3.0	3000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000	Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000
Θέρμανση	2	1500W tot	3.0	9000	Θερμοσίφωνας	1	4000W tot	2.0	8000
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				34916Wh/day	Total daily energy				22916Wh/day

Winter (Dec-Feb)					Spring (Mar-May)				
	Number	Power		Energy		Number	Power		Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392	Lamps (LED)	8	7W/lamp	7.0	392
TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800	TV/laptop	3	100W/app	6.0	1800
A/C	1	1000W/app	3.0	3000	A/C	2	1000W/app	3.0	6000
Fridge / Deep-freeze	1		24	700	Fridge / Deep-freeze	1		24	700
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000	Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000	Ηλεκτρική κουζίνα	1	3500W tot	2.0	7000
Θερμοσίφωνας	1	4000W tot	2.0	8000	Θερμοσίφωνας	1	4000W tot	2.0	8000
Stand-by consumers			24.0	24	Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				22916Wh/day	Total daily energy				25916Wh/day



Main results

System Production

Available Energy	12181 kWh/year	Specific production	1735 kWh/kWp/year
Used Energy	9661 kWh/year	Performance Ratio PR	67.99 %
Excess (unused)	965 kWh/year	Solar Fraction SF	99.15 %

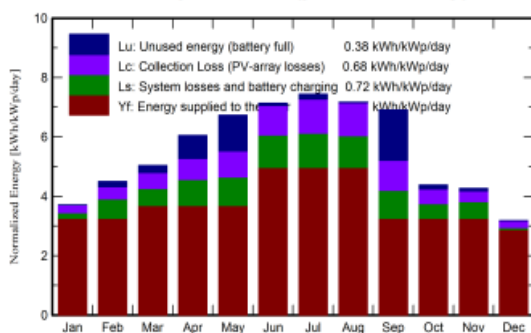
Loss of Load

Time Fraction	0.9 %
Missing Energy	83 kWh/year

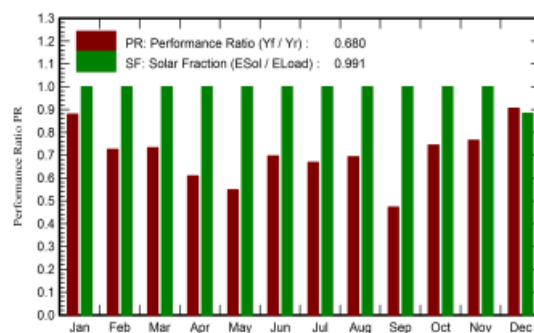
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW	96.8 %
Static SOW	95.0 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Σε περίπτωση που μειωθεί η χρήση της ηλεκτρικής κουζίνας κατά μισή ώρα το χειμώνα (1.5 h) θα μειωθεί περίπου στο μισό η missing energy και το αποτέλεσμα θα είναι:

Main results

System Production

Available Energy	12192 kWh/year
Used Energy	9544 kWh/year
Excess (unused)	1375 kWh/year

Specific production	1737 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR	67.16 %
Solar Fraction SF	99.56 %

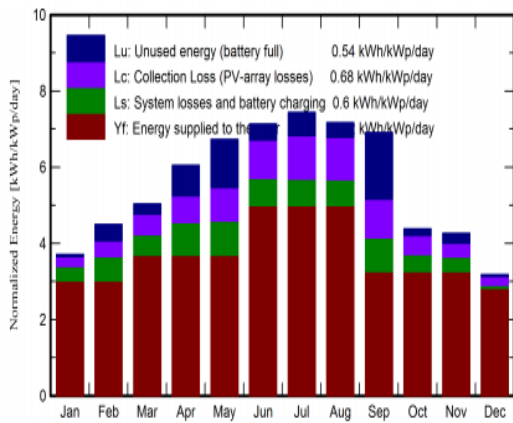
Loss of Load

Time Fraction	0.5 %
Missing Energy	43 kWh/year

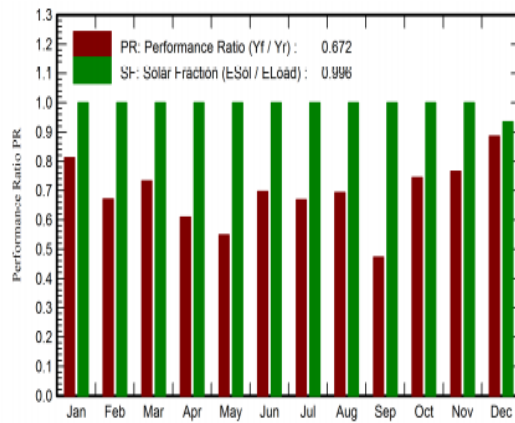
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW	95.9 %
Static SOW	95.0 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Συγκεντρωτικός πίνακας στοιχείων αναφορών

A/A	Pv Wp	Τεμ ά- χια (stri ngs x serie s)	Bat Ah	Τεμάχ ια (parall el x series)	Glob Hor kWh/m ²	Glob Eff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnus ed kWh	E_Mis s kWh	E_Use r kWh	E_Lo ad kWh	PR ratio %	SF ratio %
Υπολ. στο χέρι	265	10 (2x5)	992 (2V)	24 (2x12)									
Πρώτο τρέξιμο	265	9 (3x3)	992 (2V)	12 (1x12)	1767.1	1974.8	4102.3	1626.5	16.02	2331.1	2347	48.3	99.3
Δεύτερο τρέξιμο	220	9 (9x1)	665 (2V)	24 (2x12)	1767.1	1974.8	3257.4	792	32.37	2314.8	2347	57.8	98.6
Τρίτο τρέξιμο	265	9 (3x3)	992 (2V)	12 (1x12)	1767.1	1974.8	4006.5	399.5	84.3	3479.9	3564	72.1	97.6
Τέταρτο τρέξιμο	265	9 (3x3)	992 (2V)	12 (1x12)	1767.1	1974.8	4021.4	887.6	0	2972.5	2972	61.6	100
Πέμπτο τρέξιμο	440	16 (4x4)	992 (2V)	48 (2x24)	1767.1	1984.2	12132	2333.6	106.9	8671.4	8778	60.8	97.9
	585	12 (3x4)	1090 (2V)	48 (2x24)	1767.1	1984.2	12182	1110.8	87.7	9499	9587	68.9	99.1
	585	12 (3x4)	858 (2V)	48 (2x24)	1767.1	1984.2	12198	1847.3	143	8529.3	8778	60.2	97.2
Έκτο τρέξιμο	585	12 (3x4)	858 (2V)	48 (2x24)	1767.1	1984.2	12181	965.1	82.9	9661	9744	68	99.1
	585	12 (3x4)	858 (2V)	48 (2x24)	1767.1	1984.2	12192	1374.9	42.6	9544	9587	67.2	99.6

