



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**Μελέτη υβριδικών φωτοβολταϊκών συστημάτων για
ηλεκτροδότηση απομονωμένων κατοικημένων ζωνών**

Συγγραφέας

Αντωνάκη Ειρήνη Ευαγγελία
Αριθμός Μητρώου: 222017040

Επιβλέπων

Δρ. Χρήστος Δρόσος
Επίκουρος Καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος, 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND PRODUCTION
ENGINEERING

**Study of hybrid photovoltaic systems for the
electrification of isolated residential areas**

Author

Antonaki Eirini Euaggelia

Registration Number: 222017040

Supervisor

Dr. Christos Drosos

Assistant Professor

Athens, July, 2024

Δήλωση Συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Αντωνάκη Ειρήνη-Ευαγγελία με αριθμό μητρώου 222017040, φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/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 πτυχίου μου».

Η Δηλούσα
Αντωνάκη Ειρήνη-Ευαγγελία



Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

α/α	Όνομα / Επώνυμο	Ψηφιακή Υπογραφή
1	ΔΡΟΣΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ Επίκουρος Καθηγητής	
2	ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
3	ΛΑΣΚΑΡΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	

Περίληψη

Η ενέργεια είναι από τα σημαντικότερα αγαθά της σύγχρονης εποχής. Με την πάροδο του χρόνου οι ενεργειακές απαιτήσεις των ανθρώπων ολοένα και αυξάνονται. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής έχει επιφέρει πληθώρα προβλημάτων στο περιβάλλον, με τις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να εξαντλούνται ολοένα και πιο γρήγορα. Έτσι ο άνθρωπος για να εξασφαλίσει τις ανάγκες του στρέφεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες συναντώνται άφθονες στην φύση και με μηδενικό αποτύπωμα στο περιβάλλον. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι πλέον η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας με πληθώρα εφαρμογών. Σε συνδυασμό με άλλες ανανεώσιμες πηγές, η χρήση του φωτοβολταϊκού συστήματος έχει την δυνατότητα να εξασφαλίσει τις ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας η οποία δεν είναι συνδεδεμένη σε κάποιο δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Αυτό είναι και το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, η μελέτη των αυτόνομων υβριδικών φωτοβολταϊκών συστημάτων τα οποία με την βοήθεια των πάνελ και της ανεμογεννήτριας μετατρέπουν την ηλιακή και αιολική ενέργεια αντίστοιχα σε ηλεκτρική για την τροφοδότηση όπου η ηλεκτροδότηση είναι αδύνατη.

Λέξεις κλειδιά:

Φωτοβολταϊκά συστήματα, υβριδικά φωτοβολταϊκά, αυτονομία, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Abstract

Energy is one of the most important commodities of modern times. Over time, people's energy requirements are increasing. Modern lifestyles have caused a multitude of problems for the environment, with non-renewable energy sources being depleted faster and faster. Thus, in order to meet their needs, people are turning to renewable energy sources, which are abundant in nature and have a zero environmental footprint. Photovoltaic systems are now the most widespread form of renewable energy source with a multitude of applications. In combination with other renewable sources, the use of a photovoltaic system has the potential to provide the energy needs of a home that is not connected to a grid.

This is the subject of this paper, the study of autonomous hybrid photovoltaic systems which, with the help of panels and wind turbine, convert solar and wind energy respectively into electricity for power supply where electricity supply is impossible.

Keywords:

Photovoltaic systems, hybrid photovoltaics, autonomy, renewable energy sources

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	12
2	Ενέργεια.....	12
2.1	Πηγές ενέργειας.....	13
2.2	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα.....	13
2.3	Το ενεργειακό πρόβλημα.....	14
3	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	16
3.1.	Ηλιακή ενέργεια.....	16
3.2	Βιομάζα.....	18
3.3	Γεωθερμική ενέργεια.....	21
3.4	Αιολική ενέργεια.....	23
3.5	Ενέργεια των ωκεανών.....	25
3.6	Υδραυλική-Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	26
4	Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	29
4.1	Ημιαγωγοί.....	29
4.1.1	Ενδογενείς ημιαγωγοί.....	29
4.1.2	Εξωγενείς ημιαγωγοί.....	30
4.1.3	Δίοδος P - N.....	30
4.2	Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	32
4.3	Φωτοβολταϊκά στοιχεία.....	32
4.3.1	Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	32
4.3.2	Σύνδεση φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	34
4.3.3	Κλίση και στήριξη φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	36
4.4	Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	37
4.4.1	Φωτοβολταϊκή συστοιχία.....	37
4.4.2	Φωτοβολταϊκό σύστημα.....	38
5.	Ανεμογεννήτριες.....	39
5.1	Τύποι ανεμογεννητριών.....	40
5.2	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανεμογεννητριών.....	41
6.	Αυτόνομο υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα.....	42
6.1	Υποσυστήματα αυτόνομου υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος.....	42
6.1.1	Ρυθμιστής φόρτισης.....	42
6.1.2	Συσσωρευτές/ Μπαταρίες.....	43
6.1.3	Μετατροπέας τάσης - Inverter.....	44
7.	Μελέτη αυτόνομου υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος.....	45
7.1	Ηλεκτρικές καταναλώσεις κατοικίας.....	45
7.2.	Επιλογή συσσωρευτών.....	46
7.3	Υπολογισμός και επιλογή φωτοβολταϊκών πάνελ.....	49
7.4	Επιλογή ανεμογεννήτριας.....	52

7.5	Επιλογή ρυθμιστή φόρτισης	54
7.6	Επιλογή Inverter	56
7.7	Καλωδίωση	56
7.8	Οικονομική μελέτη εγκατάστασης	61
8.	Βιβλιογραφία - Πηγές	64

Κατάλογος Εικόνων – Σχημάτων – Διαγραμμάτων

Εικόνα 1 Διάγραμμα αύξησης παραγωγής ΑΠΕ	13
Εικόνα 2 Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας	15
Εικόνα 3 Κατανάλωση ενέργειας	15
Εικόνα 4 Εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας	17
Εικόνα 5 Διάγραμμα εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας στην Ευρώπη	18
Εικόνα 6 Πηγές βιομάζας	19
Εικόνα 7 Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης	20
Εικόνα 8 Γεωθερμική ενέργεια	22
Εικόνα 9 Γεωθερμοηλεκτρικός σταθμός της ΔΕΗ στην Μήλο	23
Εικόνα 10 Διάγραμμα αιολικής ισχύος στην Ελλάδα	25
Εικόνα 11 Υδροηλεκτρική εγκατάσταση	27
Εικόνα 12 Εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικών έργων στην Ελλάδα	28
Εικόνα 13 Δίοδος P - N	30
Εικόνα 14 Ορθή πόλωση διόδου	31
Εικόνα 15 Ανάστροφη πόλωση διόδου	31
Εικόνα 16 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο	32
Εικόνα 17 Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου	33
Εικόνα 18 Σύνδεση φωτοβολταϊκών στοιχείων σε σειρά	34
Εικόνα 19 Παράλληλη σύνδεση φωτοβολταϊκών στοιχείων	35
Εικόνα 20 Μικτή σύνδεση φωτοβολταϊκών στοιχείων	36
Εικόνα 21 Παράδειγμα φωτοβολταϊκής συστοιχίας	37
Εικόνα 22 Διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας	39
Εικόνα 23 Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα	40
Εικόνα 24 Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα	41
Εικόνα 25 Αυτόνομο υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα	42
Εικόνα 26 Συσσωρευτής Solar Power	48
Εικόνα 27 Σύνδεση συσσωρευτών	49
Εικόνα 28 Σύνδεση φωτοβολταϊκής συστοιχίας	51
Εικόνα 29 Καμπύλη ανεμογεννήτριας	52
Εικόνα 30 Πίνακας ταχύτητας ανέμου στον Κυνίδαρο Νάξου	53
Εικόνα 31 Ρυθμιστής φόρτισης EPSOLAR	55
Εικόνα 32 Inverter	56
Εικόνα 33 Διάταξη εγκατάστασης	63
Διάγραμμα 1 Ετήσια έσοδα εγκατάστασης	62

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Μέση μηνιαία διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/(m ² .mo)] (Στοιχεία από EMY)	45
Πίνακας 2 Μέση ταχύτητα του ανέμου [m/s] (Στοιχεία από EMY).....	45
Πίνακας 3 Ηλεκτρικές καταναλώσεις χειμερινής περιόδου.....	46
Πίνακας 4 Ηλεκτρικές καταναλώσεις θερινής περιόδου.....	46
Πίνακας 5 Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτή Solar Power SP 250	48
Πίνακας 6 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πάνελ	50
Πίνακας 7 Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας.....	52
Πίνακας 8 Ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανεμογεννήτριας	53
Πίνακας 9 Σύγκριση ρυθμιστών φόρτισης	54
Πίνακας 10 Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστή φόρτισης φωτοβολταϊκού	55
Πίνακας 11 Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστή φόρτισης ανεμογεννήτριας	55
Πίνακας 12 Τεχνικά χαρακτηριστικά Inverter.....	56
Πίνακας 13 Μέγιστη πτώση τάσης ανά τμήμα.....	56
Πίνακας 14 Αποστάσεις ανά τμήμα.....	56
Πίνακας 15 Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα.....	57
Πίνακας 16 Συντελεστές διόρθωσης σύμφωνα με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.....	57
Πίνακας 17 Συντελεστές για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα κυκλωμάτων	58
Πίνακας 18 Έξοδα εγκατάστασης του συστήματος.....	61

Συνομογραφίες¹

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
ΦΒ	Φωτοβολταϊκά
Α/Γ	Ανεμογεννήτρια
AC	Alternating current
DC	Direct current
MPPT	Maximum Power Point Tracking
PWM	Pulse – width modulation
V	Volt
A	Amper
P	Ισχύς
E	Ενέργεια
W	Watt
Wh	Βατώρα
kWh	Κιλοβατώρα

¹ Η λίστα των συνομογραφιών θα βοηθήσει τον αναγνώστη προκειμένου να αποκτήσει μία αμεσότερη επαφή και μεγαλύτερη οικειότητα με διάφορους όρους που χρησιμοποιούνται τακτικά εντός της διπλωματικής εργασίας.

1 Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία μελετάται η εγκατάσταση ενός αυτόνομου υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος για την πλήρη ηλεκτροδότηση μιας κατοικίας σε ένα ορεινό χωριό της Νάξου. Σκοπός είναι με την κατάλληλη μελέτη και επιλογή εξαρτημάτων η κατοικία να είναι λειτουργική, αυτόνομη και να καλύπτονται όλες οι ενεργειακές ανάγκες ακόμα και σε ημέρες με δύσκολες καιρικές συνθήκες.

Στο πρώτο κεφάλαιο της συγκεκριμένης εργασίας γίνεται μια εισαγωγή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο μελετάται και γίνεται μια γενική αναφορά στην ενέργεια καθώς και στο ενεργειακό πρόβλημα που αντιμετωπίζει η Ελλάδα.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται εκτενώς όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι χρήσεις τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στη συνέχεια, στο τέταρτο κεφάλαιο εξηγείται αναλυτικά η θεωρία των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στην δομή και τους τύπους των ανεμογεννητριών.

Το έκτο κεφάλαιο, στην συνέχεια, περιλαμβάνει την ανάλυση όλων των υποσυστημάτων ενός αυτόνομου υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος

Στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται όλη η μελέτη για την εγκατάσταση και την επιλογή όλων των απαραίτητων εξαρτημάτων του συστήματος, σύμφωνα με τις ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας, καθώς και μια μικρή οικονομική μελέτη για το σύστημα αυτό.

2 Ενέργεια

Ενέργεια σύμφωνα με τον Max Plank είναι «αυτό που βρίσκεται μέσα στο σύστημα και το κάνει ικανό να προκαλεί εξωτερικές αντιδράσεις».

Η ενέργεια έχει δύο βασικές ιδιότητες:

α) μετατρέπεται από την μια μορφή στην άλλη, π.χ. στα καύσιμα των αυτοκινήτων υπάρχει αποθηκευμένη χημική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε θερμική και στη συνέχεια σε κινητική με αποτέλεσμα να προκαλεί την κίνηση του οχήματος.

β) διατηρείται σταθερή δηλαδή καθώς μετατρέπεται από την μια μορφή στην άλλη κανένα μέρος της δεν χάνεται ούτε καταστρέφεται αλλά παραμένει ίδια.

Αποτελεί βασικό αγαθό για την βιομηχανία, τις μεταφορές και τις καθημερινές ανάγκες των ανθρώπων εξυπηρετώντας και βελτιώνοντας την ζωή τους.

Οι πρωτόγονοι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν την σωματική τους ενέργεια για την κάλυψη των καθημερινών τους αναγκών, την οποία τους την παρείχε η τροφή. Στη συνέχεια άρχισαν να χρησιμοποιούν και την ενέργεια των ζώων για την μεταφορά προϊόντων και άλλων εργασιών.

Με την πάροδο του χρόνου και με τις ολοένα μεγαλύτερες απαιτήσεις του ανθρώπου σε ενέργεια, άρχισαν να προστίθενται ακόμα περισσότερες πηγές ενέργειας.

2.1 Πηγές ενέργειας

Πηγές ενέργειας ονομάζονται «οι αποθήκες ενέργειας» και διακρίνονται σε:

A) Πρωτογενείς πηγές ενέργειας

Πρωτογενείς είναι οι πηγές εκείνες που βρίσκονται στην φύση όπως ο ήλιος, το πετρέλαιο το φυσικό αέριο, η βιομάζα, η υδραυλική ενέργεια κ.α.

B) Δευτερογενείς πηγές ενέργειας

Δευτερογενείς ονομάζονται οι πηγές εκείνες που παράγονται ύστερα από επεξεργασία των πρωτογενών. Μια τέτοια πηγή για παράδειγμα είναι η βενζίνη.

Γ) Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ανανεώσιμες λέγονται οι πηγές εκείνες οι οποίες απαντώνται στην φύση, δεν έχουν υποστεί επεξεργασία και μπορούν μέσα σε ορισμένο χρονικό διάστημα να παραχθούν ξανά. Τέτοιες πηγές είναι η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η ενέργεια των ωκεανών, η βιομάζα, η γεωθερμική ενέργεια και η υδραυλική ενέργεια.

Δ) Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Μη ανανεώσιμες ονομάζονται οι πηγές ενέργειας που δεν ανανεώνονται ή ανανεώνονται με πολύ βραδύ ρυθμό. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εξαντλούνται και μπορεί να εξαφανιστούν εξαιτίας της συνεχούς χρήσης τους. Τέτοιες πηγές είναι το αργό πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας.

2.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα που εξαιτίας της γεωγραφικής της θέσης αλλά και της μορφολογίας της έχει ένα μεγάλο δυναμικό ΑΠΕ. Τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της ενεργειακής κρίσης αλλά και των κλιματικών αλλαγών η χώρα μας έχει στραφεί σε μεγάλο βαθμό στην εκμετάλλευση των ΑΠΕ για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών. Η χρήση τους είναι ολοένα και πιο ανοδική. Το 2023, σύμφωνα με έρευνες, η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από ΑΠΕ έφτασε το 43,16%, ποσοστό ρεκόρ για τα δεδομένα της χώρας τα τελευταία 10 χρόνια.

Διαχρονική αύξηση παραγωγής ΑΠΕ



Η κάλυψη της συνολικής ζήτησης από παραγωγή ΑΠΕ παρουσιάζει σημαντική αύξηση κατά τη διάρκεια της 10ετίας φτάνοντας το 2023 σε ποσοστό ρεκόρ άνω του 43%.

Εικόνα 1: Διάγραμμα αύξησης παραγωγής ΑΠΕ

Ενθαρρυντικό είναι επίσης το γεγονός ότι το πρώτο 9μηνο του έτους 2024 η χρήση ΑΠΕ ανέρχεται στο 46,1% σε σύγκριση με τον λιγνίτη στο 11,2%.

Στόχος είναι η χρήση όλο και περισσότερων ΑΠΕ για την κάλυψη της ηλεκτροπαραγωγής διότι αυτές οι πηγές είναι ανεξάντλητες και άφθονες, πιο οικονομικές από τα ορυκτά καύσιμα και δεν είναι επιζήμιες για το περιβάλλον.

2.3 Το ενεργειακό πρόβλημα

Η ενέργεια για τους ανθρώπους είναι ένα πολύτιμο αγαθό που χωρίς αυτό θα ήταν δύσκολο έως και ακατόρθωτο να ζήσουν. Σύμφωνα με έρευνες οι πρωτογενείς άνθρωποι για να μπορέσουν να καλύψουν τις καθημερινές τους ανάγκες χρησιμοποιούσαν ενέργεια 6,3 MJ την οποία τους την παρείχε η τροφή τους. Στην σύγχρονη εποχή οι άνθρωποι χρειάζονται 1000 MJ ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών τους, ποσότητα 150 φορές μεγαλύτερη από την προηγούμενη.

Η ανεξέλεγκτη χρήση της όμως έχει επιφέρει κλιματικές αλλαγές και πληθώρα προβλημάτων δημιουργώντας το λεγόμενο ενεργειακό ζήτημα.

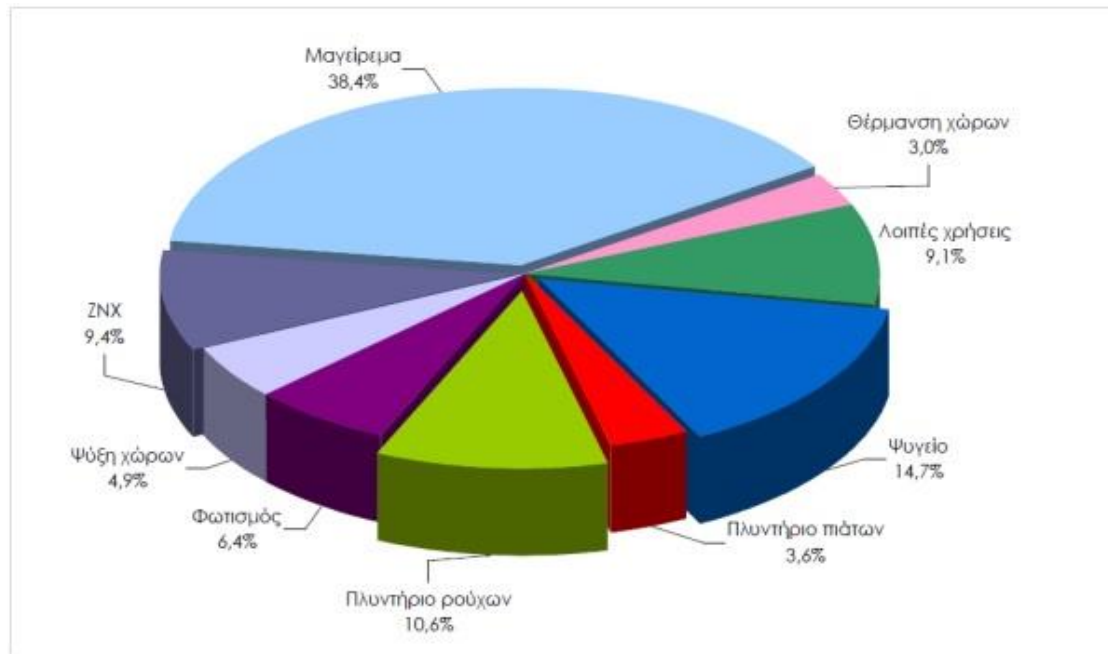
Το ενεργειακό αυτό ζήτημα δημιουργήθηκε εξαιτίας κάποιων παραμέτρων:

- ✓ Η παγκόσμια αύξηση του πληθυσμού καθώς και η συνεχής τεχνολογική εξέλιξη έχει δημιουργήσει την ανάγκη για περισσότερη ζήτηση ενέργειας και αυτό αν αναλογισθούμε πόσες ηλεκτρικές συσκευές χρησιμοποιεί ένας μόνο άνθρωπος στην καθημερινότητά του καθώς και τα οχήματα ή μέσα μαζικής μεταφοράς για την διευκόλυνση των μεταφορών του. Αυτές «οι ενεργειακές απαιτήσεις καλύπτονται κατά 85%» από ορυκτά καύσιμα τα οποία δεν είναι ανεξάντλητα.
- ✓ Για την παραγωγή διαφόρων μορφών ενέργειας χρησιμοποιείται κυρίως η καύση ορυκτών καυσίμων, πηγές ενέργειας που τείνουν να εξαντληθούν, κατά την οποία παράγονται μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) επιβλαβείς για το περιβάλλον.

Εκτός από το ενεργειακό ζήτημα που δημιουργήθηκε με την συνεχή χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δημιουργήθηκαν και πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα όπως το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη και το φαινόμενο της όξινης βροχής. Με την καύση ορυκτών καυσίμων έχει παρατηρηθεί η αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά 3% την περίοδο 1750-1998. Επιπλέον η καύση των προαναφερόμενων καυσίμων υπολογίζεται ότι απελευθερώνει ετησίως 70KT (κιλοτόνους) θείου με την μορφή SO₂, αέριο που ευθύνεται για το φαινόμενο της όξινης βροχής.

