



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«Μελέτη εγκατάστασης υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος για ηλεκτροδότηση κατοικίας»

“Installation planning hybrid photovoltaic system for residential power supply”



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ:

ΕΙΡΗΝΗ ΚΑΜΑΛΕΔΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Δρ. ΜΙΧΑΗΛ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2019

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Καμαλεδάκη Ειρήνη, του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 29961 φοιτήτρια του Τμήματος **Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής**, του **Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής** πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Η Δηλούσα

Ημερομηνία

16/07/2019

## **Περίληψη**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναλύσει την μελέτη ενός υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος για την πλήρη τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια μίας μέσης κατοικίας στα Χανιά Κρήτης. Η ενέργεια που θα παράγεται θα πρέπει να καλύπτει τις καθημερινές ανάγκες μίας τυπικής οικογένειας σε ηλεκτρισμό.

Το φωτοβολταϊκό αυτό σύστημα θα διαθέτει συσσωρευτές για την δυνατότητα ηλεκτροδότησης σε περιόδους που δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία αλλά και κάλυψη από πιθανές αιχμές φορτίου. Για τους ίδιους λόγους θα υπάρχει και μια ντηζελογεννήτρια ως επικουρική πηγή ενέργειας.

## **Abstract**

The necessity of utilization of renewable energy sources was the main inspiration for this diploma thesis. Which aims to deeply study and analyse a hybrid photovoltaic system for the full power supply of an average residence in Chania, Crete. The energy that will be produced should cover the daily needs of a typical family in electricity. Moreover, the photovoltaic system will be equipped with batteries for electrification during times when there is no solar radiation but also cover by possible load peaks. For similar reasons, there will be a diesel generator as an auxiliary power source.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ θερμά τον καθηγητή και επιβλέπων Δρ. Μιχάηλ Παπουτσιδάκη για την πολύτιμη βοήθεια του και την επίβλεψη του στην εκπόνηση αυτής της εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου για την βοήθεια και για την υποστήριξη τους κατά την διάρκεια της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

# Περιεχόμενα

Περίληψη .....	0
Abstract.....	3
Ευχαριστίες.....	4
Κεφάλαιο 1 .....	6
Εισαγωγή.....	8
1.1  Ενεργειακά προβλήματα .....	9
1.2  Πηγές Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	9
1.2.1  Συμβατικές Πηγές Ενέργειας.....	10
1.2.2  Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	11
1.3  Φωτοβολταϊκά Συστήματα .....	14
1.3.1  Κατηγορίες Φωτοβολταϊκών Συστημάτων .....	15
1.3.2  Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών και Υβριδικών Συστημάτων .....	18
1.4  Εφαρμογές Φωτοβολταϊκών και Υβριδικών Συστημάτων.....	20
Κεφάλαιο 2 .....	22
2.1  Αυτόνομο υβριδικό σύστημα.....	22
2.2  Υποσυστήματα αυτόνομου υβριδικού συστήματος.....	23
2.3  Ενδεικτικό αυτόνομο υβριδικό σύστημα .....	24
Κεφάλαιο 3 .....	26
Μελέτη αυτόνομου υβριδικού συστήματος .....	26
2.1  Ηλεκτρικές καταναλώσεις.....	26
2.2  Επιλογή μπαταριών .....	29
2.3  Επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων .....	32
2.4  Ρυθμιστής φόρτισης .....	34
2.5  Αυτόνομος μετατροπέας.....	35
2.6  Ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος.....	35
2.7  Τύποι καλωδίων και μέσα προστασίας .....	38
Συμπεράσματα .....	40
Βιβλιογραφία .....	41

Εικόνα 1. Ενεργειακές πηγές [8].....	10
Εικόνα 2. Στόχοι και εκτίμηση διείσδυσης για ΑΠΕ [10].....	11
Εικόνα 3 SPACEX τροφοδοτούμενο από Φ/Β .....	14
Εικόνα 4. Απομονωμένο Φ/Β σύστημα.....	15
Εικόνα 5 Φωτοβολταϊκό πάνελ και ανεμογεννήτρια .....	16
Εικόνα 6 Κατηγορίες Φ/Β Συστημάτων.....	17
Εικόνα 7. Εφαρμογές Φ/Β και Υβριδικών συστημάτων .....	20
Εικόνα 8 Υβριδικό σύστημα Ενέργειας .....	22
Εικόνα 9 Υποσυστήματα υβριδικού συστήματος .....	23
Εικόνα 10 Σύγκριση κατανάλωσης συσκευών με βάση τον μήνα.....	28
Εικόνα 11 Κατανάλωση Wh/day .....	29
Εικόνα 12 Μπαταρία μολύβδου [25] .....	30
Εικόνα 13 SoPZS [27].....	31
Εικόνα 14 SoPZV [28] .....	31
Εικόνα 15 Ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια 2016 με χρήση crystalline silicon πλαίσια [29] .....	33
Εικόνα 16 Ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια 2016 με χρήση CIS πλαίσια [29] .....	33
Εικόνα 17 Ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια 2016 με χρήση CdTe πλαίσια [29].....	34
Εικόνα 18 Ρυθμιστής φόρτισης Steca Tarom 4545.....	34
Εικόνα 19 SMA Sunny Island 5048U .....	35
Εικόνα 20 ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος Kipor KDE 12STAF3 .....	36

Πίνακας 1 Ενυδατική κατανάλωση.....	25
Πίνακας 2 Τεχνικός εξοπλισμός κάλυψης ενεργειακών αναγκών .....	25
Πίνακας 3 Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τους χειμερινούς μήνες .....	27
Πίνακας 4 Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.....	27
Πίνακας 5 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος Κίρφοι KDE 12STAF3 .....	36



# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Η ενέργεια αποτέλεσε, αποτελεί και θα αποτελεί έναν από τους βασικότερους κινητήριους μοχλούς λειτουργίας του πλανήτη μας. Ανεξάρτητα από την μορφή που μπορεί να έχει, συσχετίζεται με την κάθε φυσική μεταβολή που συμβαίνει στον φυσικό κόσμο, από την πιο μικρή ως την πιο περίπλοκη. Ο άνθρωπος, σύμφωνα με την ιστορική του πορεία, πάντα προσπαθούσε να ‘δαμάσει’ και να χρησιμοποιήσει προς όφελος του τις διάφορες φυσικές μορφές ενέργειας (για παράδειγμα την ενέργεια του αέρα, της φωτιάς, του νερού και του ήλιου), ώστε να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσης του. Με το πέρασμα του χρόνου, ιδιαίτερα μετά την βιομηχανική επανάσταση, οι ανάγκες για ενέργεια αυξήθηκαν με αποτέλεσμα να αυξηθούν και οι απαιτήσεις στην ποσότητα [1].

Τους τελευταίους αιώνες, η ενέργεια παράγεται σε μεγάλη κλίμακα από κεντρικούς θερμοηλεκτρικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς, όπου καταναλώνουν σαν πρώτη ύλη πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο, ουράνιο ή και άλλες πρώτες ύλες ώστε παράγουν μεγάλη ποσότητα ισχύος (εκατοντάδες ή χιλιάδων MW) [2]. Ωστόσο, με το πέρασμα του χρόνου μερικές από τις ενεργειακές πηγές (π.χ. πετρελαίου, φυσικού αερίου) έχουν αρχίσει να εξαντλούνται (μερικές πετρελαιοπηγές έχουν είδη στερέψει), με αποτέλεσμα να μειώνονται ραγδαία η διαθεσιμότητα των συμβατικών καυσίμων. Αυτό έχει οδηγήσει, όχι μόνο στο να αυξηθούν οι τιμές στις συμβατά καύσιμα, όπως για παράδειγμα το πετρέλαιο, αλλά και στο να υπάρχει κίνδυνος να εξαφανιστούν όλα τα αποθέματα που υπάρχουν στον πλανήτη. Κάνοντας αισθητές τις πρώτες ενδείξεις για το ενεργειακό πρόβλημα που θα επακολουθήσει και θα απασχολήσει την ανθρωπότητα τα επόμενα χρόνια.

Η επιστημονική κοινότητα εντοπίζοντας το ενεργειακό πρόβλημα που θα πρόκυπτε αν συνεχιστεί με τον ίδιο τρόπο η εξάντληση των φυσικών πόρων ανέτρεξε στην εύρεση νέων λύσεων. Μια από αυτές είναι η πυρηνική ενέργεια, η οποία όταν είχε πρωτοεμφανιστεί αποτέλεσε αναλαμπή για την παραγωγή μεγάλης ποσότητας ενέργειας. Ωστόσο, αποδείχτηκε σύντομα ως μη ασφαλή και ιδανική λύση στην παραγωγή ενέργειας. Για την ακρίβεια, τα ατυχήματα στους πυρηνικούς σταθμούς του Three Mile Island της Πενσυλβάνιας το 1979, στο Τσερνομπίλ της Ουκρανίας το 1986 και στην Φουκοσίμα της Ιαπωνίας το 2011 [3], είχαν και συνεχίζουν να έχουν ολέθριο αντίκτυπο τόσο στο οικοσύστημα όσο και στην ανθρωπότητα. Δίνοντας την δυνατότητα για αμφισβήτηση της παραγωγής ενέργειας με πυρηνικό τρόπο και αποδεικνύοντας ότι υπάρχουν ακόμα πολλές αδυναμίες που δεν μπορούν να διασφαλίσουν την ασφαλή και ελεγχόμενη παραγωγή πυρηνικής ενέργειας. Από την άλλη πλευρά, αυτό έκανε πρόσφορο το έδαφος στο να στραφεί η προσοχή της επιστημονικής κοινότητας στις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (ΑΠΕ) [4].

Οι ΑΠΕ ή ήπιες μορφές ενέργειας ή νέες πηγές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια είναι διάφορες μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως είναι για παράδειγμα ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Γενικότερα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμπεριλαμβάνουν μη εξαντλήσιμες πηγές όπως ο ήλιος, ο αέρας και το νερό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι περισσότερες εφαρμογές και υλοποιήσεις σήμερα αφορούν ΑΠΕ που

βασίζονται στην ηλιακή ενέργεια, στην ενέργεια του ανέμου και της βιομάζας για την παραγωγή τόσο ηλεκτρικής ενέργειας όσο και θερμότητας. Έτσι, έχουμε την δημιουργία τεράστιων αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων για την μαζική παραγωγή ενέργειας.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζονται οι υπάρχουσες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και τα διαφορά προβλήματα που μπορεί να υπάρχουν στον τομέα. Στην συνέχεια, μελετάτε και παρουσιάζεται η εγκατάσταση ενός υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος για την ηλεκτροδότηση μια κατοικίας.

## **1.1 Ενεργειακά προβλήματα**

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, την τελευταία δεκαετία, έχει οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η ύπαρξη πληθώρα ηλεκτρικών συσκευών σε κάθε νοικοκυριό καθιστά την ανάγκη και την χρήση της ενέργεια οξύθυμη. Γενικότερα, υπολογίζεται ότι ο άνθρωπος στην εποχή της πληροφορικής, της ψηφιακής τεχνολογίας, της παγκοσμιοποίησης χρησιμοποιεί 1000MJ για την επιβίωση του ενώ ο πρωτόγονος άνθρωπος χρησιμοποιούσε μόνο 6,3MJ για να καλύψει τις ανάγκες του. Οι ανάγκες για ολοένα και περισσότερο παραγωγή ενέργειας έχουν οδηγήσει στα ενεργειακά προβλήματα [5].

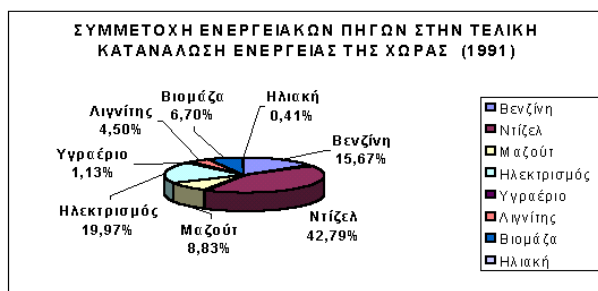
Τα ενεργειακά προβλήματα είναι τα προβλήματα που προκύπτουν λόγω της έλλειψης ενέργειας καθώς και οι επιπτώσεις που έχεις στο περιβάλλον η παραγωγή της. Ήταν την δεκαετία του 70' όταν πρωτοεμφανίστηκε ο όρος «πετρελαϊκή κρίση», δημιουργώντας προβληματισμούς για την διαθεσιμότητα και εποικοδομητική αξιοποίηση της ενέργειας, καθώς και για την μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Για την ακρίβεια, τα ενεργειακά αποθέματα ολοένα και μειώνονται, υπολογίζεται ότι η κατανάλωση των παγκόσμιων αποθεμάτων πετρελαίου, φυσικού αερίου, ορυκτού άνθρακα μπορεί να εξαντληθούν στα επόμενα 150 χρόνια, ενώ συγχρόνως οι απαιτήσεις για ενεργειακή κατανάλωση αυξάνονται.[6] Συγκεκριμένα, οι τρεις διαφορετικές απόψεις που προσεγγίζουν το ενεργειακό πρόβλημα είναι:

- Η ενεργειακή επάρκεια (εξασφάλιση της απαραίτητης ενέργειας αρά και ενεργειακών πόρων).
- Το κόστος της ενέργειας.
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει η παραγωγή της.

Για την αντιμετώπιση των θεμάτων αυτών η επιστημονική κοινότητα έστρεψε το βλέμμα της σε εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας. Παράλληλα ξεκίνησε και μια προσπάθεια εξοικονόμησης και αποδοτικότερης χρήσης της ενέργειας.

## **1.2 Πηγές Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας**

Οι πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τις συμβατικές (μη ανανεώσιμες) και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται κατά κύριο λόγο από γαιάνθρακες, φυσικό αέριο και μεγάλα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Μικρό ποσοστό στην παραγωγή γίνεται από πυρηνικά εργοστάσια και από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [7].



Εικόνα 1. Ενεργειακές πηγές [8]

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1, οι συμβατικές πηγές ενέργειας συμμετέχουν κατά 93% στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, ενώ από την άλλη πλευρά οι ανανεώσιμες πηγές καλύπτουν μόνο το 7%, με βασικότερη τη βιομάζα. Βλέπουμε πιο συγκεκριμένα ότι τα υγρά καύσιμα συμμετέχουν σε ποσοστό >

65%, κυρίως για την θέρμανση χώρων και στις μεταφορές, 20% του ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται ως βασική καταναλωτή στη βιομηχανία και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατά 7% ως καυσόξυλα με μικρή συμμετοχή της ηλιακής ενέργειας. Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου η ανάπτυξη και χρήση των ανανεώσιμων τεχνολογιών ολοένα αυξάνεται, δίνοντας πολύ ενθαρρυντικά μηνύματα για το μέλλον.