3^ο Παράδειγμα: Αυτόνομο φ/β για μόνιμη κατοικία στην Ανατολή (Ν. Αττικής)

Γενικά, είναι προτιμότερο να μην τροφοδοτούνται ο θερμοσίφωνα αλλά και η ηλεκτρική κουζίνα από τα φωτοβολταϊκά (προτιμάμε να μην τροφοδοτούνται ωμικά φορτία μέσω φωτοβολταϊκών), καθώς έτσι ομαλοποιείται η χρήση του συστήματός μας και αποφεύγονται ορισμένες peak τιμές κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αντ' αυτού προτείνεται στους χρήστες η χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα και κουζίνας υγραερίου για ένα βέλτιστο αποτέλεσμα.

Ενδεικτικές καταναλώσεις για χειμώνα

ΦΟΡΤΙΟ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΦΟΡΤΙΑ (W)	ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hours/day)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Wh/day)
ΨΥΓΕΙΟΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	200	1	NAI	8	1600
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED	8	10	NAI	8	640
TV/PC/MOBILE	200/app	4	NAI	4	3200
ΜΙΧΕΡ/ΣΕΣΟΥΑΡ	1000/app	2	NAI	0.5	1000
ΠΛΗΝΤΥΡΙΟ ΡΟΥΧΩΝ- ΠΙΑΤΩΝ	2000	1	NAI	1	2000
ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ	200	1	NAI	4	800
ΣΥΝΟΛΑ	5208		5208		9240

Ενδεικτικές καταναλώσεις για καλοκαίρι

ΦΟΡΤΙΟ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΦΟΡΤΙΑ (W)	ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hours/day)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Wh/day)
ΨΥΓΕΙΟΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	200	1	NAI	8	1600
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED	8	10	NAI	8	640
TV/PC/MOBILE	200/app	4	NAI	6	4800
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ	1000	3	NAI	3	9000
ΠΛΗΝΤΥΡΙΟ ΡΟΥΧΩΝ- ΠΙΑΤΩΝ	2000	1	NAI	2	4000
ΜΙΧΕΡ/ΣΕΣΟΥΑΡ	1000	2	NAI	0.5	1000
ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	600	2	NAI	1	1200
ΣΥΝΟΛΑ	5408		5408		22240

Έστω ότι θέλω 3 μέρες αυτονομίας (N=3)

Υπολογισμός ισχύς φ/β:

$$P = \frac{E_{day} * P_{stc} * m}{E_{he} * L_{pv} * L_{tr}} * \frac{31}{31 - N}$$

$$P = \frac{9240 * 1 * 1.2}{3 * 0.8 * 0.9} * \frac{31}{31 - 3} = 5683.3 \text{ Wp} = 5.7 \text{ kWp}$$

Λόγω της ισχύς του φωτοβολταϊκού, μέσω των πινάκων (σελ 67) επιλέγω τάση συστοιχίας συσσωρευτών και συνεπώς της εγκατάστασης τα 48 V και το 0.4 για βάθος εκφόρτισης.

Αν επιλέξω πλαίσια των 395 Wp συμπεραίνουμε πως θα χρειαστούν 15 φωτοβολταϊκά πλαίσια. Θα συνδεθούν τρία string παράλληλα μεταξύ τους και κάθε string θα αποτελείται από 5 πάνελ τα οποία θα είναι σε σειρά.

Προτείνεται ο κωδικός NU-JB395 της εταιρείας Sharp.

Υπολογισμός ρυθμιστή φόρτισης:

Έχουμε 15 πάνελ των 395 Watt άρα συνολική ισχύ που αγγίζει τα 5925 Watt και τάση συστήματος τα 48 V

Το ρεύμα λοιπόν που θα διαχειρίζεται ο ρυθμιστής φόρτισης είναι:
 $5925 \div 48 = 123.4 \text{ A}$

Για λόγους ασφαλείας εφαρμόζεται στην εγκατάσταση μια ασφάλεια 1.25 A συνεπώς προκύπτει ότι το ρεύμα που μπορεί να χειριστεί ο ελεγκτής φόρτισης είναι:
 $123.4 \div 1.25 = 98.7 \text{ A}$

Προτείνεται ο Victron Smart Solar MPPT 100A

Υπολογισμός συσσωρευτών:

Στη συνέχεια υπολογίζεται η χωρητικότητα C της συστοιχίας των συσσωρευτών

$$C = \frac{(N + p) * m * E_{day} * 10^3}{L_o * L_{tr} * D_{dis} * V}$$

$$C = \frac{(2 + 0.6) * 1.2 * 9.240 * 10^3}{0.8 * 0.9 * 0.4 * 48} = 2085.4 \text{ Ah}$$

Επειδή το σύστημα είναι απαιτητικό καθώς χρησιμοποιείται όλη τη διάρκεια του χρόνου (μόνιμη κατοικία), είναι καλύτερο να επιλέξουμε μπαταρίες των 2V OpzS ή OpzV (με πολλούς κύκλους φορτίσεων-εκφορτίσεων για 50% βάθος εκφόρτισης). Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα συνδέσουμε 24 μπαταρίες OpzS των 2V, 992 Ah (C100) σε σειρά για να πετύχουμε την τάση που θέλουμε και 2 παράλληλα για να καλύψουμε την χωρητικότητα.

Υπολογισμός αντιστροφέα:

Τέλος, μέσω της στήλης ταυτόχρονων φορτίων επιλέγουμε αντιστροφέα. Ένας αντιστροφέας των 8000 VA είναι απαραίτητος. Σε περίπτωση που ο χρήστης ενδιαφέρεται για μελλοντική επέκταση του συστήματός του προτείνεται η εγκατάσταση ενός inverter των 10000VA

Από τη μέγιστη ισχύ που θα μπορεί να τραβήξει ο αντιστροφέας σε συνδυασμό με την τάση των μπαταριών, επιλέγεται η ασφάλεια των μπαταριών αλλά και τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν.