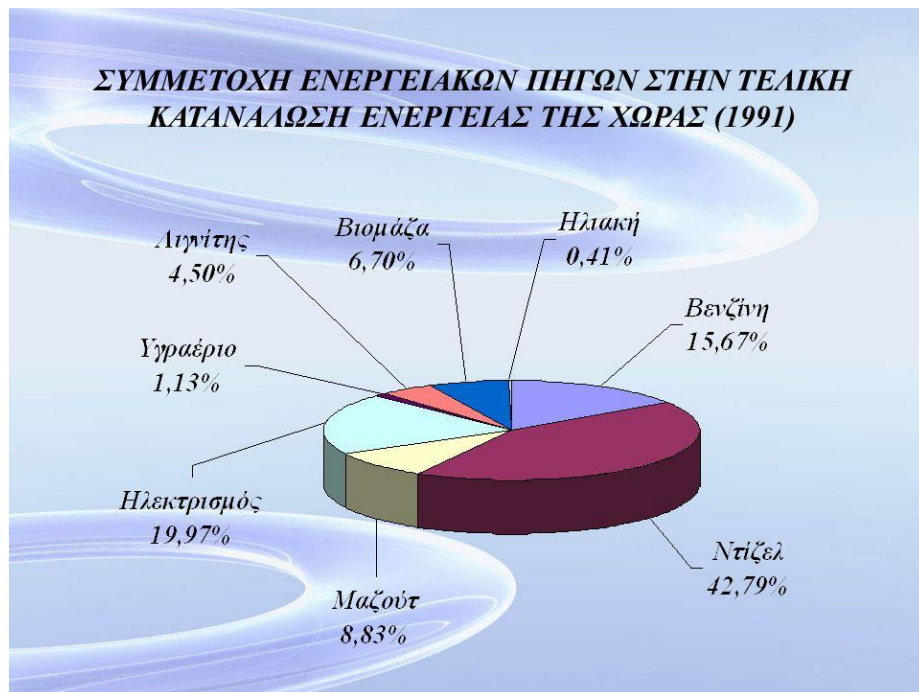
- ✓ Ο ορυκτός πλούτος για την παραγωγή ενέργειας δεν είναι κατανομημένος με την ίδια ποσότητα σε όλες τις χώρες. Έτσι δημιουργείται μια εξάρτηση της μιας χώρας από την άλλη με σκοπό την εισαγωγή πηγών ενέργειας με αποτέλεσμα τις συνεχείς αυξομειώσεις στις τιμές.

Η μεγάλη πρόοδος και εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια έχει αυξήσει την κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας στα νοικοκυριά.



Εικόνα 2: Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία 2023)

Επιπρόσθετα όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα σύμφωνα με έρευνες, στην Ελλάδα οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμμετέχουν στην παραγωγή ενέργειας με ποσοστό 93% και οι ανανεώσιμες καλύπτουν μόνο το 7%.



Εικόνα 3: Κατανάλωση ενέργειας

Η Ελλάδα καλύπτει σχεδόν το 100% των ενεργειακών της αναγκών από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων από άλλες χώρες γεγονός που την καθιστά εξαρτώμενη. Όπως είναι γνωστό η Ελλάδα διαθέτει πληθώρα ανανεώσιμων και μη πηγών ενέργειας οι οποίες παραμένουν ανεκμετάλλευτες.

3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

3.1 Ηλιακή ενέργεια

Ο ήλιος είναι μια θερμή σφαίρα με μάζα $2 \cdot 10^{30}$ kg και διάμετρο 1,4 εκατομμύρια. Η απόστασή του από την Γη είναι περίπου 15 εκατομμύρια χιλιόμετρα και ο χρόνος που χρειάζεται το φως από τον ήλιο για να φτάσει στην Γη είναι περίπου 8,3 λεπτά. Η χημική σύστασή του στο εσωτερικό του είναι: 35% H(υδρογόνο), 63% He(ήλιο), 2% C,N,O... (άλλα μέταλλα) κατά μάζα.

Η ηλιακή ενέργεια είναι απαραίτητη για την ύπαρξη ζωής στην Γη. «Η θερμότητα και το φως που προέρχονται από τον ήλιο ονομάζονται ηλιακή ενέργεια». Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και η εκμετάλλευσή της δεν είναι επιβλαβής για το περιβάλλον.

Εφαρμογές ηλιακής ενέργειας

Κάποιες από τις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας είναι οι εξής:

1. Ηλεκτροδότηση
2. Θέρμανση νερού και κτιρίων
3. Παραγωγή ψύξης μέσω ειδικών μηχανημάτων
4. Θέρμανση θερμοκηπίων
5. Θέρμανση και ψύξη κτιρίων

Η ηλιακή ενέργεια είναι άφθονη και ανεξάντλητη και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την συνεχή εκμετάλλευσή της. Η εκμετάλλευσή λοιπόν της ηλιακής ενέργειας γίνεται με τα εξής συστήματα:

- α) Παθητικά ηλιακά συστήματα
- β) Ενεργητικά ηλιακά συστήματα
- γ) Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και την μεταφέρουν υπό μορφή θερμότητας σε έναν χώρο. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως και τα παθητικά, απλά μεταφέρουν την θερμότητα σε νερό, αέρα ή άλλο ρευστό. Ένα παράδειγμα ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα συλλέγουν και αυτά ηλιακή ενέργεια και την μετατρέπουν σε ηλεκτρική



Εικόνα 4: Εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας

Πλεονεκτήματα Ηλιακής ενέργειας

- Ανεξάντλητη πηγή ενέργειας
- Μη ρυπογόνος μορφή ενέργειας
- Χαμηλό κόστος συντήρησης του εξοπλισμού
- Μείωση εξόδων ηλεκτρικού ρεύματος

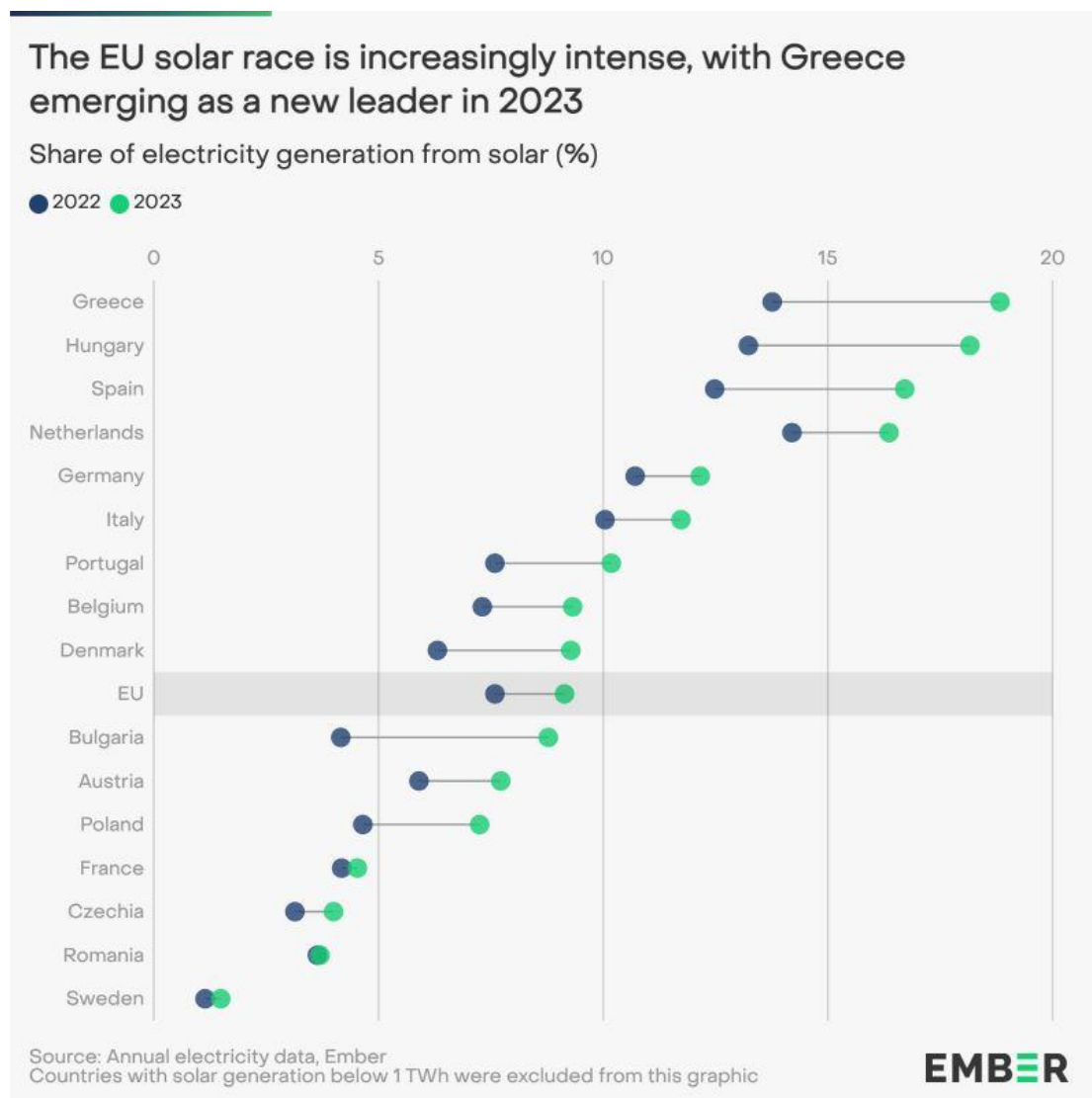
Μειονεκτήματα Ηλιακής ενέργειας

- Εξαρτάται από τον καιρό και την ηλιοφάνεια
- Μεγάλο κόστος για την εγκατάσταση των ηλιακών συστημάτων
- Απαιτείται μεγάλος χώρος για την εγκατάσταση των ηλιακών συστημάτων

Ηλιακή ενέργεια στην Ελλάδα

Η ηλιακή ενέργεια στην Ελλάδα είναι η ταχύτερα αναπτυσσόμενη πηγή ενέργειας σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Υπολογίζεται ότι το 2023 η Ελλάδα είχε το υψηλότερο ποσοστό εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής σε ποσοστό 19%.

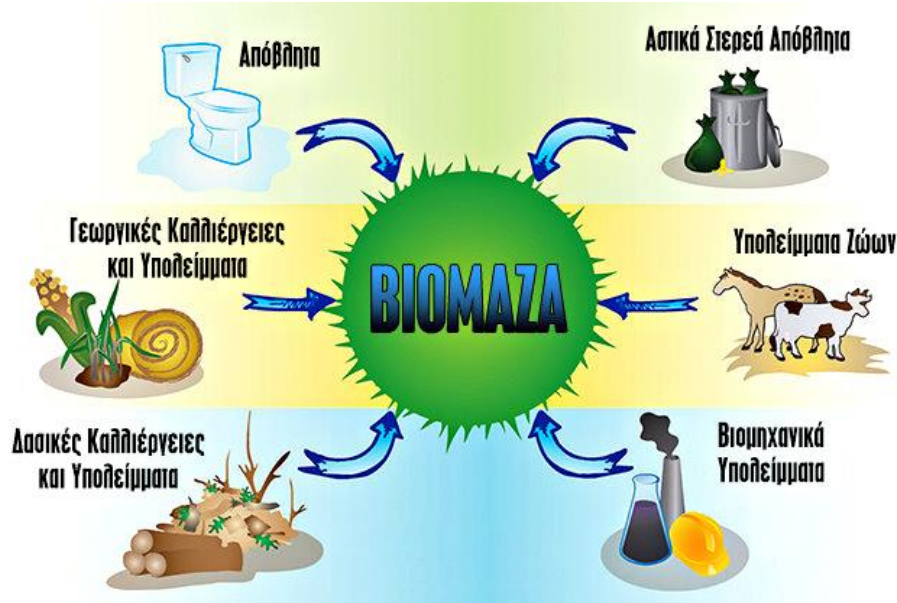
Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα η Ελλάδα είναι η πρώτη χώρα με το μεγαλύτερο ποσοστό εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας και με μεγάλη άνοδο σε σχέση με το 2022 που το ποσοστό έφτανε περίπου 14%.



Εικόνα 5: Διάγραμμα εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας στην Ευρώπη

3.2 Βιομάζα

Βιομάζα ονομάζεται το σύνολο της οργανικής ύλης που προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Συναντάται σε μεγάλες ποσότητες στην φύση και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας αλλά και για την παραγωγή καυσίμων. Ως πηγές βιομάζας θεωρούνται τα ζωικά, φυτικά αστικά υπολείμματα καθώς και τα υπολείμματα ξυλείας.

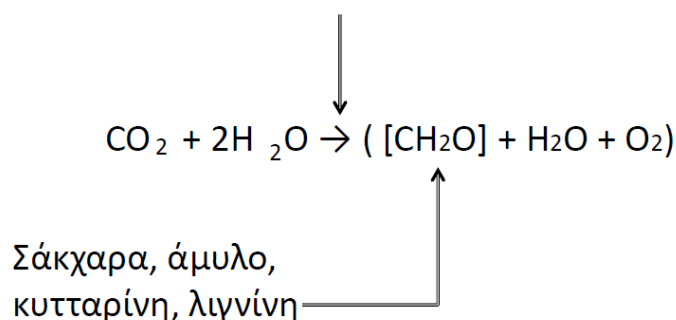


Εικόνα 6: Πηγές βιομάζας

Η βιομάζα θεωρείται η πρώτη μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος. Με την καύση των ξύλων κατάφερε να μετατρέψει την βιομάζα σε θερμική ενέργεια, κάτι που γίνεται μέχρι και σήμερα.

Οι φυτικοί οργανισμοί μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Απορροφώντας διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και του νερού και άλλων αμέταλλων συστατικών που απορροφούν από τις ρίζες και από το χώμα, τα φυτά παράγουν σάκχαρα που μετέπειτα τα χρησιμοποιούν για την ανάπτυξή τους και οξυγόνο.

Πρόελευση → ηλιακή ενέργεια μέσω της φωτοσύνθεσης :



Εικόνα 7: Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης

Οι ζωικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν αυτή την ενέργεια με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια μετά την επεξεργασία της την προσφέρει η βιομάζα με διάφορες μορφές.

Εφαρμογές Βιομάζας

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη διαφόρων ενεργειακών αναγκών και οι κύριες εφαρμογές της είναι οι εξής:

1. Θέρμανση οικιών και βιομηχανιών με την καύση της σε λέβητες
2. Παραγωγή βιοκαυσίμων όπως βιοντίζελ, βιοαιθανόλη, βιοαέριο, πελλέτς τα οποία παράγονται από την βιομάζα και λόγω της σύνθεσής τους, κατά την καύση τους, παράγουν πολύ λιγότερα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα (Co2)
3. Τηλεθέρμανση που με την χρήση της βιομάζας αλλά και με την βοήθεια ηλεκτρικών κυκλωμάτων, παρέχεται η θέρμανση χώρων αλλά και νερού
4. Θέρμανση θερμοκηπίων
5. Παραγωγή ενέργειας σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)
6. Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου και γεωργικές βιομηχανίες

Πλεονεκτήματα βιομάζας

- Πηγή σε αφθονία στην φύση
- Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Co2) αλλά και διοξειδίου του θείου (So2) στην ατμόσφαιρα, αέρια τα οποία ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και της όξινης βροχής αντίστοιχα
- Μείωση καύσης ορυκτών καυσίμων
- Ελάττωση εισαγωγής ορυκτών καυσίμων από ξένες χώρες
- Αύξηση θέσεων εργασίας σε αγροτικές περιοχές
- Ενίσχυση πράσινης ανάπτυξης

Μειονεκτήματα βιομάζας

- Εξαιτίας της μεγάλης υγρασίας, της εποχιακής παραγωγής αλλά και του μεγάλου όγκου της βιομάζας γεγονός που προκαλεί δυσκολία στην μεταφορά, αποθήκευση και επεξεργασία της
- Αυξάνεται το κόστος της εξαιτίας των παραπάνω δυσκολιών
- Απαιτείται μεγάλος χώρος για την αποθήκευσή της
- Υψηλό κόστος εξοπλισμού

Βιομάζα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η βασική χρήση της βιομάζας γίνεται με καύση υπολειμμάτων για παραγωγή θερμότητας. Παρόλα αυτά υπάρχει μεγάλο δυναμικό βιομάζας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη μεγάλου ποσοστού των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Το ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στην Ελλάδα είναι λιγότερο από

2,5%. Το δυναμικό σε γεωργικά υπολείμματα που διαθέτει η χώρα μας αντιστοιχεί με το 30-40% του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως. Υπάρχουν οι υποδομές αλλά και η πρώτη ύλη που χρειάζεται για να γίνει η σωστή και αρκετά μεγάλη εκμετάλλευση αυτής της πηγής ενέργειας προς όφελος της χώρας μας τα επόμενα χρόνια.

3.3 Γεωθερμική ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια υπό μορφή θερμότητας που βρίσκεται στο εσωτερικό της Γης και εκλύεται προς την επιφάνειά της. Αυτή η ενέργεια σχετίζεται με την ηφαιστειότητα αλλά και την τεκτονική συμπεριφορά της κάθε περιοχής. Αυτή την ενέργεια την εκμεταλλεύεται ο άνθρωπος, ανάλογα με την θερμοκρασία της, για την παραγωγή θερμικής ή ηλεκτρικής ενέργειας. Ανάλογα λοιπόν με την θερμοκρασία της χωρίζεται σε υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας. Η γεωθερμική ενέργεια υψηλής ενθαλπίας, δηλαδή μεγαλύτερη από 150°C χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέσης ενθαλπίας, δηλαδή από 80°C έως 150 °C είναι χρήσιμη για την θέρμανση ή ξήρανση ξύλων ή άλλων προϊόντων και τέλος η γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας από 25 έως 80 °C χρησιμοποιείται για την θέρμανση χώρων, κατοικιών, θερμοκηπίων, βιομηχανιών κ.α.



Εικόνα 8: Γεωθερμική ενέργεια

Εφαρμογές γεωθερμικής ενέργειας

1. Θέρμανση ή ψύξη χώρων
2. Θέρμανση θερμοκηπίων
3. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

4. Ιχθυοκαλλιέργειες
5. Βιομηχανικές εφαρμογές (αφαλάτωση νερού, επεξεργασία χαλκού)
6. Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Πλεονεκτήματα γεωθερμικής ενέργειας

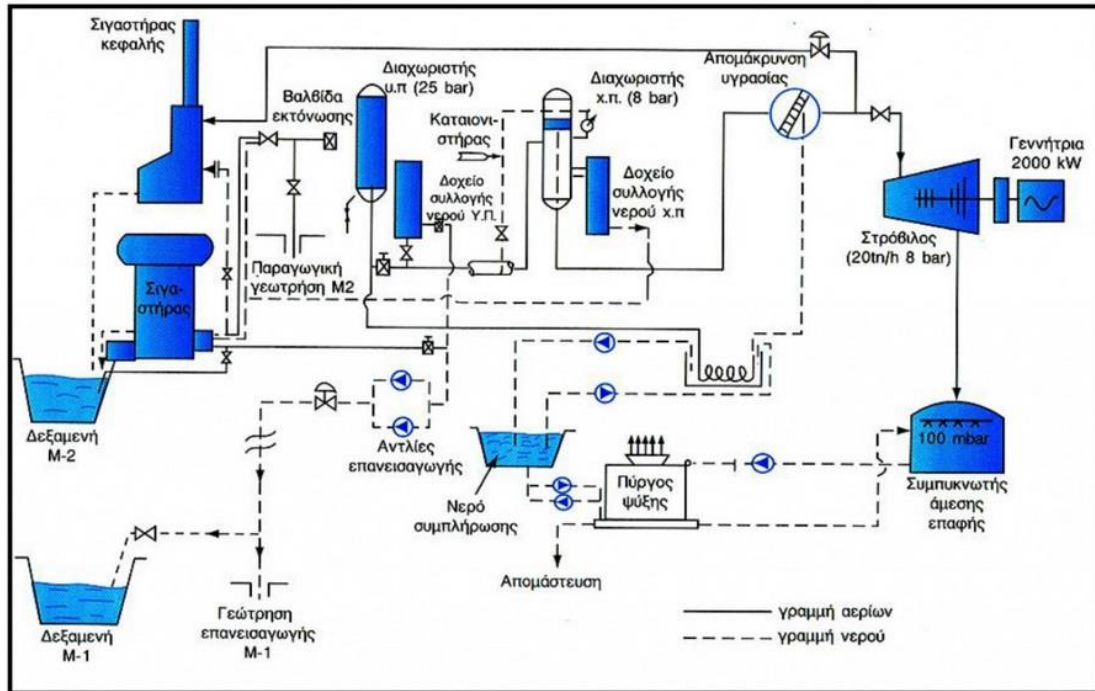
- Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αξιόπιστη και ασφαλής σε σχέση με άλλες
- Φιλική προς το περιβάλλον λόγω του μικρού αποτυπώματος διοξειδίου του άνθρακα
- Μικρό λειτουργικό κόστος
- Τοπική πηγή ενέργειας που βρίσκεται άφθονη στην Ελλάδα
- Ενεργειακή ανεξάρτησή της από την εισαγωγή ορυκτών καυσίμων από άλλες χώρες
- Δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, γεγονός που προσφέρει συνεχή παροχή ενέργειας

Μειονεκτήματα γεωθερμικής ενέργειας

- Η εκμετάλλευσή της περιορίζεται σε ένα μικρό ποσοστό γύρω στο 10%
- Ο εξοπλισμός για την εξόρυξή της είναι αυξανόμενος
- Ο εξοπλισμός εξόρυξης εγκαθίστανται σε συγκεκριμένες περιοχές και μπορεί να προκαλέσει περιβαλλοντικά προβλήματα
- Η απόδοση των εγκαταστάσεων δεν είναι πάντα υψηλή

Γεωθερμική ενέργεια στην Ελλάδα

Η Ελλάδα εξαιτίας της θέσης της και των χαρακτηριστικών της είναι μια χώρα με μεγάλο δυναμικό γεωθερμίας. Μεγάλες ποσότητες γεωθερμικής ενέργειας παρατηρούνται κυρίως στα νησιά του Αιγαίου, την Μακεδονία και την Θράκη. Στην Μήλο για παράδειγμα έχουν εντοπιστεί μεγάλες ποσότητες γεωθερμικής ενέργειας υψηλής θερμοκρασίας, που θα μπορούσαν να καλύψουν μεγάλο μέρος της ηλεκτροπαραγωγής, και έχουν γίνει πολλές έρευνες.