### 1.2.1 Συμβατικές Πηγές Ενέργειας

Οι συμβατικές ή αλλιώς μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι οι πηγές αποθηκευμένης ενέργειας που δεν μπορούν να ανανεωθούν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα. Για να σχηματιστούν, συμφώνα με μελέτες, χρειάστηκαν εκατομμύρια χρόνια. Οι συμβατικές πηγές ενέργειας χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες [9]:

#### ➤ Ορυκτά καύσιμα

Ο όρο ορυκτά καύσιμα αποδίδεται σε καύσιμα που σχηματίζονται στη γη από υπολείμματα φυτικών ή ζωικών οργανισμών, απέχοντας συνήθως πολύ μεγάλο χρονικό δημιουργίας. Είναι αποθηκευμένα μέσα στην γη και για να κάνουμε χρήση τους, εκτός από την ειδική προ επεξεργασία, θα πρέπει να γίνει με εξειδικευμένους μεθόδους εξόρυξης. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κυρίως οι υδρογονάνθρακες με βασικούς εκπροσώπους τους γαιάνθρακες, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Μεγάλο κομμάτι της παγκόσμια οικονομίας εξαρτάτε άμεσα ή έμμεσα από τα ορυκτά καύσιμα, καθιστώντας τα υψίστης σημασίας. Οι συμβατικές πηγές ενέργειας, ειδικά ο γαιάνθρακας και το φυσικό αέριο, είναι οικονομικές μορφές ενέργειας. Ωστόσο, έχουν σαν βασικά μειονεκτήματα το γεγονός ότι είναι πεπερασμένες και ότι τα αποτελέσματα της καύσης τους ευθύνονται για το μεγαλύτερο ποσοστό της ρύπανσης του πλανήτη.

#### ➤ Πυρηνική ενέργεια

Η πυρηνική ενέργεια ή αλλιώς ατομική ενέργεια είναι η ενέργεια που απελευθερώνεται όταν μετασχηματίζονται ατομικοί πυρήνες. Είναι δηλαδή η δυναμική ενέργεια που βρίσκεται εγκλωβισμένη στους πυρήνες των ατόμων λόγω της αλληλεπίδρασης των σωματιδίων που τα συνιστούν. Το βασικό στοιχείο που χρησιμοποιείται στην πυρηνική ενέργεια είναι το δυσεύρετο ορυκτό, ουράνιο (ορυκτό καύσιμο) [15]. Η πυρηνική ενέργεια έχει τα θετικά ότι η ενέργεια που απελευθερώνεται είναι τεράστια και θεωρείται καθαρή μορφή ενέργειας (δεν επιβαρύνει το περιβάλλον). Από την άλλη πλευρά, η ραδιενέργεια που εκλύεται κατά την πυρηνική καύση χρειάζεται εκατοντάδες χρόνια για να εξαλειφθεί. Για αυτό το λόγο τα απόβλητα θα πρέπει να

αποθηκεύονται με εξειδικευμένο και ιδιαίτερα προσεκτικό τρόπο. Επιπρόσθετος, σε περίπτωση ατυχήματος ( π.χ. Three Mile Island της Πενσυλβάνιας το 1979, στο Τσερνομπίλ της Ουκρανίας το 1986 και στην Φουκοσίμα της Ιαπωνίας το 2011) οι επιπτώσεις είναι καταστροφικές, τόσο για τον πλανήτη όσο και για τον ίδιο τον άνθρωπο.

➤ Υδροηλεκτρική ενέργεια

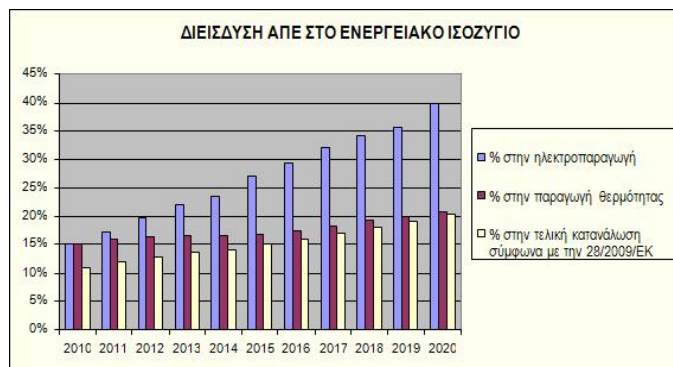
Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια βασίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και την μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας στροβίλους και ηλεκτρογεννήτριες [16]. Η μηχανική ενέργεια μπορεί να είναι φυσική, δηλαδή να προέρχεται από ορμητικά ποτάμια, είτε τεχνίτη, δηλαδή από τεχνητούς φράκτες. Σε χώρες που διαθέτουν μεγάλα ποτάμια ( π.χ. ο Καναδάς, Βραζιλία), μεγάλο ποσοστό από την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια βασίζεται σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Ο τρόπος παραγωγής της ενέργειας αυτής θεωρείται οικονομικός αλλά έχει τους προφανή περιορισμό ότι θα πρέπει να υπάρχει ποτάμι.

### 1.2.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή ήπιες μορφές ενέργειας ή νέες πηγές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες. Η ενέργεια μπορεί να προέλθει είτε από την εκμετάλλευση:

- Της Αιολικής ή Ηλιακής Ενέργειας ή βιομάζας ή Βιοαερίου.
- Της Γεωθερμικής Ενέργειας, εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού Γεωθερμικού Δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά διατάξεις.
- Της Ενέργειας από την Θάλασσα.
- Της Υδάτινου Δυναμικού με Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς μέχρι 10 MW.

Είτε από τον συνδυασμό δύο ή και παραπάνω από τον παραπάνω πηγών. Οι ΑΠΕ θεωρούνται καθαρές πηγές ενέργειας, εκπέμπουν περιορισμένα ή ακόμα και καθόλου απόβλητα (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα που συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου)



Εικόνα 2. Στόχοι και εκτίμηση διείσδυσης για ΑΠΕ [10]

που μπορεί να μολύνουν το περιβάλλον. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα τους είναι ότι η δυνατότητα δημιουργίας κατανεμημένων δικτύων διάδοσης ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπρόσθετος, το γεγονός ότι τις περισσότερες φορές δεν υπάρχει κόστος πρώτης ύλης (π.χ. ήλιος, αέρας) σε συνδυασμό με το περιορισμένο κόστος συντήρησης τις καθιστά φτηνές

πηγές παραγωγής ενέργειας. Σύμφωνα με την έκθεση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας προβλέπεται ότι να φτάσει ως 40% η

χρήση των ΑΠΕ για την ηλεκτροπαραγωγή το 2020 (Εικόνα 2). Οι ΑΠΕ υπόσχονται να δώσουν σημαντικές λύσεις στα ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα [12].

Οι πιο διαδεδομένες πηγές ενέργειας είναι οι ακόλουθες:

### Αιολική ενέργεια

Θεωρείται η ενέργεια που παράγεται μέσω της εκμετάλλευσης του ανέμου [17]. Η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως "ήπια μορφή ενέργειας" και ανήκει στην κατηγορία των "καθαρών" πηγών ενέργειας, αφού δεν εκπέμπει ή δεν προκαλεί ρύπους. Αποτελεί γενικά, μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο (πρακτικά ανεξάντλητο), φιλικό προς το περιβάλλον, αποκεντρωμένο και ανανεώσιμο. Έχει υπολογιστεί ότι περίπου στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1 m/sec, σε ύψος 10 m πάνω από την επιφάνεια. Το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής μπορεί να θεωρηθεί εκμεταλλεύσιμο, όταν οι άνεμοι πνέουν με μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτή που προαναφέρθηκε. Στην αιολική ενέργεια η πρώτη ύλη είναι δωρεάν (άνεμος) και το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών τα τελευταία χρόνια έχει μειωθεί σημαντικά. Έτσι, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η ανάπτυξη της αιολική ενέργεια διανύει μια ανοδική πορεία και είναι πια μια ανταγωνιστική μορφή συμβατής ενέργειας.

### Βιομάζα

Η ηλεκτρική ενέργεια από βιομάζα [11] είναι η διαδικασία παραγωγής ενέργειας μέσω της καύση οποιαδήποτε ενέργειας που είναι συσσωρευμένη μέσα σε ζωντανούς οργανισμούς, όπως για παράδειγμα ξύλο, κτηνοτροφικά απόβλητα, προϊόντα του δάσους, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.. Θεωρείται για μία μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια. Γενικότερα, ηλιακή ενέργεια δεσμεύεται, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, από τους φυτικούς οργανισμούς. Έτσι, μέσω των φυτών η ηλιακή ενέργεια μαζί με άλλες φυτικές ουσίες μετατρέπεται σε βιομάζα. Μέσω της τροφικής αλυσίδας η ενέργεια αυτή μεταφέρεται και στους υπολοίπους ζωικούς οργανισμούς όπου αποθηκεύεται ένα μέρος της. Με ειδική επεξεργασία της βιομάζας (καύση) μπορούμε να αποκτήσουμε την ενέργεια αυτή. Το καύσιμο γενικότερα που χρησιμοποιείται γενικότερα είναι γνωστό στην Ελλάδα ως πέλλετ. Το συσσωμάτωμα (pellet) είναι μια μορφή της, το οποίο προκύπτει από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών.

Η ηλεκτροπαραγωγή από στερεά Βιομάζα γίνεται αποκλειστικά μέσω της καύσης της σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς. Υπάρχουν τρεις τύποι θαλάμων καύσης, η "κινούμενης σχάρας" (παλαιότεροι), η "αίωρησης κονιορτού" (suspension burners) και η "ρευστοποιημένης κλίνης" (πλέον πρόσφατη εξέλιξη με σαφή πλεονεκτήματα στην μεσαία και την μεγάλη κλίμακα). Έχει το προτέρημα ότι είναι κατά την παραγωγή της δεν δημιουργούνται οικολογικά ή περιβαλλοντικά προβλήματα, ωστόσο η βιομάζα έχει χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο με αποτέλεσμα το κόστος μετατροπής της σε εύχρηστη μορφή ενέργειας είναι πολύ υψηλή σε σχέση με την ποσότητα ενέργειας που παράγεται.

## Γεωθερμική ενέργεια

Είναι η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό του εδάφους [14]. Η γεωθερμική ενέργεια συσχετίζεται με τις γεωγραφικές και γεωτεκτονικές συνθήκες μιας περιοχής. Συνήθως εντοπίζεται σε ηφαιστειογενείς περιοχές και η μορφή της μπορεί να είναι μέσο θερμού νερού ή ατμού. Δεν προκαλεί ρύπους και είναι σχετικά ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, ωστόσο οι περιοχές που έχουν αυτό το χαρακτηριστικό είναι περιορισμένες. Με αποτέλεσμα η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει από συγκεκριμένες χώρες, ταυτόχρονα, το υψηλό κόστος των υποδομών την κατατάσσουν στις ακριβές λύσεις για το ενεργειακό πρόβλημα.

## «Γαλάζια» Ενέργεια

Είναι η ανανεώσιμη ενέργεια που προέρχεται από τους ωκεάνιους και τις θάλασσες που καλύπτουν τον πλανήτη [18]. Η ενέργεια αυτή χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, αυτή που βρίσκεται στην επιφάνεια και αυτή που βρίσκεται μέσα στο νερό.

Η ενέργεια που βρίσκεται στην επιφάνεια χωρίζεται στις ακόλουθες μορφές ενέργειας:

- Υπεράκτια αιολική ενέργεια:  
Είναι η ενέργεια που συλλέγεται από τον άνεμο που πνέει στην επιφάνεια της θάλασσας.
- Κυματική ενέργεια:  
Είναι η ενέργεια που συλλέγεται από την διάδοση των θαλάσσιων επιφανειακών κυμάτων.
- Ενέργεια από παλίρροιες ή ρεύματα:  
Είναι η ενέργεια που συλλέγεται από το φαινόμενο της παλίρροιας ή από τα θαλάσσια ρεύματα.
- Θαλάσσια ηλιακή ενέργεια:  
Είναι η ενέργεια που συλλέγεται άμεσα από τον ήλιο μέσω πλωτών ηλιακών συλλεκτών ενέργειας.

Η ενέργεια που βρίσκεται μέσα στην θάλασσα χωρίζεται στις ακόλουθες μορφές ενέργειας:

- Ενέργεια που βασίζεται στις θερμοκρασιακές διαφορές του θαλασσινού νερού:  
Είναι η ενέργεια που προκύπτει από την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας στα διάφορα στρώματα του θαλασσινού νερού.
- Ωσμωτική ενέργεια:  
Είναι η ενέργεια που προκύπτει μέσω του φαινομένου της ώσμωσης και οφείλετε στην διαφορά της αλατότητας μεταξύ του θαλασσινού νερού και του γλυκού νερού.
- Θαλάσσια γεωθερμική ενέργεια:  
Είναι η ενέργεια που προκύπτει από τις γεωθερμικές διαδικασίες που συμβαίνουν στον πυθμένα της θάλασσας (π.χ. υποθαλάσσια ηφαίστεια).

Υπάρχουν επίσης υβριδικά συστήματα απομάστευσης ενέργειας από τη θάλασσα, τα οποία αναφέρονται σε τεχνολογίες που προσπαθούν να συνδυάσουν την εκμετάλλευση πάνω από μια πηγή θαλάσσιας ενέργειας ταυτόχρονα (π.χ., αιολική και κυματική). Οι «γαλάζια» ενέργεια έχει σχεδόν μηδενικές εκπομπές ρύπων και πρόκειται για άπειρη

πηγή ενέργειας. Ωστόσο, το κόστος των τεχνολογιών που είναι ακόμα πολύ υψηλό και συνήθως πρόκειται για δυσμενές θαλάσσιο περιβάλλον.

### Ηλιακή ενέργεια

Είναι το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που φτάνουν στην γη από τον ήλιο. Η ποσότητα της ενέργειας που εκπέμπει ο ήλιος είναι τεράστια και έχει πολλές μορφές, όπως είναι η φωτεινή ενέργεια (φως), θερμική ενέργεια (θερμότητα) και η ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια υπάρχει αφθονεί και πρακτικά θεωρείτε ανεξάντλητη αφού προέρχεται από τον ήλιο [13]. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να με τεχνολογίες που χωρίζονται στις ακόλουθες τρεις βασικές κατηγορίες συστημάτων:

- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα:  
Εκμεταλλεύεται την θερμότητα που εκπέμπεται από τον ήλιο, μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων).
- Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα:  
Εκμεταλλεύεται την θερμότητα που εκπέμπεται από τον ήλιο, μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. Ηλιακός θερμοσίφωνας).
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα :  
Εκμεταλλεύεται την θερμότητα που εκπέμπεται από τον ήλιο, μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου να το μετατρέψει σε ηλεκτρικό ρεύμα (π.χ. Φωτοβολταϊκά στοιχεία, πάνελ, συστοιχίες).