Τελική λύση:

A/A	Υλικά	Τύπος	Τεμάχια
1	Φωτοβολταϊκά Πλαίσια	Sharp Si-mono 395W NU-JB395	15
2	Αντιστροφέας	Victron Multiplus 8kVA	1
3	Ρυθμιστής Φόρτισης	Victron Smart Solar MPPT 100A	1
4	Μπαταρίες + Βάσεις	Moll OpzS 2V, 992Ah (C100)	48
5	Βάσεις πάνελ	Αλουμίνιο	15
6	Καλώδια-Ραγοϋλικό	NOARK-Διακόπτες-Ασφάλειες AC/DC/Batteries- Ρελέ OFLEX	

Ακολουθεί μια σειρά από προσημειώσεις μέσω του rnsyst, μέχρι να καταλήξουμε σε αυτήν που τελικά μας καλύπτει.

Πρώτο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->260Wp , Bat->665Ah):

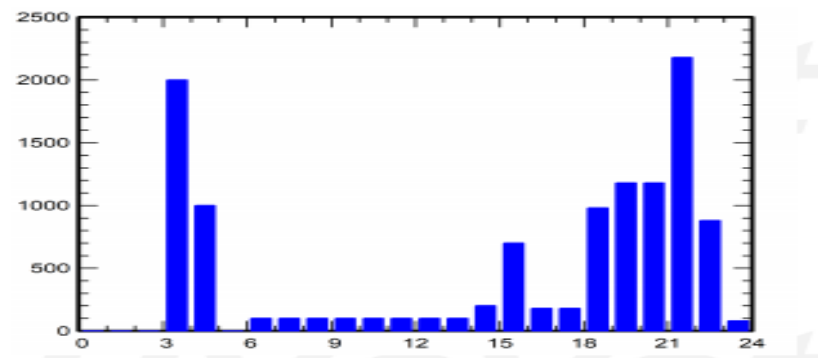
Οι καταναλώσεις κατανεμήθηκαν ως εξής:

Detailed User's needs				
Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 14.4 kWh/day				
Summer (Jun-Aug)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	6.0	4800
Domestic appliances (A/C)	3	1000W/app	3.0	9000
Fridge / Deep-freeze	1		8	1600
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000
mixer, σεσουάπ	2	1000W tot	0.5	1000
Total daily energy				21040Wh/day

Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	6.0	4800
Fridge / Deep-freeze	1		8	1600
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000
mixer, σεσουάπ	2	1000W tot	0.5	1000
καυστήρας	1	200W tot	3.0	600
Total daily energy				12640Wh/day

Winter (Dec-Feb)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	5.5	4400
Fridge / Deep-freeze	1		8	1600
Dish- and Cloth-washer	1		2	3000
mixer, σεσουάπ	2	1000W tot	0.5	1000
καυστήρας	1	200W tot	4.5	900
Total daily energy				11540Wh/day

Spring (Mar-May)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	6.0	4800
Fridge / Deep-freeze	1		8	1600
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000
mixer, σεσουάπ	2	1000W tot	0.5	1000
καυστήρας	1	200W tot	2.0	400
Total daily energy				12440Wh/day



Main results



Μέσω της πρώτης προσομοίωσης παρατηρούμε πως τα περισσότερα φορτία λειτουργούν μετά τις απογευματινές ώρες (μετά τις 18:00) πράγμα που σημαίνει ότι δεν γίνεται σωστή εκμετάλλευση της ακτινοβολίας του ήλιου τις πρωινές-μεσημεριανές ώρες. Αυτό πρέπει να αλλαχθεί διότι έτσι επιβαρύνονται οι μπαταρίες μας. Επιπλέον, από το διάγραμμα του PR μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης του PR και του SF, ενώ επίσης μπορεί να μειωθεί και η missing energy.

Δεύτερο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->260Wp , Bat->665Ah):

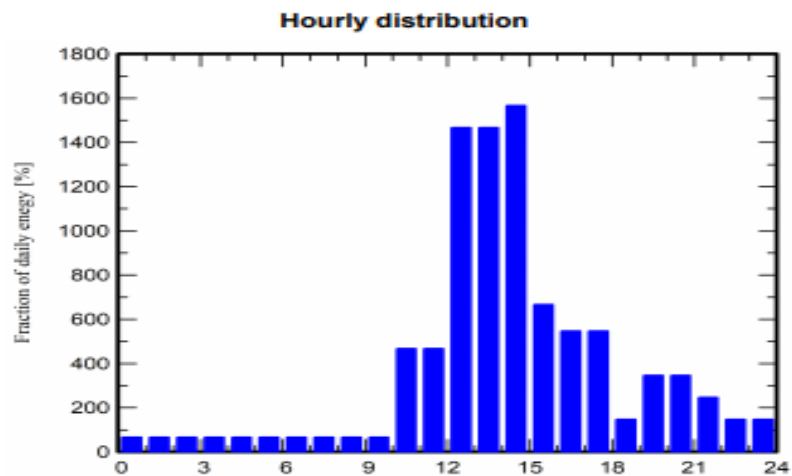
Εδώ υπήρξαν αλλαγές στα φορτία της κάθε εποχής αλλά και στην κατανομή τους κατά τη διάρκεια της ημέρας.

