



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

" Λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων και η τεχνολογική εξέλιξή τους σε υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά ηλιακά συστήματα νερού και αέρα."



ΟΝΟΜΑΤΑ ΦΟΙΤΗΤΩΝ: Κόλλια Φωτεινή, ΑΜ 31781 - Βασιλείου Ιωάννης, ΑΜ 30172

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Μιχάλης Παπουτσιδάκης

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2017

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ω/ Η κάτωθι υπογεγραμμένη/ η ΚΟΛΛΙΑ ΦΩΤΙΝΗ
του ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ, με αριθμό μητρώου 3.178.1 φοιτητής/ τρια του
Τμήματος **Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε.** του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. 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 απονείμει 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 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα
προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Η Ω Δηλώνουσα



Ημερομηνία

11/10/17

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος / α ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ,
του ΠΑΥΛΟΥ, με αριθμό μητρώου 30172 φοιτητής / τρια του
Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την
εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

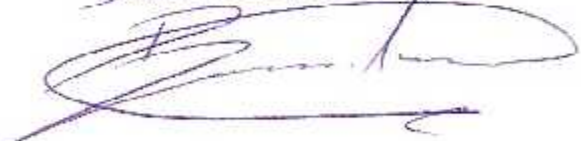
«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του
συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και
πρωτότυπο περιεχόμενο.

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.»

Ο Δηλών

ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ



Ημερομηνία

11/10/2017

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Περίληψη..... | 6 |
| Abstract | 7 |
| Εισαγωγή | 8 |
| Κεφάλαιο 1:..... | 9 |
| Ενέργεια | 9 |
| 1.1. Ηλιακή ενέργεια..... | 9 |
| 1.2. Ηλιακή γεωμετρία | 11 |
| 1.3. Ηλιακή ενέργεια στον Ελλαδικό χώρο | 12 |
| 1.4. Φωτοβολταϊκά και ηλιακή ενέργεια..... | 14 |
| 1.4.1. Λειτουργία του φωτοβολταϊκού κυττάρου..... | 14 |
| 1.5. Ηλιακή λίμνη | 18 |
| Κεφάλαιο 2: Ενεργεία φωτοβολταϊκών | 19 |
| 2.1. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο | 19 |
| 2.2. Δομή των φωτοβολταϊκών | 19 |
| 2.3. Συστοιχίες με ανακλαστήρες..... | 20 |
| 2.4. Περιστροφικές συστοιχίες | 20 |

| | |
|--|----|
| 2.5. Είδη φωτοβολταϊκών..... | 21 |
| 2.5.1. Απομονωμένα ή αλλιώς φωτοβολταϊκά συστήματα εκτός δικτύου | 22 |
| 2.5.2. Αυτόματα Φ/Β συστήματα..... | 22 |
| 2.5.3. Υβριδικά φωτοβολταϊκά Συστήματα..... | 23 |
| 2.5.4. Φωτοβολταϊκά συστήματα συνδεδεμένα στο Δίκτυο | 24 |
| 2.6. Απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και φωτοαγωγιμότητα..... | 26 |
| 2.7. Απόδοση φωτοβολταϊκών..... | 26 |
| 2.7.1. Παράγοντες που επηρεάζουν τον βαθμό της απόδοσης | 27 |
| Κεφάλαιο 3: Τύποι φωτοβολταϊκών | 30 |
| 3.1. Τύποι φωτοβολταϊκών γενικά..... | 30 |
| 3.2. Φ/Β Ημιαγωγοί Λεπτών Υμενίων (films) | 30 |
| 3.3. Φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού Πυριτίου (<i>Single-crystal Silicon</i>)..... | 31 |
| 3.4. Φωτοβολταϊκά πολύ- κρυσταλλικού Πυριτίου (<i>Multi-crystal Silicon</i>) | 31 |
| 3.5. Φωτοβολταϊκά άμορφου Πυριτίου (Amorphous or thin Silicon) | 31 |
| 3.6. Φωτοβολταϊκά δομικά στοιχεία (SolarCap)..... | 32 |
| 3.7. Υβριδικά συστήματα | 32 |
| 3.8. Συλλέκτες με κανάλια..... | 33 |
| 3.9. Συλλέκτες απορρόφησης | 34 |

| | |
|---|----|
| 3.10. Επίπεδοι συλλέκτες..... | 34 |
| 3.11. Φωτοβολταϊκά ελεύθερης ροής | 35 |
| 3.12. Συλλέκτες συνδυασμού νερού/αέρα..... | 35 |
| Κεφάλαιο 4: Υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας..... | 38 |
| 4.1 Εισαγωγή | 38 |
| 4.2 Ιστορική αναδρομή (Μαμάσης, 2010) | 38 |
| 4.3.Υβριδικά συστήματα | 41 |
| 4.4. Διαδικασία ψύξης των φωτοβολταϊκών | 42 |
| 4.5. Ψύξη με την βοήθεια των συγκεντρωτικών φωτοβολταϊκών | 43 |
| 4.6.Πλεονεκτήματα των υβριδικών συστημάτων | 44 |
| 4.7. Εξάρτηση Απόδοσης υβριδικών Φ/Β | 46 |
| 4.8. Οι περιορισμοί των Υβριδικών φωτοβολταϊκών..... | 47 |
| Κεφάλαιο 5: Σύγκριση υβριδικών φωτοβολταϊκών με τα συμβατικά..... | 50 |
| Κεφάλαιο 6:..... | 52 |
| 6.1. Προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος | 52 |
| 6.2. Τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος | 53 |
| 6.3. Διαδικασία τοποθέτησης φωτοβολταϊκού συστήματος..... | 54 |
| Κεφαλαίο 7 Εφαρμογές..... | 56 |

| | |
|------------------------------|----|
| 7.1. Βιομηχανία | 57 |
| 7.2. Αγροτικές μονάδες | 59 |
| 7.3. Κτίρια | 62 |
| Συμπεράσματα | 64 |
| Βιβλιογραφία | 66 |
| Ελληνική | 66 |
| Ξένα | 68 |

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την ανάλυση φωτοβολταϊκών και ειδικότερα εκείνα που ανήκουν στην κατηγορία των υβριδικών φωτοβολταϊκών συστημάτων. Το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αναφέρεται στην Ηλιακή ενέργεια και αναλυτικότερα πως αυτή παρουσιάζεται και μπορεί να εκμεταλλευτεί στον Ελλαδικό χώρο από την χρήση των φωτοβολταϊκών. Στο ίδιο κεφάλαιο ακολουθεί μια εκτενής αναφορά για την λειτουργία του φωτοβολταϊκού κυττάρου και αναλύεται ο ορισμός της ηλιακής λίμνης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο καθώς και η δομή και τα είδη των φωτοβολταϊκών. Ακόμη περιγράφεται ο τρόπος απόδοσης τους καθώς και οι παράγοντες που επηρεάζουν τον βαθμό της απόδοσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά στους τύπους των φωτοβολταϊκών, ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται τα υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας. Στο πέμπτο κεφάλαιο ακολουθεί η σύγκριση μεταξύ των φωτοβολταϊκών συστημάτων με τα συμβατικά.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί καταγράφονται οι απαιτούμενες προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος καθώς και η διαδικασία τοποθέτησης τους. Το έβδομο κεφάλαιο εσωκλείει τις εφαρμογές των φωτοβολταϊκών τόσο στον τομέα της βιομηχανίας όσο και στις αγροτικές μονάδες και στα κτίρια.

Τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα της εργασίας καθώς και η βιβλιογραφία που έχει χρησιμοποιηθεί.

Abstract

The present work deals with the analysis of photovoltaic and in particular the category of hybrid photovoltaic systems.

The first chapter refers to the Solar Energy and specifically the way can be exploited in Greece by photovoltaic. In the same chapter there is an extensive report on the operation of the photovoltaic cell and the definition of the solar pond. The second chapter presents the photovoltaic phenomenon as well as the photovoltaic structure and types of photovoltaic's. It also describes how they are work. In the third chapter there is an extensive reference to the photovoltaic types, while the fourth chapter analyzes the hybrid energy generation systems. In the fifth chapter there is a comparison between the photovoltaic systems and the conventional ones.

The following section describes the required conditions for the installation of a photovoltaic system and the placement installation. The seventh chapter encompasses the use of photovoltaic applications in industrial and agricultural sectors and buildings.

Finally, we present the conclusions of the paper and the bibliography.

Εισαγωγή

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι οι πηγές ενέργειας (αιολική, ηλιακή, γεωθερμική, υδραυλική, βιομάζα κ.α.) οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον άνθρωπο ώστε να καλύψει τις ενεργειακές του ανάγκες. Παρόλο που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν εξαντλούνται και είναι φιλικές προς το περιβάλλον, ο σύγχρονος πολιτισμός βασίζεται στα ορυκτά καύσιμα για την ενεργειακή κάλυψη των αναγκών του. Έχει έρθει η ώρα ο ενεργειακός κόσμος να απαρνηθεί τα ορυκτά καύσιμα και να εξαρτηθεί στο μέγιστο βαθμό από την χρήση των Α.Π.Ε.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι μια πολύ σημαντική κατηγορία από τις εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Καθώς η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια, η χρήση των φωτοβολταϊκών παρουσιάζει τεράστιο ενδιαφέρον. Το φωτοβολταϊκό σύστημα εκμεταλλευόμενο το φωτοβολταϊκό φαινόμενο μπορεί να παράγει μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, εκμεταλλευόμενο την ενέργεια του ήλιου. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στοχεύει μέχρι το 2020 ένα ποσοστό της τάξεως του 20% της ενέργειας που απαιτείται για κατανάλωση, να προέρχεται από τις ανανεώσιμες πηγές (Μπιτζιώνης, 2011).