Εικόνα 9: Γεωθερμοηλεκτρικός σταθμός της ΔΕΗ στην Μήλο

3.4 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται από τον άνεμο. Στην Ελλάδα η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο από τα αρχαία χρόνια, γι' αυτό πήρε και το όνομά της από τον Αίολο τον Θεό του ανέμου σύμφωνα με την μυθολογία. Η πρώτη χρήση της αιολικής ενέργειας ήταν στα ιστία, δηλαδή στα πανιά των καραβιών που εκμεταλλεύονταν τον άνεμο για να κινηθούν. Μετέπειτα ανακαλύφθηκαν οι ανεμόμυλοι και οι νερόμυλοι οι οποίοι μετέτρεπαν την αιολική ενέργεια σε μηχανική.

Η αιολική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία παράγεται έμμεσα από την ηλιακή ενέργεια και την περιστροφή της Γης. Εξαιτίας της ανομοιόμορφης θέρμανσης της Γης δημιουργείται μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από την μια περιοχή στην άλλη και έτσι δημιουργούνται οι άνεμοι.

Εφαρμογές αιολικής ενέργειας

1. Ηλεκτροδότηση κατοικιών
2. Φόρτιση μπαταριών
3. Τροφοδοσία ρεύματος σε πινακίδες
4. Βοηθητική ενέργεια σε σκάφη

Πλεονεκτήματα αιολικής ενέργειας

- Η παραγωγή της δεν εκλύει αέρια του θερμοκηπίου γεγονός που την καθιστά φιλική προς το περιβάλλον

- Είναι ανεξάντλητη πηγή που υπάρχει σε αφθονία στην χώρα μας
- Παρουσιάζει μεγάλα οικονομικά οφέλη αφού δεν παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων
- Σε συνδυασμό με άλλα συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εξ ολοκλήρου ηλεκτρισμό μια απομονωμένης περιοχής
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας

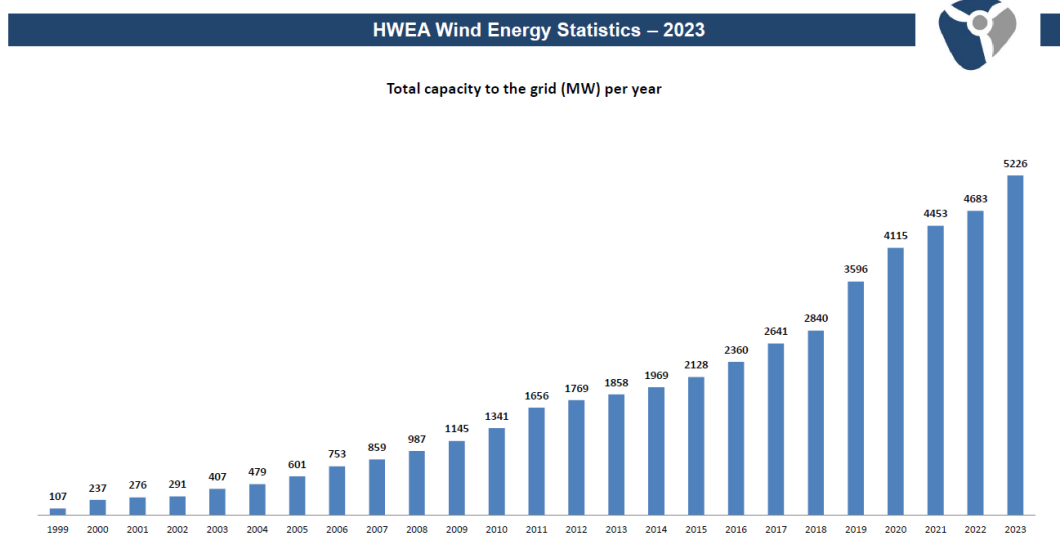
Μειονεκτήματα αιολικής ενέργειας

- Το αρχικό κόστος για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι αρκετά υψηλό
- Διακεκομμένη παραγωγή ενέργειας εξαιτίας του μειωμένου ή αυξημένου ανέμου
- Ανησυχία για θόρυβο που μπορεί να προκαλέσουν οι ανεμογεννήτριες
- Η εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας γίνεται σε απομακρυσμένες περιοχές εκτός πόλεων
- Απαιτούνται υψηλές τάσεις για την διανομή του ηλεκτρισμού

Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με τεράστιο αιολικό δυναμικό. Το 2020 η αιολική ισχύς στην χώρα μας ξεπέρασε τα 4.000 MW. Επιπλέον καταγράφηκε ρεκόρ ωριαίας διείσδυσης αιολικής ισχύος 68,8%. Συνδέθηκαν 200 ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 517,5MW γεγονός που αποτελεί αύξηση 14,4% σε σχέση με το 2019.

Παρακάτω βλέπουμε ένα διάγραμμα που απεικονίζει την στατιστική της αιολικής ενέργειας στην χώρα μας τα τελευταία χρόνια. Όπως είναι εμφανές ολοένα και αυξάνεται, γεγονός τεράστιας σημασίας για την βιώσιμη ανάπτυξη, την μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την εξασφάλιση περισσότερων ενεργειακών πόρων.



Εικόνα 10: Διάγραμμα αιολικής ισχύος στην Ελλάδα

3.5 Ενέργεια των ωκεανών

Ωκεάνια ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία παράγεται από τους ωκεανούς εξαιτίας της περιστροφής των μορίων του νερού. Είναι μια πηγή ενέργειας που θα μπορούσε να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών αφού υπολογίζεται ότι το 70% της Γης καλύπτεται από ωκεανούς.

Η ωκεάνια ενέργεια παράγεται με τους εξής τρόπους:

α) Ενέργεια κυμάτων

Η κυματική ενέργεια αξιοποιεί τα κύματα τόσο της επιφάνειας όσο και των κατώτερων στρωμάτων των ωκεανών με σκοπό την μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα παράδειγμα είναι ότι τα κύματα των ωκεανών μπορούν να θέσουν σε λειτουργία μια τουρμπίνα προκαλώντας σε μια γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Τέτοιου είδους εγκαταστάσεις μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε στον ωκεανό.

β) Ενέργεια παλίρροιας

Η διαφορά στην στάθμη του νερού από την παλίρροια και την άμπωτη δημιουργεί την παλιρροιακή ενέργεια η οποία μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμη με τρεις τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι η κατασκευή φραγμάτων έτσι ώστε να λειτουργούν ως δεξαμενή για το νερό, ο δεύτερος είναι η κατασκευή γεννητριών ρεύματος και ο τρίτος είναι η κατασκευή παλιρροιακής λιμνοθάλασσας η οποία διαφέρει από τα φράγματα και είναι πιο φιλική για το περιβάλλον.

γ) Θερμική ενέργεια από τα θαλάσσια κύματα

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια που θερμαίνει τα νερά αλλά και από την γεωθερμία, δηλαδή την θερμότητα που υπάρχει στο εσωτερικό της Γης.

Εφαρμογές ωκεάνιας ενέργειας

1. Ηλεκτροπαραγωγή
2. Παραγωγή καυσίμων
3. Αφαλάτωση νερού για βιομηχανίες
4. Κλιματισμό κτιρίων

Πλεονεκτήματα ωκεάνιας ενέργειας

- Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που υπάρχει σε αφθονία
- Δεν προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον
- Οι εγκαταστάσεις δεν είναι κοστοβόρες
- Δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας

Μειονεκτήματα ωκεάνιας ενέργειας

- Η κατασκευή φραγμάτων μπορεί να προκαλέσει περιβαλλοντικά προβλήματα
- Το κόστος μεταφοράς αυτής της ενέργειας στην στεριά είναι μεγάλο

- Κίνδυνος ηχορύπανσης και καταστροφής της φυσικής εικόνας των τοπίων

Ωκεάνια ενέργεια στην Ελλάδα

Αυτή η πηγή ενέργειας είναι ακόμα σε πρώιμο επίπεδο καθώς ακόμα γίνονται μελέτες για την εκμετάλλευσή της. Έρευνες έχουν δείξει ότι έως το 2050 θα υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής 100GW με αποτέλεσμα να καλυφθεί το 10% της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι θα καλυφθούν οι ανάγκες 94 εκατομμυρίων νοικοκυριών γεγονός πολύ αισιόδοξο για το μέλλον.

Η Ελλάδα συγκεκριμένα είναι η χώρα με την μεγαλύτερη ακτογραμμή στην Ευρώπη, η οποία λόγω της θέσης της θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει αυτή την μορφή ενέργειας σε μεγαλύτερο ποσοστό για την κάλυψη μεγαλύτερου μέρους των ενεργειακών της αναγκών. Υπολογίζεται ότι ετησίως θα μπορούσε να γίνει παραγωγή 208 Μεγαβατώραν (MWh) για βάθη έως 100 μέτρα, 952 MWh στα 6 χιλιόμετρα και 4.638 στα 10 χιλιόμετρα.

3.6 Υδραυλική ενέργεια-Υδροηλεκτρική

Το νερό όταν βρίσκεται σε κάποιο υψόμετρο έχει δυναμική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε κινητική με την ροή του νερού και στην συνέχεια με την βοήθεια υδροηλεκτρικών εφαρμογών και εγκαταστάσεων παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μικρής και μεγάλης κλίμακας. Τα υδροηλεκτρικά έργα μεγάλης κλίμακας, όπως ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, απαιτούν την δημιουργία φραγμάτων γεγονός που επιφέρει περιβαλλοντικά προβλήματα, ενώ εκείνα της μικρής κλίμακας, όπως οι υδραυλικές τουρμπίνες όπου η ροή νερού καθώς εισάγεται στο εσωτερικό τους προκαλεί την κίνηση των αξόνων και κατά συνέπεια την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια.



Εικόνα 11: Υδροηλεκτρική εγκατάσταση

Εφαρμογές υδραυλικής ενέργειας

1. Ηλεκτροπαραγωγή
2. Άρδευση
3. Θέρμανση και ψύξη κατοικιών

Πλεονεκτήματα υδραυλικής ενέργειας

- Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας
- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μπορούν να τεθούν σε άμεση λειτουργία
- Είναι μια αξιόπιστη και συνεχής πηγή ενέργειας
- Μπορεί να καλύψει κι άλλες ανάγκες όπως ύδρευση, άρδευση περιοχών αναψυχής
- Αντιπλημμυρική ικανότητα

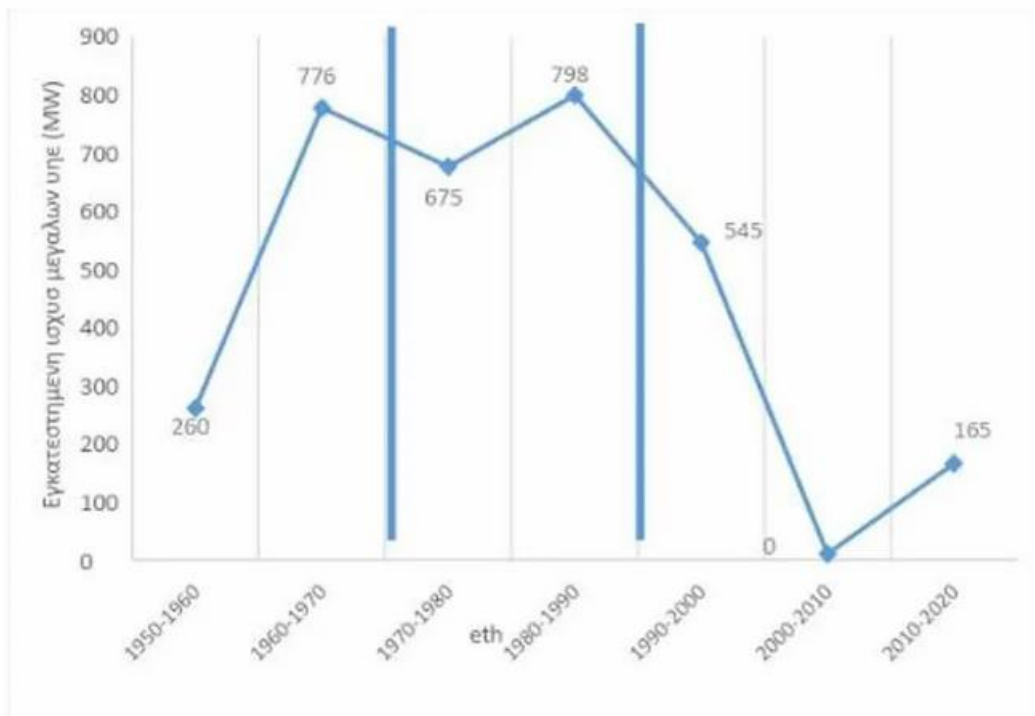
Μειονεκτήματα υδραυλικής ενέργειας

- Υψηλό κόστος εγκατάστασης και κατασκευής φραγμάτων
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον

Υδραυλική ενέργεια στην Ελλάδα

Η υδραυλική ενέργεια σύμφωνα με έρευνες παρουσιάζει πολλαπλά οφέλη στην χρήση της, με 1360GW παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος και 4250TWh παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2021. Στην Ευρώπη η εγκατεστημένη ισχύς φτάνει 25GW με ετήσια παραγωγή ενέργειας 620TWh το 2021. Παρόλα αυτά στην Ελλάδα ενώ υπάρχουν πολλά φράγματα η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας καλύπτει μόνο το 9% των ενεργειακών αναγκών σε ηλεκτρισμό της χώρας και χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική πηγή σε συνδυασμό με άλλες.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικών έργων στην Ελλάδα και παρατηρείται κορύφωση την δεκαετία 1980-1990 και στην συνέχεια μείωση των έργων την αμέσως επόμενη δεκαετία μέχρι και σήμερα. Λόγω προβλημάτων και αστοχιών προήλθε αυτή η πτώση και μη εκμετάλλευση αυτής της πηγής ενέργειας και το τελευταίο μεγάλο έργο σημειώθηκε το 2013 στην Ελλάδα.



Εικόνα 12: Εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικών έργων στην Ελλάδα

4 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Η ανακάλυψη του φωτοβολταϊκού φαινομένου υπολογίζεται το 1839 από τον Alexandre Edmond Becquerel στην Γαλλία ενώ το πρώτο φωτοβολταϊκό κύτταρο (ΦΒ) ανακαλύφθηκε το 1877. Το 1941 δημιουργήθηκε το πρώτο ΦΒ κύτταρο από πυρίτιο ενώ από γερμάνιο το

1951. Το 1955 έγινε η πρώτη βιομηχανική παραγωγή ΦΒ, ενώ μεγάλη πρόοδος στον τομέα σημειώθηκε το 1970 που ξεκίνησε και επίσημα η εποχή των ΦΒ, χρησιμοποιώντας ΦΒ σε αεροπλάνα (1981) αλλά και σε αυτοκίνητα PV (1982). Η απόδοση των ΦΒ συστημάτων ολοένα και αυξανόταν με την απόδοση να φτάνει στο 20% το 1985. Με την πάροδο του χρόνου και την μεγάλη εξέλιξη της τεχνολογίας την δεκαετία του '90 σημειώθηκε ραγδαία αύξηση της παραγωγής ΦΒ, φτάνοντας το 2015 να παρατηρείται παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς σε ΦΒ περίπου 229,300 MW.

4.1 Ημιαγωγοί

Ημιαγωγοί είναι τα στοιχεία που συμπεριφέρονται είτε ως αγωγοί είτε ως μονωτές ανάλογα με τις συνθήκες. Τα άτομα ενός ημιαγωγού σχηματίζουν ομοιοπολικούς δεσμούς. Παραδείγματα ημιαγωγών είναι το πυρίτιο (Si), το γερμάνιο (Ge), το αρσενικούχο γάλλιο (GaAs), το φωσφορούχο γάλλιο (GaP), το θειούχο κάδμιο (CdS), το αντιμούχο ίνδιο (InSb) και ο τελλουριούχος ψευδάργυρος (ZnTe).

Πυρίτιο

Ένας από τους πιο γνωστούς ημιαγωγούς είναι το πυρίτιο που βρίσκεται στην 14 ομάδα του Π.Π. και έχει 4 ηλεκτρόνια σθένους στην εξωτερική στοιβάδα. Σκοπός όλων των ατόμων είναι η απόκτηση 8 ηλεκτρονίων στην στιβάδα σθένους για να έχουν την δομή ευγενούς αερίου και να είναι σταθερά.

Το πυρίτιο στην θεμελιώδη κατάσταση είναι σταθερό, αφού δεν έχει ελεύθερα ηλεκτρόνια και συμπεριφέρεται ως μονωτής. Αν όμως υπάρξει κάποια μεταβολή στην ενεργειακή του κατάσταση, μέσω ακτινοβολίας ή θέρμανσης, τότε ηλεκτρόνια απομακρύνονται από τους δεσμούς κινούμενα άτακτα, δημιουργώντας κενά (οπές). Εάν στο πυρίτιο προστεθούν κάποια άτομα προσμίξεων της 5^{ης} ομάδας του Π.Π. τότε δημιουργείται πυρίτιο τύπου n ενώ αν προστεθούν άτομα προσμίξεων της 3^{ης} ομάδας του Π.Π. τότε δημιουργείται πυρίτιο τύπου p.

4.1.1 Ενδογενείς Ημιαγωγοί

Οι ημιαγωγοί σχηματίζουν ομοιοπολικούς δεσμούς άρα κρυστάλλους. Τα άτομα αυτών των κρυστάλλων σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ταλαντώνονται γύρω από την θέση ισορροπίας τους. Αν η θερμοκρασία αυξηθεί αυτές οι ταλαντώσεις αυξάνονται με αποτέλεσμα οι δεσμοί να σπάνε και ηλεκτρόνια να έχουν την δυνατότητα να απομακρύνονται αφού έχουν αποκτήσει μεγάλη ενέργεια εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας. Όταν ένα ηλεκτρόνιο απομακρύνεται αφήνει μια κενή θέση στην εξωτερική στοιβάδα που ονομάζεται «οπή». Αυτή η οπή θεωρείται θετικά φορτισμένη, κινείται ελεύθερα και μπορεί να έλξει κάποιο ηλεκτρόνιο εξωτερικής στοιβάδας γειτονικού ατόμου. Όταν ο ημιαγωγός αποκτήσει κάποιο ηλεκτρικό πεδίο τότε οι οπές κινούνται σε αντίθετη κατεύθυνση από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια δημιουργώντας έτσι ροή ηλεκτρικού ρεύματος.

4.1.2 Εξωγενείς Ημιαγωγοί

Ημιαγωγοί τύπου n

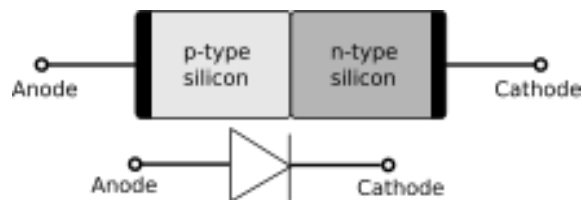
Οι ημιαγωγοί τύπου n σχηματίζονται όταν σε έναν ημιαγωγό προστεθεί πολύ μικρή ποσότητα ενός στοιχείου της πέμπτης ομάδας του περιοδικού πίνακα. «Τα άτομα της πρόσμιξης ενσωματώνονται στην κρυσταλλική δομή του ημιαγωγού, καταλαμβάνοντας θέσεις των ατόμων του και σχηματίζουν ομοιοπολικούς δεσμούς με τα γειτονικά». Επειδή αυτά τα στοιχεία έχουν 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στοιβάδα, χρησιμοποιούν τα τέσσερα για τον σχηματισμό ομοιοπολικών δεσμών και το 1 παραμένει ελεύθερο γύρω από τον πυρήνα.

Ημιαγωγοί τύπου p

Οι ημιαγωγοί τύπου p σχηματίζονται όταν σε έναν ημιαγωγό προστεθεί μικρή ποσότητα ενός στοιχείου της τρίτης ομάδας του περιοδικού πίνακα. Τα στοιχεία αυτής της ομάδας έχουν τρία ηλεκτρόνια σθένους και τα χρησιμοποιούν όλα για την δημιουργία ομοιοπολικών δεσμών.

4.1.3 Δίοδος P-N

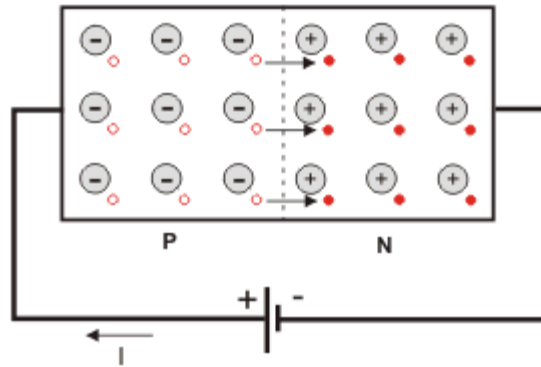
Όταν έρθουν σε επαφή δύο τμήματα, το ένα τύπου n και το άλλο τύπου p, παρατηρούμε ότι ηλεκτρόνια μετακινούνται από τον ημιαγωγό τύπου n στον τύπου p και οπές μετακινούνται από τον ημιαγωγό τύπου p στον τύπου n και έτσι δημιουργείται μια επαφή p-n. Η δίοδος p-n δημιουργείται με την σύνδεση των δύο τμημάτων p και n με μεταλλικές επαφές. Έτσι δημιουργείται η άνοδος (A) και η κάθοδος (K) της διόδου.