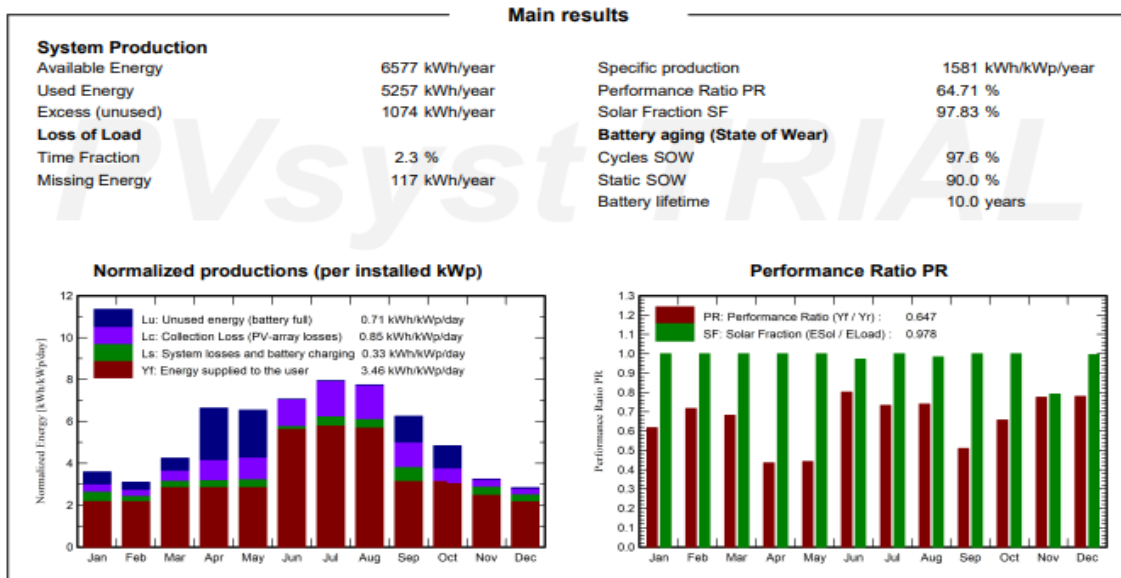
Detailed User's needs				
Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 14.7 kWh/day				
Summer (Jun-Aug)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	6.0	4800
Domestic appliances (A/C)	3	1000W/app	3.0	9000
Fridge / Deep-freeze	1		24	4800
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000
mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000
Total daily energy				24240Wh/day

Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	8.0	6400
Fridge / Deep-freeze	1		24	1600
Dish- and Cloth-washer	1		2	3000
mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000
καυστήρας	1	200W tot	3.0	600
Total daily energy				13240Wh/day

Winter (Dec-Feb)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	4.0	3200
Fridge / Deep-freeze	1		24	1600
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000
καυστήρας	1	200W tot	4.0	800
Total daily energy				9240Wh/day

Spring (Mar-May)				
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	6.0	4800
Fridge / Deep-freeze	1		24	1600
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000
mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000
Total daily energy				12040Wh/day

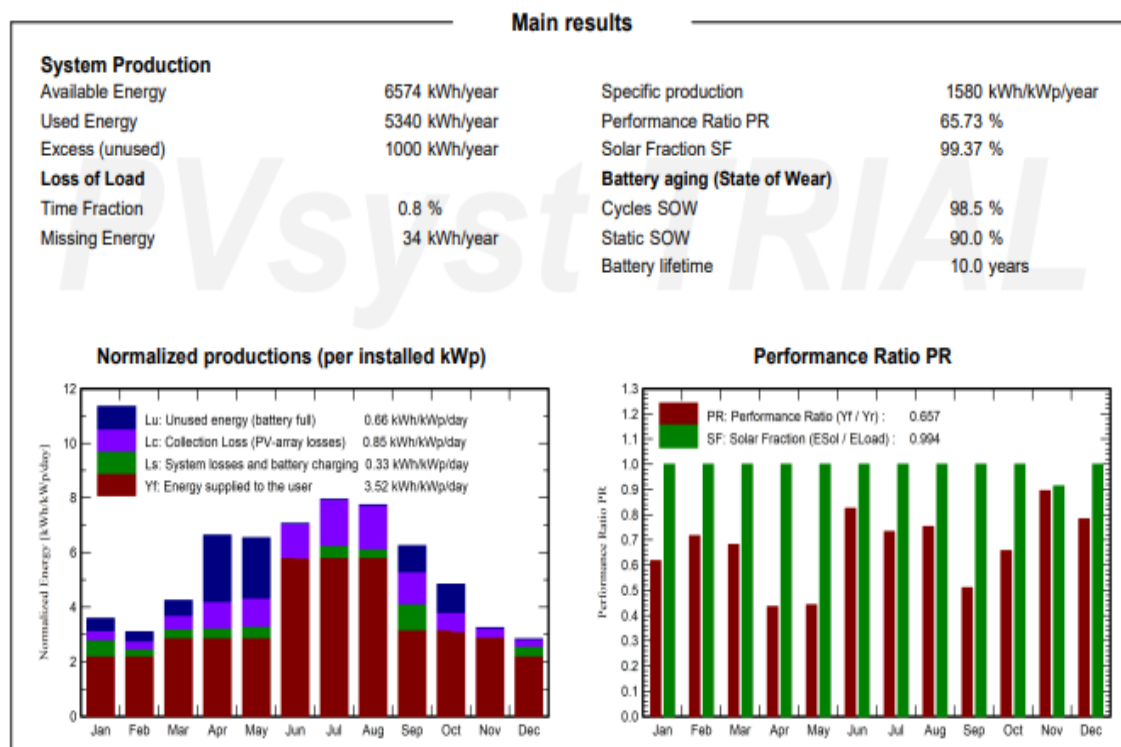




Στο δεύτερο τρέξιμο με τις αλλαγές που εφαρμόσαμε καταφέραμε να μειώσουμε λίγο τη missing energy και να βελτιώσουμε λίγο το PR αλλά και το SOWcycle που αφορά τη φθορά στις μπαταρίες λόγω του αριθμού των κύκλων.

Τρίτο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->260Wp , Bat->992Ah):

Στη συγκεκριμένη περίπτωση έγινε αλλαγή της υπάρχουσας μπαταρίας με μια μεγαλύτερη της ίδιας κατηγορίας με σκοπό να περιοριστεί η χαμένη ενέργεια, διότι η προηγούμενη γέμιζε και δεν μπορούσαμε να εκμεταλλευτούμε πλήρως την παραγόμενη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά μας.



Τέταρτο και τελευταίο τρέξιμο του προγράμματος (PV ->260Wp , Bat->992Ah):

Υπήρξε μια πτώση στα φορτία του καλοκαιριού και άνοδος σε αυτά της Άνοιξης διότι Απρίλιος και Μάιος έχουν μεγάλο περιθώριο αύξησης των καταναλώσεών τους, ενώ στους μήνες Ιούνιος, Ιούλιος και Αύγουστος γίνεται πλήρης εκμετάλλευση.

Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 15.1 kWh/day

Summer (Jun-Aug)					Autumn (Sep-Nov)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640	Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	6.0	4800	TV / PC / Mobile	4	200W/app	8.0	6400
Domestic appliances (A/C)	3	1000W/app	3.0	9000	Fridge / Deep-freeze	1		24	1601
Fridge / Deep-freeze	1		24	1601	Dish- and Cloth-washer	1		2	3000
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000	mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000
mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000	καυστήρας	1	200W tot	3.0	600
Other uses	2	600W tot	1.0	1200	Total daily energy				13241Wh/day
Stand-by consumers			0.0	24					
Total daily energy				22265Wh/day					

Winter (Dec-Feb)					Spring (Mar-May)				
	Number	Power	Use	Energy		Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day			W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640	Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	4.0	3200	TV / PC / Mobile	4	200W/app	8.0	6400
Fridge / Deep-freeze	1		24	1601	Fridge / Deep-freeze	1		24	1601
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000	Dish- and Cloth-washer	1		2	4000
mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000	mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000
καυστήρας	1	200W tot	4.0	800	Other uses	2	600W tot	1.5	1800
Total daily energy				9241Wh/day	Total daily energy				15441Wh/day

Main results

System Production

Available Energy 6569 kWh/year
 Used Energy 5471 kWh/year
 Excess (unused) 848 kWh/year

Specific production 1579 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR 67.34 %
 Solar Fraction SF 99.38 %

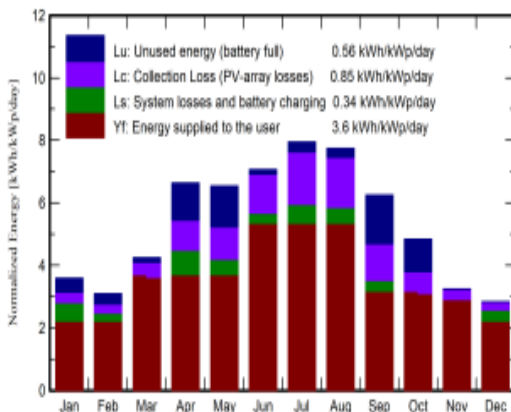
Loss of Load

Time Fraction 0.8 %
 Missing Energy 34 kWh/year

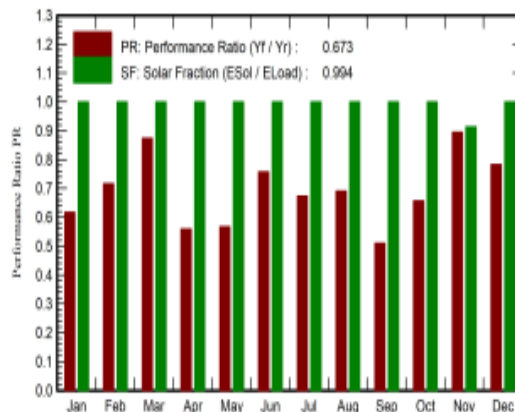
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 98.7 %
 Static SOW 90.0 %
 Battery lifetime 10.0 years

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Συγκεντρωτικός πίνακας στοιχείων αναφορών

A/A	Pv Wp	Τεμά-χια (strings x series)	Bat Ah	Τεμά-χια (parallel x series)	Glob Horr kWh/m ²	Glob Eff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	PR ratio %	SF ratio %
<i>Υπολ στο χέρι</i>	395	15 (3x5)	992 (2V)	48 (2x24)									
<i>Πρώτο τρέξιμο</i>	260	16 (4x4)	665 (2V)	48 (2x24)	1742.4	1904.6	6584	1145.8	120.2	5148.8	5269	63.4	97.7
<i>Δεύτερο τρέξιμο</i>	260	16 (4x4)	665 (2V)	48 (2x24)	1742.4	1904.6	6577.4	1074.5	116.8	5257.4	5374	64.7	97.8
<i>Τρίτο τρέξιμο</i>	260	16 (4x4)	992 (2V)	48 (2x24)	1742.4	1904.6	6573.7	1000.4	34.1	5340.1	5374	65.7	99.4
<i>Τέταρτο τρέξιμο</i>	260	16 (4x4)	992 (2V)	48 (2x24)	1742.4	1904.6	6568.7	847.9	34.1	5471.4	5505	67.3	99.4

Παρατηρούμε πως το πρόγραμμα προσομοίωσης έχει τη δυνατότητα να βγάλει μια πιο οικονομική λύση σε σχέση με αυτήν που προέκυψε από τους υπολογισμούς στο χέρι, γι αυτό χρησιμοποιήθηκαν πάνελ μικρότερης ισχύς.

Ακολουθεί ολόκληρη η έκθεση του συστήματος που είναι και η τελική.



Version 7.1.8

PVsyst - Simulation report

Stand alone system

Project: Project_2_anatoli
Variant: monimi_katoikia_Anatoli_2
Stand alone system with batteries
System power: 4160 Wp
Anatoli - Greece

Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
Anatoli	Latitude 38.09 °N	Albedo 0.20
Greece	Longitude 23.96 °E	
	Altitude 145 m	
	Time zone UTC+2	
Meteo data		
Anatoli		
PVGIS api TMY		

System summary

Stand alone system	Stand alone system with batteries
PV Field Orientation	User's needs
Fixed plane	Daily household consumers
Tilt/Azimuth 30 / 0 °	Seasonal modulation
	Average 15.1 kWh/Day
System information	Battery pack
PV Array	Technology Lead-acid, vented, tubular
Nb. of modules 16 units	Nb. of units 48 units
Pnom total 4160 Wp	Voltage 48 V
	Capacity 1984 Ah

Results summary

Available Energy 6569 kWh/year	Specific production 1579 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 67.34 %
Used Energy 5471 kWh/year		Solar Fraction SF 99.38 %

General parameters			
Stand alone system		Stand alone system with batteries	
PV Field Orientation		Sheds configuration	Models used
Orientation		No 3D scene defined	Transposition Perez
Fixed plane			Diffuse Imported
Tilt/Azimuth			Circumsolar separate
30 / 0 °			
User's needs			
Daily household consumers			
Seasonal modulation			
Average		15.1 kWh/Day	

PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	NU-RD 260	Model	OPzS Solar 1300
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, vented, tubular
Unit Nom. Power	260 Wp	Nb. of units	2 in parallel x 24 in series
Number of PV modules	16 units	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	4160 Wp	Stored energy	76.2 kWh
Modules	4 Strings x 4 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	48 V
Pmpp	3720 Wp	Nominal Capacity	1984 Ah (C10)
U mpp	110 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	34 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.92 / 0.75
Technology	MPPT converter	approx.	53.1 / 49.5 V
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem	Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
Converter		approx.	46.5 / 48.3 V
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %	Total PV power	
Total PV power		Nominal (STC)	4 kWp
Total	16 modules	Total	26.3 m ²
Module area	26.3 m ²	Cell area	23.0 m ²