Η χώρα μας εμφανίζει αξιόλογες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Έχει τον μεγαλύτερο δείκτη ηλιοφάνειας σε όλη την Ευρώπη και με την βοήθεια των φωτοβολταϊκών, μπορεί να ενισχύσει σε μεγάλο βαθμό το ηλεκτρικό δίκτυο και να αποδεσμεύσει την ενεργειακή εξάρτηση τόσο των αστικών όσο και των νησιώτικων σταθμών παραγωγής ενέργειας από το πετρέλαιο, με αποτέλεσμα να μειώσει το κόστος που απαιτείται για την κατανάλωση ηλεκτρισμού. Η χρήση των φωτοβολταϊκών είναι φιλική προς το περιβάλλον. Στόχος της ενεργειακής κοινότητας είναι η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών. Κάτι που συμβάλει όχι μόνο στην ενίσχυση της οικονομίας αλλά και στην καλύτερη ποιότητα ζωής και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Κεφάλαιο 1:

Ενέργεια

1.1. Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι ένα είδος ενέργειας η οποία εκμεταλλεύεται από τον άνθρωπο από την αρχαιότητα τόσο για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών του ανθρώπου όσο και για την κάλυψη των απαιτήσεων στην γεωργία, στην βιομηχανία καθώς και στην κατοικία. Η ηλιακή ενέργεια είναι μια από τις πιο ασφαλής και μη ρυπογόνος μορφή ενέργεια, η οποία τείνει να εξελίσσεται συνέχεια. Είναι ανεξάντλητη καθώς παράγεται από τον ήλιο και θα μπορούσε να ειπωθεί πως είναι μια μορφή απεριόριστης ενέργειας.

Η ενεργειακή χρήση το 1973 έδωσε το έναυσμα για την προσέγγιση των ενεργειακών εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Το 1970 η ηλιακή ενέργεια ερευνάται και εφαρμόζεται σε πολλούς τομείς. Με τον όρο ηλιακή ενέργεια καλείται η ανεξάντλητη ενέργεια η οποία απορρέει από τον ήλιο (Μπιτζιώνης, 2011).

Στις μέρες η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό ώστε πληθώρα συστημάτων να είναι ικανά να δεσμεύσουν ένα μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας και να μπορούν να την μετατρέψουν σε μια κατάλληλη μορφή ενέργειας. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι να μπορεί να αξιοποιηθεί είτε για ηλεκτοπαραγωγικές απαιτήσεις, είτε για την κάλυψη των αναγκών ενός νοικοκυριού τόσο στην παραγωγή ηλεκτρισμού όσο και σε πιο απλές διαδικασίες όπως την θέρμανση του νερού.

Ανάλογα με το πώς θα μετατραπεί η ηλιακή ενέργεια τα συστήματα που την αξιοποιούν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Κ.Α.Π.Ε, 2010):

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα και ενσωματώνονται ως επί τον πλείστον στις κατασκευές των κτιρίων. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε οικίες όσο και σε βιομηχανίες, ώστε να μπορέσουν οι εκάστοτε μονάδες να ενισχύσουν τα θερμικά τους φορτία κατά την χειμερινή περίοδο.

Τα παθητικά ηλιακά και υβριδικά συστήματα

Είναι η κατηγορία εκείνη η οποία συντελεί στην αρχιτεκτονική και με την κατάλληλη χρήση συγκεκριμένων δομικών υλικών εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια σε μεγάλο βαθμό. Καλύπτουν ένα σημαντικό μέρος των απαιτήσεων σχετικά με την θέρμανση, τον κλιματισμό και τον φωτισμό ενός χώρου.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα

Η κατηγορία αυτή εσωκλείει τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την άμεση μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ή θερμική.

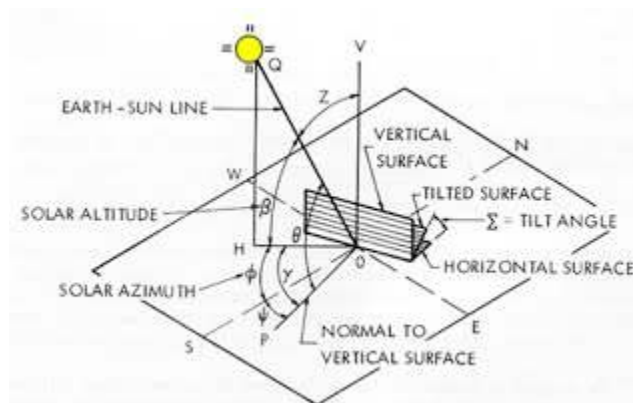
Στις μέρες μας η εκμετάλλευση της άμεσης ηλιακής ενέργειας δεν συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στις συνολικές απαιτήσεις που παρουσιάζονται τόσο σε ανάγκες ηλεκτρισμού όσο και θέρμανσης. Παρόλο που τις τελευταίες δεκαετίες η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας ολοένα και αναπτύσσεται, το ποσοστό που της αναλογεί είναι πολύ πιο χαμηλό από το 1%. Η βασικότερη αιτία είναι το πολύ μεγάλο κόστος το οποίο χαρακτηρίζει την κατασκευή καθώς και την συντήρηση της μορφής αυτής της ενέργειας. Παρόλα αυτά γίνονται αξιόλογες προσπάθειες για την εύρεση

νέων υλικών που θα μπορέσουν να μειώσουν το κόστος μιας τέτοιας επένδυσης με αποτέλεσμα να αυξηθούν τα ποσοστά της παραγωγής φωτοβολταϊκής ενέργειας.

1.2. Ηλιακή γεωμετρία

Η κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο είναι ελλειπτική και απαιτείται 365 ημέρες ώστε να γίνει μια πλήρη περιστροφή γύρω από εκείνον. Η ίδια η Γη, περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της και ολοκληρώνει μια πλήρη ιδιοπεριστροφή σε 24 ώρες (Κουτσούμπας, 2006).

Για να μπορέσει κανείς να προσδιορίσει μια τοποθεσία πάνω στην Γη χρειάζονται οι εξής συντεταγμένες (Κουτσούμπας, 2006):



Εικόνα 1: Συντεταγμένες Ήλιου

Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/eliake-geometria>

- Το γεωγραφικό πλάτος

Γεωγραφικό πλάτος καλείται η γωνιακή εκείνη απόσταση μιας περιοχής από το τμήμα του ισημερινού. Οι θετικές τιμές του γεωγραφικού πλάτους αντιστοιχούν στις περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου.

- Το γεωγραφικό μήκος

Γεωγραφικό μήκος μια περιοχής καλείται η γωνία ανάμεσα στο επίπεδο του μεσημβρινού της περιοχής που θέλουμε να ελέγξουμε και του επιπέδου του

μεσημβρινού στο σημείο Greenwich. Το Greenwich βρίσκεται στην Αγγλία και συγκεκριμένα στο Λονδίνο το οποίο το γεωγραφικό του μήκος είναι ίσο με το μηδέν. Ο Ελλαδικός χώρος έχει αρνητική τιμή του γεωγραφικού μήκους.

Η ηλιακή απόκλιση είναι η γωνία η οποία σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του ουράνιου Ισημερινού και της νοητής ευθείας. Θα μπορούσε να γραφεί ότι η ηλιακή απόκλιση είναι η γωνία που ενώνει τα κέντρα της γης και του ηλίου. Στο θερινό ηλιοστάσιο (21 Ιουνίου) και στο χειμερινό ηλιοστάσιο (21 Δεκεμβρίου) παρουσιάζονται οι ακραίες τιμές.

1.3. Ηλιακή ενέργεια στον Ελλαδικό χώρο

Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας η συνολική ηλιοφάνεια κυμαίνεται στις περισσότερες από 2700 ώρες ετησίως. Αναλυτικότερα στην Δυτική Μακεδονία καθώς και στην Ήπειρο παρουσιάζονται σχετικά οι μικρότερες τιμές που κυμαίνονται από τις 2200 έως και τις 2300 ώρες. Από την άλλη πλευρά στην Ρόδο καθώς και στην Νότια πλευρά της Κρήτης η ηλιοφάνεια ξεπερνά στο σύνολο τις 3100 ώρες ετησίως. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι ακόμη και το ελάχιστο ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια στέγη είναι κατά πολύ περισσότερη από εκείνη η οποία εισάγεται στο οίκημα με την βοήθεια των ηλεκτρικών καλωδίων (Κ.Α.Π.Ε, 2010).

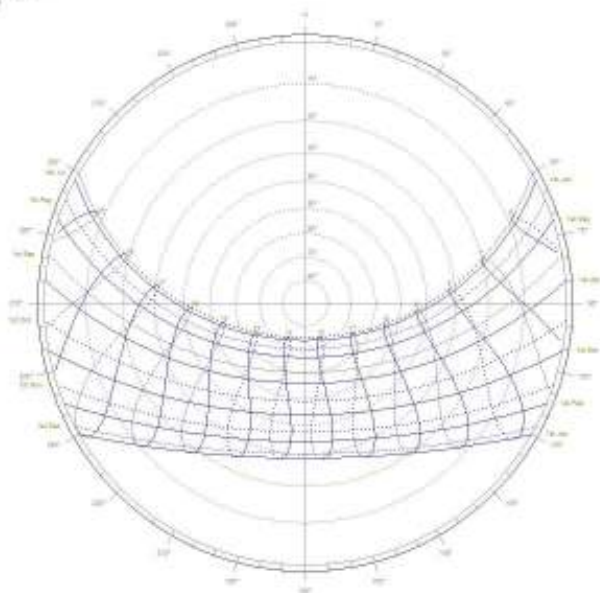
Λόγου χάρη σε ένα ομοιόμορφο στρέμμα του εδάφους το ποσοστό της άμεσης ακτινοβολίας του ήλιου έχει την ικανότητα να παράγει ισχύ ίση περίπου με τέσσερις χιλιάδες ίππους, το οποίο μπορεί να αντιστοιχηθεί με την ισχύ μιας μεγάλης ατμομηχανής ενός σιδηροδρόμου. Σε ένα χρονικό διάστημα το οποίο είναι πιο μικρό από τρεις μέρες, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας το οποίο φτάνει στη γη είναι κατά πολύ πιο μεγάλο από την εκτίμηση των συνολικών απολιθωμένων καυσίμων που υπάρχουν αυτή την στιγμή σε αυτήν.

Στην Ελλάδα ο πιο διαδεδομένος τρόπος, ο οποίος αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια είναι η χρήση των ηλιακών θερμοσίφωνων (Κ.Α.Π.Ε, 2010). Με γνώμονα μια έρευνα η οποία διεξάχθηκε μέσω της Greenpeace, η Ελλάδα κατατάσσεται ως η δεύτερη χώρα η οποία χρησιμοποιεί ηλιοσυλλέκτες για την θέρμανση του νερού.