Εικόνα 13: Δίοδος p-n

Ορθή πόλωση διόδου

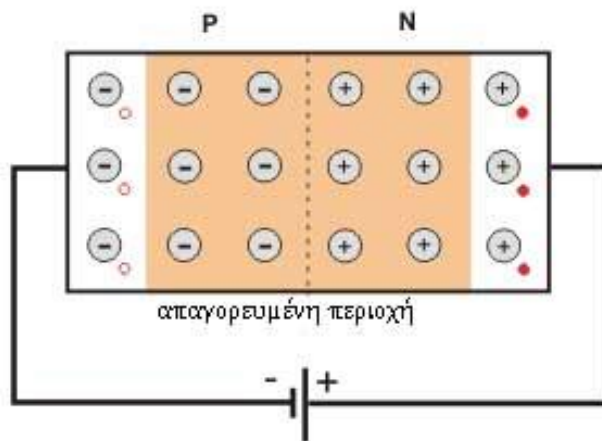
Όταν ο θετικός πόλος της πηγής συνδέεται στην άνοδο (τύπου p) και ο αρνητικός πόλος της πηγής στην κάθοδο (τύπου n) της διόδου, τότε έχουμε ορθή πόλωση και η δίοδος διαρρέεται από ρεύμα ορθής φοράς.



Εικόνα 14: Ορθή πόλωση διόδου

Ανάστροφη πόλωση διόδου

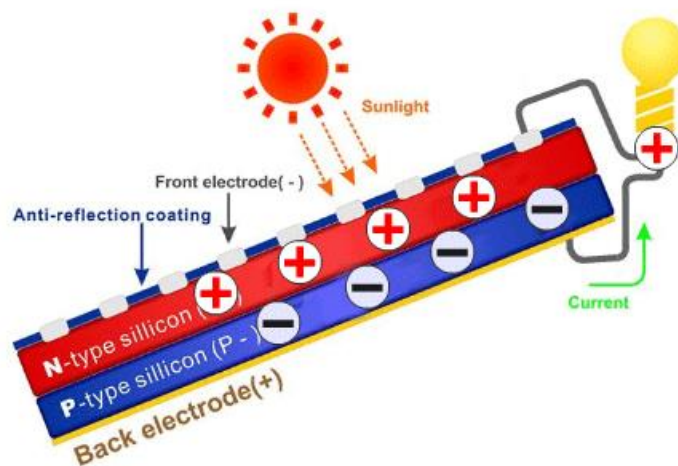
Όταν ο θετικός πόλος της πηγής συνδέεται στην κάθοδο (τύπου n) και ο αρνητικός πόλος της πηγής στην άνοδο (τύπου p) της διόδου, τότε έχουμε ανάστροφη πόλωση και η διόδος διαρρέεται από ανάστροφο ρεύμα.



Εικόνα 15: Ανάστροφη πόλωση διόδου

4.2 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο παρατηρείται κατά την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με την βοήθεια των ηλιακών κυψελών, οι οποίες αποτελούνται από ημιαγωγούς τύπου n και τύπου p που αν συνδεθούν σχηματίζουν μια ένωση p-n. Στην πλευρά τύπου n υπάρχει περίσσεια ηλεκτρονίων ενώ στην πλευρά τύπου p υπάρχει περίσσεια οπών. Έτσι ηλεκτρόνια κινούνται προς την θετική πλευρά p και οπές κινούνται προς την αρνητική πλευρά n δημιουργώντας μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό συμβαίνει αν η ενέργεια των φωτονίων που προσπίπτει στην ηλιακή κυψέλη είναι μεγαλύτερη ίση από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού. Αν η ενέργεια των φωτονίων είναι μικρότερη, τότε η κυψέλη λειτουργεί σαν μια διάφανη επιφάνεια και η ακτινοβολία διαπερνά το ημιαγωγικό υλικό και απορροφάται από την πίσω όψη του και τον θερμαίνει, ενώ τα φωτόνια που απορρίπτονται δημιουργούν ζεύγη ηλεκτρονίων.



Εικόνα 16: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

4.3 Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Τα ΦΒ στοιχεία χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, εκείνα του πυριτίου και εκείνα του λεπτού υμενίου.

4.3.1 Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων

1. Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου

α) Μονοκρυσταλλικού πυριτίου

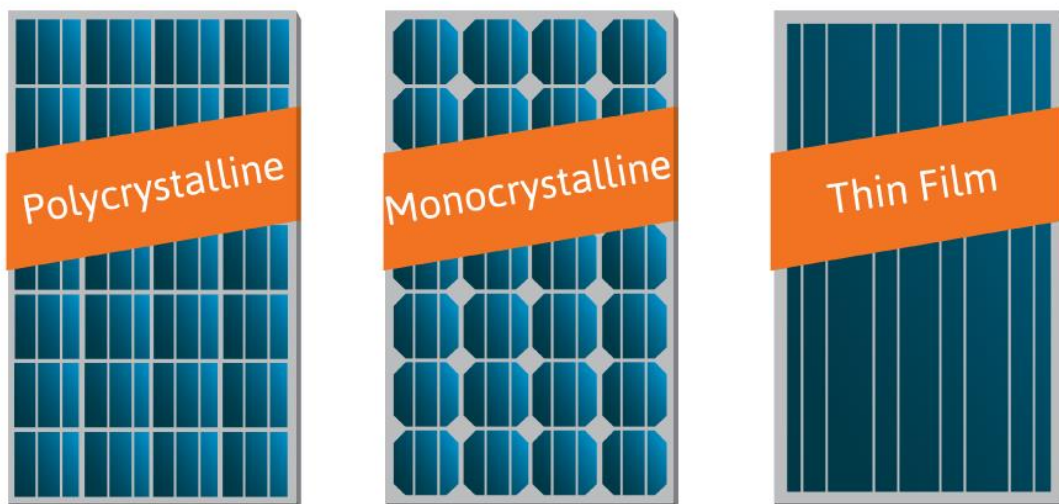
Τα συγκεκριμένα ΦΒ κατασκευάζονται από κρυστάλλους πυριτίου με πάχος 0,3 χιλιοστά. Βρίσκονται σε υψηλές θέσεις αποδοτικότητας με το ποσοστό να φθάνει το 15%. Παρόλα αυτά, ο τρόπος κατασκευής τους είναι περίπλοκος με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος παραγωγής τους και κατά συνέπεια και το κόστος πώλησής τους.

β) Πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Τα παραπάνω ΦΒ κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλομένου πυριτίου και το πάχος τους είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Ο τρόπος κατασκευής τους είναι πιο απλός από των μονοκρυσταλλικών με αποτέλεσμα να είναι και πιο οικονομικά στην αγορά. Επιπλέον, παρουσιάζουν μικρότερο βαθμό απόδοσης, περίπου 12%.

γ) Ταινία πυριτίου

Αυτό το είδος ΦΒ βασίζεται σε μια νέα τεχνολογία που μειώνει κατά 50% την χρήση του πυριτίου, γεγονός που συμβάλλει στην μείωση του κόστους παραγωγής. Επίσης, το πάχος τους είναι μικρότερο από 0,3 χιλιοστά και η απόδοσή τους υπολογίζεται περίπου 13-15%.



Εικόνα 17: Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου

2. Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτού υμενίου

α) Άμορφου πυριτίου

Τα ΦΒ κατασκευάζονται με την εναπόθεση ημιαγωγικού υλικού πάνω σε υποστρώματα υποστήριξης, όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Το κόστος τους είναι αρκετά χαμηλότερο σε σχέση με άλλα και η απόδοσή τους πολύ μικρότερη αγγίζοντας το 6-8%.

β) Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός

Ο δισεληνοϊνδιούχος χαλκός έχει μεγάλη απορροφητικότητα φωτός, όμως η απόδοσή του κυμαίνεται στο 11%. Ένα επιπλέον πρόβλημα είναι ότι το ίνδιο δεν υπάρχει άφθονο στην φύση, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής μεγάλου όγκου ΦΒ.

γ) Τελουριούχο κάδμιο

Το τελουριούχο κάδμιο έχει και αυτό μεγάλη απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας και η απόδοσή του υπολογίζεται 6-8%. Μελλοντικά το κόστος του αναμένεται να μειωθεί αρκετά. Τροχοπέδη αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο, σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες, είναι καρκινογόνο και η εκτεταμένη χρήση του εγείρει προβληματισμούς στην επιστήμη για τυχόν επιβαρύνσεις στην υγείας των ανθρώπων.

δ) Αρσενικούχο γάλλιο

Το συγκεκριμένο υλικό είναι ένα από τα αποδοτικότερα με ποσοστό απόδοσης 29%. Αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες και ενδείκνυται για χρήση σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων αλλά και για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημά του είναι το υψηλό του κόστος.

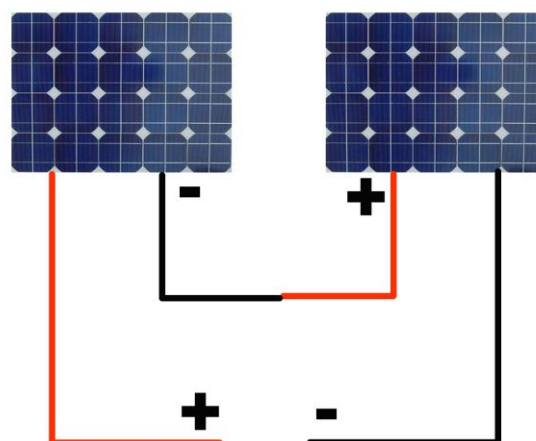
3. Υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία

Τα υβριδικά ΦΒ στοιχεία αποτελούνται από στρώσεις υλικών. Τα πιο γνωστά είναι αυτά που αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου και ενδιάμεσα από μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και σε έντονη ηλιακή ακτινοβολία και ο βαθμός απόδοσής τους φτάνει το 19,7%. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτονομία μια οικίας αλλά λόγω του υψηλού βαθμού απόδοσης αλλά και της κατασκευής τους, το κόστος τους είναι υψηλότερο σε σύγκριση με άλλα.

4.3.2 Σύνδεση φωτοβολταϊκών στοιχείων

Σύνδεση σε σειρά

Με την εν σειρά σύνδεση των ΦΒ στοιχείων επιτυγχάνεται η αύξηση της τάσης ενώ η ένταση παραμένει σταθερή. Με αυτή την συνδεσμολογία, συνδέοντας δηλαδή τους θετικούς πόλους των ΦΒ με τους αρνητικούς πόλους των επόμενων, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος.



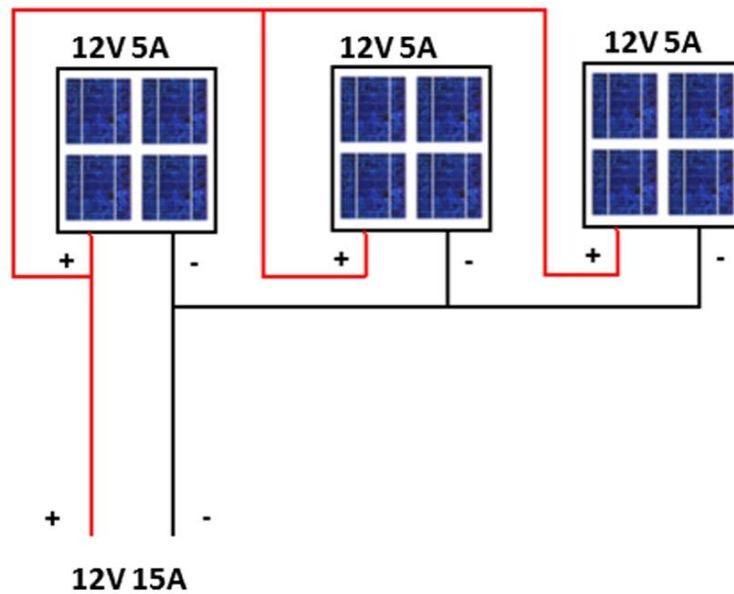
συνδεσμολογία σε σειρά

Εικόνα 18: Σύνδεση ΦΒ στοιχείων σε σειρά

Σύνδεση παράλληλα

Με αυτόν τον τρόπο σύνδεσης ΦΒ στοιχείων η ένταση του συστήματος αυξάνεται ενώ η τάση παραμένει σταθερή. Με την παράλληλη συνδεσμολογία, συνδέοντας δηλαδή τους θετικούς πόλους με τους θετικούς των επόμενων και τους αρνητικούς πόλους με τους αρνητικούς των επόμενων, επιτυγχάνεται αύξηση της ισχύος του συστήματος.

Παράλληλη σύνδεση φωτοβολταϊκών

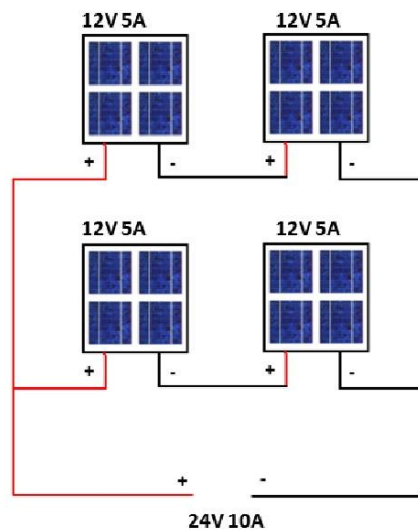


Εικόνα 19: Παράλληλη σύνδεση ΦΒ στοιχείων

Μικτή σύνδεση

Μικτή σύνδεση είναι ο συνδυασμός των άλλων δύο συνδεσμολογιών με στόχο την αύξηση της έντασης και της τάσης, γεγονός που δεν έχουν την δυνατότητα να επιτελέσουν τα φωτοβολταϊκά χωρίς αυτή την συνδεσμολογία. Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται αν συνδεθούν τα αρχικά στοιχεία σε σειρά, τα οποία καθορίζουν την τάση, και αυτά με την σειρά τους συνδεθούν παράλληλα, τα οποία θα καθορίσουν την ένταση.

Εν σειρά και παράλληλη σύνδεση φωτοβολταϊκών



Συνδυασμός παράλληλου και εν σειρά τρόπου συνδεσμολογίας φωτοβολταϊκών πάνελ

Εικόνα 20: Μικτή σύνδεση ΦΒ στοιχείων

4.3.3 Κλίση και στήριξη φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τόσο η κλίση όσο και ο προσανατολισμός των ΦΒ στοιχείων είναι πολύ σημαντικός για την μέγιστη απόδοσή τους. Στον Ελλαδικό χώρο ο πιο αποδοτικός τρόπος τοποθέτησης των πάνελ είναι με κλίση περίπου 30 μοιρών και νότιο προσανατολισμό.

Επιπλέον υπάρχουν διάφοροι τρόποι στήριξης και τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών. Μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν στο έδαφος με μεταλλικές κατασκευές που αποτελούν τις βάσεις στήριξης, έτσι ώστε να έχουν την κατάλληλη κλίση για την απορρόφηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου ποσοστού ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και μεγάλη αντοχή στους ανέμους και την διάβρωση. Υπάρχει η δυνατότητα να εγκατασταθούν σε κεραμοσκεπές, αλλιώς σε ταράτσες ή δώματα με βάσεις αλουμινίου. Για την εγκατάσταση σε κεραμοσκεπή θα πρέπει να γίνει συγκεκριμένη διαδικασία έτσι ώστε να μετακινηθούν κάποια κεραμίδια με σκοπό να στηριχθούν τα πάνελ στα δοκάρια του κτιρίου με ειδικά εξαρτήματα. Για την εγκατάσταση σε ταράτσα χρειάζεται άνοιγμα οπών και τοποθέτηση σε αυτές ούπα και στην συνέχεια η συναρμολόγηση της κατασκευής για την τοποθέτηση των πάνελ ενώ η εγκατάσταση στο έδαφος γίνεται με τρεις τρόπους, με πασσαλόμπηξη, με θεμελίωση ή πάνω σε tracker.

4.4 Φωτοβολταϊκά συστήματα

4.4.1 Φωτοβολταϊκή συστοιχία

- Φωτοβολταϊκές κυψέλες

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες αποτελούνται από ημιαγώγιμα υλικά και μετατρέπουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική. Συνδέονται είτε σε σειρά είτε παράλληλα με σκοπό να παράγουν την μεγαλύτερη δυνατή ισχύς. Σύμφωνα με μελέτες, μία κυψέλη παράγει περίπου 1,5 Watt στα 0,5V.

- Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από κυψέλες και μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Διαθέτει γυάλινο περίβλημα για να προστατεύεται από τις καιρικές συνθήκες, ειδικό κάλυμμα στο πίσω μέρος καθώς και ένα ειδικό υλικό για την ενθυλάκωση των ΦΒ.

- Φωτοβολταϊκό πάνελ

Το φωτοβολταϊκό πάνελ είναι μια ενιαία κατασκευή ΦΒ πλαισίων.

- Φωτοβολταϊκή συστοιχία

Η φωτοβολταϊκή συστοιχία αποτελείται από πολλά φωτοβολταϊκά πάνελ τοποθετημένα σε μια κατασκευή



Εικόνα 21: Παράδειγμα φωτοβολταϊκής συστοιχίας

4.4.2 Φωτοβολταϊκό σύστημα

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ηλιακές κυψέλες και με την βοήθεια συσκευών και ηλεκτρικών διατάξεων μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα αυτόνομα ΦΒ συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια, την οποία την αποθηκεύουν σε μπαταρίες. Το σύστημα αυτό αποτελείται από το ΦΒ πάνελ, τις μπαταρίες, τον ρυθμιστή φόρτισης, τον μετατροπέα τάσης και το σύστημα παρακολούθησης. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε απομονωμένες περιοχές που η σύνδεση με τα δίκτυα είναι ανέφικτη και κοστοβόρα. Με αυτό τον τρόπο, τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια αποθηκεύονται σε μπαταρίες για τις περιόδους της ημέρας που δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία.

2. Διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα

Αυτά τα ΦΒ συστήματα προορίζονται για περιοχές που υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο. Είναι συνδεδεμένα παράλληλα με το ηλεκτρικό δίκτυο και ο τρόπος λειτουργίας αυτών των συστημάτων είναι ο εξής: η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια μεταφέρεται στο δίκτυο σύνδεσης. Από την άλλη πλευρά, αν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών τότε το δίκτυο προσφέρει ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη αυτών.

3. Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα αυτόνομα ΦΒ συστήματα τα οποία συνδυάζουν και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής, ονομάζονται υβριδικά. Τέτοια παραδείγματα άλλων πηγών είναι οι ανεμογεννήτριες.

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων

Το βασικό πλεονέκτημα στην χρήση των ΦΒ συστημάτων είναι η χρήση της ηλιακής ενέργειας η οποία είναι ανανεώσιμη και μη ρυπογόνος για το περιβάλλον, αφού δεν παράγει επιβλαβή αέρια. Επιπλέον το κόστος συντήρησης των συστημάτων είναι πολύ μικρό και η διάρκεια ζωής τους μεγάλη καθώς και η εγκατάστασή τους αρκετά εύκολη. Επίσης γίνεται εξοικονόμηση χρημάτων καθώς τις ημέρες με ηλιοφάνεια δεν είναι απαραίτητη η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος από τα δίκτυα.

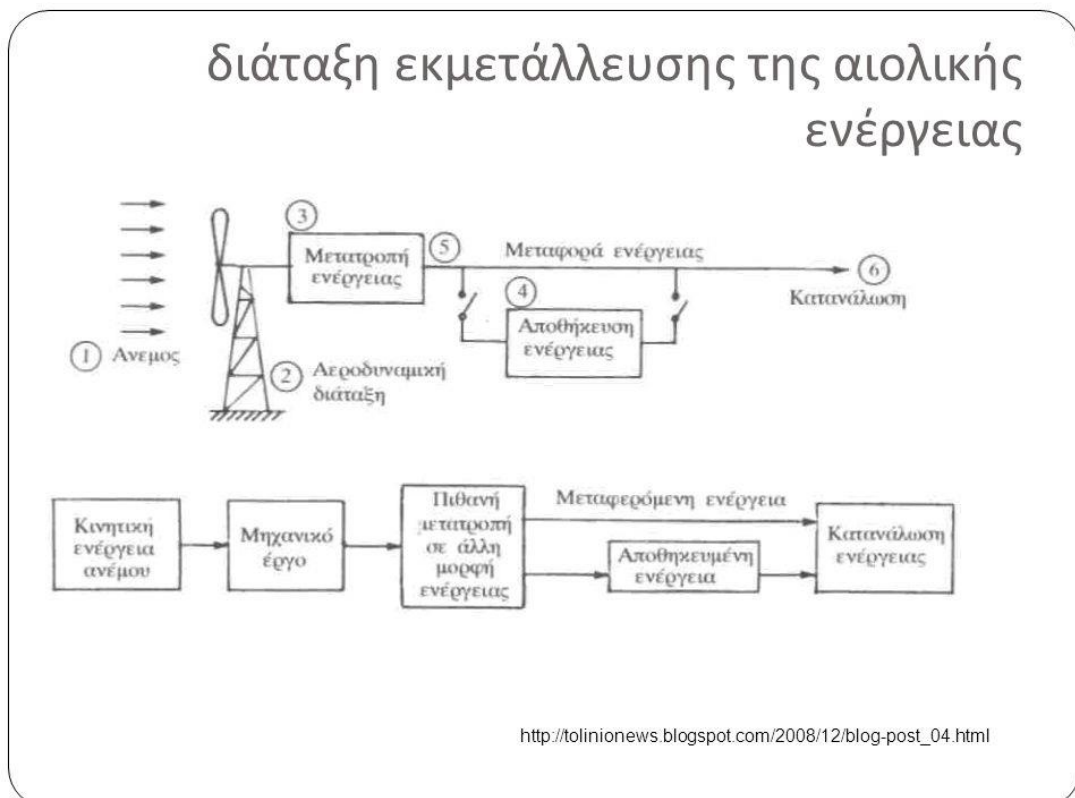
Παρόλα αυτά ένα από τα βασικά τους μειονεκτήματα είναι ότι εξαρτώνται από τα καιρικά φαινόμενα, καθώς τις ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια δεν παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Επιπρόσθετα, το κόστος αγοράς των συγκεκριμένων συστημάτων είναι ακόμα αρκετά υψηλό. Τέλος καταλαμβάνουν πολύ χώρο για να εγκατασταθούν και δεν έχουν όλα τον ίδιο βαθμό απόδοσης.