Array losses					
Thermal Loss factor		DC wiring losses		Series Diode Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	55 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	0.6 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s				
LID - Light Induced Degradation		Module Quality Loss		Module mismatch losses	
Loss Fraction	1.0 %	Loss Fraction	-1.3 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP
Strings Mismatch loss		IAM loss factor			
Loss Fraction	0.1 %	ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cos(i) - 1)			
		bo Param.		0.05	

Detailed User's needs

Daily household consumers, Seasonal modulation, average = 15.1 kWh/day

Summer (Jun-Aug)

	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	6.0	4800
Domestic appliances (A/C)	3	1000W/app	3.0	9000
Fridge / Deep-freeze	1		24	1601
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000
mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000
Other uses	2	600W tot	1.0	1200
Stand-by consumers			0.0	24
Total daily energy				22265Wh/day

Autumn (Sep-Nov)

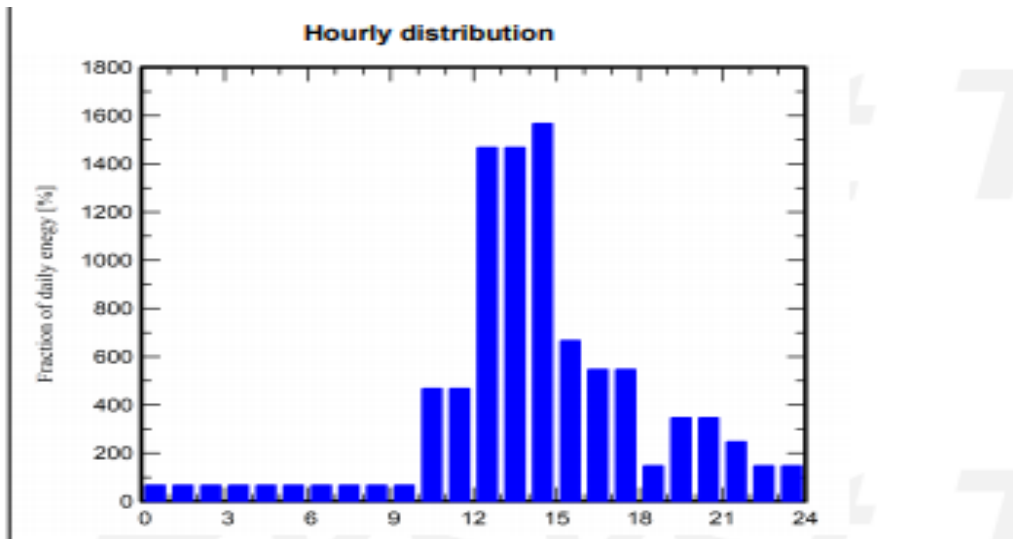
	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	8.0	6400
Fridge / Deep-freeze	1		24	1601
Dish- and Cloth-washer	1		2	3000
mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000
καυστήρας	1	200W tot	3.0	600
Total daily energy				13241Wh/day

Winter (Dec-Feb)

	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	4.0	3200
Fridge / Deep-freeze	1		24	1601
Dish- and Cloth-washer	1		1	2000
mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000
καυστήρας	1	200W tot	4.0	800
Total daily energy				9241Wh/day

Spring (Mar-May)

	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED)	10	8W/lamp	8.0	640
TV / PC / Mobile	4	200W/app	8.0	6400
Fridge / Deep-freeze	1		24	1601
Dish- and Cloth-washer	1		2	4000
mixer, σεσουάρ	2	1000W tot	0.5	1000
Other uses	2	600W tot	1.5	1800
Total daily energy				15441Wh/day



Main results

System Production

Available Energy 6569 kWh/year
 Used Energy 5471 kWh/year
 Excess (unused) 848 kWh/year

Specific production 1579 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR 67.34 %
 Solar Fraction SF 99.38 %

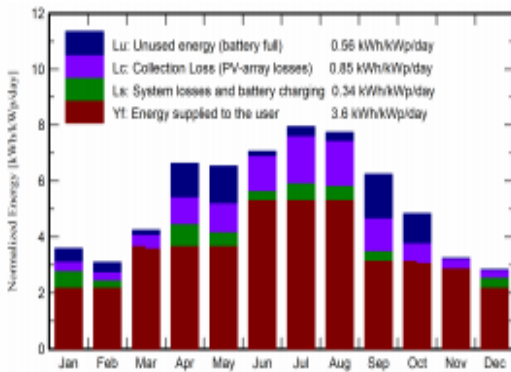
Loss of Load

Time Fraction 0.8 %
 Missing Energy 34 kWh/year

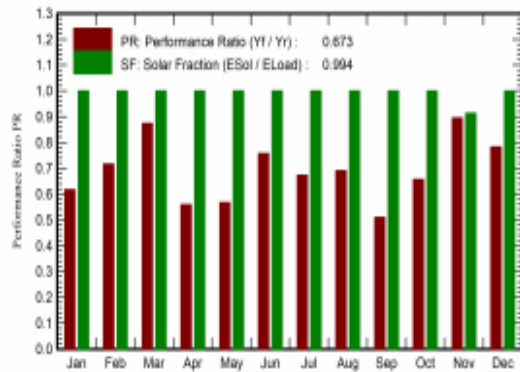
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 98.7 %
 Static SOW 90.0 %
 Battery lifetime 10.0 years