### Υδροδυναμική ενέργεια

Είναι η ενέργεια που παράγεται με την αξιοποίηση της δύναμης του νερού που υπάρχει στη φύση κάνοντας χρήση της υδρομηχανικής [19]. Οι τεχνητοί ή φυσικοί φράχτες υδατοπτώσεων είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος εκμετάλλευσης της υδροδυναμικής ενέργειας. Θεωρείται καθαρή, ανανεώσιμη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας που δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με απόβλητα. Ωστόσο, οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης της έχουν ακόμα υψηλό κόστος και μερικές φορές η εγκατάστασή τους είναι σε δυσμενείς περιβάλλον.

## **1.3 Φωτοβολταϊκά Συστήματα**

Ήταν την χρονιά του 1839 όταν πρώτο ανακαλύφθηκε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο από την επιστημονική κοινότητα και την δεκαετία του '50 άρχισαν να χρησιμοποιούνται για πρώτη φορά σε διαστημικές εφαρμογές. Έχοντας σαν βασικό στόχο, κάποια στιγμή να είναι η μόνη πηγή ενέργειας που θα έχουν οι δορυφόροι. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να γίνει μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων (Φ/Β) [20].



Εικόνα 3 SPACEX τροφοδοτούμενο από Φ/Β

Η προσπάθεια εύρεσης νέων τεχνολογικών εφαρμογών για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα των Φ/Β έκανε το έδαφος πρόσφορο ώστε η ανάπτυξη τους να γίνει πολύ ραγδαία. Στις μέρες μας υπάρχουν τεράστιες « φωτοβολταϊκές φάρμες» που παράγουν τεράστια ποσότητα ισχύος και τροφοδοτούν αρκετά μεγάλο κομμάτι πόλεων. Ενώ παράλληλα πολλές είναι οι



οικίες που προσπαθούν να γίνουν ηλεκτρικά αυτόνομες με το να χρησιμοποιούν Φ/Β συστήματα.

### 1.3.1 Κατηγορίες Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Η ποσότητα της ισχύς που παράγει ένα Φ/Β Σύστημα είναι το βασικό στοιχείο που καθορίζει το που θα χρησιμοποιηθεί το σύστημα. Ανάλογα με το κλίμα της ισχύος, ένα Φ/Β σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε στην τροφοδοσία μιας μικρής μεμονωμένης ηλεκτρικής συσκευής όπως είναι για παράδειγμα μια αριθμομηχανή ή ένα ωρολόγιο είτε στην μαζική παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος για την τροφοδοσία πολλών οικιακών/βιομηχανικών συσκευών. Με βάση το χαρακτηριστικό τους αυτό τα Φ/Β συστήματα μπορούν να χωριστούν στις ακόλουθες δύο βασικές κατηγορίες:

- ❖ Εκτός δικτύου ή απομονωμένα Φ/Β συστήματα (Stand alone or Off grid).
- ❖ Συνδεδεμένα στο δίκτυο Φ/Β συστήματα (On grid).

#### Απομονωμένα Φ/Β συστήματα (Stand alone or Off grid)

Τα απομονωμένα Φ/Β συστήματα ή αλλιώς Φ/Β συστήματα εκτός δικτύου έχουν το χαρακτηριστικό ότι δεν είναι συνδεδεμένα σε κάποιο εθνικό ή τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Σε περιοχές που δεν είναι εφικτή η ύπαρξη δικτύου ηλεκτρικής παροχής κατά την διάρκεια όλου του χρόνου (Εικόνα 4) λόγω μη προσβασιμότητας ή υπάρχει γενικότερα η επιθυμία για πλήρους αυτονομία ηλεκτρικής ενέργειας τότε απομονωμένα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούνται. Οι τιμές της ισχύος που παράγεται τυπικά κυμαίνονται από 100 Wp έως 200 kWp ισχύος. Τα απομονωμένα Φ/Β



Εικόνα 4. Απομονωμένο Φ/Β σύστημα

συστήματα μπορούν με την σειρά τους να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν. Έχουμε τα:

- ❖ Αυτόνομα Φ/Β συστήματα.
- ❖ Υβριδικά Φ/Β συστήματα.

#### Αυτόνομα Φ/Β συστήματα

Είναι συστήματα που η αναγκαία ηλεκτρική ενέργεια παράγεται εξολοκλήρου από Φ/Β συστοιχίες. Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να καταναλώνεται άμεσα από τις ηλεκτρικές συσκευές ή να αποθηκεύεται σε συσσωρευτές και να καταναλώνεται στην συνέχεια.

- Άμεση κατανάλωση:  
Στην περίπτωση η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κάνει άμεση τροφοδοσία του φορτίου (Direct coupled). Χρησιμοποιείται κυρίως σε φορτία που δεν απαιτούν συνεχή παροχή ρεύματος ή εφαρμογές που δεν έχουν τακτική λειτουργία (π.χ. συστήματα άντλησης νερού).



- Αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας:  
Στην περίπτωση αυτή γίνεται αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα σε συσσωρευτές. Στοιχώντας στην μετέπειτα χρήση της αποθηκευμένης ενέργεια από το φορτίο. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο ώστε το μέγεθος των συσσωρευτών να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του φορτίου. Για παράδειγμα τα Φ/Β συστήματα που είναι τοποθετημένα σε φωτισμούς οδών διαθέτουν συσσωρευτές ( π.χ. επαναφορτιζόμενες μπαταρίες) που να μπορούν να φωτίσουν τουλάχιστον τις νυχτερινές ώρες.

Η μορφή της αποδιδόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι είτε συνεχής είτε εναλλασσόμενη τάση ( DC or AC). Ένα αυτόματο Φ/Β σύστημα μπορεί να αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- a. Φωτοβολταϊκούς συλλέκτες.
- b. Αντιστροφείς.
- c. Μετατροπείς τάσης DC/DC.
- d. Ελεγκτές φόρτισης μπαταριών.
- e. Μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης (Τράπεζα μπαταριών).

### Υβριδικά Φ/Β συστήματα

Είναι συστήματα που η αναγκαία ηλεκτρική ενέργεια καλύπτεται από τον συνδυασμό Φ/Β συστήματος και κάποιας άλλης πηγής ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν το Φ/Β



Εικόνα 5 Φωτοβολταϊκό πάνελ και ανεμογεννήτρια

σύστημα αδυνατεί να καλύψει όλες τις ανάγκες του φορτίου τότε ο συνδυασμός του με άλλες πηγές ενέργειας είναι μια αποδοτική λύση στην συμπλήρωση του ελλείματος. Η συμπληρωματική πηγή ενέργειας μπορεί να προέρχεται είτε από άλλη Α.Π.Ε. (όπως είναι για παράδειγμα η ανεμογεννήτρια Εικόνα 5) είτε να είναι πηγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα (π.χ. ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος). Στην περίπτωση που γίνεται χρήση κάποιας άλλης Α.Π.Ε. τότε είτε χρησιμοποιούνται συσσωρευτές για να αποθηκεύσουν και τις δύο (ή και περισσότερες) πηγές ενέργειας είτε μπορεί να γίνει άμεση τροφοδοσία του δικτύου από τις πηγές ενέργειας. Και στην συνέχεια να καλύψουν τις απαιτήσεις του εκάστοτε φορτίου. Για παράδειγμα στις εξοχικές κατοικίες ή στις Ιερές Μονές γίνεται χρήση υβριδικών συστημάτων με συσσωρευτές για την κάλυψη των

αναγκών της οικίας ή της Μονής αντίστοιχα.

### Συνδεδεμένα στο δίκτυο Φ/Β συστήματα (On grid).

Στην προκειμένη κατηγορία ανήκουν τα Φ/Β συστήματα που είναι συνδεδεμένα σε δίκτυο ηλεκτρικής παροχής. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν το δίκτυο ώστε να μην έχουν την ανάγκη αποθήκευσης της ενέργεια που παράγουν με αποτέλεσμα να μην είναι απαραίτητη η χρήση συσσωρευτών. Γενικότερα, τα Φ/Β συστήματα που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο παράγουν σημαντική ποσότητα ισχύος του δικτύου. Ένα

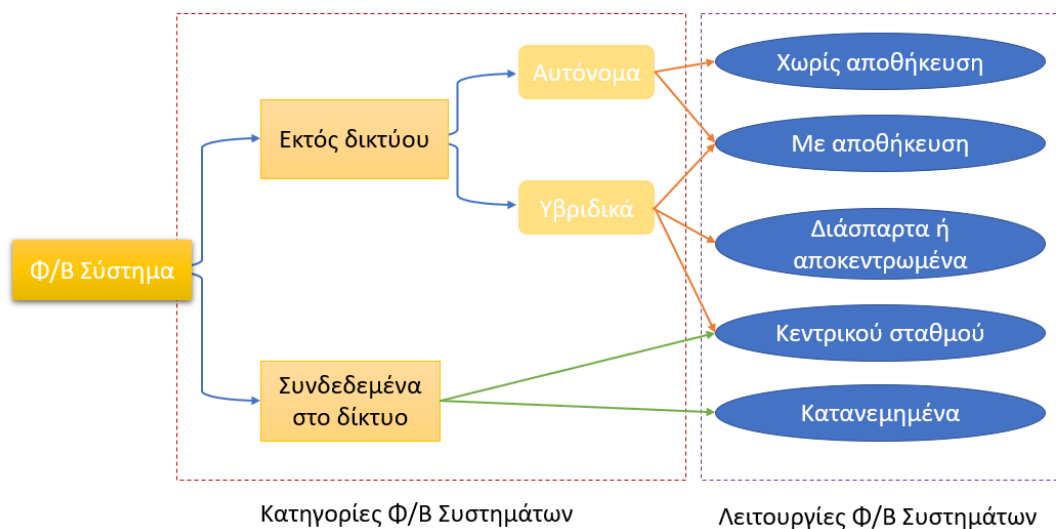
συνδεδεμένο στο δίκτυο Φ/Β σύστημα μπορεί να αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- a. Φωτοβολταϊκό πάνελ
- b. Αντιστροφέας ( inverter)
- c. Πίνακας ελέγχου
- d. Μετρητής δικτύου (π.χ. ΔΕΗ)

Τα Φ/Β που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο ανάλογα με τον τρόπο που αλληλεπιδρούν με αυτό χωρίζονται στις ακόλουθες δύο βασικές κατηγορίες:

- a. Χρήση δικτύου ως βοηθητική πηγή ενέργειας:  
Τα Φ/Β συστήματα που δεν μπορούν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες του φορτίου και συμπληρώνουν την ισχύ που χρειάζονται μέσω του δικτύου. Τα συστήματα αυτά είναι σχεδιασμένα ώστε να καλύψουν τις βασικές μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις του φορτίου. Το δίκτυο καλύπτει το ενδεχόμενο έκτακτης ενεργειακής ζήτησης ή όταν υπάρχει κάποια αστοχία του Φ/β συστήματος.
- b. Συνεχή αλληλεπίδραση με το δίκτυο:  
Τα Φ/Β συστήματα είναι σχεδιασμένα να καλύψουν το μεγαλύτερο δυνατό φορτίο που θα μπορούσε να ζητηθεί από την εφαρμογή. Πολλές φορές παράγεται περισσότερη ενέργεια από τι το φορτίο αξιοποιεί στις βασικές του λειτουργίες, με αποτέλεσμα την περίσσεια ισχύος. Η επιπλέον ισχύς εισέρχεται στο δίκτυο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από αυτό. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα σε Φ/Β συστήματα που είναι εγκατεστημένα σε κτίρια ή κατοικίες.

Στο ακόλουθο σχήμα βλέπουμε ποιες είναι οι κατηγορίες των Φ/Β συστημάτων και ποια είναι η ροή της ενέργειας.



Εικόνα 6 Κατηγορίες Φ/Β Συστημάτων

### 1.3.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών και Υβριδικών Συστημάτων

Όπως κάθε Α.Π.Ε. έτσι και τα Φ/Β συστήματα έχουν τα θετικά και αρνητικά τους. Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα τους είναι τα ακόλουθα [21]:

- ❖ Δεν χρησιμοποιούν καύσιμα.
- ❖ Χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση.
- ❖ Είναι αθόρυβα, δεν έχουν κατάλοιπα και θεωρείτε καθαρή μορφή ενέργειας αφού δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με κατάλοιπα.
- ❖ Αξιόπιστα και μεγάλη διάρκεια ζωής.
- ❖ Είναι παραγωγικά ακόμα και με νεφελώδη ουρανό.
- ❖ Αποδοτικά και σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- ❖ Έχουν σαν βασικό στοιχείο κατασκευής τους το πυρίτιο, το οποίο αφθονεί στην γη.
- ❖ Σε ξαφνικές αλλαγές της ηλιοφάνειας έχουν γρήγορη απόκριση.
- ❖ Μεγάλο εύρος παραγωγής ισχύος ( μπορούν από mW ως και MW).
- ❖ Τα πάνελ shells είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, με αποτέλεσμα αν πάθει βλάβη το ένα τα υπόλοιπα συνεχίζουν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.
- ❖ Δεν είναι πολύ βαριά (π.χ. τοποθετούνται σε σκεπές)
- ❖ Δεν έχουν τυποποιημένο μέγεθος με αποτέλεσμα μπορούν ανάλογα με τον συνδυασμό τους να καλύψουν μικρές, μεσαίες και μεγάλες ενεργειακές ανάγκες.

Από την άλλη πλευρά όμως, όπως και κάθε πηγή ενέργειας έτσι και τα Φ/Β συστήματα έχουν και να μειονεκτήματα τους. Μερικά από τα οποία είναι:

- ❖ Το υψηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης.
- ❖ Χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα για να κάνεις απόσβεση.
- ❖ Συχνός καθαρισμός του Φ/Β πλαισίου για να μην μειώνεται η απόδοση τους.
- ❖ Όταν γίνεται αποθήκευση της ενέργειας υπάρχει ανάγκη για ειδικούς χώρους για τους συσσωρευτές.

Η υπερίσχυση των θετικών επιπτώσεων που έχουν έναντι των αρνητικών είναι ένας από τους βασικούς λόγους που οδήγησε την τεχνολογία των Φ/Β συστημάτων να αναπτυχθεί και να συνεχίζει να αναπτύσσεται τόσο γρήγορα.