5 Ανεμογεννήτριες

Ανεμογεννήτριες ονομάζονται τα μηχανήματα τα οποία μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Η πρώτη χρήση της αιολικής ενέργειας έγινε κατά την διάρκεια του 1^{ου} αιώνα μ.Χ., με την χρήση τροχού που κινούνταν από τον άνεμο για να λειτουργήσει μια μηχανή, στην Αλεξάνδρεια. Οι πρώτοι ανεμόμυλοι εμφανίστηκαν τον 13^ο αιώνα μ.Χ. ενώ οι πρώτες ανεμογεννήτριες δημιουργήθηκαν το 1887 στην Σκωτία.

Στην σύγχρονη εποχή οι ανεμογεννήτριες και η χρήση της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη. Όλο και περισσότερες ανεμογεννήτριες εγκαθίστανται στον Ελλαδικό χώρο, παρατηρείται πληθώρα αιολικών πάρκων και γενικά αυξάνεται ολοένα και περισσότερο η εκμετάλλευση αυτής της πηγής ενέργειας.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, όπου ο άνεμος εισάγεται σε μια αεροδυναμική διάταξη και μετατρέπεται σε μηχανικό έργο το οποίο είτε καταναλώνεται άμεσα είτε αποθηκεύεται. Γενικά όμως μπορεί να είναι αναγκαίο να μετατραπεί το μηχανικό έργο σε μια άλλη μορφή ενέργειας.

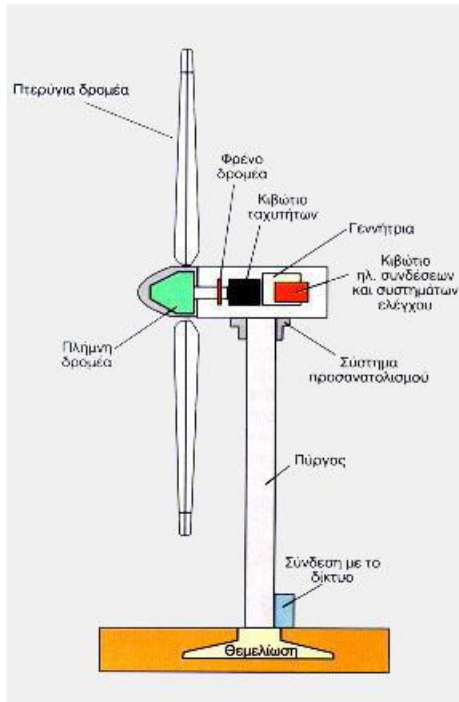


Εικόνα 22: Διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας

5.1 Τύποι ανεμογεννητριών

Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

Εικόνα 23:Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα



A) Οριζοντίου άξονα

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα έχουν τον δρομέα παράλληλο με το έδαφος και την φορά του ανέμου. Οι ανεμογεννήτριες τέτοιου τύπου αποτελούνται από επτά κύρια μέρη. Το πρώτο είναι ο ρότορας ή δρομέας ο οποίος αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια μήκους περίπου 20 με 80 μέτρα. Τα πτερύγια αυτά εξαιτίας του ανέμου, ο οποίος δημιουργεί ροπή στον άξονα περιστροφής, αρχίζουν να περιστρέφονται. Στην συνέχεια ακολουθεί το σύστημα μετάδοσης της κίνησης που περιλαμβάνει το κιβώτιο ταχυτήτων, το σύστημα πέδησης και τον κύριο άξονα χαμηλής ταχύτητας. Έπειτα υπάρχει η ανεμογεννήτρια που μετατρέπει την αιολική σε ηλεκτρική ενέργεια. Το επόμενο μέρος της είναι το σύστημα προσανατολισμού που εξαναγκάζει τον δρομέα να είναι παράλληλα με την διεύθυνση του ανέμου. Ακολουθεί το κέλυφος που περιέχει το σύστημα μετάδοσης και την γεννήτρια. Ο πύργος

είναι από τα σημαντικότερα μέρη της ανεμογεννήτριας, αφού στηρίζει όλο το σύστημα και είναι κάθετος στο έδαφος με ύψος από 70-120 μέτρα ανάλογα την κατασκευή, κατασκευασμένος ως επί τω πλείστων από χάλυβα. Τέλος συναντάται ο πίνακας ελέγχου ο οποίος ελέγχει και συντονίζει όλες τις λειτουργίες του συστήματος.

B) Κάθετου άξονα

Τέτοιου τύπου ανεμογεννήτριες έχουν στραμμένο τον ρότορα ή δρομέα κάθετα προς το έδαφος. Παρόλο που αυτό το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα με την κατεύθυνση του ανέμου, έχει μικρότερα ποσοστά απόδοσης σε σχέση με αυτές οριζοντίου άξονα. Αυτό συμβαίνει διότι η ταχύτητα του ανέμου κοντά στο έδαφος είναι αρκετά χαμηλή και η περιστροφή των ελίκων να είναι και αυτή χαμηλή με αποτέλεσμα να μην παράγονται μεγάλα ποσά ενέργειας. Έτσι, αυτές οι ανεμογεννήτριες είναι κυρίως για γεωργική χρήση ενώ εκείνες οριζοντίου άξονα είναι κατάλληλες για ηλεκτροπαραγωγή.



Εικόνα 24: Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα

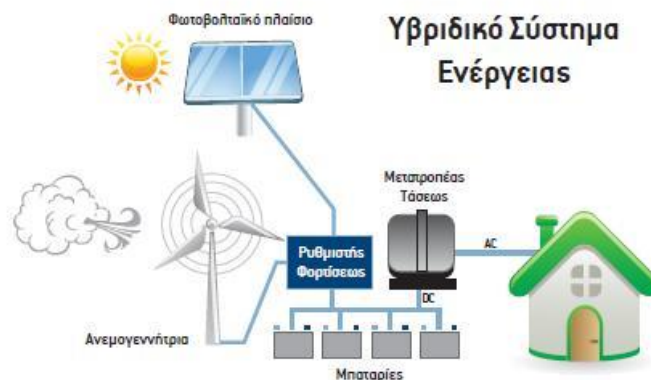
5.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανεμογεννητριών

Το βασικό πλεονέκτημα των ανεμογεννητριών είναι ότι εκμεταλλεύονται μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μετατρέποντάς την σε μια άλλη, χωρίς την καύση ορυκτών καυσίμων γεγονός που τις κατατάσσει στα μηχανήματα με μηδαμινό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Επιπλέον υπάρχει μεγάλο οικονομικό όφελος, ειδικά στις κατοικίες που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις ανεμογεννήτριες για αυτονομία ηλεκτροπαραγωγής. Δεν χρειάζονται συχνή συντήρηση και παρόλο το αυξημένο κόστος εγκατάστασής τους έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

Παρόλα τα θετικά στην χρήση των ανεμογεννητριών υπάρχουν και ορισμένες ανησυχίες σχετικά με τον θόρυβο που ενδεχομένως προκαλούν κατά την χρήση τους. Επίσης η παραγωγή ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες δεν είναι συνεχής, αφού εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες και από τον άνεμο. Τέλος τα μεγάλα αιολικά πάρκα, που συνεχώς δημιουργούνται, μπορεί να προκαλέσουν καταστροφή των φυσικών τοπίων καθώς και πολλούς τραυματισμούς ζώων.

6 Αυτόνομο υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα

Ένα αυτόνομο ΦΒ σύστημα έχει την δυνατότητα να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας χωρίς να είναι συνδεδεμένο σε κάποιο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Αυτόνομο υβριδικό ΦΒ σύστημα λέγεται το σύστημα που μπορεί να καλύψει και αυτό τις ανάγκες μιας κατοικίας αλλά εκμεταλλεύεται παραπάνω από μια ΑΠΕ, όπως για παράδειγμα την αιολική ενέργεια. Τέτοια συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές απομονωμένες που υπάρχει δυσκολία στην ηλεκτροδότησή τους από δίκτυα, σε εξοχικές κατοικίες, σκάφη κ.α. Ένα τέτοιο σύστημα για να μετατρέψει την αιολική και ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική χρειάζεται και κάποια άλλα υποσυστήματα εκτός από τα ΦΒ πάνελ και την ανεμογεννήτρια.



Εικόνα 25: Αυτόνομο υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα

6.1 Υποσυστήματα αυτόνομου υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος

Ένα αυτόνομο υβριδικό ΦΒ σύστημα αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα: ρυθμιστής φόρτισης, μπαταρίες ή συσσωρευτές και μετατροπέα τάσης.

6.1.1 Ρυθμιστής φόρτισης

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μια συσκευή που ελέγχει το ποσό φόρτισης και εκφόρτισης κάθε συσσωρευτή έτσι ώστε να μην υπάρξουν βλάβες στο σύστημα. Βοηθά στην μέγιστη απόδοση των μπαταριών αλλά και στην μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τους. Βασική προϋπόθεση για την σωστή επιλογή ενός ρυθμιστή φόρτισης είναι, η ισχύς του να είναι μεγαλύτερη από την συνολική ισχύς των ΦΒ πλαισίων. Με την συγκεκριμένη συσκευή, η οποία συνδέει την παραγόμενη ισχύς των ΦΒ με το ηλεκτρικό ρεύμα που θα μεταφερθεί στις μπαταρίες για να φορτίσουν, υπάρχει η δυνατότητα αυτόματης σύνδεσης και αποσύνδεσης ανάλογα με τις συνθήκες. Υπάρχουν δύο είδη ρυθμιστών φόρτισης ο MPPT (Maximum Power Point Tracking) και ο PWM (Pulse Width Modulation).

Ρυθμιστής φόρτισης MPPT

Ο συγκεκριμένος ρυθμιστής φόρτισης είναι ένας μετασχηματιστής DC σε DC. Στην είσοδό του υπάρχει αυξημένη τάση και μειωμένο ρεύμα ενώ στην έξοδό του υπάρχει αυξημένο ρεύμα και μειωμένη τάση. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ενός αλγορίθμου. Σκοπός του συγκεκριμένου ρυθμιστή είναι να προσφέρει την μεγαλύτερη δυνατή ισχύς στο σύστημα,

προσαρμόζοντας την τάση του πάνελ και λαμβάνοντας το αντίστοιχο ρεύμα, προσαρμοζόμενος στις εκάστοτε συνθήκες θερμοκρασίας και ακτινοβολίας. Με την αύξηση της θερμοκρασίας η τάση μειώνεται ενώ το ρεύμα παραμένει περίπου σταθερό, έτσι ο ρυθμιστής προσαρμόζει την τάση και αποδίδει την μέγιστη ισχύς. Αντίστοιχα με την μείωση της θερμοκρασίας το ρεύμα αυξάνεται ενώ η τάση μειώνεται λιγότερο και πάλι ο ρυθμιστής θα προσαρμόσει την τάση του πάνελ για να προσφέρει την μέγιστη δυνατή ισχύς.

Ρυθμιστής PWM

Ο ρυθμιστής PWM δεν είναι μετασχηματιστής DC σε DC. Λειτουργεί με την απλή μέθοδο των παλμών, σαν ένας διακόπτης ο οποίος όταν είναι κλειστός η τάση του πάνελ είναι ίση με αυτή της μπαταρίας. Είναι ένας ρυθμιστής πιο οικονομικός από τον MPPT αλλά λιγότερο αποδοτικός.

6.1.2 Συσσωρευτές / Μπαταρίες

Οι μπαταρίες είναι συσκευές οι οποίες κατά την φόρτισή τους αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια μετατρέποντας την σε χημική και κατά την αποφόρτισή τους μετατρέπουν την χημική ενέργεια σε ηλεκτρική τροφοδοτώντας τις συσκευές. Όταν τα ΦΒ πλαίσια και η ανεμογεννήτρια παράξει παραπάνω ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας, εκείνη αποθηκεύεται στις μπαταρίες και χρησιμοποιείται τις ώρες της ημέρας που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια αλλά και τη νύχτα. Τα βασικά χαρακτηριστικά μιας μπαταρίας είναι η χωρητικότητά της, δηλαδή η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκεύσει, ο κύκλος ζωής της, δηλαδή το ποσοστό χωρητικότητας που έχει ήδη καταναλωθεί και η τάση της που επιτελεί τον σημαντικότερο ρόλο στο σύστημα. Βασική προϋπόθεση για την σωστή επιλογή μπαταριών είναι η χωρητικότητά τους να είναι μεγάλη για να μπορούν να καλύψουν τις απαραίτητες ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας.

Τύποι μπαταριών

Οι μπαταρίες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- 1) Μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης οι οποίες χρησιμοποιούνται για αυτόνομα ΦΒ συστήματα, είναι μεγάλες και πιο βαριές και αντέχουν στην διάβρωση.

Μπαταρίες Μολύβδου οξέος

Οι πιο διαδεδομένες μπαταρίες τέτοιου τύπου είναι εκείνες του μολύβδου οξέος (Pzs), χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό παρόλο το μικρό ποσοστό απόδοσής τους, λόγω του χαμηλού τους κόστους. Έχουν χωρητικότητα 30Ah – 200Ah και τάση 2V – 12V. Αποτελούνται από πλάκες θειϊκού μολύβδου και διακρίνονται σε ανοιχτού και κλειστού τύπου.

Οι μπαταρίες ανοιχτού τύπου έχουν περισσότερους κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης αλλά με συχνή συντήρηση, ενώ οι κλειστού τύπου είναι πιο ακριβές και απαιτούν λιγότερη συντήρηση.

Μπαταρίες Ιόντων λιθίου

Οι μπαταρίες αυτές έχουν ως κύριο συστατικό τους το λίθιο και διατίθενται σε μπαταρίες φωσφορικού σιδήρου λιθίου (LiFePO4) και σε μπαταρίες οξειδίου νικελίου μαγγανίου κοβαλτίου λιθίου (NMC). Η χρήση τους αυξάνεται ολοένα και περισσότερο με την πάροδο του χρόνου λόγω της μεγάλης τους απόδοσης. Επιπλέον χρειάζονται λιγότερη συντήρηση σε σύγκριση με άλλες και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από

50Ah έως 200Ah και η τάση τους 12V -48V. Παρόλα αυτά παραμένουν σε υψηλά επίπεδα κόστους.

Μπαταρίες νικελίου

Οι συγκεκριμένες μπαταρίες εκμεταλλεύονται ως βάση το νικέλιο για την κατασκευή τους και διατίθενται σε μπαταρίες νικελίου – καδμίου (Ni – Cd) και σε μπαταρίες υβριδικού νικελίου – μετάλλου (NiMH). Δεν είναι τόσο διαδεδομένες, ειδικά για χρήση σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά, εξαιτίας της χαμηλής τους απόδοσης. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αρκετά υψηλό κόστος. Η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 30Ah έως 100Ah και η τάση τους από 1,2V έως 12V.

Μπαταρίες ροής

Οι μπαταρίες ροής είναι νέας τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια στα φωτοβολταϊκά και διακρίνονται σε μπαταρίες ροής οξειδοαναγωγής βαναδίου (VRFB), οι οποίες είναι αρκετά αποδοτικές και μπαταρίες ροής ψευδαργύρου – βρωμίου για οικονομικότερη λύση αλλά λιγότερο αποδοτική. Η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 25KW έως 500mW και η τάση τους από 12V έως 48V.

- 2) Μπαταρίες εκκίνησης οι οποίες είναι ιδανικές για παραγωγή ρεύματος σε μικρότερο χρονικό διάστημα και χρησιμοποιούνται κυρίως σε σκάφη, αυτοκίνητα, μοτοσυκλέτες κα.

6.1.3 Μετατροπείας τάσης - Inverter

Ο μετατροπείας τάσης είναι μια συσκευή η οποία μετατρέπει την συνεχή τάση (DC) που παράγουν τα ΦΒ πάνελ σε εναλλασσόμενη (AC) 230 V. Συνδέεται με τους συσσωρευτές με δύο καλώδια, το ένα στον θετικό πόλο και το άλλο στον αρνητικό, και έτσι τροφοδοτείται μια κατοικία με εναλλασσόμενο ρεύμα. Υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης αυτών των μετατροπέων με ηλεκτρικές συσκευές. Βασική προϋπόθεση για την σωστή σύνδεση είναι η ισχύς όλων των συσκευών να είναι μικρότερη από αυτή του μετατροπέα. Σε περίπτωση μεγαλύτερης ισχύος, για να αποφευχθούν βλάβες, ο μετατροπείας κλείνει αυτόματα.

Στην Ευρώπη η τάση εξόδου του μετατροπέα είναι 220-230V στα 50Hz.

Υπάρχουν δύο είδη μετατροπέων τάσης, εκείνοι του τροποποιημένου ημιτόνου και εκείνοι του καθαρού ημιτόνου.

Inverter καθαρού ημιτόνου

Ένας τέτοιος μετατροπείας δίνει στην έξοδό του κυματομορφή καθαρού ημιτόνου, εξού και το όνομά του. Είναι κατάλληλος για αυτόνομα υβριδικά ΦΒ συστήματα και παρέχει εξαιρετική προστασία σε ακραίες μεταβολές. Επίσης είναι πιο αξιόπιστος, ασφαλής και αποδοτικός με μεγαλύτερο peak λειτουργίας εξόδου.

Inverter τροποποιημένου ημιτόνου

Ο συγκεκριμένος μετατροπείας δίνει στην έξοδό του μια κυματομορφή μη καθαρού ημιτόνου με παραμορφωμένες συχνότητες εξόδου. Αυτή η παραμορφωμένη έξοδος δεν είναι κατάλληλη για την τροφοδοσία των περισσότερων ηλεκτρικών συσκευών. Είναι μια οικονομικότερη λύση από εκείνους του καθαρού ημιτόνου αλλά λιγότερο αξιόπιστη και αποδοτική.

7 Μελέτη αυτόνομου υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα μελετήσουμε την εγκατάσταση και τον σχεδιασμό ενός αυτόνομου υβριδικού ΦΒ συστήματος για μια κατοικία στην περιοχή του Χαλάντρου, στο χωριό Κυνίδαρος Νάξου.

Στην συγκεκριμένη περιοχή το κλίμα και η ατμόσφαιρα ευνοεί την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων διότι υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια καθώς και άνεμοι μεγάλων εντάσεων καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, όπως φαίνεται και στους παρακάτω πίνακες σύμφωνα με την ΕΜΥ. Επιπλέον στην συγκεκριμένη τοποθεσία υπάρχει ελλιπής ηλεκτροδότηση από τα δίκτυα. Δεν απαντώνται πολλές οικίες στην ζώνη αυτή ούτε μεγάλα κτίρια, γεγονός που συμβάλλει στην μέγιστη απόδοση των ΦΒ πάνελ, αφού δεν θα παρεμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να προσπίπτει στα πάνελ.

Η συγκεκριμένη κατοικία στεγάζει μια τετραμελής οικογένεια ενηλίκων και αποτελείται από δυο υπνοδωμάτια, μια κουζίνα, ένα μπάνιο, ένα σαλόνι και ένα μπαλκόνι.

ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΝΑΞΟΣ	25,5	32,7	51,3	66,2	81,9	85,2	85	73,9	56,1	41,1	27,5	22,7

Πίνακας 1: Μέση μηνιαία διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/(m².mo)] (Στοιχεία από ΕΜΥ)

ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΝΑΞΟΣ	7,9	8,1	7,6	5,9	4,9	5,0	6,6	6,9	7,0	7,4	6,7	7,5

Πίνακας 2: Μέση ταχύτητα του ανέμου [m/s] (Στοιχεία από ΕΜΥ)

7.1 Ηλεκτρική κατανάλωση κατοικίας

Για την εγκατάσταση ενός αυτόνομου υβριδικού ΦΒ συστήματος σε μία κατοικία, η σημαντικότερη μελέτη που πρέπει να γίνει είναι σχετική με το ποσό της ηλεκτρικής ισχύος που χρειάζεται για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες των κατοίκων της. Όπως προαναφέρθηκε θα γίνει μελέτη μιας κατοικίας περίπου 90 τ.μ.. Η ηλεκτρική κατανάλωση εξαρτάται από κάποιους παραμέτρους όπως είναι η εποχή (χειμώνας, καλοκαίρι) καθώς και το πλήθος των συσκευών που χρησιμοποιούνται. Στην συγκεκριμένη οικία τους χειμερινούς μήνες για την θέρμανσή της γίνεται χρήση καλοριφέρ πετρελαίου, ενώ για την ψύξη της τους καλοκαιρινούς μήνες γίνεται χρήση κλιματιστικού. Επιπλέον η παροχή ζεστού νερού γίνεται με χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα και όλες οι υπόλοιπες συσκευές λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα.