Αναλυτικότερα περίπου το 30% των νοικοκυριών έχουν τοποθετήσει ηλιακούς θερμοσίφωνες. Το ποσοστό αυτό θα μπορούσε να είναι ακόμη πιο μεγάλο καθώς η Ελλάδα χαρακτηρίζεται ως χώρα με τα μεγαλύτερα ποσοστά ηλιοφάνειας σε όλη την Ευρώπη.

Όπως ήδη έχει ειπωθεί ο μεγαλύτερος ανασταλτικός παράγοντας για την κατασκευή μιας τέτοιας εγκατάστασης είναι το υψηλό της κόστος, παρόλο που μια τέτοια κατασκευή θα προσφέρει μέγιστα ποσοστά οικονομίας όσον αναφορά την κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος. Όσο αναφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με την βοήθεια των φωτοβολταϊκών, η όλη διαδικασία βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο και η αξιοποίηση της είναι αρκετά χαμηλή. Και σε αυτή την περίπτωση οι λόγοι που δεν έχει την απαιτούμενη ανάπτυξη είναι οικονομικοί. Κατά τον γενικό κανόνα, το πλήθος των φωτοβολταϊκών συστημάτων που εγκαθίστανται στην Ελλάδα εξυπηρετούν απομονωμένες χρήσεις σε εκείνα τα σημεία που το δίκτυο της ΔΕΗ απουσιάζει ή η σύνδεση του κοστίζει περισσότερο από την τοποθέτηση ενός φωτοβολταϊκού (Τσιλιγκιρίδης, 2008α).

Stereographic Diagram
Globe 2011



Εικόνα 2: Ηλιακός Χάρτης

Πηγή: Ανδρεαδάκη, Ε., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2006.

1.4. Φωτοβολταϊκά και ηλιακή ενέργεια

Η μετατροπή της ενέργειας του ήλιου σε ηλεκτρική πραγματοποιείται με την βοήθεια των φωτοβολταϊκών κυττάρων, των οποίων ο τρόπος λειτουργίας στηρίζεται στην αρχή του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η τεχνολογία αυτή εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1838 στην Γαλλία. Επιστήμονες οι οποίοι ειδικεύονταν στην παραγωγή ηλεκτρονικού ρεύματος με την βοήθεια χημικών αντιδράσεων, παρατήρησαν ότι κατά την διάρκεια που τοποθετούσαν την συσκευή την οποία είχαν κατασκευάσει στο ηλιακό φως, η παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος αυξανόταν.

Κατά το 1954 μέσω των εργαστηρίων Bell ανακοινώθηκαν εξελίξεις, οι οποίες μεταφέραν την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών από το πειραματικό στάδιο στην καθημερινότητα των πολιτών. Έτσι αρχικά παρουσιάστηκε μια μονή φωτοβολταϊκή κυψέλη η οποία ήταν κατασκευασμένη από σιλικόνη. Η πρώτη της εφαρμογή έγινε στις Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής κατά την δεκαετία του 1970 και η ολοένα εξέλιξη τους μείωσε το κόστος της παραγωγής του ηλεκτρισμού από τα \$300 σε \$4 ανά Watt. Εξαιτίας της μικρής τους απόδοσης σε συνάρτηση με το υψηλό συνολικό κόστος, εφαρμόζονται σε μονάδες με μικρή δυναμικότητα ή σε περιοχές όπου η σύνδεση τους με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή (Μαμάσης, 2010).

1.4.1. Λειτουργία του φωτοβολταϊκού κυττάρου

Η λειτουργία του φωτοβολταϊκού κυττάρου μπορεί να αναλυθεί ως εξής: Το σύνολο των φωτοβολταϊκών κυττάρων (ή αλλιώς φωτοβολταϊκή κυψέλη) καλούνται οι κρυσταλλοδίοδοι που απαρτίζονται από ημιαγωγούς. Οι ημιαγωγοί αυτοί είναι φτιαγμένοι από υλικά τα οποία είναι ημιαγώγημα και φέρουν την ιδιότητα της φωτοαγωγιμότητας (να μπορούν δηλαδή να απορροφούν φωτόνια και στην συνέχεια να είναι σε θέση να μεταδίδουν το ποσοστό της ενέργειας αυτής, σε χωριστά ηλεκτρόνια). Η χρήση του πυριτίου είναι η πιο κοινή και χρησιμοποιείται για την κατασκευή ημιαγωγών καθώς είναι αρκετά οικονομικό (Μαμάσης, 2010).

Το φωτοβολταϊκό κύτταρο δημιουργείται ως εξής: Αρχικά τοποθετείται ένα λεπτό στρώμα πυριτίου, το οποίο είναι ενισχυμένο με φώσφορο και στην συνέχεια έρχεται σε επαφή με ένα στρώμα το οποίο είναι ενισχυμένο από Βόριο. Καθώς το

φωτοβολταϊκό κύτταρο θα δεχτεί την ηλιακή ακτινοβολία, μέρος αυτής θα διεγείρει τα ηλεκτρόνια τα οποία με την σειρά τους θα κινούνται ελεύθερα στον χώρο του ημιαγωγού. Η εφαρμογή του ηλεκτρικού πεδίου θέτει το πλήθος των ελεύθερων ηλεκτρονίων να κινηθούν σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, με αποτέλεσμα να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα του οποίου η ισχύς εξαρτάται άμεσα από την ροή του πλήθους των ηλεκτρονίων καθώς και την εφαρμοσμένη τάση στο φωτοβολταϊκό κύτταρο.

Αναλυτικότερα κάθε άτομο του εσωκλείει δεκατέσσερα ηλεκτρόνια τα οποία είναι κατηγοριοποιημένα σε τρεις διαφορετικές στοιβάδες. Οι δύο πρώτες είναι συμπληρωμένες με δυο και με οκτώ άτομα αντίστοιχα. Η στοιβάδα η οποία είναι η εξωτερική εσωκλείει τα υπόλοιπα ηλεκτρόνια, τα οποία στον αριθμό είναι τέσσερα. Τα τελευταία συμμετέχουν σε δεσμούς με τα άτομα του πυριτίου και μπορούν να θεωρηθούν ως γειτονικά με αποτέλεσμα να σχηματίζουν την κρυσταλλική πυραμιδική δομή του καθαρού πυριτίου. Το καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού αφού δεν υπάρχουν ηλεκτρόνια να κινούνται ελεύθερα όπως για παράδειγμα στην περίπτωση του μεταλλικού πλέγματος (Φραγκιαδάκης, 2009).

Όταν διοχετευτεί στο κρυσταλλικό πυρίτιο η απαιτούμενη ενέργεια τότε κάποια από τα ηλεκτρόνια διεγείρονται και στην συνέχεια διαλύουν τους δεσμούς τους και τείνουν να απομακρύνονται προς άλλα γειτονικά τους άτομα και σχηματίζουν διαθέσιμες οπές στην εκάστοτε δομή του υλικού. Οι οπές αυτές είναι θετικά φορτισμένες. Με την διαδικασία αυτή δημιουργείται η ροή των ηλεκτρονίων στο εσωτερικό του υλικού.

Οι θέσεις αυτές θα καλυφτούν από ηλεκτρόνια ενός γειτονικού ατόμου και έτσι δημιουργείται η ροή του πλήθους των ηλεκτρονίων μέσα στο εσωτερικό του υλικού. Το πλήθος των ηλεκτρονίων που είναι ικανά να κινηθούν είναι αρκετά περιορισμένος ώστε να μπορέσει να φανεί χρήσιμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Αυτός λοιπόν είναι και ο λόγος που τοποθετούνται ετεροάτομα στην δομή του κρυστάλλου (για παράδειγμα άτομα φωσφόρου).

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί φώσφορο η εξωτερική του στοιβάδα έχει πέντε ηλεκτρόνια. Από το σύνολο των πέντε αυτών ηλεκτρονίων τα τέσσερα μπορούν να συμμετέχουν σε δεσμούς με το πλήθος των γειτονικών ατόμων του πυριτίου. Τα περισσότερα από τα ηλεκτρόνια αυτά ελευθερώνονται και μπορούν να γίνουν φορείς ηλεκτρικού ρεύματος από εκείνους του κρυσταλλικού πυριτίου. Η πρόσμιξη μεταξύ του κρυσταλλικού πυριτίου με το πλήθος των ατόμων του φωσφόρου έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ημιαγωγού τύπου N.

Στην περίπτωση τοποθέτησης Βορίου προκύπτουν ημιαγωγοί τύπου P. Αναλυτικότερα το Βόριο απαρτίζεται από τρία ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα, τα οποία μετέχουν σε δεσμούς με άτομα πυριτίου. Καθώς σε κάθε άτομο απαιτούνται οκτώ ηλεκτρόνια ώστε να μπορέσει να συμπληρωθεί η εξωτερική του στοιβάδα, στην αντίστοιχη του Βορίου υπάρχουν 2 ελεύθερες θέσεις ηλεκτρονίων που είναι διαθέσιμες με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν αντίστοιχες θετικά φορτισμένες οπές. Η κάλυψη αυτή των οπών από πλήθος ηλεκτρονίων των γειτονικών ατόμων είναι στην ουσία η διαδικασία της μεταφοράς των θετικών φορτίων στην κρυσταλλική δομή του ημιαγωγού (Φραγκιαδάκης, 2009).

Κατά την διάρκεια που θα έρθουν σε επαφή οι ημιαγωγοί τύπου N και Ρ εμφανίζεται το ηλεκτρικό πεδίο. Αναλυτικότερα το πλήθος των ηλεκτρονίων του πυριτίου (τύπου N) θα κινηθούν προς την κάθε κενή θέση του πυριτίου (τύπου P) έχοντας ως σκοπό να τις καλύψουν. Κατά την διαδικασία της ένωσης των δυο υλικών, επέρχεται η ισορροπία και δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο ανάμεσα σε αυτές τις δύο πλευρές. Το ηλεκτρικό αυτό πεδίο έχει τον ρόλο του ηλεκτροδίου και επιτρέπει στο πλήθος των ηλεκτρονίων να διαπεράσουν από το πυρίτιο Ρ στο N. Η αντίστροφη διαδρομή δεν μπορεί να γίνει.