Από την άλλη πλευρά τα υβριδικά συστήματα ( συνδυασμός δύο ή και περισσότερων ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) προσπαθούν να συνδυάσουν τα θετικά και να αφομοιώσουν/ελαττώσουν τα αρνητικά των ΑΠΕ πηγών που χρησιμοποιούνται. Μερικά από τα βασικότερα θετικά των υβριδικών συστημάτων είναι:

- ❖ Παραγωγή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας:  
Συνδυασμός δύο ή και περισσότερων ΑΠΑ τεχνολογιών ώστε να παράγετε μεγαλύτερη ποσότητα και καλύτερη ποιότητα ενέργειας που στοχεύει στην άμεση τροφοδότηση του δικτύου. Ξεκινώντας από 1KW και φθάνοντας ακόμα και τα εκατοντάδες KW. Με αυτόν τον τρόπο αυτόνομα και ανεξάρτητα συστήματα μπορούν να δημιουργηθούν μέσα σε μικρά συστήματα διανομής ενέργειας (mini-grids).

- ❖ Εκμετάλλευση μη κατοικήσιμων περιοχών:  
Σε περιοχές που το κλίμα δεν είναι πολύ ευνοϊκό για τον άνθρωπο ή το έδαφος δεν είναι πολύ γόνιμο για να καλλιεργηθεί μεγάλες φάρμες από υβριδικά συστήματα τοποθετούνται. Στοχεύοντας στην παραγωγή μεγάλης ποσότητας ισχύος. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτεί το δίκτυο των κοντινών κατοικήσιμων περιοχών.
- ❖ Παροχή ενέργειας σε δύσβατες περιοχές:  
Σε περιοχές που η χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας θεωρείται αντιοικονομική η χρήση υβριδικών συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ιδανική. Με αυτό τον τρόπο για παράδειγμα κατοικίες σε πλαγιές μπορούν να είναι ηλεκτρικά αυτόνομες αν εκμεταλλευτούν την δύναμη της φύσης (ποτάμι, ήλιο ή και άνεμο).
- ❖ Δεν μολύνουν το περιβάλλον:  
Εφόσον είναι συνδυασμός από ΑΠΕ οι ρίποι που παράγουν είναι ελάχιστοι ή και μηδενικοί.
- ❖ Αποδοτική και αξιόπιστη μορφή ενέργειας:  
Η ανάπτυξη της τεχνολογίας στο τομέα των ΑΠΕ έχει οδηγήσει τα υβριδικά συστήματα να θεωρούνται πολύ αξιόπιστα και να μπορούν να παράγουν μεγάλη ποσότητα ισχύος.

Ωστόσο, η εκμετάλλευση των υβριδικών συστημάτων εκτός από τα θετικά έχει και μερικά βασικά μειονεκτήματα. Μερικά από αυτά είναι:

- ❖ Υψηλό κόστος:  
Το κόστος ενός υβριδικού συστήματος χωρίζεται σε τρεις βασικές υποκατηγορίες:
  1. Το κόστος του εξοπλισμού και περιοχής εγκατάστασης.  
Η τεχνολογία των ΑΠΕ έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια ωστόσο αυτό δεν έχει οδηγήσει στο να μειωθούν δραματικά το κόστος των κατασκευών των υβριδικών συστημάτων. Ιδιαίτερα μερικά συστήματα όπως η εκμετάλλευση της θαλάσσιας ενέργειας σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Επιπρόσθετα, οι περιοχές που τοποθετούνται τα υβριδικά συστήματα είναι ιδιωτικές περιοχές με αποτέλεσμα η αγορά ή ενοικίαση του εδάφους να στοιχίζει.
  2. Το κόστος μεταφοράς της ενέργειας. Σε αυτό το κομμάτι συμπεριλαμβάνεται η εγκατάσταση γραμμών μεταφοράς τόσο ενέργειας υψηλής όσο και μέσης τάσης. Επίσης, συμπεριλαμβάνεται η δημιουργία υποσταθμών, η δημιουργία δικτύου διανομής, το μέγεθος του φορτίου που πρέπει να καλυφθεί από συμβατές μορφές ενέργειας, η απόσταση του φορτίου από την υπάρχουσα γραμμή μεταφοράς και το είδος του εδάφους που πρέπει να διασχιστεί.
  3. Το κόστος συντήρησης.  
Το κόστος συντήρησης αφορά τόσο στο ανθρώπινο δυναμικό ( όπως είναι ο μηχανικός και ο ηλεκτρονικός) όσο και στην συντήρηση του εξοπλισμού όπου μπορεί να περιλαμβάνει ανταλλακτικά τμημάτων του υβριδικού συστήματος (π.χ. πτερύγια ανεμογεννήτριας, μοτέρ, μπαταρίες) .

Γενικότερα, η επιστημονική κοινότητα κάνει μεγάλες προσπάθειες για την εξάλειψη των βασικών μειονεκτημάτων των υβριδικών συστημάτων ώστε να μπορεί στα επόμενα χρόνια να είναι η βασική πηγή ενέργειας για το μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη.

#### 1.4 Εφαρμογές Φωτοβολταϊκών και Υβριδικών Συστημάτων

Η ενέργεια που παράγεται από τα Φ/Β συστήματα μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες των ανθρώπων ανεξάρτητα με το που διαμένουν( π.χ. στις μεγάλες πόλεις, χωριά ή σε ερημικές περιοχές) [23]. Γενικότερα οι εφαρμογές που συσχετίζονται με την χρήση των Φ/Β συστημάτων είναι πάρα πολλά, άλλους τους επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό (π.χ. ιδιοκτήτης κατοικίας με Φ/Β πάνελ ή γεωργός με πάνελ) και άλλους σε λιγότερο (π.χ. κάποιος που είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο και χρησιμοποιεί το ηλεκτρικό ρεύμα).



Εικόνα 7. Εφαρμογές Φ/Β και Υβριδικών συστημάτων

Οι εφαρμογές που αξιοποιούν την ενέργεια από τα Φ/Β και Υβριδικά συστήματα συνήθως χαρακτηρίζονται από τα ακόλουθα:

- ❖ Έχουν χαμηλές ενεργειακές ανάγκες.
- ❖ Δεν υπάρχει εναλλακτικός τρόπος παροχής ενέργειας και αν υπάρχει είναι ακριβός.
- ❖ Έχουν χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης και υψηλές απαιτήσεις αξιοπιστίας.

Ανάλογα με την κατανάλωση ισχύος οι εφαρμογές των Φ/Β και των Υβριδικών συστημάτων μπορούν να χωριστούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- a. Προϊόντα καταναλωτικά ( από 0,001W μέχρι 100 Wp):  
Οι εφαρμογές της κατηγορίας αυτής απαιτούν χαμηλό φορτίο για να λειτουργήσουν. Βρίσκονται κατά κύριο λόγο σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο (π.χ. δεν τροφοδοτούνται από ΔΕΗ) όπως είναι για παράδειγμα σκάφη αναψυχής, τροχόσπιτα ή ακόμα και σε φορητές συσκευές. Οι συσκευές αυτές εξυπηρετούν πολλές φορές ανάγκες φωτισμού, ψύξης, θέρμανσης ή τροφοδοσίας μικρών σε ισχύ ηλεκτρικών συσκευών όπως είναι για παράδειγμα οι ηλιακή φορτιστές κινητών κ.α.
- b. Απομονωμένα ή αυτόνομα συστήματα ( από 100Wp μέχρι 200 kWp):

Οι συσκευές που ανήκουν στην κατηγορία αυτή είναι μέτριας κατανάλωσης, οι οποίες δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο. Μπορεί να είναι οικιακές συσκευές ή συσκευές ενός μικρού οικισμού. Μερικές από τις συσκευές αυτές μπορεί να χρησιμοποιούνται για:

- Φωτισμό σε οικίας ή πάρκων ή δρόμων.
- Συστήματα τηλεπικοινωνιών ή τηλεμετρίας ή συναγερμών.
- Αφαλάτωση ή άντληση ή καθαρισμό νερού.
- Συστήματα σηματοδότησης όπως οδικής κυκλοφορίας (φανάρια), ναυτιλίας ή αεροναυτιλίας.
- Ψύξη αγροτικών προϊόντων ή φαρμάκων.

c. Συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο ( από 200 kWp ως και MWp)

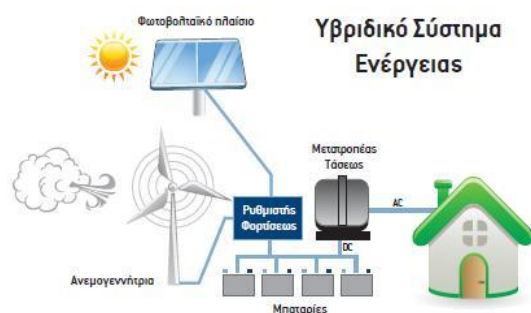
Στην συγκεκριμένη κατηγορία εφαρμογών έχουμε ενέργεια που προέρχεται από δύο βασικές υποκατηγορίες Φ/Β και υβριδικών συστημάτων:

- Φ/Β και υβριδικά συστήματα που παράγουν έως μερικές εκατοντάδες kWp για την κάλυψη των αναγκών κάποιων κατοικιών, κτιρίων ή και συγκροτημάτων κατοικιών.
- Φ/Β και υβριδικά συστήματα που παράγουν μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας και την τροφοδοτούν άμεσα το δίκτυο. Τα συστήματα αυτά είναι κυρίως τοποθετημένα σε κτίρια (π.χ. οροφές, προσόψεις) ή σε μεγάλες εκτάσεις γης και προσφέρουν όλη την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν στο δίκτυο. Με αυτό το τρόπο αξιοποιούνται εκτάσεις ή κτίρια για να παραχθεί αποκεντρωμένα ενέργεια.

## Κεφάλαιο 2

### 2.1 Αυτόνομο υβριδικό σύστημα

Τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω του ήλιου, αέρα ή οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας [22]. Ονομάζονται αυτόνομα γιατί καλύπτουν τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια μια οικία χωρίς να δέχονται κάποια ενίσχυση από το δίκτυο(π.χ. ΔΕΗ). Είναι υβριδικά γιατί συνδυάζουν πάνω από μια μορφή ενέργειας, είτε συμβατική (π.χ. ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος) είτε ανανεώσιμη (π.χ. ανεμογεννήτρια) για να μπορέσουν διατηρήσουν την αυτονομία και



Εικόνα 8 Υβριδικό σύστημα Ενέργειας

να καλύψουν τις ανάγκες ισχύος. Τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα αποτελούνται από διάφορα υποσυστήματα (Εικόνα 8). Εκτός από το υποσύστημα παραγωγής ενέργειας, που μπορεί να είναι φωτοβολταϊκό πάνελ, ανεμογεννήτρια, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος κτλ., έχουμε το υποσύστημα με τους ρυθμιστές φόρτισης, το υποσύστημα με τις μπαταρίες και το υποσύστημα με τους μετατροπείς τάσεως. Με αυτό το τρόπο τα αυτόματα υβριδικά συστήματα έχουν την δυνατότητα να μπορούν να αξιοποιούν, αποθηκεύουν, ρυθμίζουν και να ελέγχουν την παραγόμενη ενέργεια. Για την ακρίβεια, το κάθε υποσύστημα είναι πολύ σημαντικό για την αποτελεσματικότερη λειτουργία του υβριδικού συστήματος. Το οποίο έχει σαν βασικό στόχο την μέγιστη παραγωγή ενέργειας και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού του συστήματος.

Το μέγεθος και ο όγκος του αυτόνομου υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται κυρίως από τις απαιτήσεις ηλεκτρικού φορτίου από την οικία καθώς και από την επιθυμητή αυτονομία. Με βάση αυτά και την τοποθεσία γίνεται η επιλογή του μέσου που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. φωτοβολταϊκά πλαίσια, ανεμογεννήτρια). Η χρήση αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος ηλεκτροδότησης αποτελούν, για χώρες όπως η Ελλάδα, ιδανική επιλογή για μόνιμες και θερινές κατοικίες (όπως εξοχικά, μονοκατοικίες, τροχόσπιτα), σκάφη, αγροτικές εφαρμογές (θερμοκήπια), αλλά και για τουριστικές επιχειρήσεις και ξενοδοχεία. Επιπροσθέτως, τα αυτόνομα συστήματα παραγωγής ρεύματος αποτελούν βέλτιστη λύση σε περιπτώσεις όπου γίνεται συχνά διακοπή της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η αυτονομία για τις βασικές συσκευές (ψυγείο, ίντερνετ, συναγερμός, φωτισμό, ιατρικά μηχανήματα κ.λ.π.).

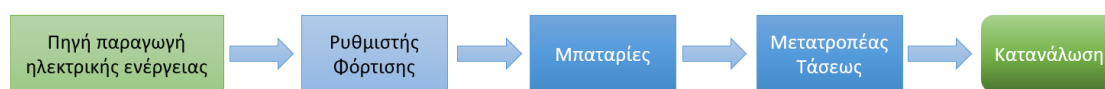
Ωστόσο, ένα από τα σημαντικά και κρίσιμα σημεία πριν την υλοποίηση του αυτόνομου υβριδικού συστήματος είναι η σωστή μελέτη των υποσυστημάτων και του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί. Η οποία στην ουσία διασφαλίζει την ασφάλεια καθώς και τη λειτουργικότητα του συστήματος. Στην επόμενη υπό ενότητα αναλύονται τα διαφορά κομμάτια του υβριδικού συστήματος πριν προχωρήσουμε στην μελέτη του υβριδικού συστήματος που θα γίνει στο Κεφάλαιο 3.

να καλύψουν τις ανάγκες ισχύος. Τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα αποτελούνται από διάφορα υποσυστήματα (Εικόνα 8). Εκτός από το υποσύστημα παραγωγής ενέργειας, που μπορεί να είναι φωτοβολταϊκό πάνελ, ανεμογεννήτρια, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος κτλ., έχουμε το υποσύστημα με τους ρυθμιστές φόρτισης, το υποσύστημα με τις



## 2.2 Υποσυστήματα αυτόνομου υβριδικού συστήματος

Τα υποσυστήματα ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος είναι υψίστης σημασίας προκειμένου να λειτουργήσει με ασφάλεια, αποδοτικά και μακροχρόνια η κατασκευή μας. Όπως απεικονίζονται και στην Εικόνα 9 τα βασικά υποσυστήματα υβριδικού συστήματος είναι η πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ρυθμιστής φόρτισης, μπαταρίες, μετατροπέας τάσεως, μπαταρίες και ο μετατροπέας τάσεως.



Εικόνα 9 Υποσυστήματα υβριδικού συστήματος

### Πηγή Παραγωγής Ενέργειας

Στις πηγές παραγωγής ενέργειας ανήκουν όλες οι συμβατές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το σύστημα. Στην προκειμένη περίπτωση οι πηγές μας θα είναι φωτοβολταϊκό πάνελ και ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος.