Παρακάτω υπάρχουν δυο αναλυτικοί πίνακες με τις ηλεκτρικές καταναλώσεις της οικίας, ο πρώτος κατά τους χειμερινούς μήνες (Οκτώβριο – Μάρτιο) και ο δεύτερος κατά τους θερινούς μήνες (Απρίλιο – Σεπτέμβριο). Λαμβάνουμε υπόψιν ότι όλες οι συσκευές έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Wh/ημέρα)
Λάμπες (6 οικονομίας)	2	15	30
Τηλεόραση	3	150	450
Ψυγείο	24 (διακοπτόμενες)	200	1.000
Κουζίνα-Φούρνος	2	2.200	4.400
Λέβητας	2	150	300
Πλυντήριο	0,5	2.000	1.000
Τοστιέρα-Καφετιέρα-Υπολογιστής	2	200	400
Ρούτερ	24	10	240
Απορροφητήρας	2	200	400
3 Φορτιστές κινητών	2	50	100
ΣΥΝΟΛΟ	63,5	5.175	9.350

Πίνακας 3: Ηλεκτρικές καταναλώσεις χειμερινής περιόδου

ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Wh/ημέρα)
Λάμπες (6 οικονομίας)	2	15	30
Τηλεόραση	3	150	450
Ψυγείο	24 (διακοπτόμενες)	200	1.000
Κουζίνα-Φούρνος	2	2.200	4.400
Κλιματιστικό	5 (διακοπτόμενες)	1.000	3.000
Πλυντήριο	0,5	2.000	1.000
Τοστιέρα-Καφετιέρα-Υπολογιστής	2	200	400
Ρούτερ	24	10	240
Απορροφητήρας	2	200	400
3 Φορτιστές κινητών	2	50	100
ΣΥΝΟΛΟ	66,5	6.025	11.020

Πίνακας 4: Ηλεκτρικές καταναλώσεις θερινής περιόδου

7.2 Επιλογή συσσωρευτών

Στην συγκεκριμένη κατοικία θα χρειαστούμε 4 ημέρες αυτονομίας διότι το σύστημά μας θα λειτουργεί και τους μήνες που η ηλιοφάνεια είναι περιορισμένη.

Υπολογισμός τάσης συσσωρευτών

Για να επιλέξουμε την κατάλληλη τάση για τους συσσωρευτές, θα πρέπει το ρεύμα DC να μην ξεπερνά κατά πολύ τα 100 A ώστε να αποφύγουμε την χρήση χοντρών καλωδίων. Έτσι έχουμε:

$$5.175\text{W}/12\text{V}=431,25\text{A}$$

$$5.175\text{W}/24\text{V}=215,62\text{A}$$

$$5.175\text{W}/48\text{V}=107,81\text{A}$$

Οπότε θα επιλέξουμε συσσωρευτές των 48V για να μπορέσουμε να καλύψουμε τις ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας.

Υπολογισμός χωρητικότητας συσσωρευτών

Επιλέγουμε συσσωρευτές βαθείας εκφόρτισης στις οποίες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το 50% της χωρητικότητας.

1) Διαιρούμε την συνολική ενέργεια με τα Volt των συσσωρευτών
 $9.350\text{Wh}/48\text{V}=194,79\text{Ah}$

2) Διαιρούμε την χωρητικότητα αυτή με 0,5 διότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μόνο το 50%
 $194,74\text{Ah}/0,5=389,58\text{Ah}$

3) Πολλαπλασιάζουμε με τις ημέρες αυτονομίας
 $389,58\text{Ah}\cdot 4\text{ημέρες}= 1.558,33 \text{ Ah}$

4) Διαιρούμε με την απόδοση της μπαταρίας (80%)
 $1.558,33\text{Ah}/0,8=1.947,91\text{Ah}$

Άρα η χωρητικότητα των συσσωρευτών μας πρέπει να είναι **1.947,91Ah**.

Θα χρειαστούμε: Πλήθος μπαταριών= $1.947,91\text{Ah}/250\text{Ah}= 7,79=$ **8 παράλληλους κλάδους μπαταριών όπου η κάθε μια θα έχει χωρητικότητα 250 Ah.**

Επιπλέον για να μπορέσουμε να έχουμε τάση 48V θα πρέπει να συνδέσουμε **4 μπαταρίες των 12V σε σειρά.** $4\cdot 12\text{V}= 48\text{V}$

Οι μπαταρίες που θα επιλέξουμε για αυτή την εφαρμογή είναι κλειστού τύπου βαθείας εκφόρτισης Solar Power SP250.

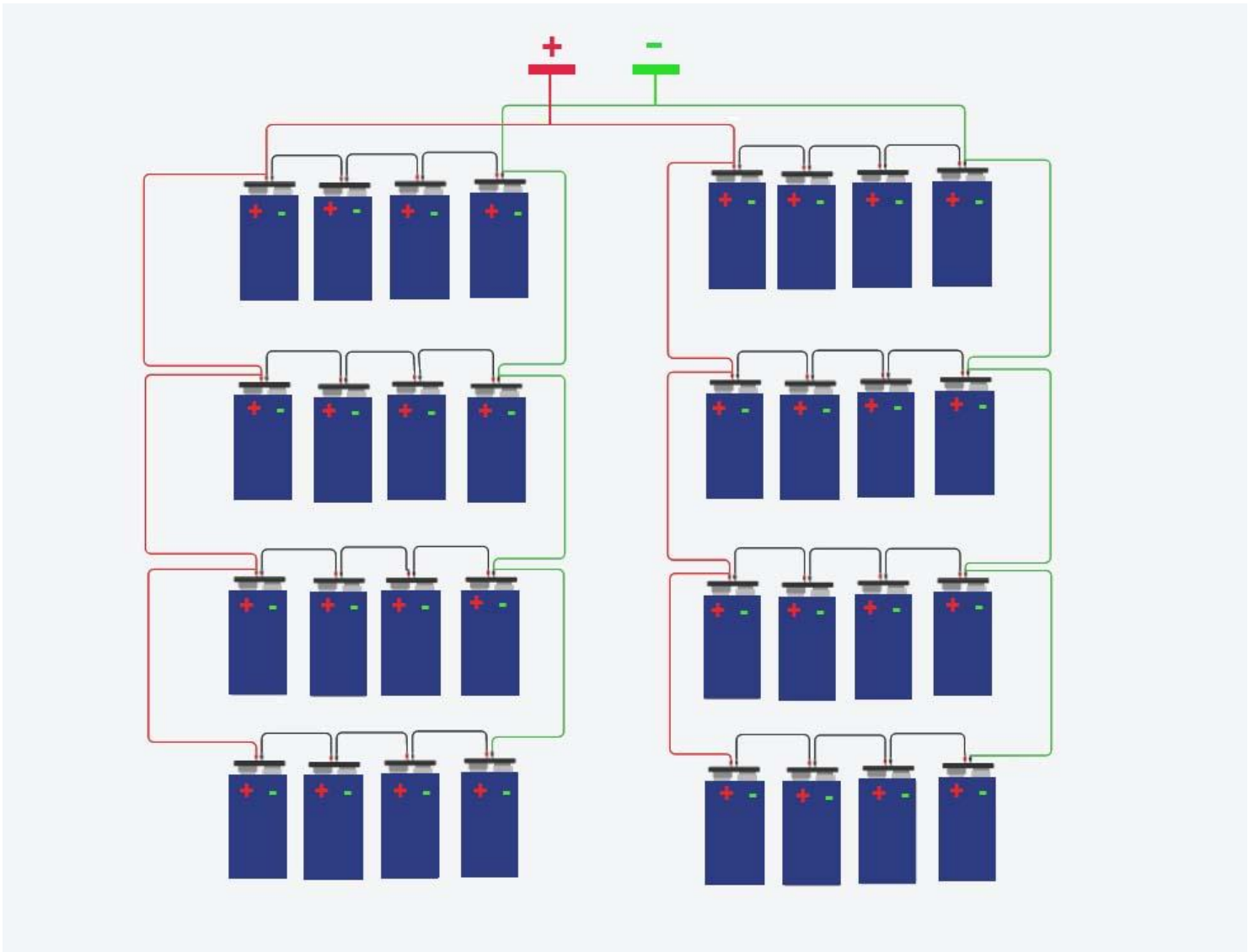


Εικόνα 26: Συσσωρευτής Solar Power

VOLT	12
ΑΜΠΕΡΩΡΙΑ	250
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	518X276X242 mm
ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΡΕΥΜΑ 25A
ΒΑΡΟΣ	52 kg

Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτή Solar Power SP250

Παρακάτω φαίνεται ο τρόπος σύνδεσης των συσσωρευτών ανά 4 σε σειρά και στην συνέχεια σε 8 παράλληλους κλάδους, συνολικό πλήθος συσσωρευτών: 32.



Εικόνα 27: Σύνδεση συσσωρευτών

7.3 Υπολογισμός και επιλογή φωτοβολταϊκών πάνελ

Πολλαπλασιάζουμε τα Volt των συσσωρευτών με την χωρητικότητά τους για να υπολογίσουμε το ποσό της ενέργεια που χρειάζεται για να φορτίσουν. Το αποτέλεσμα το πολλαπλασιάζουμε με 0,5 διότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μόνο το 50% των συσσωρευτών.

$48V \cdot 250Ah = 12.000Wh \cdot 0,5 = 6.000Wh$ είναι η ημερήσια ενέργεια για να μπορέσουν να φορτιστούν οι συσσωρευτές.

Για να εξασφαλισθεί αυτή η ενέργεια θα πρέπει τα ΦΒ να έχουν την παρακάτω ισχύς
 $P = 6.000Wh \cdot 1,2 /$ ημερήσια ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

Ο αριθμός 1,2 είναι ένας συντελεστής ασφάλειας και την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία θα την βρούμε από τον πίνακα της ΕΜΥ. Για την Νάξο η χαμηλότερη ενέργεια που δίνεται από τον συγκεκριμένο πίνακα είναι τον Δεκέμβριο 56kWh/m² μηνιαίως, άρα η ημερήσια υπολογίζεται 56kWh/m²/31ημέρες = 1,8 kWh/m².

$$P=6.000Wh*1,2/1,8kWh/m^2= 4.000W$$

Συνυπολογιζόμενες απώλειες 10% => 4.000W*10%=400W

Άρα 4.000W – απώλειες= 4000W-400W=**3.600W συνολικά**

Στην συγκεκριμένη μελέτη θα γίνει χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ της εταιρείας SunPower μοντέλο E20SPR-33NE-WHT-D, με απόδοση 20,4%. Τα συγκεκριμένα πάνελ είναι μονοκρυσταλλικού πυριτίου και παρακάτω δίνεται ο πίνακας με τα χαρακτηριστικά τους.

Nominal Power	333W
Cell Efficiency	22,8%
Panel Efficiency	20,4%
Rated Voltage	54,7V
Rated Current	6,09A
Open-Circuit Voltage	65,3V
Short-Circuit Voltage	6,46A
Maximum System Voltage	1000V
Dimensions	1559x1046x46 mm
Weight	18,6 kg

Πίνακας 6: Τεχνικά χαρακτηριστικά ΦΒ πάνελ

Για να καλυφθούν οι παραπάνω ανάγκες σε ενέργεια θα χρειαστούμε: 3600W/333W=10,81 πάνελ.

Για να έχουμε ζυγό αριθμό έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν οι σωστές συνδέσεις θα γίνει εγκατάσταση 12 πάνελ, **ανά 3 σε σειρά και σε 4 παράλληλους κλάδους.**

Έτσι θα έχουμε: Vσειράς=3*54,7V=164,1V

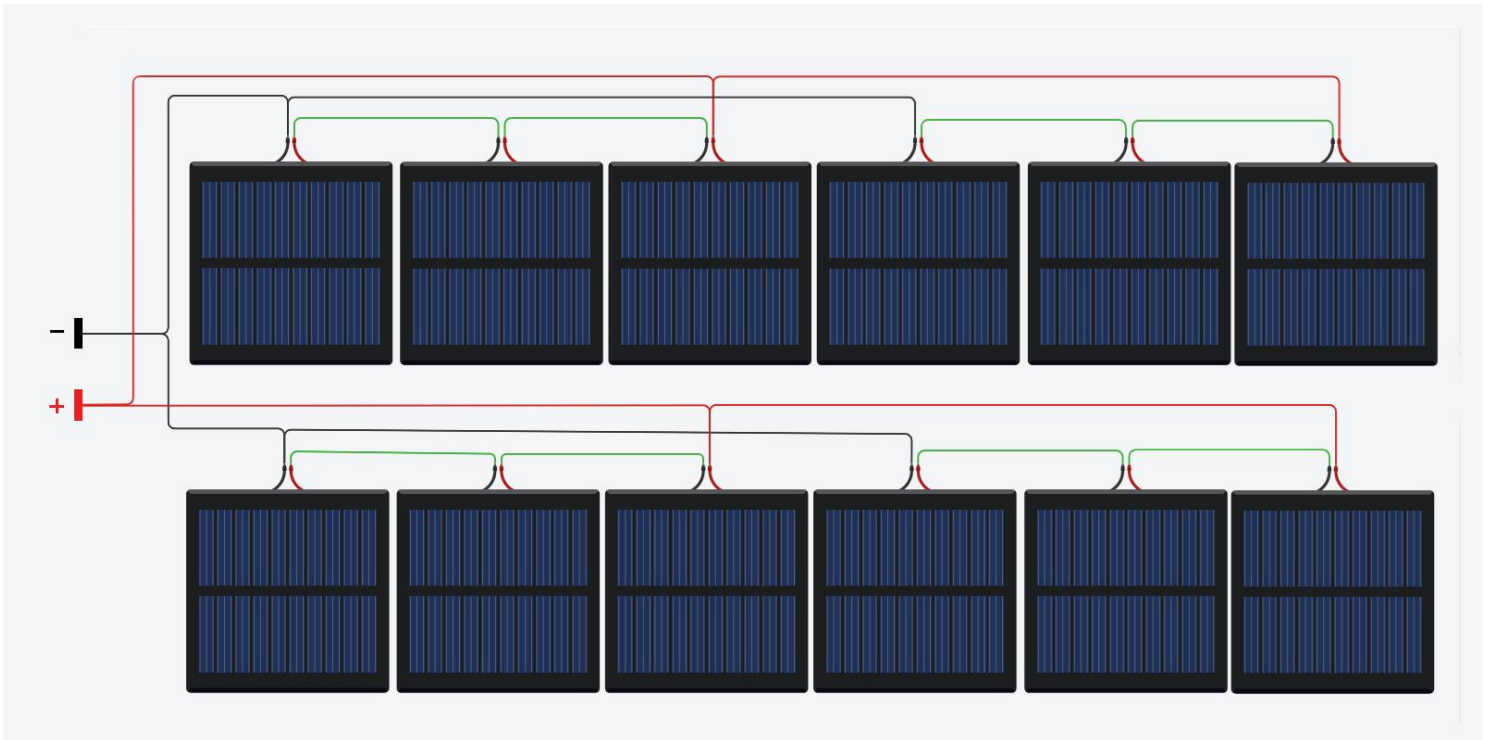
Iσειράς=6,09 A

Vολ.= 164,1V

Iολ.= 4*6,09 A = 24,36 A

Pολ.= 164,1V*24,36A= 3.997,47W

Παρακάτω φαίνεται ο τρόπος σύνδεσης των πάνελ ανά 3 σε σειρά και στην συνέχεια σε 4 παράλληλους κλάδους, συνολικό πλήθος πάνελ: 12. Το παρακάτω κύκλωμα έγινε με το πρόγραμμα tinkercad.



Εικόνα 28: Σύνδεση φωτοβολταϊκής συστοιχίας

Τα πάνελ θα τοποθετηθούν στην ταράτσα της κατοικίας με Νότιο προσανατολισμό και κλίση $27,1^\circ$, σύμφωνα με το Τ.Ε.Ε. ($\phi^\circ -10$), για μέγιστη ετήσια απόδοση.

Τέλος θα υπολογίσουμε την μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια των ΦΒ. Για τον κάθε μήνα ξεχωριστά θα πολλαπλασιάσουμε την συνολική ισχύ των ΦΒ, δηλαδή **3,94 kW**, με τις ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα. Στην συνέχεια θα πολλαπλασιάσουμε το αποτέλεσμα με 0,8, διότι τα πάνελ έχουν απώλειες γύρω στο 20%, και για να βρούμε την τελική παραγόμενη ενέργεια για κάθε μήνα θα πολλαπλασιάσουμε με 30 ημέρες.

Ο υπολογισμός αυτός είναι ενδεικτικός διότι κάποιες ημέρες του έτους μπορεί η ηλιοφάνεια να διαρκεί περισσότερες ώρες ενώ κάποιες άλλες ημέρες να μην υπάρξει έτσι ώστε τα ΦΒ να παράξουν ενέργεια.

- Ιανουάριος: $3,94 \text{ kW} * 3 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 283,7 \text{ kWh}$
- Φεβρουάριος: $3,94 \text{ kW} * 4 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 378,24 \text{ kWh}$
- Μάρτιος: $3,94 \text{ kW} * 4,5 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 425,52 \text{ kWh}$
- Απρίλιος: $3,94 \text{ kW} * 5,5 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 520,08 \text{ kWh}$
- Μάιος: $3,94 \text{ kW} * 6,5 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 614,64 \text{ kWh}$
- Ιούνιος: $3,94 \text{ kW} * 8 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 756,48 \text{ kWh}$
- Ιούλιος: $3,94 \text{ kW} * 9 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 851,04 \text{ kWh}$
- Αύγουστος: $3,94 \text{ kW} * 8 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 756,48 \text{ kWh}$

- Σεπτέμβριος: $3,94 \text{ kW} * 7,5 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 709,20 \text{ kWh}$
- Οκτώβριος: $3,94 \text{ kW} * 6 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 567,36 \text{ kWh}$
- Νοέμβριος: $3,94 \text{ kW} * 4 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 378,24 \text{ kWh}$
- Δεκέμβριος: $3,94 \text{ kW} * 2,5 \text{ ώρες ηλιοφάνεια} * 0,8 * 30 = 236,40 \text{ kWh}$
- ΣΥΝΟΛΙΚΑ: **6.477,38 kWh/ έτος**

7.4 Επιλογή ανεμογεννήτριας

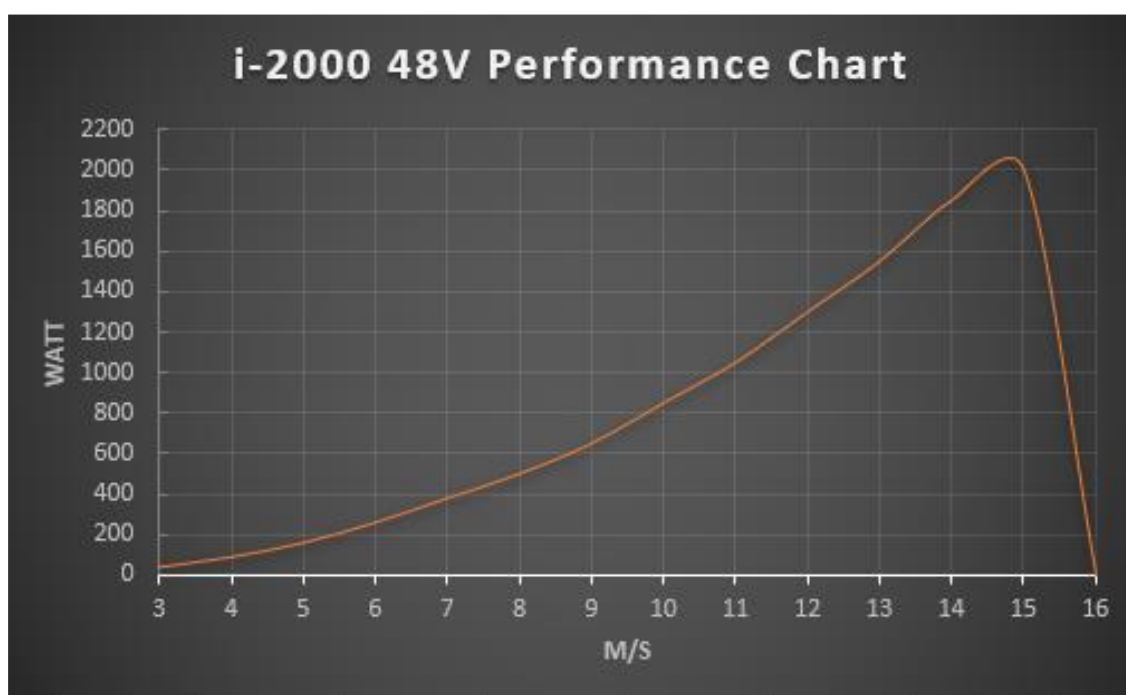
Η χρήση της ανεμογεννήτριας θα είναι επικουρική στην φόρτιση των μπαταριών. Θα επιλέξουμε την ανεμογεννήτρια της εταιρείας IstaBreeze το μοντέλο i-2000W 48V.

Η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

Rated voltage	48V
Rated power	2000W
Current	40A
Blade length	107cm
Rotor diameter	220cm

Πίνακας 7: Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας

Επιπλέον η κάθε ανεμογεννήτρια διαθέτει μια καμπύλη η οποία αποτελείται από δυο άξονες. Ο οριζόντιος εκφράζει την ταχύτητα του ανέμου σε m/s και ο κάθετος άξονας εκφράζει την παραγόμενη ενέργεια σε Watt που παράγει η ανεμογεννήτρια συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.