Κατά την διάρκεια που το πλήθος των φωτονίων της ακτινοβολίας του ήλιου (με το κατάλληλο μήκος κύματος) θα προσπέσουν σε ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο θα διεγείρουν αυτόματα τα ηλεκτρόνια τα οποία ελευθερώνονται δημιουργώντας και τις αντίστοιχες οπές. Καθένα από τα φωτόνια που έχουν αρκετή ενέργεια μπορούν να ελευθερώσουν πλήθος ηλεκτρονίων και να δημιουργήσουν μια οπή. Αν η διαδικασία που μόλις περιγράφηκε συμβεί κοντά στον χώρο του ηλεκτρικού πεδίου ή εάν κάποιο

από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια και μία οπή βρεθούν κοντά στον χώρο της ένωσης P-N ημιαγωγών, το πεδίο έχει την ιδιότητα να αναγκάσει το εκάστοτε ηλεκτρόνιο να μεταφερθεί στον ημιαγωγό N και να οδηγήσει την οπή στο πυρίτιο P. Η όλη αυτή διαδικασία επιφέρει ακόμη πιο μεγάλη ανισορροπία στην ηλεκτρική ουδετερότητα (Περδίδος, 2010).

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί μια εξωτερική αγώγιμη οδός τότε τα ηλεκτρόνια θα διαπεράσουν στο εσωτερικό της ώστε να κατευθυνθούν στην αρχική τους θέση. Η όλη αυτή ροή έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία του ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ το ηλεκτρικό πεδίο ευθύνεται για την τάση του ρεύματος. Το μεγαλύτερο ποσό της ενέργειας θεωρητικά που μπορεί να απορροφήσει ένα κοινό φωτοβολταϊκό κύτταρο κυμαίνεται περίπου στα 25% της ενέργειας που θα δεχτεί αλλά πρακτικά το πιο κοινό ποσοστό είναι λιγότερο από 15% (Περδίδος, 2010).

Δεδομένου ότι η ηλιακή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία απαρτίζεται από ένα φάσμα με διάφορα μήκη κύματος και δεν χαρακτηρίζεται ως μονοχρωματική είναι εύλογο να αντιληφθεί κανείς ότι απαρτίζεται και από φωτόνια τα οποία έχουν διαφορετικά επίπεδα ενέργειας. Το πλήθος των φωτονίων τα οποία περιέχουν χαμηλά ποσοστά ενέργειας δεν είναι ικανά να διεγείρουν ηλεκτρόνια του ημιαγωγού και έχουν τον ρόλο να διέρχονται απλά μέσα από το φωτοβολταϊκό κύτταρο.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας των ημιαγωγικών υλικών έδωσε την δυνατότητα της αξιολόγησης της ηλιακής ακτινοβολίας με σκοπό την παραγωγή του ηλεκτρισμού δεδομένου ότι η χρήση αγώγιμων υλικών όπως για παράδειγμα τα μέταλλα θα είχε μεν ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ροή των ηλεκτρονίων αλλά θα επέφερε την παρουσία χαμηλότερης τάσης.

1.5. Ηλιακή λίμνη

Με τον όρο ηλιακή λίμνη καλείται ένας οικονομικός ηλιακός συλλέκτης του οποίου η ιδιαιτερότητα είναι ότι χρησιμοποιεί το νερό σαν ένα είδος καλύμματος. Το κάλυμμα αυτό συμπεριλαμβάνει και μια πληθώρα στρωμάτων από αλατούχα ύδατα.

Περίπου στα 1,5m βρίσκεται και η μεγαλύτερη αλατότητα. Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας το οποίο απορροφάται από τον πυθμένα της λίμνης καθώς το αβαθές στρώμα του νερού είναι ως επί των πλείστων πέρατα και ο πυθμένας με την σειρά του έχει την ικανότητα να θερμάνει το κατώτερο στρώμα του αλατούχου ύδατος που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό περιεκτικότητας (Apergis, 2010).

Σε μια συνηθισμένη λίμνη, το νερό που θα θερμαίνονταν στον πυθμένα θα γινόταν ακόμη πιο ελαφρύ από το σύνολο των υπερκείμενων στρωμάτων, θα ανερχόταν στην επιφάνεια και τέλος θα εγκαθίστανται ρεύματα φυσικής κυκλοφορίας που θα είχαν ως συνέπεια την ενιαία θερμοκρασία με το βάθος. Η θέρμανση αυτή θα χανόταν στον περιβάλλοντα χώρο εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας που θα αποκτούσαν το σύνολο των ανώτερων στρωμάτων της λίμνης.

Στην ηλιακή όμως λίμνη, στο κατώτερο στρώμα δίνεται τόσο ποσοστό αλατότητας ώστε παρά την επικείμενη θέρμανση θα παραμείνει βαρύτερο από το σύνολο των υπερκείμενων στρωμάτων το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να αναστέλλεται η διαδικασία της ελεύθερης επαφής –μεταφοράς. Έτσι επιτυγχάνονται οι υψηλές θερμοκρασίες στο κατώτερο στρώμα του ύδατος (οι βαθμοί μπορούν να φτάνουν έως και τους 90 βαθμούς κελσίου) και αποθηκεύεται σε αυτό ποσοστά της ηλιακής ενέργειας δίχως όμως να εμφανίζονται παράλληλα θερμικές απώλειες σε σημαντικό βαθμό από την επιφάνεια της λίμνης (Apergis, 2010).

Κεφάλαιο 2: Ενεργεία φωτοβολταϊκών

2.1. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο καλείται η μετατροπή ενός μέρους του ορατού φάσματος της ακτινοβολίας του ήλιου σε ενέργεια ηλεκτρικής μορφής. Για το διάστημα το οποίο η ακτινοβολία αυτή διαρκεί παράγεται μια ποσότητα συνεχούς ρεύματος το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή της ηλεκτρικής ισχύος.

Η ηλιακή δέσμη αποτελείται από φωτόνια, που έχουν μια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας και είναι ανάλογη με το μήκος του κύματος του φωτός. Κατά την φωτοεκπομπή το πλήθος των ηλεκτρονίων που απορροφούν την ενέργεια των φωτονίων αποκτούν μεγαλύτερο μέγεθος ενέργειας. Από την άλλη πλευρά, εάν η ενέργεια που εμφανίζεται στα ηλεκτρόνια είναι πολύ χαμηλή το πλήθος των ηλεκτρονίων δεν είναι ικανό να διαφύγει από την επιφάνεια του υλικού.

2.2. Δομή των φωτοβολταϊκών

Ο πιο απλός τύπος μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας είναι ο σταθερός. Ο σταθερός τύπος παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι τα τμήματα του είναι αμετακίνητα, ενώ το μεγαλύτερο μειονέκτημα που παρουσιάζει είναι ότι δεν εκτίθεται απόλυτα στις ηλιακές ακτίνες. Τα πλαίσια τις περισσότερες φορές τοποθετούνται στην νότια πλευρά στραμμένα σε μια τέτοια γωνία σε σχέση με την επιφάνεια της γης, η οποία προσεγγίζει την γωνία του γεωγραφικού πλάτους του τόπου που έχει τοποθετηθεί η συστοιχία. Την ίδια στιγμή, ο επιμήκης άξονας της συστοιχίας έχει προσανατολισμό από την Ανατολή στην Δύση. Το ότι το βάρος τους είναι μικρό όσο και ότι η κατασκευή τους είναι απλή το καθιστά χρήσιμο για κάθε οικιακή εφαρμογή. Παρόλα αυτά η κατασκευή τους δεν είναι λιγότερο δαπανηρή από κάποιο άλλο σύστημα (Περράκης, 2008).

2.3. Συστοιχίες με ανακλαστήρες

Ένας άλλος σχεδιασμός που συντελεί στην αύξηση του ποσοστού της απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι η χρήση ανακλαστήρων ή κατόπτρων. Οι ανακλαστήρες/κάτοπτρα κατασκευάζονται σε ποικίλες μορφές (τριγωνικά, κοίλα, κωνικά, κτλ) και ο κύριος στόχος τους είναι να ενισχύσουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και αυξάνουν την ένταση του ποσοστού του φωτός το οποίο προσάπτεται κατά 1/3.

Οι συστοιχίες με ανακλαστήρες ανήκουν στον τομέα των οπτικών συγκεντρωτικών διατάξεων. Τα παραβολικά κάτοπτρα έχουν βρει τις περισσότερες εφαρμογές του τομέα αυτού. Καθώς το κόστος τους είναι υψηλό πολλές φορές επιλέγονται οι φακοί Fresnel αντί αυτών, οι οποίοι συνδυάζουν το χαμηλό κόστος ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζουν μια ικανοποιητική απόδοση της οπτικής συγκέντρωσης. Οι φακοί αυτοί κατασκευάζονται από ακρυλικό υλικό και κυκλοφορούν στο εμπόριο σε δυο κατηγορίες ανάλογα με το ποσοστό της επίδοσης και της συγκέντρωσης που υπόσχονται (Αποστολοπούλου, 2013).

Στην μια κατηγορία εμφανίζεται ένας τύπος που κατασκευάζεται με έγχυση σε παλούκι και αποφέρει συγκέντρωση 400 με μία απόδοση 85%. Η δεύτερη κατηγορία εμφανίζει έναν τύπο, ο οποίος κατασκευάζεται από λεπτά φύλλα και αποφέρει πιο χαμηλή συγκέντρωση άλλα η απόδοση του αγγίζει το 90%.

2.4. Περιστροφικές συστοιχίες

Με τον όρο περιστροφικές συστοιχίες καλούνται οι συστοιχίες οι οποίες θα ακολουθήσουν την πορεία του ήλιου και τείνουν να περιστρέφονται γύρω από ειδικούς άξονες με σκοπό να προσανατολιστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να στοχεύεται και να παρακολουθείται η κίνηση του ήλιου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την υψηλή απόδοση της συγκέντρωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Ανάλογα με το είδος της κίνησης χρησιμοποιείται και ο ειδικός μηχανισμός. Οι περισσότεροι εμφανίζουν διπλό άξονα. Αναλυτικότερα οι συλλέκτες στηρίζονται σε δυο περιστρεφόμενους άξονες, οι οποίοι είναι ανεξάρτητοι. Έναν οριζόντιο και έναν κάθετο, ο πρώτος καλείται άξονας ανύψωσης και ο δεύτερος αζιμούθιος άξονας.