Το φωτοβολταϊκό πάνελ ανήκει στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και είναι ευρέως γνωστό σε χώρες όπως η Ελλάδα όπου υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια σχεδόν ολόκληρο τον χρόνο. Η τάση που παράγει ένα στοιχείο πυριτίου είναι 0.5V και φτάνει περίπου 0.4 W. Ο συνδυασμός πολλών στοιχείων μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή KW ικανά να καλύψουν τις βασικές ανάγκες τροφοδοσίας μια κατοικίας.

Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος θα είναι μια συμβατή μορφή ενέργειας που θα χρησιμοποιηθεί με βασικό στόχο την εξασφάλιση της αυτονομίας του συστήματος. Θα συμβάλει στο να μην υπάρχουν διακοπές στην παροχή αλλά και συγχρόνως στην βελτίωση και καλύτερη αξιοποίηση των μπαταριών. Η επιλογή του, θα γίνει με βασικό κριτήριο τη μέγιστη ισχύ του φορτίου κατά την ώρα αιχμής. Διότι, στο χειρότερο ενδεχόμενο, που ούτε οι μπαταρίες έχουν τάση αλλά ούτε το φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει ενέργεια δεν θα ήταν επιθυμητό να μην υπάρχει τροφοδοσία στην οικία. Τέλος, όταν η παραγόμενη από το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος είναι μεγαλύτερη από το φορτίο τότε θα μπορούσε η ενέργεια αυτή να αποθηκεύεται στις μπαταρίες για μελλοντική χρήση.

### Ρυθμιστής Φόρτισης

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι υπεύθυνος για την ρύθμιση της φόρτισης των συσσωρευτών. Συσχετίζεται άμεσα με την απόδοση των μπαταριών καθώς και με τον κύκλο ζωής τους. Το βασικό κριτήριο για την επιλογής του ρυθμιστή φόρτισης είναι η ονομαστική ισχύς του να είναι μεγαλύτερη από τη συνολική μέγιστη ισχύ των φωτοβολταϊκών πλαισίων του συστήματος. Επιπροσθέτως, η μέγιστη τάση που λαμβάνει ο ρυθμιστής στην DC πλευρά του θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τάση όλων των πλαισίων. Βασιζόμενοι σε αυτό, γίνεται και η επιλογή του αριθμού των φωτοβολταϊκών συστημάτων που χρησιμοποιηθούν και ποια θα είναι η σύνδεση τους. Δηλαδή, πόσες στοιχειοσειρές από αυτές θα είναι σε παράλληλη σύνδεση και πόσες σε σειρά. Τονίζοντας ότι όλες οι στοιχειοσειρές θα πρέπει να έχουν



τον ίδιο αριθμό φωτοβολταϊκών πλαισίων, διότι η στοιχειοσειρά που έχει το μικρότερο ρεύμα γραμμής είναι εκείνη που προσδιορίζει το ρεύμα εισόδου του ρυθμιστή φόρτισης.

### Μπαταρίες/ Συσσωρευτές

Οι μπαταρίες σε ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ βασικό υποσύστημα και υψίστης σημασίας. Συσχετίζονται με την αποθήκευση της επιπλέον παραγόμενης ενέργειας, τόσο από το φωτοβολταϊκό σύστημα όσο και από το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Και οι δύο πηγές ενέργειας, πολλές φορές μπορεί να παράγουν παραπάνω ενέργεια από αυτή που έχει ανάγκη το δίκτυο με αποτέλεσμα αυτή να πρέπει να αποθηκευτεί ώστε να χρησιμοποιηθεί στην συνέχεια. Η χωρητικότητα τους θα πρέπει να είναι τόση ώστε να μπορεί να εξασφαλίζει αυτονομία όταν δεν θα παράγει ενέργεια το φωτοβολταϊκό σύστημα. Αντίστοιχα και ο όγκος τους θα πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε να μπορούν να αποθηκευτούν εύκολα σε μια οικία. Οι μπαταρίες, έχουν σαν βασικό τους χαρακτηριστικό την επαναφόρτιση. Θα χρειαστεί να φορτίσουν και αποφορτίσουν εκατοντάδες φορές, για αυτό το λόγο οι διαδικασίες αυτές πρέπει να γίνονται όσο το δυνατόν με μεγαλύτερη αποδοτικότητα. Έχοντας αυτό σαν στόχο, σε συνδυασμό με την απόκτηση του μέγιστου κύκλου ζωής των μπαταριών, επιλέγουμε προσεκτικά τον ρυθμιστή φόρτισης και τον μετατροπέα τάσης.

### Μετατροπέα Τάσης

Ο μετατροπέας τάσης είναι αρμόδιος για την ρύθμιση της ηλεκτρικής τάσης που θα φτάνει στις συσκευές. Δέχεται σαν είσοδο συνεχή τάση από τις μπαταρίες ή το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος και δίνει σταθερή τάση στην έξοδο του στα 230V και συχνότητα 50Hz (τουλάχιστον στην Ευρώπη). Με βάση τα καλώδια που έχουν χρησιμοποιηθεί στην εγκατάσταση υπολογίζεται το μέγεθος της μέγιστης ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας (P<sub>peak</sub>), το οποίο είναι το βασικό κριτήριο για να επιλογή σωστά ο μετατροπέας. Επιπροσθέτως, το μέγιστο φορτίο σε AC που μπορεί να δέχεται ο μετατροπέας καθώς και το μέγιστο φορτίο του παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο στην επιλογή του.

### Κατανάλωση

Είναι το ποσό της ενέργειας που χρησιμοποιείται από το δίκτυο. Γενικότερα, μια οικία έχει διάφορες ηλεκτρικές συσκευές με βάση τις ενεργειακές αποτίσεις των συσκευών αυτών καθώς και τον τρόπο και χρόνο χρήσεώς τους, οι ανάγκες από ηλεκτρική ενέργεια αλλάζουν. Για παράδειγμα, μια οικία που κατοικείται από ενήλικα άτομα που δουλεύουν εκτός σπιτιού έχει διαφορετικές αποτίσεις από μια οικία που έχει μικρά παιδιά. Επιπροσθέτως, η ενεργειακή κλάση των συσκευών είναι ένας δείκτης που επισημαίνει πια είναι θα είναι η κατανάλωση τους. Για παράδειγμα οι συσκευές ενεργειακής κλάσης A είναι αρκετά οικονομικές στο θέμα της κατανάλωσής και έχοντας στην οικία βασικές συσκευές (π.χ. ψυγείο) μειώνει κατά πολύ τις ανάγκες από ηλεκτρικό ρεύμα.

## **2.3 Ενδεικτικό αυτόνομο υβριδικό σύστημα**

Στην παρόν υπό-ενότητα κάνουμε μια ενδεικτική και γρήγορη παρουσίαση ποια θα μπορούσε να ήταν βασικά χαρακτηριστικά ενός υβριδικού συστήματος για να καλύψει τις ανάγκες μιας μόνιμης κατοικίας που φιλοξενεί τέσσερεις ενήλικες. Το αυτόματο

υβριδικό σύστημα περιλαμβάνει φωτοβολταϊκό πλαίσιο, ανεμογεννήτρια και ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (γεννήτριας) για την παραγωγή της ενέργειας. Ο ρόλος του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους είναι συμπληρωματικός, δηλαδή χρησιμοποιείτε στις ημέρες του έτους που δεν έχουν αρκετό αέρα ή ηλιοφάνεια. Στόχος είναι η κάλυψη των αναγκών τροφοδοτήσεως το χειμώνα αλλά και το καλοκαίρι. Ποιο συγκεκριμένα έχουμε τα εξής:

Πίνακας 1 Ενυδατική κατανάλωση

<b>Ημερήσιες ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας ( έως 12kWh)</b>
Φωτισμός 15 ηλεκτρονικές λάμπες ισχύος 11W * 10h
TV 100W * 5h
Ψυγείο Class A+
Ηλεκτρική Σκούπα 1500W * 1h
Πλυντήριο ρούχων με χρήση ζεστού νερού από ηλιακό ή μπόιλερ θέρμανσης 4h εβδομάδα
Φούρνος υγραερίου
Απορροφητήρας 60W * 2h
Σίδερο 2200W * 2h
Κυκλοφορητής 100W * 10h (χειμώνα)

Λαμβάνοντας υπόψιν την ενδεικτική κατανάλωση του Πίνακα 1 παρατηρούμε ότι η κατανάλωση της κατοικίας φτάνει περίπου τα 12kWh. Για να μπορέσουμε να το καλύψουμε αυτό έχουμε την ακόλουθη τεχνική πρόταση (Πίνακας 2):

Πίνακας 2 Τεχνικός εξοπλισμός κάλυψης ενεργειακών αναγκών

<b>Τεχνικός εξοπλισμός</b>
6 Φ/Β συλλέκτες, 250Wp, 30V
1 πλήρες σετ στήριξης αλουμινίου κολώνες για δώμα ή αγρό
1 A/Γ Whisper marine 200, 1000W/24V με controller
Υλικά Στήριξης της A/Γ επί 11μ. ιστού, τύπου Air Guyed Tower
1 μετατροπέας DC/AC, ON GRID, 1800Wdc/1MPPT
Πίνακας συγκέντρωσης – αυτοματισμού
1 μετατροπέας DC/AC , 5000W, 24V/230V
12 συσσωρευτές ανοιχτού τύπου, οξέως μολύβδου, 1500Ah (C-100h), 2V, διάρκεια ζωής έως και 15 χρόνια

Αυτή ήταν μια πρόχειρη παρουσίαση των αναγκών που μπορεί να έχει μια κατοικία και πως θα μπορούσε να καλυφθούν. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται εκτεταμένη μελέτη ενός υβριδικού συστήματος για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών μιας κατοικίας που ζουν τέσσερεις ενήλικες [24].

## Κεφάλαιο 3

### Μελέτη αυτόνομου υβριδικού συστήματος

Στο παρόν κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την μελέτη και σχεδιασμό ενός αυτόνομου υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών μιας κατοικίας. Η προτεινόμενη κατοικία βρίσκεται στα Χανιά της Κρήτη, όπου η ατμόσφαιρα είναι σχεδόν πάντα ζεστή και ο δείκτης ηλιογραφίας είναι πολύ υψηλός τους περισσότερους μήνες του χρόνου. Η κατοικία στεγάζει μια οικογένεια τετραμελή και αποτελείται από τρία υπνοδωμάτια, μια κουζίνα, ένα σαλόνι και ένα μπάνιο. Η σκεπή της αποτελείται από κεραμίδια και έχει κλίση 30 μοίρες. Η κλίση των πλαισίων (λόγο της κλίσης της σκεπής) επηρεάζει τον βαθμό απόδοσης του Φ/Β συστήματος. Ωστόσο, το γεγονός ότι η κατοικία δεν πλαισιώνεται από άλλα υπερυψωμένα σπίτια (πολυκατοικίες) θεωρείτε προτέρημα για την τοποθεσία του αφού υπό άλλες συνθήκες θα επηρέαζαν αρνητικά η απόδοση των πάνελ.

#### 2.1 Ηλεκτρικές καταναλώσεις

Ένα από τους βασικούς συντελεστές για τον σχεδιασμό και την μελέτη του υβριδικού συστήματος είναι ο προσδιορισμός της απαιτούμενης ενεργειακής ισχύς που έχει η κατοικία. Ο αριθμός των ατόμων που φιλοξενεί η κατοικία καθώς και η έκταση της παίζουν καθοριστικό ρόλο στο να μπορεί να γίνει μια προσέγγιση των αναγκών και των αποτίσεων που έχει η κατοικία σε ηλεκτρική ενέργεια. Γενικότερα, όσο μεγαλύτερη η κατοικία (περισσότερος εξοπλισμός) τόσο περισσότερα άτομα μπορεί να φιλοξενήσει άρα οι απαιτήσεις τις σε ενέργεια να είναι πολύ μεγαλύτερες από ένα μικρό σε έκταση σπίτι. Στην προκειμένη περίπτωση το σπίτι φιλοξενεί μια τετραμελή οικογένεια, με όλα τα μέλη της να είναι ενήλικες. Διαθέτει τρία υπνοδωμάτια, ένα σαλόνι, μια κουζίνα και ένα μπάνιο. Επιπροσθέτως, διαθέτει ήδη ηλιακό θερμοσίφωνα για την παροχή ζεστού νερού ενώ στο μαγειρέμα χρησιμοποιείται κουζίνα υγραερίου. Η θέρμανση του σπιτιού γίνεται κυρίως μέσω καλοριφέρ υγραερίου ενώ για την ψύξη χρησιμοποιείται κυρίως κλιματισμός (air conditioning). Οι ηλεκτρικές συσκευές που διαθέτει η κατοικία είναι Α ενεργειακής κλάσης, έχουν δηλαδή χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Οι ανάγκες και η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος δεν είναι πάντα σταθερή κατά την διάρκεια του χρόνου. Γενικότερα, τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη για χρήση κλιματισμού ενώ το χειμώνα χρησιμοποιούνται περισσότερο οι συσκευές φωτισμού τόσο εντός όσο και εκτός σπιτιού. Λόγο των διαφορετικών αναγκών κατά την διάρκεια του χρόνου χωρίζουμε την μελέτη της καταναλώσεις σε δύο κατηγορίες με βάση τους μήνες. Στην πρώτη κατηγορία έχουμε τις συσκευές που χρησιμοποιούνται περισσότερο κατά την διάρκεια των χειμερινών και φθινοπωρινών μηνών και στην δεύτερη τις συσκευές που χρησιμοποιούνται αντίστοιχα περισσότερο τους καλοκαιρινούς και ανοιξιάτικους μήνες. Άρα έχουμε :

- Ανάγκες και κατανάλωση τους χειμωνιάτικους μήνες ( κυρίως Νοέμβριος, Δεκέμβριος, Ιανουάριος και Φεβρουάριος)
- Ανάγκες και κατανάλωση τους καλοκαιρινούς μήνες ( Μάιος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος και Σεπτέμβριος)

Στον Πίνακα 3 απεικονίζονται ενδεικτικά οι βασικές συσκευές που χρησιμοποιούνται από τα μέλη τις οικογένειας τους κατά τους χειμερινούς μήνες, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργεια που έχει η κάθε μία τους καθώς και ένας ενδεικτικός χρόνος λειτουργίας τους κατά την διάρκεια του εικοσιτετράωρου.