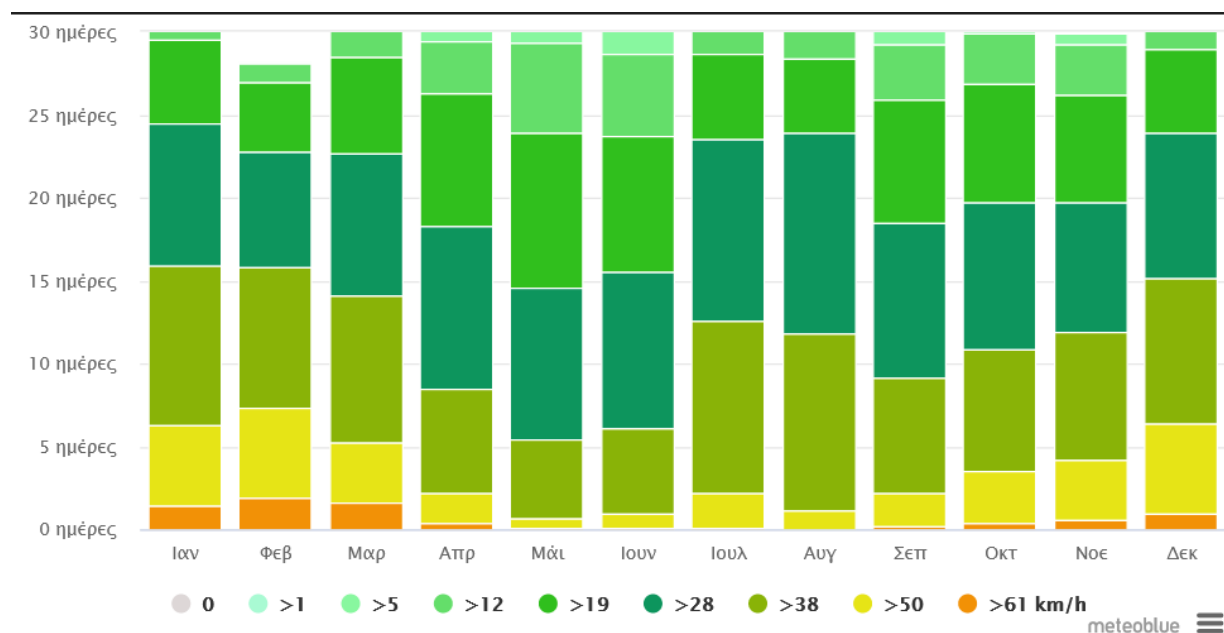


Εικόνα 29: Καμπύλη ανεμογεννήτριας

Με την βοήθεια της παραπάνω καμπύλης και του παρακάτω πίνακα, ο οποίος παρουσιάζει την ταχύτητα του ανέμου ανά μήνα στην συγκεκριμένη περιοχή που μελετάμε καθώς και πόσες ημέρες του μήνα υπάρχουν οι συγκεκριμένες ταχύτητες, θα υπολογίσουμε το ποσό ενέργειας που παράγει η ανεμογεννήτρια μέσα σε ένα έτος.

Αυτό θα γίνει αν υποθέσουμε ότι φυσάει κάθε ημέρα για πέντε ώρες κατά μέσο όρο.

Ο υπολογισμός αυτός είναι ενδεικτικός διότι κάποιες ημέρες του έτους μπορεί ο άνεμος να διαρκεί περισσότερες ώρες ενώ κάποιες άλλες ημέρες η ταχύτητά του να μην είναι μεγάλη έτσι ώστε η ανεμογεννήτρια να παράξει ενέργεια.



Εικόνα 30: Πίνακας ταχύτητας ανέμου στον Κυνίδαρο Νάξου

ΜΗΝΕΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)
Ιανουάριος	105,9
Φεβρουάριος	100,83
Μάρτιος	92,9
Απρίλιος	71,83
Μάιος	54,16
Ιούνιος	57,83
Ιούλιος	91,91
Αύγουστος	87,125
Σεπτέμβριος	74,12
Οκτώβριος	83,81
Νοέμβριος	86,43

Δεκέμβριος	106,40
Σύνολο	1.013,245

Πίνακας 8: Ετήσια παραγόμενη ενέργεια Α/Γ

Άρα η Α/Γ παράγει 1.013,245 kWh ανά έτος. Υπάρχουν όμως και κάποιες απώλειες περίπου 25%. Οπότε θα έχουμε: $1.013,245 \cdot 75\%$ απόδοση= **759,93 kWh ανά έτος συνολικά από την Α/Γ.**

7.5 Επιλογή ρυθμιστή φόρτισης

- Για τα ΦΒ πάνελ

Βασική προϋπόθεση για να λειτουργήσει σωστά ο ρυθμιστής φόρτισης, πρέπει η ισχύς του να είναι μεγαλύτερη από την παραγόμενη ισχύς των ΦΒ. Επίσης θα πρέπει να επιλέξουμε είτε ρυθμιστή φόρτισης MPPT είτε PWM.

MPPT	PWM
Μεγαλύτερη απόδοση	Μικρότερη απόδοση
Υψηλό κόστος	Χαμηλότερο κόστος
Περιορισμένες απώλειες	80% απόδοση στην μπαταρία
Συμβατός με όλους τους τύπους ΦΒ	Μη συμβατός για ΦΒ Thin Film
Ιδανικό για παραγωγή μέγιστης ισχύος τόσο σε υψηλές θερμοκρασίες όσο και σε χαμηλές	Ιδανικό για παραγωγή μέγιστης ισχύος μόνο σε υψηλές θερμοκρασίες

Πίνακας 9: Σύγκριση ρυθμιστών φόρτισης



Λαμβάνοντας υπόψη την παραπάνω σύγκριση καθώς και την απαιτούμενη ισχύς που πρέπει να έχει ο ρυθμιστής θα επιλέξουμε τον ρυθμιστή φόρτισης EPSOLAR TRACER 8420 MPPT 80A (12/24/36/48 V, 200 MAX Voc).

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ρυθμιστή.

Ρεύμα φόρτισης	80A
Τάση εξόδου μπαταρίας	12/24/36/48V
MPPT/PWM	MPPT
Μέγιστη ισχύς από ΦΒ 48V	4.000W
Τάση εισόδου από ΦΒ	200V
Οθόνη	Ναι
Καθαρό βάρος	6,1kg

Πίνακας 10: Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστή φόρτισης EPSOLAR

Εικόνα 31: Ρυθμιστής φόρτισης EPSOLAR

- Για την Α/Γ

Για την ανεμογεννήτρια θα επιλέξουμε τον ρυθμιστή φόρτισης controller για ανεμογεννήτρια 2.000W 48V με φρένο.

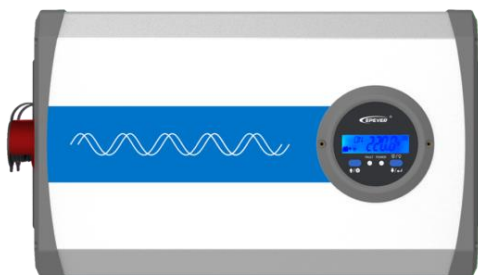
Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ρυθμιστή φόρτισης.

Rated battery voltage	48V
Recovery Voltage	54V
Max Input Current	45A
Dimension	150mm×13mm×50mm

Πίνακας 11: Τεχνικά χαρακτηριστικά του ρυθμιστή φόρτισης της Α/Γ

7.6 Επιλογή Inverter

Η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση στην συγκεκριμένη κατοικία κατά τους θερινούς μήνες είναι 6.025W. Έστω ότι από τις συσκευές αυτές χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα το 75%, θα έχουμε: $6.025W * 0,75 = 4.518,75W$.



Εικόνα 32: Inverter

Θα επιλέξουμε τον μετατροπέα **EPEVER IP5000-42-PLUS(T) 48V 5000W** καθαρού ημιτονίου ο οποίος έχει την δυνατότητα να δώσει στην έξοδό του έως και 5.000W καλύπτοντας τις ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας.

Continuous output power	5.000W
Output voltage	230V AC
Output frequency	50Hz
Rated input voltage	48VDC
Dimension	505X145mm
Weight	9kg

Πίνακας 12: Τεχνικά χαρακτηριστικά inverter

7.7 Καλωδίωση

Για να γίνει ο υπολογισμός της διατομής των καλωδίων για κάθε τμήμα θα γίνει χρήση του τύπου: $\Delta = 2 * \rho * \text{μήκος αγωγού} * I_{\max} / \text{μέγιστη πτώση τάσης}$

Δ : Διατομή του καλωδίου σε mm²

ρ : ειδική αντίσταση, για τον χαλκό $\rho = 0,0176 \mu\Omega * m$ στους 30 °C, $\rho = 0,0185 \mu\Omega * m$ στους 40 °C και $\rho = 0,0185 \mu\Omega * m$ στους 70 °C

I_{\max} : μέγιστο ρεύμα το οποίο υπολογίζεται $I * 1,25$

Τμήματα	Μέγιστη πτώση τάσης
ΦΒ – Ρυθμιστής φόρτισης	2% * τάση ΦΒ = 1,306V
Α/Γ- Ρυθμιστής φόρτισης	2% * τάση Α/Γ= 0,96V
Ρυθμιστής φόρτισης ΦΒ - Μπαταρίες	2% * τάση μπαταριών = 0,96V
Ρυθμιστής φόρτισης Α/Γ - Μπαταρίες	2% * τάση μπαταριών = 0,96V

Μπαταρίες - Inverter	1% * τάση μπαταριών = 0,48V
Inverter – AC φορτία	1% * τάση λειτουργίας = 2,3V

Πίνακας 13: Μέγιστη πτώση τάσης ανά τμήμα

Επιπλέον γνωρίζουμε ότι η μέγιστη θερμοκρασία για τα ΦΒ θα είναι 70°C ενώ η μέγιστη θερμοκρασία του χώρου εγκατάστασης των υπόλοιπων εξαρτημάτων θα είναι 40° C.

Τμήματα	Αποστάσεις
ΦΒ – Ρυθμιστής φόρτισης	12 m
A/Γ- Ρυθμιστής φόρτισης	8 m
Ρυθμιστής φόρτισης ΦΒ - Μπαταρίες	1,5 m
Ρυθμιστής φόρτισης A/Γ - Μπαταρίες	1,5 m
Μπαταρίες - Inverter	2 m
Inverter – AC φορτία	10 m

Πίνακας 14: Αποστάσεις ανά τμήμα

Τέλος θα χρειασθούμε 3 πίνακες σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ- 60364. Ο πρώτος πίνακας αφορά στα μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα των καλωδίων, ο δεύτερος αφορά στους συντελεστές διόρθωσης σύμφωνα με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και το τρίτο αφορά στους συντελεστές μείωσης για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα κυκλωμάτων.

Διατομή (mm ²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για PVC μόνωση (A)	14,5	19,5	26	34	46	61	80	99	119	151	182	210
Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για XLPE και EPR μόνωση (A)	19	26	35	45	61	81	106	131	158	200	241	278

Πίνακας 15: Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα καλωδίων

Θερμοκρασία (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Συντελεστής διόρθωσης για PVC μόνωση	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61	0,50	-	-
Συντελεστής διόρθωσης για	1,15	1,12	1,08	1,04	1,00	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71	0,65	0,58

XLPE και EPR μόνωση														
------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Πίνακας 16: Συντελεστές διόρθωσης σύμφωνα με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος

Πλήθος κυκλωμάτων	1	2	3	4	5	6
Συντελεστής διόρθωσης	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57

Πίνακας 17: Συντελεστές για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα κυκλωμάτων

Θα επιλέξουμε καλώδια με μόνωση EPR τα οποία φημίζονται για την απόδοση, την αξιοπιστία και την ανθεκτικότητά τους. Επιπλέον αποτελούν επιλογή τόσο για υψηλές όσο και για χαμηλές τάσεις εξαιτίας της σύνθεσης και της σχεδίασής τους. Αποτελούνται από καουτσούκ αιθυλενίου προπυλενίου, ιδανικό μονωτικό υλικό, αφού παρέχει θερμική αντίσταση αλλά διατηρεί τις ηλεκτρικές ιδιότητες.

Για το πρώτο τμήμα σύνδεσης της ΦΒ συστοιχίας με τον ρυθμιστή φόρτισης θα επιλέξουμε **καλώδια χαλκού Solar**, τα οποία είναι εύκαμπτα, με μεγάλη αντοχή σε θερμοκρασίες από -40°C έως 90°C. Επίσης διαθέτουν μεγάλη αντοχή σε τάση DC από 500 έως 2.000V.

Για τα τμήματα των ρυθμιστών φόρτισης με τις μπαταρίες, της Α/Γ με τον ρυθμιστή της καθώς και των μπαταριών με το inverter θα γίνει χρήση καλωδίων **H01N2-D**. Τα συγκεκριμένα καλώδια είναι εύκαμπτα με μεγάλη αντοχή σε καταπονήσεις και ιδανικά για μετάδοση υψηλών ρευμάτων.

Για το τμήμα σύνδεσης του inverter με τα AC φορτία θα γίνει χρήση καλωδίων **H07RN-F**, τα οποία είναι εύκαμπτα με μεγάλη αντοχή και ανθεκτικότητα σε όλες τις συνθήκες.

Υπολογισμός διατομής καλωδίων ανά τμήμα

Για να γίνει ο υπολογισμός της διατομής των καλωδίων θα ακολουθήσουμε τα εξής βήματα για κάθε τμήμα:

Βήμα 1^ο: Υπολογίζουμε το I_{max} για κάθε τμήμα

Βήμα 2^ο: Υπολογίζουμε την διατομή της κάθε γραμμής σύμφωνα με τον τύπο $\Delta = 2 * \rho * \text{μήκος αγωγού} * I_{max} / \text{μέγιστη πτώση τάσης}$. Η κατάλληλη διατομή, κοιτώντας τον πίνακα 15 είναι η αμέσως επόμενη από το αποτέλεσμά μας (δηλ. αν έχουμε ως αποτέλεσμα $\Delta = 3,5 \text{mm}^2$, θα επιλέξουμε την αμέσως επόμενη σύμφωνα με τον πίνακα 15 η οποία είναι τα 4mm^2).

Βήμα 3^ο: Πολλαπλασιάζουμε το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της επιλεγμένης τυποποιημένης διατομής με τους συντελεστές διόρθωσης από τους πίνακες 16 και 17, σύμφωνα με τη μέγιστη θερμοκρασία του χώρου εγκατάστασης και το πλήθος κυκλωμάτων. Αν η τιμή που θα βρούμε είναι μεγαλύτερη από το I_{max} , τότε η διατομή είναι αποδεκτή. Αν είναι μικρότερη από το I_{max} , επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή.

- ΦΒ – Ρυθμιστής φόρτισης

$$I_{sc} = 6,46A \quad I_{max} = 6,46A * 1,25 = 8,075A$$

$$\Delta = 2 * 0,0219\Omega * 12m * 8,075 A / 1,306V = 3,24mm^2$$

Άρα η διατομή του καλωδίου θα είναι **4 mm²**

Για να το επαληθεύσουμε: Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για 4mm² για μόνωση XLPE είναι 35 A (πίνακας 15), ο συντελεστής διόρθωσης για τους 70°C είναι 0,58 (πίνακας 16) και ο συντελεστής μείωσης για ένα κύκλωμα είναι 1,00 (πίνακας 17).

$$35 A * 0,58 * 1,00 = 20,3 A > I_{max} \text{ άρα η διατομή } 4mm^2 \text{ είναι αποδεκτή.}$$

- A/Γ- Ρυθμιστής φόρτισης

$$I = 40 A \quad I_{max} = 40 A * 1,25 = 50 A$$

$$\Delta = 2 * 0,0185\Omega * 8m * 50 A / 0,96 V = 15,41 mm^2$$

Άρα η διατομή του καλωδίου θα είναι **16 mm²**

Για να το επαληθεύσουμε: Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για 16 mm² για μόνωση XLPE είναι 81 A (πίνακας 15), ο συντελεστής διόρθωσης για τους 40°C είναι 0,91 (πίνακας 16) και ο συντελεστής μείωσης για ένα κύκλωμα είναι 1,00 (πίνακας 17).

$$81 A * 0,91 * 1,00 = 73,71 A > I_{max} \text{ άρα η διατομή } 16 mm^2 \text{ είναι αποδεκτή.}$$

- Ρυθμιστής φόρτισης ΦΒ - Μπαταρίες

$$I = 80 A \quad I_{max} = 80 A * 1,25 = 100 A$$

$$\Delta = 2 * 0,0185\Omega * 1,5m * 100 A / 0,96 V = 5,78 mm^2$$

Άρα η διατομή του καλωδίου θα είναι **6 mm²**

Για να το επαληθεύσουμε: Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για 6 mm² για μόνωση XLPE είναι 45 A (πίνακας 15), ο συντελεστής διόρθωσης για τους 40°C είναι 0,91 (πίνακας 16) και ο συντελεστής μείωσης για ένα κύκλωμα είναι 1,00 (πίνακας 17).

$$45 A * 0,91 * 1,00 = 40,95 A < I_{max} \text{ άρα η σωστή διατομή θα είναι } 10 mm^2.$$

- Ρυθμιστής φόρτισης Α/Γ - Μπαταρίες

$$I = 45 \text{ A} \quad I_{\max} = 45 \text{ A} * 1,25 = 56,25 \text{ A}$$

$$\Delta = 2 * 0,0185 \Omega * 1,5 \text{ m} * 56,25 \text{ A} / 0,96 \text{ V} = 3,25 \text{ mm}^2$$

Άρα η διατομή του καλωδίου θα είναι **4 mm²**

Για να το επαληθεύσουμε: Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για 4 mm² για μόνωση XLPE είναι 35 A (πίνακας 15), ο συντελεστής διόρθωσης για τους 40°C είναι 0,91 (πίνακας 16) και ο συντελεστής μείωσης για ένα κύκλωμα είναι 1,00 (πίνακας 17).

$$35 \text{ A} * 0,91 * 1,00 = 31,85 \text{ A} < I_{\max} \text{ άρα η σωστή διατομή θα είναι } 6 \text{ mm}^2.$$

- Μπαταρίες - Inverter

$$V = 48 \text{ V}$$

$$P = 5000 \text{ W}$$

$$I = 5000 \text{ W} / 48 \text{ V} = 104,16 \text{ A} \quad I_{\max} = 104,16 \text{ A} * 1,25 = 130,20 \text{ A}$$

$$\Delta = 2 * 0,0185 \Omega * 2 \text{ m} * 130,20 \text{ A} / 0,48 \text{ V} = 20,07 \text{ mm}^2$$

Άρα η διατομή του καλωδίου θα είναι **25 mm²**

Για να το επαληθεύσουμε: Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για 25 mm² για μόνωση XLPE είναι 106 A (πίνακας 15), ο συντελεστής διόρθωσης για τους 40°C είναι 0,91 (πίνακας 16) και ο συντελεστής μείωσης για ένα κύκλωμα είναι 1,00 (πίνακας 17).

$$106 \text{ A} * 0,91 * 1,00 = 96,46 \text{ A} < I_{\max} \text{ άρα η σωστή διατομή θα είναι } 35 \text{ mm}^2.$$

- Inverter – AC φορτία

$$V_{AC} = 230 \text{ V}$$

$$P = 5000 \text{ W}$$

$$I = 5000 \text{ W} / 230 \text{ V} = 21,73 \text{ A} \quad I_{\max} = 21,73 \text{ A} * 1,25 = 27,16 \text{ A}$$

$$\Delta = 2 * 0,0185 \Omega * 10 \text{ m} * 27,16 \text{ A} / 2,3 \text{ V} = 3,49 \text{ mm}^2$$

Άρα η διατομή του καλωδίου θα είναι **4 mm²**

Για να το επαληθεύσουμε: Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για 4 mm² για μόνωση XLPE είναι 35 A (πίνακας 15), ο συντελεστής διόρθωσης για τους 40°C είναι 0,91 (πίνακας 16) και ο συντελεστής μείωσης για ένα κύκλωμα είναι 1,00 (πίνακας 17).

$$35 \text{ A} * 0,91 * 1,00 = 31,85 \text{ A} > I_{\max} \text{ άρα η διατομή } 4 \text{ mm}^2 \text{ είναι αποδεκτή.}$$

7.8 Οικονομική μελέτη εγκατάστασης

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (€)
Πάνελ Sunpower	12	340	4.080
A/Γ	1	800	800
Πύργος A/Γ και λοιπός εξοπλισμός ανέγερσης	1	1.000	1.000
Ρυθμιστής φόρτισης ΦΒ	1	526	526
Ρυθμιστής φόρτισης A/Γ	1	140	140
Συσσωρευτής	32	285	9.120
Inverter	1	580	580
Λοιπά έξοδα			2.000
Εργασίες εγκατάστασης			1.470
ΣΥΝΟΛΟ			19.716

Πίνακας 18: Έξοδα εγκατάστασης του συστήματος

Οι εργασίες εγκατάστασης υπολογίστηκαν αν για 7 ημέρες εργάζονται 3 άτομα με 70€ έκαστος ημερομίσθιο. Έτσι $70€ \cdot 7 \text{ ημέρες} \cdot 3 \text{ άτομα} = 1.470€$.

Επίσης θα πρέπει να συνυπολογισθούν και τα ετήσια έξοδα συντήρησης της εγκατάστασης.

Έξοδα συντήρησης ΦΒ = 150€/έτος

Έξοδα συντήρησης εξοπλισμού = 100€/έτος

Έξοδα συντήρησης A/Γ = 350€/έτος

Συνολικά ετήσια έξοδα = 150€ + 100€ + 350€ = 600€

Ολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια ΦΒ + ολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια A/Γ = $6.477,38\text{kWh} + 1.013,245\text{kWh} = 7.490,62\text{kWh}/\text{έτος}$

Εολ. = 7.490,62 kWh/έτος

Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα η τιμή της kWh κυμαίνεται κατά μέσο όρο και με τις πρόσθετες χρεώσεις στα 0,40€. Έτσι με την ολική παραγόμενη ενέργεια, την οποία έχουμε υπολογίσει και που μας προσφέρουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, θα υπολογίσουμε τα έσοδα πολλαπλασιάζοντάς την με την τιμή ανά kWh.