Κατασκευές που εμφανίζονται με παρόμοιο τρόπο είναι εκείνες που διαθέτουν παράλληλο άξονα με εκείνον της περιστροφής της γης (άξονας ανύψωσης) και ένα δεύτερο κάθετο προς τον πολικό άξονα (άξονα απόκλισης). Σε κάθε σύστημα προσανατολισμού, η καθοδήγηση των εκάστοτε μηχανισμών γίνεται με την συμβολή (Αποστολοπούλου, 2013):

- Των θερμοϋδραυλικών διατάξεων
- Των μικροϋπολογιστών (για την πρόβλεψη της θέσης του ήλιου)
- Των ηλιακών αισθητήρων (φωτοαντιστάσεις, φωτοτρανσίστορ κ.α.)

Η διαδικασία της περιστροφής τόσο από την Ανατολή προς την Δύση όσο και από τον Βορρά προς το Νότο επιτυγχάνεται με την συμβολή μιας περιστροφικής βάσης και ενός συνόλου συστημάτων γραναζιών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την συνεχή παρακολούθηση του ήλιου (είτε με την περιστροφή της συστοιχίας προς την κατεύθυνση που βρίσκονται οι ηλιακές ακτίνες, είτε με την χρήση των περιστροφικών κατόπτρων που ανακλούν τις ακτίνες προς τα φωτοβολταϊκά πλαίσια).

Και στις δύο μεθόδους χρησιμοποιούνται μέρη τα οποία είναι κινητά. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι το πλεονέκτημα που παρουσιάζει η χρήση των κινητών κατόπτρων σε σχέση με τις κινητές συστοιχίες είναι ότι η καταπόνηση που παρουσιάζεται σε αυτές, στα κάτοπτρα αποφεύγεται.

2.5. Είδη φωτοβολταϊκών

Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων είναι αρκετά μεγάλη και ένας από τους κύριους παράγοντες επιλογής του εκάστοτε συστήματος είναι η απαιτούμενη ισχύ. Οι ανάγκες κάλυψης ισχύος μπορεί να είναι χαμηλές όπως για παράδειγμα αριθμομηχανές ή ρολόγια ή μεγάλες όπως για παράδειγμα η ηλεκτρική τροφοδοσία κτιρίων που δεν μπορούν να συνδεθούν με το κεντρικό

ηλεκτρικό δίκτυο. Με γνώμονα λοιπόν τα προαναφερόμενα τα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες (Αποστολοπούλου, 2013):

1. Απομονωμένα ή αλλιώς φωτοβολταϊκά συστήματα εκτός δικτύου
2. Συστήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο

2.5.1. Απομονωμένα ή αλλιώς φωτοβολταϊκά συστήματα εκτός δικτύου

Το όνομα των φωτοβολταϊκών που εντάσσονται στην κατηγορία αυτή δόθηκε λόγω ότι τα φωτοβολταϊκά αυτά δεν συνδέονται με κάποιο εθνικό ή τοπικό δίκτυο παραγωγής ενέργειας. Η χρήση τους γίνεται στις περιοχές που απαιτείται ηλεκτρική ισχύ και δεν υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς ενέργειας από κάποιο άλλο δίκτυο ή αν ακόμη και όταν δεν υπάρχει επιθυμία συνεργασίας με αυτό. Οι τιμές ισχύος διακρίνονται σε από 100 Wp μέχρι και 200 kWp και χωρίζονται σε δυο κατηγορίες (Μαμάσης, 2010).

2.5.2. Αυτόματα Φ/Β συστήματα

Στα αυτόματα φωτοβολταϊκά συστήματα η απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας παράγεται μόνο από τις φωτοβολταϊκές συστοιχίες. Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθεί μπορεί να δοθεί άμεσα στους καταναλωτές ή με την βοήθεια των συσσωρευτών. Ακόμη είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να έχει συνεχή (DC) ή εναλλασσόμενη τάση (AC). Με βάση αυτό τον διαχωρισμό υπάρχουν (Μαμάσης, 2010):

-Τα φωτοβολταϊκά συστήματα άμεσης τροφοδοσίας του φορτίου, όπου στην περίπτωση αυτή η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται χρησιμοποιείται στο πλήθος των εφαρμογών που δεν χρειάζεται συνεχή λειτουργία του συστήματος. Ένα από τα

πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του είδους των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι τα συστήματα της άντλησης νερού.

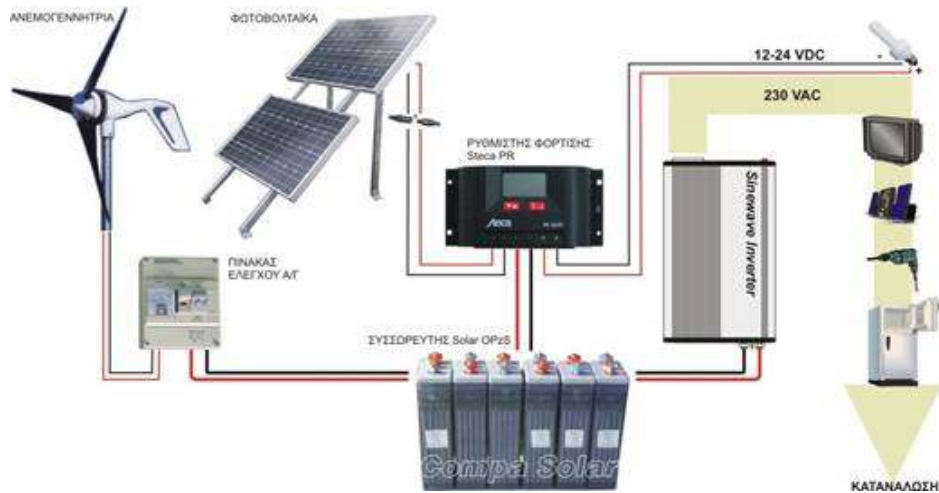
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποθήκευσης παραγόμενης ενέργειας, τα οποία περιλαμβάνουν συσσωρευτές και αποθηκεύουν την ηλεκτρική ενέργεια που έχει δημιουργηθεί. Ο σχεδιασμός τους γίνεται με γνώμονα τις επιθυμητές μέρες αυτονομίας. Οι μέρες αυτές θα καθορίσουν και το συνολικό μέγεθος των συσσωρευτών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων αυτών είναι τα συστήματα τροφοδοσίας φωτισμού των οδών, των φάρων ή των τηλεπικοινωνιακών εξοπλισμών σε περιοχές οι οποίες είναι δύσβατες.

Τα βασικά μέρη που αποτελείται ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι (Μαμάσης, 2010):

- Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες
- Οι αναστροφείς
- Οι μετατροπείς τάσεις DC/DC
- Υβριδικά Φ/Β συστήματα
- Ελεγκτής φόρτισης μπαταριών
- Τράπεζα μπαταριών (σύνολο μπαταριών βαθιάς εκφόρτισης).

2.5.3. Υβριδικά φωτοβολταϊκά Συστήματα

Αυτή η κατηγορία των φωτοβολταϊκών χρησιμοποιείται όταν η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να καλυφτεί από αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός αυτής με κάποιου άλλου είδους πηγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μια τέτοια πηγή μπορεί να είναι η χρήση συμβατικών καυσίμων ή ακόμη και η εκμετάλλευση μιας ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Σε γενικές γραμμές χρησιμοποιείται ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ή ακόμη και ανεμογεννήτριες. Η χρήση τους συναντάται σε εφαρμογές που υπάρχει μεγάλη ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας όπως για παράδειγμα για την λειτουργία ενός μοναστηριού ή μιας εξοχικής κατοικίας (Apergis, 2010).



Εικόνα 3: Υβριδικό ενεργειακό συστήματα για κατοικία

Πηγή: http://www.compasolar.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=123:hybrid-systems&Itemid=27

2.5.4. Φωτοβολταϊκά συστήματα συνδεδεμένα στο Δίκτυο

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο τείνουν να παράγουν το πιο μεγάλο ποσοστό ισχύος των εγκατεστημένων Φ/Β συστημάτων. Τα εν λόγω συστήματα είναι συνδεδεμένα με ένα δίκτυο, το οποίο παρέχει ηλεκτρισμό αντλώντας από εκείνο την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ που δεν μπορεί να καλυφθεί. Έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται. Τα καταναλωμένα συστήματα απαρτίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό των συνδεδεμένων στο δίκτυο φωτοβολταϊκών συστημάτων σε παγκόσμιο επίπεδο και μπορούν να διακριθούν σε κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που αλληλεπιδρούν με το αυτό (Salim, 2014):

Φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν το δίκτυο σαν μια βοηθητική πηγή ενέργειας:

Το σύστημα αυτό σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να καλύπτει τον μέσο όρο των μηνιαίων ενεργειακών απαιτήσεων. Σε περίπτωση που υπάρχει μια άμεση ανάγκη ενεργειακή ή επέλθει αστοχία στο φωτοβολταϊκό σύστημα το δίκτυο είναι εκείνο που θα καλύψει την απαιτούμενη ζήτηση ισχύος.

Φωτοβολταϊκά συστήματα που λειτουργούν με συνεχή αλληλεπίδραση με το δίκτυο:

Το σύστημα αυτό λειτουργεί με συνεχή αλληλεπίδραση με το δίκτυο. Αναλυτικότερα σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ικανό να καλύψει τις ενεργειακές απαιτήσεις της εφαρμογής για όλο τον χρόνο. Με γνώμονα όλα όσα ήδη έχουν ειπωθεί σε μια ιδανική περίπτωση η ενέργεια που θα παραχθεί θα είναι ίση ή ακόμη και μεγαλύτερη από τα ποσοστά ενέργειας του δικτύου προς την εφαρμογή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ενσωμάτωση των συστημάτων τόσο σε κατοικίες όσο και σε κτίρια.



Εικόνα 4:Το φωτοβολταϊκό πάρκο Cestas συνδεδεμένο στο δίκτυο
Πηγή:<http://www.naftemporiki.gr/story/1035582/>

2.6. Απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και φωτοαγωγιμότητα.