Πίνακας 3 Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τους χειμερινούς μήνες

Συσκευή	Ισχύς (W)	Χρόνος λειτουργίας (ώρες/μέρα)	Ενέργεια(Wh/μέρα)
Φωτισμός δωματίων(3)	30	4	120*3
Φωτισμός Μπάνιου	15	1	15
Φωτισμός Σαλονιού	60	6	360
Φωτισμός Κουζίνας	30	5	150
Εξωτερικός Φωτισμός	30	6	180
Τηλεόραση Led 42'	50	3	150
Laptop	60	2	120
Ψυγείο	150	24	3300
Απορροφητήρας	200	0,5	100
Τοστιέρα	700	0,2	140
Βραστήρας	1000	0,1	100
Καφετιέρα	1000	0,15	150
Λοιπά φορτία	2000	1	2000
Πλυντήριο ρούχων	2000	1	2000
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>9125</b>

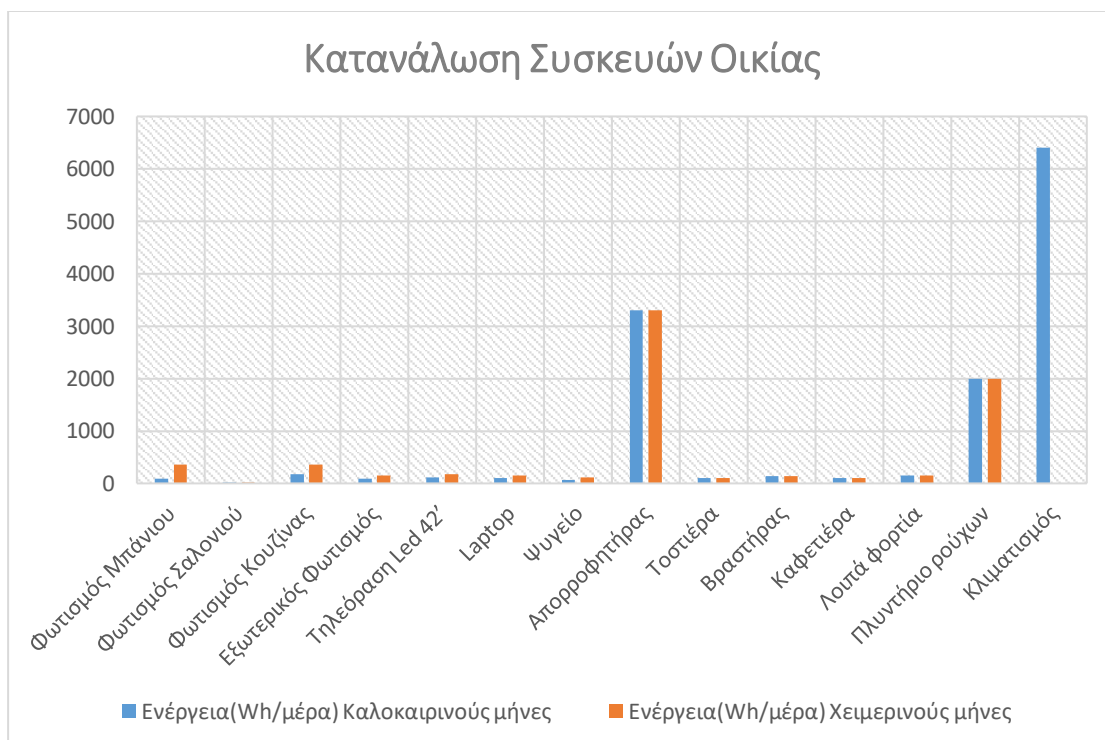
Στον Πίνακα 4 απεικονίζονται ενδεικτικά οι βασικές συσκευές που χρησιμοποιούνται από τα μέλη της οικογένειας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργεια που έχει η κάθε μία τους καθώς και ένας ενδεικτικός χρόνος λειτουργίας τους κατά την διάρκεια του εικοσιτετράωρου.

Πίνακας 4 Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες

Συσκευή	Ισχύς (W)	Χρόνος λειτουργίας (ώρες/μέρα)	Ενέργεια(Wh/μέρα)
Φωτισμός δωματίων(3)	30	1	30*3
Φωτισμός Μπάνιου	15	1	15
Φωτισμός Σαλονιού	60	3	180
Φωτισμός Κουζίνας	30	3	90
Εξωτερικός Φωτισμός	30	4	120
Τηλεόραση Led 42'	50	2	100
Laptop	60	1	60
Ψυγείο	150	24	3300
Απορροφητήρας	200	0,5	100

<b>Τοστιέρα</b>	700	0,2	140
<b>Βραστήρας</b>	1000	0,1	100
<b>Καφετιέρα</b>	1000	0,15	150
<b>Λοιπά φορτία</b>	2000	1	2000
<b>Πλυντήριο ρούχων</b>	2000	1	2000
<b>Κλιματισμός</b>	800	4	3200*2
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>14845</b>

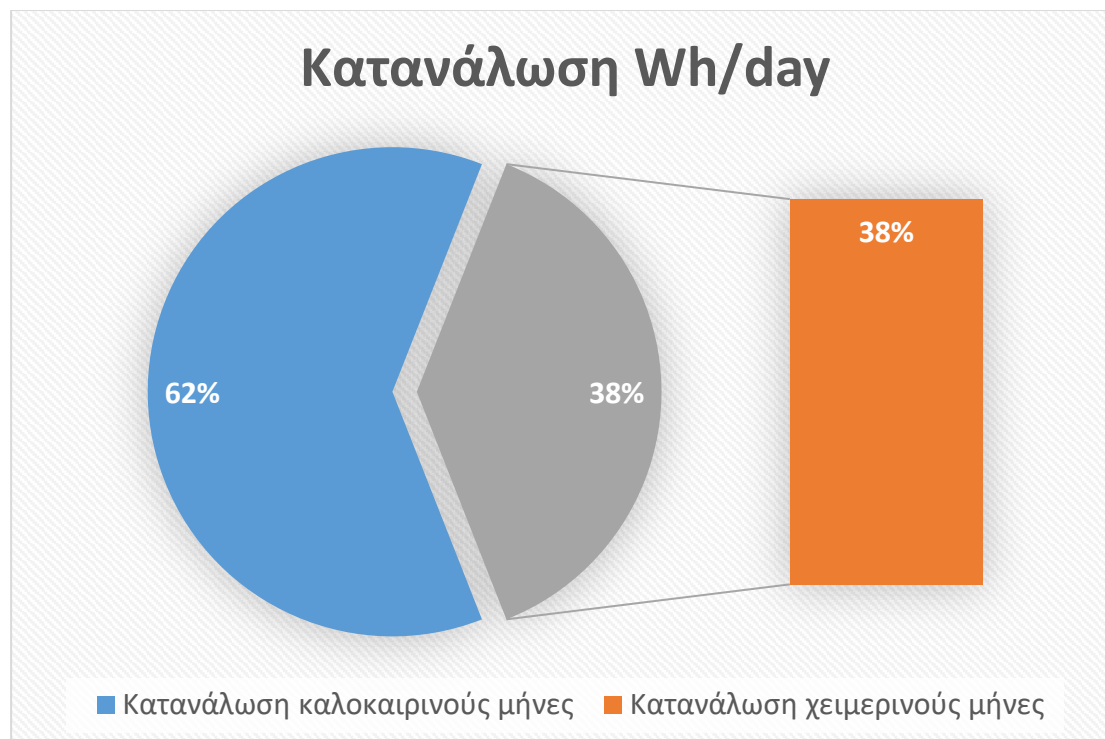
Με βάση τον Πίνακα 2 και Πίνακα 3 προκύπτει ο Εικόνα 10 και 11. Ο οποίος στην ουσία έχει την σύγκριση της κατανάλωσης των συσκευών τους καλοκαιρινούς σε σχέση με τους χειμερινούς μήνες. Παρατηρούμε, γενικότερα ότι τους καλοκαιρινούς μήνες η κατανάλωση είναι πολύ μεγαλύτερη από τι τους χειμερινούς. Αυτό οφείλεται κυρίως στην χρήση κλιματισμού για την ψύξη. Επιπροσθέτως, παρατηρούμε ότι η χρήση των υπόλοιπων συσκευών είναι σχεδόν ίδια κατά την διάρκεια όλου του χρόνου. Για παράδειγμα, το πλυντήριο χρησιμοποιείται το ίδιο και το καλοκαίρι και το χειμώνα, διότι ναι μεν το καλοκαίρι αλλάζουμε ρούχα πιο συχνά αλλά από την άλλη καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο από τα χειμωνιάτικα ρούχα. Έχοντας σαν αποτέλεσμα σε ένα πλυντήριο πλένονται περισσότερα ρούχα. Επίσης, λόγω του ότι η διάρκεια της μέρας, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι μεγαλύτερη (λιγότερο σκοτάδι) η χρήση ηλεκτρικών συσκευών για τον φωτισμό τόσο εντός όσο εκτός του σπιτιού είναι λιγότερη (Εικόνα 7). Υπάρχουν βέβαια και οι συσκευές που ανεξάρτητα εποχής είναι πάντα συνδεδεμένες και καταναλώνουν, όπως είναι για παράδειγμα το ψυγείο.



Εικόνα 10 Σύγκριση κατανάλωσης συσκευών με βάση τον μήνα

Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι τόσο στον Πίνακα 1 όσο και στον Πίνακα 2 οι ώρες είναι αθροιστικές και αφορούν όλη την ημέρα. Για παράδειγμα το κλιματιστικό συνηθίζεται να χρησιμοποιείται μερικές ώρες το μεσημέρι και μερικές το απόγευμα,

ενώ τις υπόλοιπες ώρες που η ζέστη βρίσκεται σε φυσιολογικά πλαίσια δεν χρησιμοποιείται. Στην Εικόνα 8 απεικονίζεται η διαφορά που υπάρχει στην κατανάλωση της οικίας μια καλοκαιρινή μέρα σε σχέση με μια χειμωνιάτικη. Είναι προφανές ότι η κατανάλωση σε μια καλοκαιρινή μέρα είναι σχεδόν διπλάσια από τι σε μια χειμωνιάτικη, αφού σε μια καλοκαιρινή μέρα η κατανάλωση είναι περίπου 15KW/h ενώ αντίστοιχα σε μια χειμωνιάτικη μέρα είναι 9,2KW/h. Αν αναλογισθούμε όμως ότι και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τις καλοκαιρινές μέρες είναι πολύ μεγαλύτερη από τι στις χειμωνιάτικες μέρες τότε η περισσότερη κατανάλωση δεν είναι δημιουργεί κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα.



Εικόνα 11 Κατανάλωση Wh/day

## 2.2 Επιλογή μπαταριών

Η χρήση συσσωρευτών ή αλλιώς μπαταριών θεωρείται απαραίτητη σε ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργεια. Η παραγόμενη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά συστήματα κατά την διάρκεια της ημέρας (ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες) μπορεί να μην καταναλώνετε όλη με αποτέλεσμα να χρειάζεται να αποθηκευτή. Ωστε να γίνει μετέπειτα χρήση από τις ηλεκτρικές συσκευές που λειτουργούν κατά την διάρκεια της νύχτας (π.χ. φώτα). Η ανάγκη της αποθήκευσης έχει κάνει την επιλογή των κατάλληλων συσσωρευτών ιδιαίτερα σημαντική.

Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε φωτοβολταϊκά συστήματα θα πρέπει να είναι επαναφορτιζόμενες. Και αυτό οφείλετε στο γεγονός ότι θα πρέπει να φορτίζουν (μέσω της ηλιοφάνειας) και να αποφορτίζουν πολλές φορές. Οι βασικοί τύποι επαναφορτιζόμενων μπαταριών που μπορεί κάποιος να προμηθευτεί από την αγορά είναι οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου, μολύβδου-οξέος, ιόντων λιθίου και νικελίου-υδριδίου μετάλλου. Ανάλογα με την εφαρμογή και χρήση της μπαταρία επιλέγεται η αντίστοιχη επαναφορτιζόμενη μπαταρία, για παράδειγμα στα λαπτοπ και σε μικρές φορητές συσκευές χρησιμοποιούνται μπαταρίες λιθίου ενώ αντίστοιχα σε

φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν όλες οι υπόλοιπες πλην τις λιθίου.



Εικόνα 12 Μπαταρία μολύβδου [25]

Οι μπαταρίες είναι «δοχεία» αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με την μορφή χημικής ενέργειας. Για παράδειγμα η μπαταρία της Εικόνας 12 είναι μια μπαταρία μολύβδου-οξέος, η οποία είναι γεμάτη με αραιωμένο θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ), το οποίο θεωρείται ηλεκτρολύτης. Μέσα στον ηλεκτρολύτη είναι τοποθετημένες δύο αντίθετα πολωμένες πλάκες που χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια. Οι πλάκες αυτές αποτελούνται από το πλέγμα και το ενεργό υλικό. Η αποθήκευση της ενέργειας γίνεται ουσιαστικά στην επιφάνεια του ενεργού υλικού όπου γίνεται η ηλεκτροχημική αντίδραση. Από την άλλη πλευρά το πλέγμα αποτελείται από

κράμα μολύβδου που θεωρείτε καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος. Στο εσωτερικό της μπαταρίας έχουμε επίσης το «διαχωριστή», ο οποίος φροντίζει στο να μην υπάρχει αγωγή επαφή του θετικού με του αρνητικού ηλεκτροδίου. Στην εξωτερική επιφάνεια της υπάρχει οι πόλοι (θετικός και αρνητικός) για να μπορεί να γίνει η εξωτερική σύνδεση της.

Οι μπαταρίες μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικούς τύπους:

1. Μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης ή μπαταρίες φωτοβολταϊκών.  
Χρησιμοποιούνται κυρίως για την αποθήκευση της ενέργειας για καθημερινή χρήση. Έχουν δυνατότητα βαθιάς εκφόρτισης ή οποία οφείλεται στις χοντρές πλάκες μολύβδου που διαθέτουν οι οποίες αντέχουν στην διάβρωση. Θεωρούνται πιο μεγαλύτερες και βαριές από τις μπαταρίες εκκίνησης.
2. Μπαταρίες εκκίνησης.  
Χρησιμοποιούνται κυρίως σε θαλάσσια σκάφη, αυτοκίνητα, μοτοσυκλέτες κλπ. Κατασκευασμένες με λεπτές πλάκες μολύβδου, έτσι ώστε να μπορούν να παρέχουν υψηλή ποσότητα ρεύματος για μικρό χρονικό διάστημα.

Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία σε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα θα πρέπει να διακατέχετε από τα περισσότερα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Καλή αναλογία τιμής-απόδοσης
2. Μικρές απαιτήσεις για συντήρηση
3. Αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής
4. Χαμηλή αυτοεκφόρτιση και υψηλή ενεργειακή απόδοση
5. Ικανότητα φόρτισης με μικρά ρεύματα φόρτισης
6. Δυνατότητα ανακύκλωσης
7. Ανθεκτικότητα σε δονήσεις

Στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι μπαταριών που χρησιμοποιούνται σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα κατοικιών:



- Sunlight OPzS (SoPZS)  
Είναι κατασκευασμένες από ημιδιαφανές ανθεκτικό περίβλημα, για εύκολη παρακολούθηση της στάθμης των υγρών. Ανθεκτικές στις επαναλαμβανόμενες φορτίσεις-εκφορτίσεις με διάρκεια ζωής 10-12 χρόνια.