Έσοδα = $7.490,62 \text{ kWh} \cdot 0,40€ = 2.996,25 €$

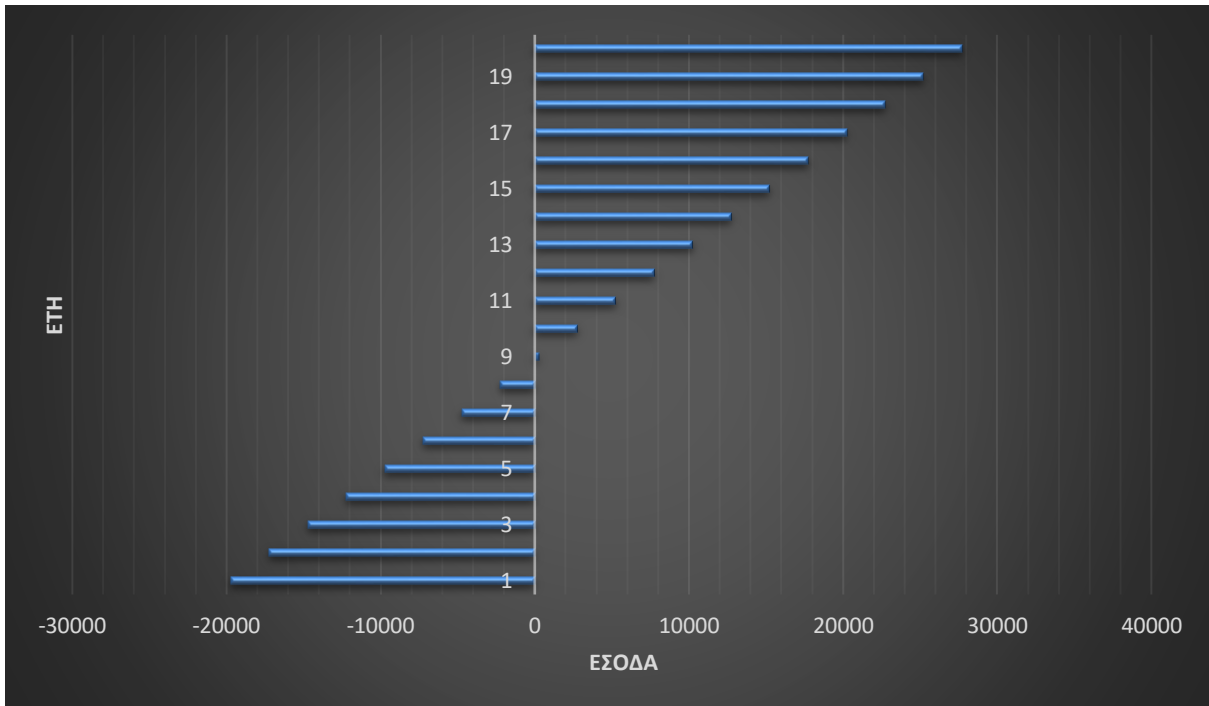
Αυτή η τιμή όμως δεν είναι τα καθαρά ετήσια έσοδα αφού υπάρχουν και τα έξοδα συντήρησης.

Έσοδα καθ./ έτος = $2.996,25 \text{ €} - 600\text{€} = 2.496,25\text{€}$

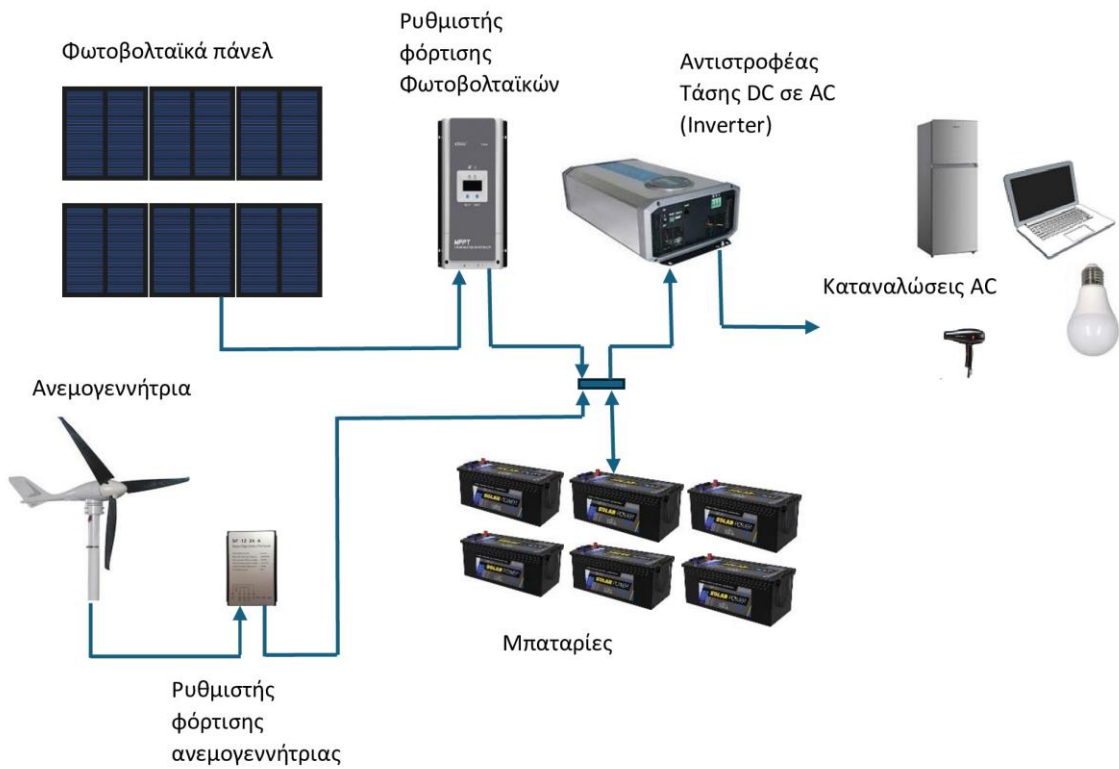
Χρόνος απόσβεσης για την επένδυση αυτή:

Χρ. Αποσβ. = Συνολικά έξοδα/έσοδα καθ. = $19.716\text{€}/2.496,25\text{€} = 7,89$

Άρα ο χρόνος που θα χρειασθεί για να γίνει απόσβεση της επένδυσης θα είναι **7 χρόνια και 9 μήνες**.



Διάγραμμα 1: Ετήσια έσοδα εγκατάστασης



Εικόνα 33: Τελική διάταξη εγκατάστασης

8 Βιβλιογραφία – Πηγές

1. Ενέργεια

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/14064/P0014064.pdf%3Fsequence%3D1&ved=2ahUKEwjOi-3-rleFAxVng_0HHQ5DAvkQFnoECBUQAQ&usq=AOvVaw2sqPBXi5NMWrgW4Y0HafLe
[http://users.sch.gr/soultanid/?page_id=22,](http://users.sch.gr/soultanid/?page_id=22)
<https://www.moneyreview.gr/green-economy/134892/chronia-rekor-to-2023-gia-tis-ape-stin-ellada-ayxisi-147-tin-teleytaia-10etia/>
<https://www.ot.gr/2022/11/07/green/ape/apo-ape-os-to-2030-to-45-tis-katanalosis-energeias/>
<https://www.slideshare.net/maripapag/ss-77231550>
<https://xronikadramas.gr/to-energeiako-provlima-toy-planiti-kai-oi-diastraseis-toy-sti-chora-mas/>
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%8C%CE%BE%CE%B9%CE%BD%CE%B7_%CE%B2%CF%81%CE%BF%CF%87%CE%AE
<http://www.indeepanalysis.gr/perivallon/energeiakh-katanalwsh-sta-ellhnika-kthria>
<https://slideplayer.gr/slide/2391476/>

2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ηλιακή ενέργεια

<https://www.ot.gr/2024/02/07/green/ape/ember-igetis-tis-iliakis-energeias-i-ellada-to-alma-tis-4etias/>
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi12b-fweyEAXvYIP0HHZDeCVYQFnoECBQQAQ&url=https%3A%2F%2Fopencourses.uoa.gr%2Fmodules%2Fdocument%2Ffile.php%2FPHYS1%2F%25CE%2594%25CE%25B9%25CE%25B4%25CE%25B1%25CE%25B4%25CF%2584>
<https://apothesis.eap.gr/archive/item/85008>
https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy
<https://www.mep.gr/services/erga-i-m-kataskeyi/iliaki-energeia/>

Βιομάζα

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://apothesis.eap.gr/archive/download/b5f7feed-8d68-4a49-b578-13f9ba5718fc.pdf&ved=2ahUKEwiwhbHm04qFAxXLhf0HHVvxCA4QFnoECA8QAQ&usq=AOvVaw0Y7X224noRJVAD_F_FfQeS
https://hellenic-college.gr/wp-content/uploads/works/energy-sources/biomaza.htmhttps://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CMNG2115/2015/%25CE%2591%25CE%259D%25CE%259F%25CE%2599%25CE%259A%25CE%25A4%25CE%2591%2520%25CE%259C%25CE%2591%25CE%2598%25CE%2597%25CE%259C%25CE%2591%25CE%25A4%25CE%2591-%25CE%25A0%25CE%2591%25CE%25A1%25CE%2591%25CE%2594%25CE%259F%25CE%25A3%25CE%2595%25CE%2599%25CE%25A3/%25CE%259C%25CE%25AC%25CE%25B8%25CE%25B7%25CE%25BC%25CE%25B1%25209%2520_%2520%25CE%2595%25CE%25B9%25CF%2583%25CE%25B1%25CE%25B3%25CF%2589%25CE%25B3%25CE%25AE%2520%25CF%2583%25CF%2584%25CE%25B7%2520%25CE%2592%25CE%25B9%25CE%25BF%25CE%25BC%25CE%25AC%25CE%25B6%25CE%25B1%252C%2520%25CE%25A0%25CE%25B7%25CE%25B3%25CE%25AD%25CF%2582%2520-%2520%25CE%2599%25CE%25B4%25CE%25B9%25CF%258C%25CF%2584%25CE%25B7%25CF%2584%25CE%25B5%25CF%2582%2520-%2520%25CE%2592%25CE%25B9%25CE%25BF%25CE%25BA%25CE%25AC%25CF%2585%25CF%2583%25CE%25B9%25CE%25BC%25CE%25B1.pdf&ved=2ahUKEwjS85il4IqFAxW2iv0HHQBzCNgQFnoECCIQAQ&usq=AOvVaw2g_dPnlVZiDzqlrYiz1mel
<http://www.allaboutenergy.gr/Biomaza.html>

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://repository.library.tiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5162/%25CE%2595%25CE%25BD%25CE%25AD%25CF%2581%25CE%25B3%25CE%25B5%25CE%25B9%25CE%25B1%2520%25CE%25B1%25CF%2580%25CF%258C%2520%25CE%25B2%25CE%25B9%25CE%25BF%25CE%25BC%25CE%25AC%25CE%25B6%25CE%25B1..pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&ved=2ahUKEwJS85il4IqFAxW2iv0HHQBzCNgQFnoECCMQAQ&usg=AOvVaw0rHzbb2RegGINikmps02B->
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://dide.chan.sch.gr/agygeias/2012-2013/EPAS_Xaniwn/2013-06-10_biomaza_EPAS_CNC.pdf&ved=2ahUKEwip4PrkZefAxUHhPOHHU8OA1IQFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw2ssvMUIhNP9pENXuew341
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1>
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/B4B_event_8_4_16/04_GERASIMOU.pdf&ved=2ahUKEwjZqZaMhlaGAXVO3QIHHLVUAJAQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw2zg7dVg1ensDvAY-eQF0wI

Γεωθερμική ενέργεια

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AF%CE%B1>
<https://www.beconscious.gr/be-eco/492-geothermia-2-0>
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://apothesis.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3224/Mousenikas.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&ved=2ahUKEwjhvMrJkr-FAXVg_rslHd7ED6Y4ChAWegQIDBAb&usg=AOvVaw0jblk4m734ulHhUC1Kx0T3
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://ikee.lib.auth.gr/record/342705/files/Bakaltos%2520Konstantinos.pdf&ved=2ahUKEwicZoa6i7-FAXXP-AIHHRWZBWgQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw1Gfem4Li_uDb8uebIRnIxI
<http://ienergiagiromas.weebly.com/pilambdaepsilonomicronnuepsilonkappatau942mualphataualpha--muepsiloniotaomicronnuepsilonkappatau942mualphataualpha2.html>

Αιολική ενέργεια

<http://www.allaboutenergy.gr/AiolikiEnergeia.html>
<https://www.mercouris.gr/el/%CF%80%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%B1-%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%84/>
<https://newpost.gr/eidiseis/pleonektimata-kai-meionektimata-tis-aioliki-energeias/>
<https://eletaen.gr/deltio-typou-i-statistiki-tis-aioliki-energeias-deytero-examino-2020/>
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2024/01/2024-01-18-2023-HWEA_Statistics-Greece.pdf&ved=2ahUKEwje767wub-FAXUY-gIHHDygC2UQFnoECBEQAQ&usg=AOvVaw04LBeOBGj3_HfGrNqXXY5Z

Ωκεάνια ενέργεια

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CF%89%CE%BA%CE%B5%CE%B1%CE%BD%CF%8E%CE%BD
http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/wave_energy.html
<https://www.enerzy.gr/blog/ti-einai-i-palirroiki-energeia-kai-pos-leitoyrei>
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://dspace.uowm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4409/%25CE%259C%25CE%25AC%25CE%25BD%25CF%2584%25CE%25B6%25CE%25B1%25CF%2581%25CE%25B7%25CF%2582%2520%25CE%25A7%25CF%2581%25CE%25AE%25CF%2583%25CF%2584%25CE%25BF%25CF%2582%2520H56_2023.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&ved=2ahUKEwi9tpugsM6FAxXd3gIHHQ7TA2M4ChAWegQIBBAb&usg=AOvVaw0OCfX1qTfxoBWJ5rP1rcIU
<https://energypress.gr/news/ependyseis-disekatommyrion-gia-tin-axiopoisi-tis-energeias-ton-okeanon-megalo-stoihima-tis>

Υδραυλική ενέργεια

<http://www.allaboutenergy.gr/YdravlikiEnergeia.html>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B4%CF%81%CE%B1%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1>
<https://www.ypaithros.gr/ilektriki-energeia-europi-ananeosimes-piges/>
<https://energypress.gr/news/h-ydroilektriki-energeia-stin-eyropi-kai-oi-dynatotites-apothikeysis-tis>
<https://rawmathub.gr/synentefkseis-kai-arthra-gia-protos-yles/arthra-gia-protos-yles/ta-ydroilektrika-erga-stin-ellada-mia-diadromi-apo-to-1950-mexri-simera>

3. Φωτοβολταϊκά συστήματα

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/ENV110/%25CE%2591%25CE%25BD%25CE%25BF%25CE%25B9%25CE%25BA%25CF%2584%25CE%25AC%2520%25CE%259C%25CE%25B1%25CE%25B8%25CE%25AE%25CE%25BC%25CE%25B1%25CF%2584%25CE%25B1%2520%25CE%25B2.%2520%25CE%25A6%25CF%2589%25CF%2584%25CE%25BF%25CE%25B2%25CE%25BF%25CE%25BB%25CF%2584%25CE%25B1%25CF%258A%25CE%25BA%25CE%25AC.pdf&ved=2ahUKEwiP4fW2peKFAxUqzgiHHYReBB0QFnoECBIQAQ&usg=AOvVaw29myo1rojRtGYwWhF1vBWT>
<https://www.omniphos.gr/%CE%B7-%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8E%CE%BD/>
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/ED103/%25CE%259A%25CE%2595%25CE%25A6%25CE%2586%25CE%259B%25CE%2591%25CE%2599%25CE%259F%25201%25CE%2597%25CE%259C%25CE%2599%25CE%2591%25CE%2593%25CE%25A9%25CE%2593%25CE%259F%25CE%2599.pdf&ved=2ahUKEwicy7qrqKFAxUhhiv0HHUr8DfQQFnoECCQQAQ&usg=AOvVaw0jH5qKYiGru4D1iEOAYty2>
<http://users.sch.gr/kgiannaras/genika-ilektronika/imiagogoi-typou-n-kai-p.html>
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.arcmeletitiki.gr/images/uploads/pdf/arc_ape11.pdf&ved=2ahUKEwiXruqRweKFAxVQgv0HHR03AywQFnoECBIQAQ&usg=AOvVaw2Bf8F2yh-clgSMIJPYesVV
<https://gr.dsnsolar.com/info/photovoltaic-effect-operation-30390509.html>
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://repository.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3738/%25CE%25A5%25CE%2592%25CE%25A1%25CE%2599%25CE%2594%25CE%2599%25CE%259A%25CE%2591%2520%25CE%25A6%25CE%25A9%25CE%25A4%25CE%259F%25CE%2592%25CE%259F%25CE%259B%25CE%25A4%25CE%2591%25CE%25AA%25CE%259A%25CE%2591%2520%25CE%2598%25CE%2595%25CE%25A1%25CE%259C%25CE%2599%25CE%259A%25CE%2591%2520%25CE%25A3%25CE%25A5%25CE%25A3%25CE%25A4%25CE%2597%25CE%259C%25CE%2591%25CE%25A4%25CE%2591%2520%25CE%259D%25CE%2595%25CE%25A1%25CE%259F%25CE%25A5..pdf&ved=2ahUKEwivUwe6FAXq8gIHHVdgCv4QFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw2jS5ybyqycH8dmxqs0_b2Tp
<https://en.wikipedia.org/wiki/P%E2%80%93junction#Properties>
http://users.sch.gr/jabatzo/files/yliko/live%20ebooks/analogika_2018_final/12.html
<https://new.selasenergy.gr/fotovoltaika/%CE%AC%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%B1/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC-%CF%80%CE%BB%CE%B1%CE%AF%CF%83%CE%B9%CE%B1/>
<https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/handle/11400/1666>
<https://www.fotovoltaika.gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC-%CF%80%CE%AC%CE%BD%CE%B5%CE%BB/%CE%BA%CF%81%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CF%80%CF%85%CF%81%CE%B9%CF%84%CE%AF%CE%BF%CF%85/>

<https://new.selasenergy.gr/fotovoltaika/%CE%AC%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%B1/%CF%80%CF%85%CF%81%CE%AF%CF%84%CE%B9%CE%BF-thin-film/>
<https://novavolt.gr/blogs/fotovoltaika/pws-sindeontai-ta-fwtovoltaika>
<https://www.solar-systems.gr/solar-panel-pv-9.html>

4. Ανεμογεννήτριες

<https://www.nrg.gr/el/aioliki-energeia>
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://www.pspa.eu/images/files/ergasies_mathiton/technologie/agymn/2014-15/dimisianou.pdf&ved=2ahUKEwiso9Svv4OGAxVj_QIHQ7zMOoQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw24titARjKmELIriPvgvQuz
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B5%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%BD%CE%AE%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%B1>

5. Αυτόνομο υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα

<https://www.mp-energy.gr/blog/44/%CF%81%CF%85%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%82-%CF%86%CE%BF%CF%81%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%83-mppt-%CE%B7-pwm-%CF%84%CE%B9-%CE%BD%CE%B1-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CF%89.html>
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://oceanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4960/auto29961.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&ved=2ahUKEwi45ovm6ZeGAXUI3QIHV4CNYQFnoECBEQAQ&usg=AOvVaw0z39C4JRzslrZZJ-hLZNe>
<http://gr.solar-led-lights.com/info/solar-charge-controller-pwm-vs-mppt-23930123.html>
<https://www.smart-cover.gr/plirofories-gia-mpataries/>
<https://novavolt.gr/blogs/fotovoltaika/mpataries-fotovoltaiawn>
<https://www.fotovoltaikasystems.gr/inverters.html>
<https://www.solar-systems.gr/inverter/index.htm>

6. Μελέτη αυτόνομου υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος

<https://www.renugen.co.uk/sunpower-e20-spr-333ne-wht-d-333-watt-solar-panel-module/>
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.helapco.gr/files/installers/totee-klimatika.pdf&ved=2ahUKEWjK3f6I7N2GAXI7gIHHUQZD5AqFnoECBUQAQ&usg=AOvVaw1IG6vAKersDdQYdXrHDObh>
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://web.tee.gr/wp-content/uploads/%25CE%25A4%25CE%259F%25CE%25A4%25CE%2595%25CE%2595-20701-8-2021.pdf&ved=2ahUKEWjK35yl8d2GAXU6gf0HHV-CAJsQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw1sArATFOFImImgQZW-i81B>
<https://greekphotovoltaics.gr/product/bookoffgrid/>
<https://www.ti-soft.com/>
https://www.meteoblue.com/el/%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%81%CF%8C%CF%82/historyclimate/climatemodelled/%ce%9a%ce%b9%ce%bd%ce%af%ce%b4%ce%b1%cf%81%ce%bf%cf%82%ce%95%ce%bb%ce%bb%ce%ac%ce%b4%ce%b1_259793
<https://www.battery-expert.gr/%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82/%CE%BC%CF%80%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%81%CE%B9%CE%B5%CF%82-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CF%89%CE%BD/%CE%BC%CF%80%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%81%CE%AF%CE%B1->

[%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%B
F%CF%8D-%CE%B2%CE%B1%CE%B8%CE%B9%CE%AC%CF%82-
%CE%B5%CE%BA%CF%86%CF%8C%CF%81%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-solar-power-
250ah-sp250.html](#)

<https://istabreeze.us/i-2000w-48v-wind-turbine/>

[https://eshop.sunen.gr/%CE%A1%CF%85%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%82-
%CE%A6%CF%8C%CF%81%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-MPPT-EP
SOLAR-80A-12-24-36-48V-200VocMax-TRACER-8420AN](https://eshop.sunen.gr/%CE%A1%CF%85%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%82-
%CE%A6%CF%8C%CF%81%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-MPPT-EP
SOLAR-80A-12-24-36-48V-200VocMax-TRACER-8420AN)

[https://www.oknow.gr/online-store/fotovoltaika/anemogenitries/rithmistis-controller-2000w-
anemogenitria-1000w-24v-me-freno-153-leptomeris.html](https://www.oknow.gr/online-store/fotovoltaika/anemogenitries/rithmistis-controller-2000w-
anemogenitria-1000w-24v-me-freno-153-leptomeris.html)

<https://energypower.gr/product/inverter-epever-ip5000-42-plus-t-48v-5000w/>

<https://gr.sxjshcable.com/info/what-is-epr-sheathed-welding-cable-94248854.html>

<https://istabreeze.us/wind-generators-accessories/tower-mast-sets/>

<http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/handle/123456789/2165>

<https://www.solaire.gr/net-metering/ypologismoi-gia-katoikies.html>