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR

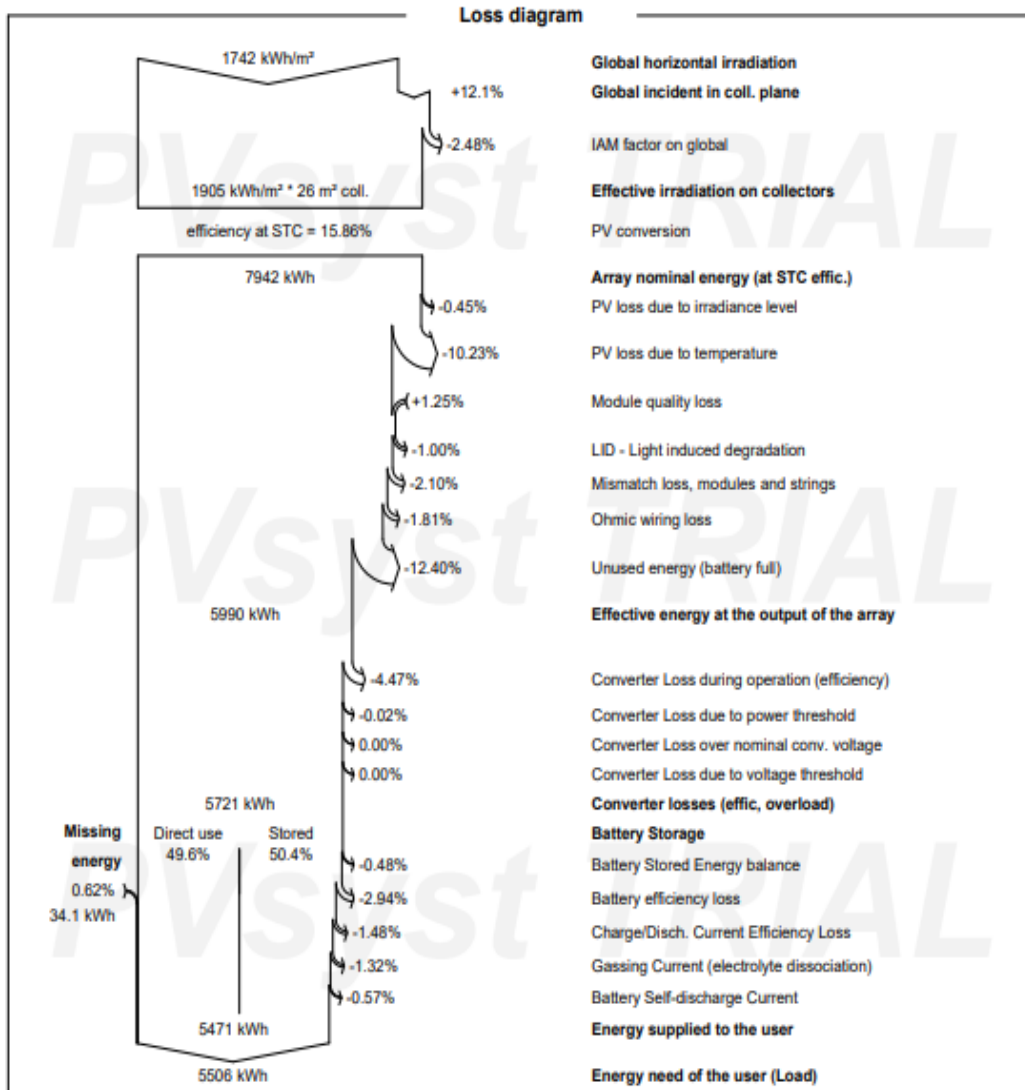


Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUNUSED kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	71.4	108.6	403.2	56.8	0.00	286.5	286.5	1.000
February	67.0	84.7	311.7	38.4	0.00	258.7	258.7	1.000
March	111.2	128.6	461.1	18.1	0.00	478.7	478.7	1.000
April	183.9	194.4	684.0	147.7	0.00	463.2	463.2	1.000
May	205.9	197.1	685.3	167.9	0.00	478.7	478.7	1.000
June	224.6	206.2	694.3	17.1	0.00	667.9	667.9	1.000
July	255.6	240.0	776.0	39.7	0.00	690.2	690.2	1.000
August	227.6	234.4	761.0	35.8	0.00	690.2	690.2	1.000
September	158.7	183.2	614.6	193.1	0.00	397.2	397.2	1.000
October	113.9	146.7	515.1	133.4	0.00	410.5	410.5	1.000
November	66.7	95.1	347.1	0.0	34.11	363.1	397.2	0.914
December	55.9	85.6	315.4	0.0	0.00	286.5	286.5	1.000
Year	1742.4	1904.6	6568.7	847.9	34.11	5471.4	5505.5	0.994

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 E_Avail Available Solar Energy
 EUNUSED Unused energy (battery full)
 E_Miss Missing energy
 E_User Energy supplied to the user
 E_Load Energy need of the user (Load)
 SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία δημιουργήθηκε με σκοπό να εξηγήσει πόσο χρήσιμη είναι η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, σε μια χώρα όπως η Ελλάδα όπου υπάρχει αφθονία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται κατά κόρον μέχρι και σήμερα για την κάλυψη των αναγκών του πληθυσμού ανά τον κόσμο, παρ' όλο που οι συγκεκριμένες πηγές προκαλούν προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου και έχουν άμεσες επιπτώσεις στην ομαλή λειτουργία του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε) που έχουν ενταχθεί μέχρι σήμερα στην καθημερινότητά μας και στη χρησιμότητα τους ως προς την αντικατάσταση των παραδοσιακών μορφών ενέργειας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική αναφορά στα φωτοβολταϊκά πάνελ αλλά και στα πλεονεκτήματά τους, ενώ στο τρίτο αναφέρονται τα μέρη που αποτελούν μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, τα χαρακτηριστικά τους και η χρησιμότητα τους σε τέτοιου είδους συστήματα. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά σε ορισμένα προϊόντα της αγοράς που χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε αυτόνομες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

Τέλος, το πέμπτο κεφάλαιο αποτελεί και το πιο σημαντικό της εργασίας διότι περιλαμβάνει τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε πραγματικές συνθήκες. Αρχικά, έγιναν υπολογισμοί με το χέρι και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα PVsyst το οποίο βοήθησε πολύ ώστε να συγκριθούν τα θεωρητικά με τα πραγματικά αποτελέσματα. Όσον αφορά τους χειρόγραφους υπολογισμούς, υπήρχε η δυνατότητα να επιλεγούν υλικά τα οποία μπορούσαν να καλύψουν μεγαλύτερη ζήτηση φορτίου από την απαιτούμενη σε καθένα από τα τρία παραδείγματα. Στο πρόγραμμα προσομοίωσης όμως δεν υπήρχε αυτή η δυνατότητα, διότι όταν επιλέγονταν υλικά που δεν ήταν τα κατάλληλα για τις υπάρχοντες καταναλώσεις, η τελική προσομοίωση έβγαζε κίτρινο χρώμα σε περίπτωση μικρού λάθους και κόκκινο σε περίπτωση μεγάλου. Γι' αυτό και υπήρξαν ορισμένες μικρές διαφοροποιήσεις όσον αφορά τους δύο τρόπους υπολογισμού της εκάστοτε φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Επιπλέον, είναι υποχρεωτικό ο χρήστης να συμμορφωθεί με τις συμβουλές του μηχανικού. Αυτό σημαίνει πως πρέπει κάθε φορτίο να χρησιμοποιείται αποκλειστικά τις ώρες που έχουν αποφασίσει από κοινού και η συσκευή να μην υπερβαίνει τα watt που έχουν οριστεί κατά τη διαστασιολόγηση. Σε διαφορετική περίπτωση το σύστημα θα υπολειπουργεί.