Εικόνα 13 SoPZS [27]

- Sunlight OPzV (SoPZV)  
Είναι κατασκευασμένες από σκληρό ανθεκτικό περίβλημα. Κλειστού τύπου GEL, χωρίς την ανάγκη συντήρησης. Ανθεκτικές στις επαναλαμβανόμενες φορτίσεις – εκφορτίσεις με διάρκεια ζωής 10-12 χρόνια.



Εικόνα 14 SoPZV [28]

Οι μπαταρίες SOPzS και SOPzV είναι βαθιάς εκφόρτισης με κυλινδρικές πλάκες μολύβδου και με 2500 κύκλους ζωής στο 50% αποφόρτισης (DOD). Διακρίνονται επίσης σε ανοιχτού τύπου (υγρών στοιχείων) και μπαταρίες κλειστού τύπου με Gel.

1. Μπαταρίες ανοιχτού τύπου με υγρά :
  - Εύκολη παρακολούθηση
  - Μηνιαία αναζωογόνηση
  - Έκλυση αερίων
  - Συντήρηση
2. Μπαταρίες κλειστού τύπου :
  - Μηδενική συντήρηση
  - Χωρίς μηνιαία αναζωογόνηση
  - Δεν εκλύονται αέρια

Εκτός από την επιλογή της μπαταρίας είναι πολύ σημαντική η διαδικασία της αποφόρτισης και φόρτισης της μπαταρίας. Οι μπαταρίες δεν θα έπρεπε να αποφορτίζονται πάνω από το 50% και το 60% της συνολικής τους χωρητικότητας. Οι καλής ποιότητας ινβέρτερ (αντιστροφείς τάσης) αυτόνομων συστημάτων, διακόπτουν την λειτουργία τους όταν οι μπαταρίες αδειάσουν σε μεγαλύτερο ποσοστό. Και αντίστοιχα για να γίνει σωστή φόρτιση της μπαταρίας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ρυθμιστές φόρτισης τεχνολογίας MPPT ή PWM.



### 2.3 Επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Η επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων θεωρείται ένα από τα βασικότερα και σημαντικότερα βήματα στην υλοποίηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές προσεγγίσεις στην επιλογή του αποδοτικότερου για το σύστημα φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Οι βασικές κατηγορίες φωτοβολταϊκών πλαισίων που υπάρχουν στην ελληνική αγορά είναι τρεις. Οι κρυσταλλικού πυριτίου, που χωρίζονται σε μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά, και άμορφου πυριτίου.

Πιο συγκεκριμένα έχουμε:

#### 1) Κρυσταλλικού πυριτίου

##### a) Μονοκρυσταλλικά (m-Si):

Έίναι φωτοβολταϊκά πλαίσια που χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης η οποία κυμαίνεται γύρω στο 15%-18% ανάλογα την ποιότητα του υλικού. Έχουν δηλαδή την καλύτερη σχέση απόδοσης σε σχέση με την επιφάνεια την οποία διαθέτουμε για την εγκατάσταση ενός συστήματος. Το πυρίτιο είναι πολύ υψηλής καθαρότητας για αυτό και έχει μεγάλο κόστος παραγωγής.

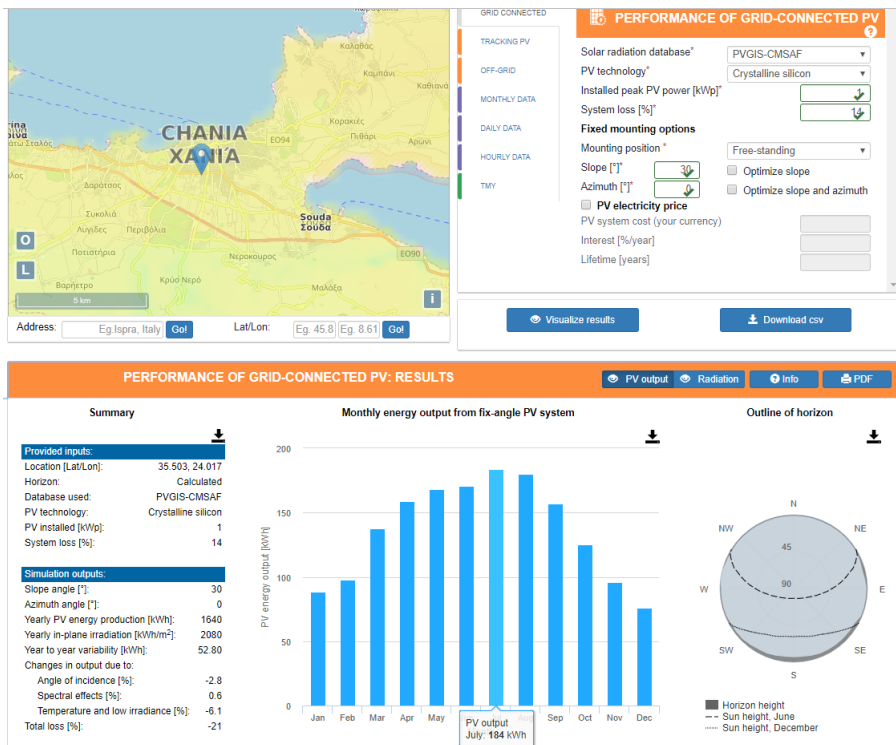
##### b) Πολυκρυσταλλικά (p-Si)

Οι συγκεκριμένες κυψέλες μειονεκτούν σε σχέση με τις μονοκρυσταλλικές σε απόδοση, και διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15%. Η χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση τους οφείλεται στις ατέλειες στη δομή του κρυστάλλου ως αποτέλεσμα της διαδικασίας χύτευσης. [26]

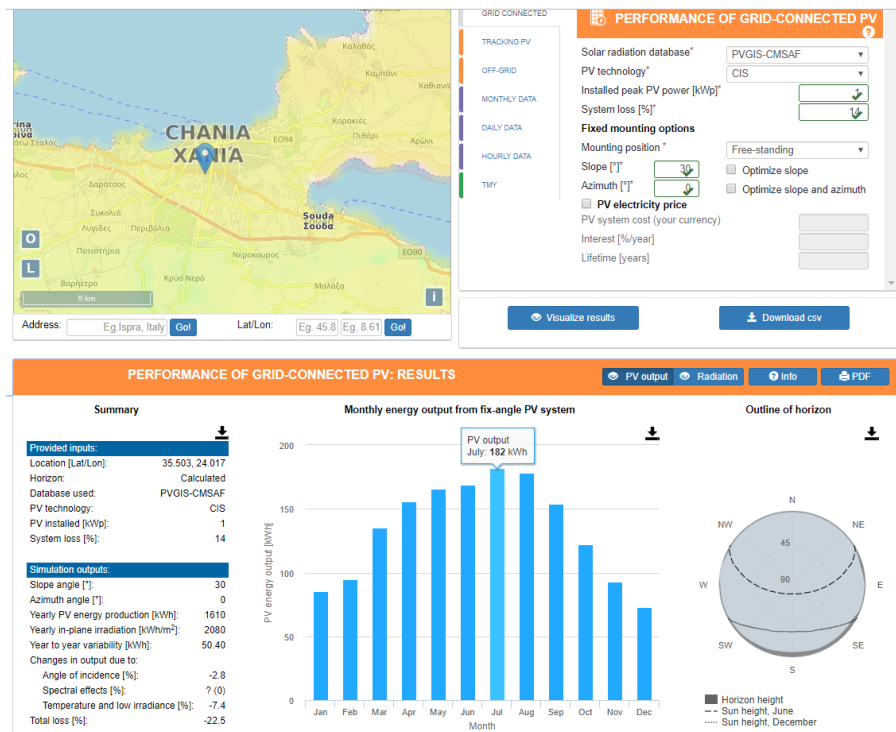
#### 2) Άμορφου Πυριτίου (a-Si)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις της τάξης από 6 έως 8%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα τους ωστόσο είναι η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, όταν υπάρχουν συνθήκες συννεφιάς. Χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες εφαρμογές όταν δεν υπάρχει έντονος προσανατολισμός.

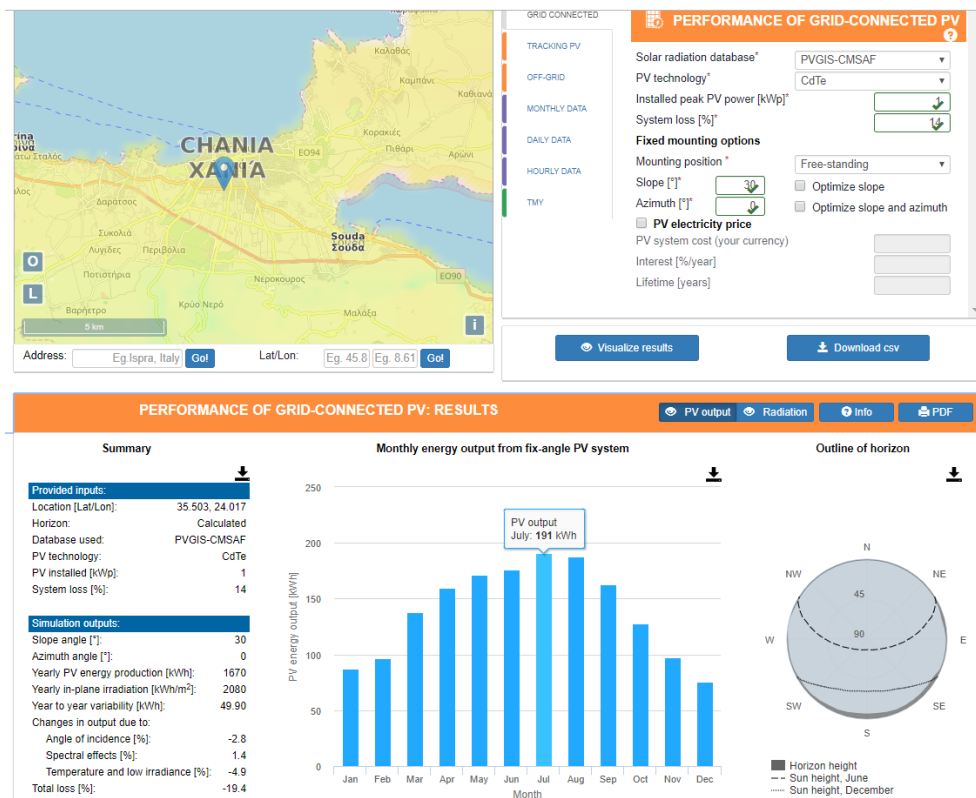
Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάτε όπως έχει προαναφερθεί κατοικία που διαθέτει στέγη με κλίση 30 μοίρες. Με βάση την τοποθεσία της κατοικίας και την γωνία που έχει η σκεπή μπορούμε χρησιμοποιώντας το Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)[29] για να δούμε τις προηγούμενες χρονιές πόσο ηλιακή ενέργεια παράχθηκε με χρήση διαφορετικών φωτοβολταϊκών τεχνολογιών. Στην Εικόνα 15,16 και 17 βλέπουμε την απόδοση με την χρήση διαφορετικών τύπων φωτοβολταϊκών πλαισίων.



Εικόνα 15 Ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια 2016 με χρήση crystalline silicon πλαισια [29]



Εικόνα 16 Ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια 2016 με χρήση CIS πλαισια [29]



Εικόνα 17 Ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια 2016 με χρήση CdTe πλαίσια [29]

Όπως παρατηρούμε από τις παραπάνω εικόνες υπάρχει ελάχιστη διαφορά μεταξύ των τύπων. Ο πιο αποδοτικός ήταν ο CdTe όπου είχε σχεδόν όλους τους μήνες του χρόνο περίπου 8KWh παραπάνω από τα υπόλοιπα. Με βάση όλα τα προαναφερόμενα θεωρούμε ότι το πιο αποδοτικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο που θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε είναι το μονοκρυσταλικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

## 2.4 Ρυθμιστής φόρτισης

Ο ρυθμιστής φόρτισης σε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα, φροντίζει για τον έλεγχο της έντασης του ρεύματος του φωτοβολταϊκού καθώς και την τάση των μπαταριών.



Εικόνα 18 Ρυθμιστής φόρτισης Steca Tarom 4545

Είναι πολύ σημαντικός ο ρόλος του, διότι ο ρυθμιστής μπορεί αυξήσει ή να μειώσει αντίστοιχα την διάρκεια ζωής των μπαταριών μας. Γενικότερα, συσχετίζεται με την βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών και η προστασία τους από τυχόν υπερφόρτιση, η πρόληψη της ,εκτός ορίων, εκφόρτισης των μπαταριών. Στην προκειμένη περίπτωση προτείνετε να χρησιμοποιηθεί ο ρυθμιστής φόρτισης Steca Tarom 4545 [30] (Εικόνα 18). Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά που το κάνουν κατάλληλο για την χρήση στην προκειμένη εγκατάσταση του είναι τα ακόλουθα:

- Είναι υπερφόρτισης
- Κάνει βαθιά εκφόρτιση

- Έχει την δυνατότητα αντίστροφης πολικότητας (Φ/Β πλαισίων, μπαταρίας, φορτίων)
- Διαθέτει αυτόματη ηλεκτρονική ασφάλεια (επανέρχεται μόνη της χωρίς αντικατάσταση)
- Ελέγχει βραχυκυκλώματα
- Ελέγχει υπέρταση από την πλευρά των Φ/Β πάνελ
- Είναι ανοιχτού κυκλώματος, όταν δεν είναι συνδεδεμένη η μπαταρία
- Είναι αντίστροφων ρευμάτων από τα Φ/Β πάνελ τη νύχτα
- Έλεγχος υπερθέρμανσης και από μεγάλα φορτία
- Έλεγχος της μπαταρίας από υπέρταση, υπερθέρμανση και μεγάλα φορτία

Επιπροσθέτως, ο συγκεκριμένος ρυθμιστής φόρτισης περιλαμβάνει τεχνολογία MPPT, μετατρέποντας το ρεύμα και την τάση που παράγουν τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Έχοντας σαν αποτέλεσμα να μεγιστοποιείται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και να γίνεται συγχρόνως βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών.

## 2.5 Αυτόνομος μετατροπέας

Για να μπορέσουμε να ρυθμίσουμε την τάση και συχνότητα που παρέχουμε στις συσκευές μας από το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι απαραίτητο να έχουμε έναν αυτόνομο μετατροπέα. Ο μετατροπέας είναι ηλεκτρική συσκευή που δέχεται συνεχή τάση στην είσοδο του και να έχει στην έξοδο του σταθερή τάση 230V με 50Hz συχνότητα (οι περισσότερες οικιακές συσκευές στην Ευρώπη λειτουργούν με αυτές τις προδιαγραφές). Επιπροσθέτως, έχει την δυνατότητα να κάνει και το αντίστροφο, δηλαδή να όταν υπάρχει συννεφιά και οι μπαταρίες είναι άδειες τότε να τις φορτίσει από γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος.