Φωτόνια σύμφωνα με τον Einstein καλείται το ελάχιστο ποσό της ενέργειας το οποίο εκπέμπεται κατά την διάρκεια των ενεργειακών μεταβολών του πλήθους των ηλεκτρικών διπολικών ταλαντωτών σε κάθε συχνότητα. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι μια πηγή φωτός που μπορεί να ειπωθεί ότι αποτελείται από ένα μεγάλο σύνολο διαφορετικού πλήθους φωτονίων (όπως για παράδειγμα το ηλιακό φως). Μια δέσμη φωτός προσπίπτει σε ένα υλικό και ένα μέρος αυτής ανακλάται (νόμος ανάκλασης) ενώ ένα άλλο διαθλάται (νόμος διάθλασης).

Η αγωγιμότητα σκότους σε έναν ημιαγωγό είναι πιο μικρή σε σύγκριση με την αντίστοιχη των μετάλλων. Όταν ένας ημιαγωγός φωτιστεί τότε οι φορείς ρεύματος δηλαδή το πλήθος των ηλεκτρονίων στην ζώνη της αγωγιμότητας καθώς και οι οπές στην ζώνη σθένους τείνουν να αυξάνονται. Αυτό έχει σαν συνέπεια να αυξηθεί και η αγωγιμότητα του. Η αυξανόμενη αυτή αγωγιμότητα σε συνδυασμό με την επίδραση του φωτός καλείται φωτοαγωγιμότητα. Κατά την διακοπή του φωτισμού του ημιαγωγού, η αγωγιμότητα του θα επέλθει στο αρχικό επίπεδο (Yeanetal, 2015).

2.7. Απόδοση φωτοβολταϊκών

Ο βαθμός της απόδοσης του εκάστοτε φωτοβολταϊκού απορρέει από τον τύπο του λόγου της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος P_{mmp} προς το γινόμενο της επιφάνειας A του φωτοβολταϊκού στοιχείου και της έντασης ακτινοβολίας G .

$$\eta = \frac{P_{mmp}}{AG} = \frac{I_{mmp} V_{mmp}}{AG} = FF \frac{I_{sc} V_{oc}}{AG}$$

Η απόδοση αυτή θα είναι πάντα πολύ πιο μικρή από την μέγιστη θεωρητική απόδοση η οποία θα προκύψει από τον τύπο:

$$n_{max,th} = \frac{\varphi(E_g)V_m}{\varphi E_\mu}$$

Όπου $\varphi(E_g)$ η ροή των φωτονίων με ενέργεια πολύ πιο μεγάλη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, Φ την ολική ροή των φωτονίων που θα δεχθεί το φωτοβολταϊκό στοιχείο και E_μ η μέση ενέργεια των φωτονίων της ακτινοβολίας.

2.71. Παράγοντες που επηρεάζουν τον βαθμό της απόδοσης

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δυο ομάδες, τους εσωτερικούς και τους εξωτερικούς παράγοντες (Τσιλιγκιρίδης, 2008β).

Εσωτερικοί παράγοντες: Είναι η κατηγορία που αποτελεί τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά που μπορεί να έχει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο όπως λόγου χάρη η αντίσταση, η γήρανση του, η θέση που θα τοποθετηθεί καθώς και η δίοδος της αντεπιστροφής.

Εξωτερικοί παράγοντες: Καλείται η κατηγορία που εσωκλείουν παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία που θα έχει το περιβάλλον, η ένταση του ανέμου, το ποσοστό σκίασης των πλακών, τα ποσοστά ατμοσφαιρικής ρύπανσης και το σύνολο των ηλεκτρικών απωλειών.

Συντελεστής γήρανσης

Ο συντελεστής γήρανσης αφορά την μείωση της απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού με το πέρασ των χρόνων και αυτό εκφράζεται ως επί το πλείστον με το ποσοστό της γήρανσης ανά έτος της χρήσης. Ο συντελεστής αυτός καλείται να προσδιορίσει την μείωση της απόδοσης τους άρα και την ισχύ αιχμής. Η μείωση της απόδοσης οφείλεται κυρίως από τις υπερθερμάνσεις των φωτοβολταϊκών κυψελών που αλλοιώνουν την δομή τους.

Οπτικές ενεργειακές απώλειες

Οι ενεργειακές απώλειες εσωκλείουν όλες εκείνες τις απώλειες οι οποίες έχουν άμεση σχέση με την απόκλιση της απόδοσης σε σύγκριση με τις πρότυπες συνθήκες εξαιτίας των παρακάτω αιτιών:

- Διαφοροποίηση της ανακλαστικότητας ΦΒ πλαισίου σε σχέση με την αντίστοιχη σε STC.
- Επίδραση της διαφοροποίησης του φάσματος ακτινοβολίας σε σύγκριση με την αέρια μάζα.
- Απώλειες από την διαφοροποίηση της πόλωσης.
- Απώλειες λόγω των χαμηλών τιμών της πυκνότητας ισχύος της ακτινοβολίας του ήλιου.
- Το πόσο καθαρή είναι η όψη του φωτοβολταϊκού πλαισίου

Θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής κυψέλης

Η θερμοκρασία αυτή θα περιγράψει την διαφοροποίηση της απόδοσης του εκάστοτε φωτοβολταϊκού πλαισίου εξαιτίας της διαφορετικής θερμοκρασίας

λειτουργίας της κυψέλης σε σύγκριση με την θερμοκρασία που παρουσιάζει σε πρότυπες συνθήκες.

Κεφάλαιο 3: Τύποι φωτοβολταϊκών

3.1. Τύποι φωτοβολταϊκών γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα καταγραφούν οι τύποι των φωτοβολταϊκών συλλεκτών και κυρίως οι συλλέκτες που για να παράγουν θερμότητα χρησιμοποιούν το νερό. Στην κατηγορία αυτή η απόδοση του φωτοβολταϊκού σχετίζεται άμεσα με τον τύπο της μονάδας απαγωγής θερμότητας που θα χρησιμοποιηθεί. Η απόδοση κατά την συναλλαγή θερμικής ενέργειας από το εκάστοτε φωτοβολταϊκό προσδιορίζει το ποσοστό απόδοσης της μετατροπής τόσο του ηλεκτρισμού όσο και της θερμότητας. Οι σημαντικότερες κατηγορίες των φωτοβολταϊκών με νερό παρουσιάζονται αναλυτικότερα στην συνέχεια του κεφαλαίου.

3.2. Φ/Β Ημιαγωγοί Λεπτών Υμενίων (films)

Στην κατηγορία αυτή τα φωτοβολταϊκά παρουσιάζουν αρκετά πιο χαμηλές αποδόσεις. Πρόκειται για ένα σύνολο ταινιών λεπτών επιστρώσεων, που έχουν κατασκευαστεί με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού επάνω σε ένα υπόστρωμα υποστήριξης, του οποίου το κόστος δεν είναι πολύ υψηλό (για παράδειγμα η χρήση του γυαλιού ή του αλουμινίου). Καθώς η ποσότητα πυριτίου η οποία χρησιμοποιείται είναι μικρότερη, το συνολικό τους κόστος είναι αισθητά χαμηλό.

Το σύνολο των επιδόσεων που επιτυγχάνονται μέσω των φωτοβολταϊκών αυτών αγγίζουν το ποσοστό των 6 έως 8 %. Το πιο ουσιαστικό πλεονέκτημα της κατηγορίας αυτής είναι ότι δεν δέχονται καμία επιρροή από την παρουσία υψηλής θερμοκρασίας και το πιο βασικό τους μειονέκτημα είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα. Για να παραχθεί μια ποσότητα ενέργειας απαιτείται σχεδόν η διπλάσια ποσότητα επιφάνειας σε σύγκριση με αυτή που απαιτείται για να παραχθεί ίδια ενέργεια με την χρήση μονοκρυσταλλικών ή πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων (Φραγκιαδάκης, 2009).

3.3. Φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού Πυριτίου (*Single-crystal Silicon*)

Τα φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού Πυριτίου κατασκευάζονται από κυψέλες, οι οποίες κοπεί μέσω ενός κυλινδρικού κρυστάλλου από πυρίτιο. Ανήκουν στην κατηγορία των πιο υψηλών αποδοτικών φωτοβολταϊκών με απόδοση που αγγίζει τα 15%. Βέβαια ο τρόπος κατασκευής τους είναι αρκετά πιο πολύπλοκος καθώς για να κατασκευαστεί απαιτείται η χρήση του μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποτέλεσμα η κατασκευή να είναι κοστολογικά πιο ακριβή(Φραγκιαδάκης, 2009).

3.4. Φωτοβολταϊκά πολύ- κρυσταλλικού Πυριτίου (*Multi-crystal Silicon*)

Τα φωτοβολταϊκά τα οποία ανήκουν στην κατηγορία των πολυκρυσταλλικών πυριτίου είναι κατασκευασμένα από ράβδους από πυρίτιο το οποίο αρχικά έχει ρευστοποιηθεί και στην συνέχεια επανακρυσταλλώνεται. Η όλη διαδικασία της κατασκευής είναι πολύ πιο απλή από εκείνη των μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κόστος της παραγωγής να είναι πολύ πιο φθηνό. Το βασικότερο μειονέκτημα είναι ότι παρουσιάζουν χαμηλή απόδοση που αγγίζει το ποσοστό της τάξεως του 12% (Φραγκιαδάκης, 2009).

3.5. Φωτοβολταϊκά άμορφου Πυριτίου (*Amorphous or thin Silicon*)

Το πλήθος των φωτοβολταϊκών που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα πυριτίου, το οποίο στην συνέχεια έχει εναποτεθεί με ομοιόμορφο τρόπο και σε ένα κατάλληλο υπόβαθρο. Το υπόβαθρο μπορεί να επιλεγεί μέσα από μια μεγάλη κατηγορία από υλικά τα οποία μπορεί να είναι αρκετά δύσκαμπτα μέχρι και πολύ ελαστικά με συνέπεια να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών και ειδικότερα σε καμπύλες ή σε εύκαμπτες επιφάνειες. Παρόλο που το άμορφο πυρίτιο μπορεί να απορροφήσει μεγάλες ποσότητες φωτός, η φωτοβολταϊκή του απόδοση είναι ιδιαίτερα μικρή. Συγκεκριμένα αγγίζει το 6%. Χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις που δεν απαιτείται μεγάλα ποσοστά απόδοσης και το κόστος της κατασκευής τους είναι αρκετά φθηνό (Φραγκιαδάκης, 2009).