Εν κατακλείδι, αξίζει να σημειωθεί πως για να κατανοήσει κάποιος τα διαγράμματα που προκύπτουν από την τελική λύση πρέπει να είναι εξοικειωμένος με τις σχετικές έννοιες που αναγράφονται σε αυτές.

Βιβλιογραφία

Ιστοσελίδες

1. Πάνελ Solarwatt: <https://www.solarwatt.com/solar-panels/glass-glass>
2. Ρυθμιστές Φόρτισης Victron: <https://www.victronenergy.com/solar-charge-controllers>,
https://www.victronenergy.com/upload/documents/Brochure-Off-Grid-backup-and-island-systems_EN_web.pdf
3. Μπαταρίες: <https://www.smart-cover.gr/plirofories-gia-mpataries/><https://www.eco2day.gr/>
4. Αυτόνομα φ/β: <https://selasenergy.gr/autonoma-fotovoltaika-sustimata.php>
5. Συστήματα εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας: <http://www.k-tech-energy.gr/index.php/arthra/ananeosimes-piges-energeias/iliaki-energeia>,
<https://www.yellowlite.com/blog/post/the-difference-between-active-and-passive-solar-systems/>,
<https://www.energy.gov/energysaver/energy-efficient-home-design/passive-solar-home-design>,
https://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE_active_solar_energy_system.html
6. Θεωρία για φωτοβολταϊκά: <https://www.greenenergyparts.com/TheSolarGuide.pdf>
7. Βιομάζα: <http://www.allaboutenergy.gr/Biomaza.html>
8. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: <http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>,
<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/renewable-resources/>
9. Inverter SMA: <https://www.sma-hellas.com/>
10. PrysmianGroup Photovoltaic cable catalogue:https://dk.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/PrysmianGroup_Photovolt_aic_Cable_Catalogue_DK.pdf
11. Helukabel cables:
https://www.helukabel.com/media/publication/de/brochures/pv_20/PV_BROCHURE_Photovoltaik_EN~1.pdf
12. Suntech off grid modules (φ/β πάνελ):
<http://www.suntechsolarsystem.com/datasheet/datasheet%20Solar%20Modules/Small%20Off%20Grid%20Modules.pdf>
13. Discover batteries: <https://discoverbattery.com/support/resources>
14. Ηλιακή ενέργεια:http://49lyk-athin.att.sch.gr/AJIOPOIHSH_ENERDEIAS.htm
15. Inverter KACO: <https://kaco-newenergy.com/fileadmin/downloads/documents/KNE-Catalogue-en-2019.pdf>
16. Inverter Fronius: <https://amazingsolar.com.au/pdf/Brochures%20and%20things/Fronius-Brochure.pdf>
17. Design Methodology of off-Grid system:
https://www.eiu.edu/energy/Design%20Methodology%20of%20Off-Grid%20PV%20Solar%20Powered%20System_5_1_2018.pdf
18. Φωτοβολταϊκά συστήματα <https://eclass.pat.teiwest.gr/eclass/modules/document/file.php.pdf>,
<https://www.mosolarapps.com/the-eight-pros-and-four-cons-of-solar-photovoltaic-cells/>

19. Πηγές ενέργειας (ανανεώσιμες και μη): https://el.wikipedia.org/wiki/Πηγή_ενέργειας, <https://sites.google.com/site/energeiakaipeiriballonalexk/symbatikes-peges-energeias>, <http://www.allaboutenergy.gr/Piges22.html>, <https://justenergy.com/blog/7-types-renewable-energy-future-of-energy/>
20. Σύγκριση ρυθμιστών φόρτισης MPPT & PWM: <https://www.mp-energy.gr/blog/44/ρυθμιστής-φορτισης-mppt-η-pwm-τι-να-επιλέξω.html>
21. Τρόπος λειτουργίας MPPT & PWM: <1-s2.0-S0038092X11003215-main.pdf>
[2011 En Proc Zegaoui MPPT simulation.pdf](2011_En_Proc_Zegaoui_MPPT_simulation.pdf)
[2017 AIP Scitation LOTFI ATIK MPPT.pdf](2017_AIP_Scitation_LOTFI_ATIK_MPPT.pdf)
22. Διαστασιολόγηση-οικονομοτεχνική μελέτη: <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/40713/Thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
23. Τύποι μηχανημάτων φόρτισης/εκφόρτισης: http://www.cres.gr/quality/exoplismos_ix-a.html
24. Μπαταρίες Μολύβδου: <https://technolysis-hts.gr/βάση-γνώσεων/μπαταρίες-μολύβδου-οξέως/>
Μπαταρίες Λιθίου: <https://www.shop-e.gr/χρήσιμα-άρθρα/45-Μπαταρίες-ιόντων-Λιθίου>,
<https://www.systems-sunlight.com/el/product/lithium-ion-batteries-el/lithium-ion-batteries-quality-reliability-based-on-innovation/.html>
25. Inverter: <https://www.4green.gr/news/data/fwtoboltaika/96880.asp>
https://en.wikipedia.org/wiki/Power_inverter ,
<https://www.solarpowerworldonline.com/2019/06/what-does-a-solar-inverter-do/> ,
26. Νησιδοποίηση (islanding protection): <http://ehe-greece.blogspot.com/2011/11/blog-post.html>,
<https://en.m.wikipedia.org/wiki/Islanding>

ΒΙΒΛΙΑ

27. Εναλλακτικές μορφές ενέργειας, Βασίλειος Δ. Μπιζιώνης, Δημήτριος Β. Μπιζιώνης εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ 2015
28. T. Markvart, “Ηλεκτρισμός από ηλιακή ενέργεια”, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2003
29. Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Γ. Βόκας