Εικόνα 19 SMA Sunny Island 5048U

Στην προκείμενη περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε τον SMA Sunny Island 5048U [31] αυτόνομο μετατροπέα. Είναι βασισμένος στους μετατροπείς SMA Sunny Island 4548-US και 6048-US, διαθέτοντάς επιπλέον την τεχνολογία off-grid, σε συνδυασμό με την δυνατότητα απόκτησης πλέον 20% περισσότερη ισχύ εξόδου. Έχει μέγιστη απόδοση 96% που του εξασφαλίζει μέγιστη παραγωγή, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την μείωση χρήσης πετρελαίου ντίζελ και κάνει μικρότερη διαστασιολόγηση της συστοιχίας του ΦΒ συστήματος. Το Sunny Island

5048U έχει δύο διαφορετικές ονομαστικές τιμές ισχύος επιτρέποντά την πιο ευέλικτη διαστασιολόγηση του συστήματος. Επιπροσθέτως, έχει ενσωματωμένη την τεχνολογία multicluster, αυτό έχει αποτέλεσμα να μπορούν να συνδεθούν στην σειρά έως και 12 Sunny Island τα οποία να ενσωματωθούν σε συστήματα εκτός δικτύου με μέγεθος έως και 100 kW.

## 2.6 Ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος

Η παρουσία ενός ηλεκτροπαραγωγικού ζεύγους καθίσταται απαραίτητη στο φωτοβολταϊκό σύστημα που θέλουμε να κτίσουμε για την κατοικία στα Χανιά. Όπως απεικονίζεται στις εικόνες 12,13 και 14 είναι εμφανές ότι η παραγόμενη ενέργεια δεν

είναι σταθερή, αντίθετα έχει μήνες με περισσότερη παραγωγή και άλλους με μικρότερη. Για να μπορέσουμε να προνοήσουμε και να αποφύγουμε τις περιπτώσεις που μπορεί να μην υπάρχει αρκετά διαθέσιμη ενέργεια για να καλυφθούν οι ανάγκες της οικίας θα εγκαταστήσουμε στο σύστημα ένα ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος.

Οι παράγοντες που θα λάβουμε υπόψιν μας για να επιλέξουμε το βέλτιστο ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος είναι:

- Ποια είναι η εκκίνηση του (εάν θα είναι με μίζα (ηλεκτρική εκκίνηση) ή με σχοινί αυτόματης επαναφοράς).
- Ένταση του θορύβου που παράγει.
- Ο χώρος που καταλαμβάνει.
- Ανάγκη ή μη για αυτόματη μετάβαση από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. στο Η/Ζ.
- Η ποιότητα του παραγόμενου ρεύματος.

Με βάση τους παράγοντες αυτούς επιλέξαμε το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος Kipor KDE



Εικόνα 20 ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος Kipor KDE 12STAF3

12STAF3 [32]. Το οποίο είναι ένα αθόρυβο πετρελαιοκίνητο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος με δικύλινδρο, υδρόψυκτο κινητήρα 16,75 ίππων, 3000rpm. Είναι αξιόπιστο, φιλικό προς το περιβάλλον καθώς είναι έχει οικονομική χρήση. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι διαθέτει ηλεκτρική εκκίνηση-μίζα, εύκολο στην μετακίνηση αφού είναι τροχήλατο. Διαθέτει επίσης ενσωματωμένο αυτόματο σταθεροποιητή τάσης ( AVR) για τον έλεγχο της ποιότητας του εξερχόμενου ρεύματος. Γενικότερα, είναι εύκολο στην χρήση του αφού διαθέτει οθόνη LED όπου εμφανίζει σε πραγματικό χρόνο τις λειτουργικές μετρήσεις, την τάση εξόδου, την ένταση του ρεύματος και τη συχνότητα. Τέλος, διαθέτει

αυτονομία συνεχούς λειτουργίας 7 ωρών και σύστημα αυτόματης αποσυμπίεσης για εύκολη εκκίνηση σε όλες τις καιρικές συνθήκες. Στον Πίνακα 3 βλέπου λεπτομερειακά τα τεχνικά χαρακτηριστικά που το κάνουν κατάλληλο για το σύστημα μας.

Πίνακας 5 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος Kipor KDE 12STAF3

Τάση / Συχνότητα (V-Hz)	230/400 – 50
Ένταση ρεύματος συνεχούς λειτουργίας (A)	19,5
Ταχύτητα περιστροφής κινητήρα (rpm)	3000
Ίσχος συνεχούς λειτουργίας (Kva)	13,5
Μέγιστη ισχύς (Kva)	15
Συνεχές ρεύμα D.C.	12V / 5A

Αριθμός φάσεων	Τριφασικό
Συντελεστής ισχύος	0,8
Κλάση μόνωσης	F
Αριθμός πόλων	2
Τρόπος διέγερσης (AVR)	Αυτοδιέγερση χωρίς ψύκτρες
Τύπος πίνακα	Ψηφιακός πίνακας
Τύπος κατασκευής	Κλειστού τύπου (Αθόρυβο)
Χωρητικότητα δοχείου καυσίμου (lt)	38
Κατανάλωση καυσίμου (g/kWh)	320
Αυτονομία λειτουργίας (h)	7
Επίπεδο θορύβου (στάθμη ηχητικής πίεσης) (dB(A)/m)	72/7
Διαστάσεις, Μ×Π×Υ (cm)	154x84,5x92,5 (154x70x81 χωρίς τροχούς και χειρολαβές)
Βάρος (kg)	420
Εκκίνηση	Ηλεκτρική (μίζα)
Καύσιμο	Πετρέλαιο
Μοντέλο κινητήρα	KM376AG
Τύπος κινητήρα	Τετράχρονος, τρικύλινδρος σε σειρά, υδρόψυκτος
Διάμετρος και διαδρομή εμβόλου	3 κύλινδροι 76x77mm
Κυβισμός (cm <sup>3</sup> )	1048
Λόγος συμπίεσης	21,5:1
Τρόπος ανάφλεξης	Με συμπίεση
Τροχί	Ναι
Μπαταρία	Ναι
Ρευματοδότες	2 μονοφασικούς

Σύστημα ψύξης	Υδρόψυκτος
Τάση εξόδου (V)	230/400
Στοιχεία μίζας (V-Kw)	12 - 1,4
Στοιχεία φόρτισης μπαταρίας (δυναμό) (V-A)	12 - 25
Στοιχεία μπαταρίας (V-Ah)	12 - 65

## 2.7 Τύποι καλωδίων και μέσα προστασίας

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα ένα από τα πιο κρίσιμα μέρη της σχεδίασης είναι η επιλογή καλωδιώσεων. Η διατομή καθώς και ο τύπος του καλωδίου, πέρα από την απόδοση και τη μακροβιότητα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος επηρεάζει την ασφάλεια της κατοικίας και των χρηστών. Το γεγονός ότι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια παράγουν ρεύμα αδιάκοπα με αποτέλεσμα αυτό να καθιστά ιδιαίτερος επικίνδυνα (υπάρχει για παράδειγμα το ενδεχόμενο πυρκαγιάς) [33]. Για αυτό το λόγο ο τύπος των καλωδίων που θα επιλέξουμε για την καλωδίωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι ειδικός, με διπλή μόνωση, άκαυστα υλικά, αντιτρωκτικά, ανθεκτικά σε ακτίνες ηλίου, σε θερμοκρασίες πάνω από 120°C. Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να λάβουμε υπόψιν μας την επιτρεπόμενη πτώση τάσης σε κάθε τμήμα του υβριδικού συστήματος. Για κάθε υποσύστημα έχουμε:

- Κλάδος Φωτοβολταϊκών:  
 $\Delta V = 3\% \cdot \text{Τάση string}$
- Κλάδος ρυθμιστή-μπαταρίας  
 $\Delta V = 1-2\% \cdot \text{Τάση μπαταρίας}$
- Κλάδος αντιστροφέα-μπαταρίας:  
 $\Delta V = 1\% \cdot \text{Τάση μπαταρίας}$
- Κατανάλωση DC:  
 $\Delta V = 3\% \cdot \text{Τάση μπαταρίας}$
- Κατανάλωση AC:  
 $\Delta V = 3\% \cdot \text{Τάση μπαταρίας}$

Τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν αντίστοιχα στους συσσωρευτές καθώς και στις υπόλοιπες συσκευές στο δίκτυο συσκευές, πρέπει παρομοίως να είναι άκαυστα. Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την διατομή των καλωδίων χρησιμοποιούμε τους ακόλουθους μαθηματικούς τύπους [34] :

1. DC ρεύμα:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot 10^6}{\sigma \cdot \Delta V}$$

2. AC μονοφασικό:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot 10^6}{\sigma \cdot \Delta V}$$

3. AC τριφασικό:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot 10^6}{\sigma \cdot \Delta V}$$

Όπου έχουμε:

S: ελάχιστη διατομή [σε mm<sup>2</sup>]

L: μήκος κλάδου [σε m]

I: μέγιστο ρεύμα κλάδου [σε A]

cosφ: συντελεστής ισχύος

ΔV: μέγιστη αποδεκτή πτώση τάσης [V]

σ: ειδική αγωγιμότητα υλικού [Ohm<sup>-1</sup>\*m<sup>-1</sup>]

Με βάση σε ποιο σημείο της εγκατάστασης θα χρησιμοποιηθούν τα καλώδια βάζουμε τα αντίστοιχα, με βάση τους κανόνες των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (ELOT HD384). Χρησιμοποιώντας τους παραπάνω τύπους υπολογίζουμε αντίστοιχα την διατομή των καλωδίων για την DC και την AC πλευρά.



## Συμπεράσματα

Η τεχνολογία που συσχετίζεται με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει εξελιχθεί δραματικά την τελευταία εικοσαετία. Κάνοντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προσιτές στο ευρύ κοινό. Ο αριθμός των κατοικιών που χρησιμοποιούν αυτόματα υβριδικά συστήματα για την ηλεκτρική του τροφοδοσία έχει αυξηθεί και συνεχίζει να αυξάνεται εκθετικά τα τελευταία χρόνια. Ωστόσο, αρκετές φορές τα συστήματα αυτά δεν είναι πλήρως αποδοτικά. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι διότι μερικές φορές μπορεί να μην έχει γίνει σωστή μελέτη του υβριδικού συστήματος πριν την εγκατάσταση του.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αντιλαμβανόμαστε πόσο σημαντικό και ουσιώδες είναι για ένα υβριδικό σύστημα να γίνει σωστή μελέτη τόσο του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί όσο και της τοποθεσίας που θα τοποθετηθούν. Επιπροσθέτως, υπάρχουν πολλά ηλεκτρονικά εργαλεία (π.χ. που δείχνουν πως ήταν η ηλιοφάνεια τις προηγούμενες χρονιές στην περιοχή που θέλουμε να τοποθετήσουμε τα φωτοβολταϊκά πλαίσια) που μπορούν να συμβάλουν στο να σχεδιαστεί ένα σύστημα που θα έχει μέγιστη απόδοση και συγχρόνως να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής ο εξοπλισμός.

Τέλος, ζούμε σε μια χώρα που τον περισσότερο χρόνο έχει μεγάλο αριθμό ηλιοφάνειας και θα μπορούσε να μας εξασφαλίσει, χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά συστήματα, ηλεκτρική ενέργεια για πάρα πολλά χρόνια αν υλοποιηθεί με τον κατάλληλο τρόπο.

## Βιβλιογραφία

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Energy>
- [2] [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Electrical\\_energy](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Electrical_energy)
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_and\\_radiation\\_accidents\\_and\\_incidents](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_and_radiation_accidents_and_incidents)
- [4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable\\_energy](https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy)
- [5] <http://web.mit.edu/fnl/volume/196/schreiber.html>
- [6] <https://greenagenda.gr/18597/>
- [7] <http://ypeka.gr/Default.aspx?tabid=225>
- [8] [http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/human\\_activities/energy\\_sources.htm](http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/human_activities/energy_sources.htm)
- [9] [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_energy\\_resources](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_energy_resources)
- [10] <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=285&language=el-GR>
- [11] <http://www.desmie.gr/ape-sithya/adeiodotiki-diadikasia-kodikopoiisi-nomothesias-ape/periechomena/biomaza-biokaysima/ilektroparagogi-apo-biomaza/>
- [12] <https://www.energy.gov/science-innovation/clean-energy>
- [13] [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_energy](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy)
- [14] [https://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal\\_energy](https://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_energy)
- [15] [https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_power](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power)
- [16] <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydropower>
- [17] [https://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_power](https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power)
- [18] [https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/ocean\\_energy\\_el](https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/ocean_energy_el)
- [19] [https://en.wikipedia.org/wiki/Fluid\\_dynamics](https://en.wikipedia.org/wiki/Fluid_dynamics)
- [20] [https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_system)
- [21] <https://sites.google.com/site/binteostigmagonontmemgaok1/home/ti-einai-ta-photoboltaieka-pleonektemata-kai-meionektemata>
- [22] [https://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid\\_renewable\\_energy\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_renewable_energy_system)
- [23] [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_hybrid\\_power\\_systems](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_hybrid_power_systems)
- [24] [https://en.wikipedia.org/wiki/Stand-alone\\_power\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Stand-alone_power_system)
- [25] [https://www.hoppecke.com/fileadmin/Redakteur/Hoppecke-Main/Products/Downloads/sun\\_power\\_VRL\\_en.pdf](https://www.hoppecke.com/fileadmin/Redakteur/Hoppecke-Main/Products/Downloads/sun_power_VRL_en.pdf)
- [26] <https://www.in.gr/2011/01/28/greece/perivallon/basikes-arxes-gia-tin-swstie-gkatastasi-fwtovoltaikwn-panw-se-ktirio-ti-prepei-na-proseksete/>
- [27] <https://www.systems-sunlight.com/product/applications/telecommunications/res-sopzs/>
- [28] <https://www.systems-sunlight.com/product/applications/telecommunications/res-sopzv/>
- [29] <https://ec.europa.eu/jrc/en/scientific-tool/pvgis>
- [30] <https://www.steca.com/index.php?Steca-Tarom-en#productproperty>
- [31] <https://www.solaris-shop.com/sma-sunny-island-5048u-5kw-battery-inverter-si-5048u/>
- [32] [shorturl.at/gDOP0](http://shorturl.at/gDOP0)
- [33] [shorturl.at/hpDIK](http://shorturl.at/hpDIK)
- [34] [shorturl.at/brEX2](http://shorturl.at/brEX2)
- [35] <http://ypeka.gr/?tabid=285>