3.6. Φωτοβολταϊκά δομικά στοιχεία (SolarCap)

Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο που έχει ως επί των πλείστων τετράγωνη μορφή με πλευρά $a=120-160$ mm. Υπάρχουν δυο τύποι πυριτίου που χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστούν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (Φραγκιαδάκης, 2009):

-Το άμορφο πυρίτιο.

-Το κρυσταλλικό πυρίτιο : το οποίο κατηγοριοποιείται σε μονοκρυσταλλικό και πολυκρυσταλλικό.

3.7. Υβριδικά συστήματα

Την τελευταία δεκαετία πολλές εταιρίες ασχολούνται με τα συγκεντρωτικά υβριδικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και χρησιμοποιούνται κατά κόρων στον κτιριακό τομέα. Η ηλιακή ακτινοβολία προσάπτεται στα φωτοβολταϊκά και μόνο ένα μικρό ποσοστό από αυτήν μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, το υπόλοιπο ποσοστό διαχέεται στο περιβάλλον με την μορφή της θερμότητας. Λόγω της λειτουργίας τους αυξάνεται η θερμοκρασία τους με αποτέλεσμα να μειώνεται η ηλεκτρική τους απόδοση. Το σύστημα μπορεί να ψυχθεί με την βοήθεια κάποιου ρευστού και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεταφέρεται η θερμοκρασία από το φωτοβολταϊκό στο ρευστό και να καλύπτονται οι θερμικές ανάγκες του κτιρίου. Η προαναφερόμενη λειτουργία μπορεί να ονομαστεί και ως αρχή λειτουργίας των υβριδικών συστημάτων (Χαραλαμπίδης, 2009).

Κύριος σκοπός τους είναι η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες. Το συγκεντρωτικό φωτοβολταϊκό σύστημα τέτοιου είδους που εμφανίστηκε για πρώτη φορά ήταν της εταιρίας Heliodynamics που η έδρα της βρισκόταν στην Αγγλία και η τεχνολογία του βασιζόταν στην παρακολούθηση του ηλίου.

Συγκεντρωτικό υβριδικό σύστημα PowerSpar

Η λειτουργία του συγκεκριμένου υβριδικού συστήματος βασίζεται στην κίνηση των δυο αξόνων: Μια μηχανή ρυθμίζει την κλίση που θα έχουν οι καθρέπτες με γνώμονα την γωνία του ύψους του ήλιου και μια δεύτερη μηχανή περιστρέφει όλη την διάταξη σύμφωνα με την γωνία του αζιμούθιου. Ο κάθε ανακλαστικός καθρέπτης είναι παραβολικός και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται συγκέντρωση ακτινοβολίας στην περιοχή του απορροφητή μεγαλύτερη από 1000 ήλιους. Το σύστημα αυτό μπορεί κανείς να το συναντήσει στο εμπόριο σε τρεις διαφορετικούς τύπους (Χαραλαμπίδης, 2009):

- Το υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα (CPVT).
- Το συγκεντρωτικό φωτοβολταϊκό σύστημα (CPV)
- Το συγκεντρωτικό

3.8. Συλλέκτες με κανάλια

Οι συλλέκτες με κανάλια εμφανίζουν ένα σύνολο περιορισμών σχετικά με τον τύπο του υγρού το οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Αναλυτικότερα το απορροφητικό φάσμα το οποίο θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να διαφέρει εκείνο του φωτοβολταϊκού με σκοπό να επιτρέπει στο φωτοβολταϊκό να απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία. Στις πιο κοινές εφαρμογές χρησιμοποιείται νερό το οποίο έχει ένα μικρό ποσοστό επικάλυψης της απορροφητικής ικανότητας του φωτοβολταϊκού.

Το βασικότερο μειονέκτημα του τύπου αυτού είναι ότι στην περίπτωση που θα τοποθετηθεί ένα κανάλι το οποίο είναι αρκετά πλατύ, το γυάλινο κάλυμμα απαιτείται να είναι μεγάλο και συνάμα με αρκετό πάχος ώστε να μπορέσει να αντέξει την πίεση του νερού. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθεί μια κατασκευή η οποία είναι πολύ βαριά και αρκετά εύθραυστη.

Ένας άλλος τύπος της κατηγορίας αυτής είναι να ρέει το νερό κάτω από το φωτοβολταϊκό. Αναλυτικότερα οι εν λόγω συλλέκτες έχουν δοκιμαστεί τόσο με διαφανή όσο και με αδιαφανή πάνελ. Όσο αναφορά τα αδιαφανή πάνελ η θερμική τους απόδοση είναι αρκετά πιο υψηλή άλλα το κόστος τους είναι μεγάλο. Επιπλέον όπως ήδη έχει γραφεί τα πάνελ φωτοβολταϊκών θα πρέπει να είναι ικανά να αντέχουν στην πίεση του νερού. Στην κατηγορία των αδιαφανών φωτοβολταϊκών η προδιαγραφή αυτή είναι πιο εύκολη καθώς είναι ικανά να προσαρτηθούν σε αυτά τα κατάλληλα ελάσματα με αποτέλεσμα να απορροφούν ένα σημαντικό μέρος των τάσεων (Salim, 2014).

3.9. Συλλέκτες απορρόφησης

Στο εμπόριο παρουσιάζονται με το όνομά ΦΒ/Θ διπλής απορρόφησης. Οι συλλέκτες αυτοί απαρτίζονται από ένα διάφανο φωτοβολταϊκό φύλλο, το οποίο έχει τον ρόλο του κύριου απορροφητή και από μια μαύρη μεταλλική πλάκα, η οποία χρησιμοποιείται σαν δεύτερος απορροφητής. Το σύστημα αυτό αποτελείται από δυο κανάλια τα οποία είναι τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο. Το νερό εισάγεται από το επάνω κανάλι και επιστρέφει από το κάτω. Ο τύπος αυτός του συλλέκτη μελετήθηκε από τον Hendrie, ο οποίος απέδειξε τα μεγάλα ποσοστά της θερμικής απόδοσης του. Είναι αναγκαίο να γραφεί ότι όλα όσα έχουν ειπωθεί για το βάρος των καναλιών ισχύουν και σε αυτή την κατηγορία φωτοβολταϊκών. Η απόδοση του συστήματος μπορεί να ενισχυθεί ακόμη περισσότερο αν τοποθετηθεί ένα μονωτικό στρώμα το οποίο θα είναι διάφανο ανάμεσα στο επάνω και στο κάτω κανάλι. Με αυτό τον τρόπο μειώνονται οι θερμικές απώλειες βέβαια από την άλλη όψη του νομίσματος η ενέργεια αυτή μειώνει την ικανότητα του συλλέκτη (Salim, 2014).

3.10. Επίπεδοι συλλέκτες

Οι συλλέκτες που ανήκουν στην κατηγορία των επίπεδων συλλεκτών είναι πιο διαδεδομένοι συλλέκτες που υπάρχουν στο εμπόριο και θα μπορούσε να ειπωθεί ότι παρουσιάζουν πολλά κοινά σημεία με έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη. Η κύρια και ίσως η μόνη σημαντική διαφορά είναι τα φωτοβολταϊκά πάνελ τα οποία είναι προσαρτημένα στο σημείο της κορυφής της απορροφητικής πλάκας. Η βελτίωση της θερμικής τους μόνωσης μπορεί να επιτευχθεί τοποθετώντας επιπλέον καλύμματα. Από την άλλη πλευρά όμως κάθε επιπρόσθετο κάλυμμα τείνει να δημιουργεί μια

επιπρόσθετη αντανάκλαση κάτι που μειώνει το ποσοστό της ηλεκτρικής παραγωγής του συλλέκτη.

Η κατηγορία εκείνων των φωτοβολταϊκών που παρουσιάζουν ένα αξιόλογο ενδιαφέρον είναι εκείνοι που έχουν ένα, δυο ή και καθόλου κάλυμμα. Τα συστήματα τα οποία απαρτίζονται από δυό και παραπάνω καλύμματα μας είναι αδιάφορα καθώς ο ηλεκτρικός τους βαθμός υποβαθμίζεται σε μεγάλο ποσοστό.

3.11. Φωτοβολταϊκά ελεύθερης ροής

Στην κατηγορία αυτή η ροή του νερού επιτυγχάνεται πάνω από τον απορροφητή χωρίς να φέρει κάποιο περιορισμό. Επίσης τα φωτοβολταϊκά ελεύθερης ροής δεν παρουσιάζουν το πρόσθετο γυάλινο κάλυμμα που συναντάται στους συλλέκτες με τα κανάλια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η αντανάκλαση καθώς και το συνολικό κόστος των υλικών να είναι μειωμένο, ενώ ακόμη δεν παρουσιάζεται πρόβλημα αντοχής.

Από την άλλη πλευρά ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα είναι το μεγάλο ποσοστό των θερμικών απωλειών εξαιτίας της εξάτμισης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την περίπτωση των συλλεκτών με κανάλια θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένα υγρό διάφανο (σε σχέση με το ηλιακό φάσμα το οποίο ενεργοποιεί το φωτοβολταϊκό φαινόμενο) το οποίο κυλάει επάνω από το φωτοβολταϊκό. Η χρήση του νερού μπορεί να θεωρηθεί μια λύση στην περίπτωση όμως που η πίεση της εξάτμισης δεν είναι πολύ χαμηλή. Η παρουσία της εξάτμισης προκαλεί σοβαρά προβλήματα όταν τα ποσοστά της θερμοκρασίας είναι υψηλά.

3.12. Συλλέκτες συνδυασμού νερού/αέρα

Είναι εύλογα αντιληπτό ότι ο διαφορετικός σχεδιασμός και η λειτουργία τόσο των ΦΒ/Θ του νερού όσο και του αέρα έχει ως συνέπεια να εμφανίζονται ένα σύνολο περιορισμών κατά την λειτουργία τους. Για παράδειγμα τα ΦΒ/Θ νερού λειτουργούν αρκετά αποδοτικά καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου και ειδικά σε περιοχές μικρού έως και μεσαίου γεωγραφικού πλάτους με σκοπό να μην προκληθούν προβλήματα πήξης του νερού και δημιουργίας του πάγου.

Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες αέρα λειτουργούν ικανοποιητικά σε όλες τις εποχές και προτιμούνται σε περιοχές, οι οποίες παρουσιάζουν μεσαίο και υψηλό γεωγραφικό πλάτος. Αναλυτικότερα σε περιοχές που το γεωγραφικό πλάτος είναι μικρό κατά την θερινή περίοδο η ψύξη των φωτοβολταϊκών με την βοήθεια του αέρα είναι πολύ πιο χαμηλή σε απόδοση εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα. Ακόμη ο θερμός αέρας ο οποίος παράγεται κατά την θερινή περίοδο μπορεί να ειπωθεί ότι δεν είναι τόσο χρήσιμος ως το σύνολο των περιπτώσεων των εφαρμογών των ΦΒ με αέρα.

Για όλους αυτούς τους λόγους που έχουν αναφερθεί το εργαστήριο Ηλιακής ενέργειας (τμήμα Φυσικής Πανεπιστημίου Πατρών) παρουσιάζει μια πρόταση η οποία εσωκλείει τον συνδυασμό της χρήσης αέρα και νερού σε έναν φωτοβολταϊκό θερμικό συλλέκτη. Αναλυτικότερα πρόκειται για μια συσκευή η οποία με την χρήση τόσο του νερού όσο και του αέρα θα μπορεί να λειτουργήσει βέλτιστα και να προσπεράσει τους περιορισμούς που παρουσιάζουν τόσο οι συλλέκτες νερού όσο και του αέρα μεμονωμένα.

Η λειτουργία του έχει ως εξής: Η απαγωγή της θερμότητας γίνεται είτε με την βοήθεια του νερού είτε με την βοήθεια του αέρα, η επιλογή της απαγωγής του νερού εξαρτάται άμεσα από το είδος των καιρικών συνθηκών καθώς και από τις εκάστοτε ανάγκες. Η μορφή του συλλέκτη αυτού είναι απλή και μπορεί να εφαρμοστεί στην πρόσοψη του κτιρίου, στις στέγες τόσο στον βιομηχανικό όσο και στον αγροτικό κλάδο (Αποστολοπούλου, 2013).

Με την συσκευή αυτή, η απαγωγή θερμότητας με την βοήθεια του νερού μπορεί να γίνει όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι αρκετά υψηλή (η θερμοκρασία του νερού κατά την είσοδο του στον συλλέκτη δεν ξεπερνά του 20οC. Από την άλλη μεριά οι ΦΒ/Θ συλλέκτες που λειτουργούν με αέρα επιφέρουν καλύτερη απόδοση όταν η θερμοκρασία στο εξωτερικό περιβάλλον είναι χαμηλή.

Η τοποθέτηση του συλλέκτη με το πλήθος των σωλήνων νερού μπορεί να γίνει στο πίσω μέρος του φωτοβολταϊκού, στη μέση του αεραγωγού ή στην περιοχή της μόνωσης πίσω από τον αεραγωγό. Όταν οι σωλήνες βρίσκονται στο πίσω μέρος

του φωτοβολταϊκού τότε η θερμική απόδοση είναι μεγαλύτερη. Στην περίπτωση αυτή και η απαγωγή της θερμότητας είναι φανερά βελτιωμένη καθώς οι σωλήνες οι οποίες βρίσκονται επάνω από τον αεραγωγό έχουν σαν συνέπεια να αυξάνουν την επιφάνεια της εναλλαγής θερμότητας στον αέρα.

Κεφάλαιο 4: Υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας

4.1 Εισαγωγή

Σαν μια γενική εικόνα που θα μπορούσε να δοθεί για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ότι απαρτίζονται από ένα σύνολο φωτοβολταϊκών γεννητριών και μονάδων παραγωγής θερμότητας που είναι ενσωματωμένες σε ενιαίες συσκευές. Αυτές έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από το ήλιο σε ηλεκτρική και συνάμα σε θερμική διαμέσου του ρευστού απομάκρυνσης της θερμότητας, το οποίο κυκλοφορεί στο πίσω μέρος της επιφάνειας του φωτοβολταϊκού.

Ένα μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται δεν μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό αλλά σε θερμότητα. Η θερμοκρασία αυτή έχει σαν αποτέλεσμα να αυξηθεί η θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών η οποία λειτουργεί σαν ανασταλτικός παράγοντας καθώς μειώνεται η ηλεκτρική τους απόδοση. Επιπροσθέτως η παραγωγή της θερμότητας δεν συντελεί μόνο στην μείωση της θερμοκρασίας κατά την λειτουργία των φωτοβολταϊκών αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ενισχύοντας την γενική τους απόδοση. Έτσι τις τελευταίες δεκαετίες τα υβριδικά φωτοβολταϊκά αναπτύσσονται με ραγδαία ταχύτητα στην Ελληνική αγορά.

4.2 Ιστορική αναδρομή (Μαμάσης, 2010)

Οι ηλιακοί συλλέκτες εμφανίζονται από τον 19^ο αιώνα ενώ η εκμετάλλευση των φωτοβολταϊκών ξεκινά από 1950. Κατά την δεκαετία του 60' το κόστος των ηλιακών κελίων ήταν πολύ υψηλό και η χρήση τους αφορούσε μόνο τον χώρο των εφαρμογών του διαστήματος. Έπειτα από την χρονική περίοδο του πετρελαϊκού εμπύργκο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είχαν ενεργό ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων με αποτέλεσμα οι παλιές εφαρμογές, οι οποίες φάνταζαν ασύμφορες να επανεξεταστούν.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα θέρμανσης κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τρόπο ψύξης. Στην παρούσα εργασία θα αναλυθεί η ιστορική εξέλιξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων θέρμανσης νερού. Ο Martin Wolf ήταν εκείνος που για πρώτη φορά παρουσίασε ένα φωτοβολταϊκό από πυρίτιο σε σειρά με θερμικό συλλέκτη ο οποίος δεν είχε συγκεντρωτή. Ο Wolf αποθήκευε την ενέργεια με την βοήθεια μιας μπαταρίας. Μετά την έναρξη του Wolf το MIT ερεύνησε και εκείνο το αντικείμενο των φωτοβολταϊκών θέρμανσης καθώς και τα οφέλη του. Αναλυτικότερα ο καθηγητής Boer ασχολήθηκε ειδικότερα με τα υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα νερού.

Το TRNSYS έδειξε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την μοντελοποίηση των συστημάτων αυτών, ενώ στο εργαστήριο του Lincoln δημιουργήθηκαν οι επίπεδοι συλλέκτες φωτοβολταϊκών θέρμανσης κανονικών διαστάσεων. Οι συλλέκτες αυτοί κατασκευάστηκαν αργότερα από την Argonne και την Spectrolab. Αρχικά η απόδοση ήταν μικρότερη από την αναμενόμενη.

Εκτός από τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής αξιόλογες προσπάθειες έγιναν και από άλλες χώρες όπως για παράδειγμα στην Ιαπωνία. Συγκεκριμένα η Sharp κατασκεύασε δυο νέους επίπεδους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες θερμότητας, ενώ ο Nakata και το επιτελείο του εργάστηκε επάνω στους συγκεντρωτές των φωτοβολταϊκών. Η Γερμανία με οδηγό τον Karl ανέπτυξε ένα νέο είδος φωτοβολταϊκού το οποίο είναι κατασκευασμένο από κρυσταλλικό πυρίτιο ενώ στην Γαλλία παρουσιάστηκαν αξιόλογες μελέτες σχετικά με τα φωτοβολταϊκά συστήματα θέρμανσης με την βοήθεια συμπυκνωτών. Κατά την δεκαετία του 1980 στην Αμερική το ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας άρχισε να μειώνεται με την λαμπρή εξαίρεση της SunWatt η οποία θα ασχοληθεί σταθερά με τα φωτοβολταϊκά συστήματα χαμηλής συγκέντρωσης. Μέσα σε μια δεκαετία από το 1981 και μετά η SunWatt κατασκεύασε και εγκατέστησε πάνω από 100 Φωτοβολταϊκούς συλλέκτες νερού. Την ίδια χρονική περίοδο στην Ευρώπη παρουσιάζονται κάποιες μεμονωμένες προσπάθειες, για παράδειγμα στην Ελβετία στο (Institut de Microtechnique de l'Universite' de Neuchatel).

Η μεγάλη στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έγινε κατά την δεκαετία του 90' όσο αναφορά τον Ευρωπαϊκό χώρο καθώς το πρόβλημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη άρχισε να γίνεται όλο ένα και πιο έντονο. Αναλυτικότερα στην Ολλανδία δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στη μελέτη συστημάτων φωτοβολταϊκών με την απουσία καλύμματος για εφαρμογές θερμικών αντλιών. Άλλη μια αξιόλογη προσπάθεια έλαβε χώρα στο πανεπιστήμιο του Αϊτχοφεν το οποίο ασχολήθηκε με την μελέτη των φωτοβολταϊκών συστημάτων τα οποία είχαν γυάλινο κάλυμμα.

Κατά την χρονική περίοδο του 1999 το πανεπιστήμιο του Αϊτχόφεν καθώς και το ίδρυμα TNO και η εταιρία Ecofys συνεργάστηκαν και διεξήγαγαν μια έρευνα η οποία αφορούσε τις νέες τεχνολογίες καθώς και την αγορά των φωτοβολταϊκών συστημάτων θέρμανσης. Στην Δανία το 2000 ένα νέο πρόγραμμα έρευνας σχετικά με τα φωτοβολταϊκά πραγματοποιήθηκε από την εταιρία Batec, η οποία κατασκεύαζε ηλιακούς συλλέκτες και από την εταιρία Racell που κατασκεύαζε φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα συστήματα αυτά δοκιμάστηκαν και κατ' επέκταση εγκαταστάθηκαν την ίδια χρονική περίοδο. Λόγω όμως του ότι Δανέζικη αγορά ήταν αρκετά μικρή για το εν' λόγω προϊόν η Batec σταμάτησε την εμπλοκή της με την διαδικασία ανάπτυξης φωτοβολταϊκών, ενώ η Racell έστριψε το ενδιαφέρον της σε άλλη κατεύθυνση.

Άξιο είναι να αναφερθεί το γεγονός ότι σημαντική δουλειά όσο αναφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα εξήχθη και από το Πανεπιστήμιο της Πάτρας. Οι έρευνες αυτές είχαν σαν αντικείμενο την δημιουργία των Φ/Β με την παρουσία γυάλινου καλύμματος ή και χωρίς, με διάχυτο ανακλαστήρα ή και χωρίς. Ακόμη η οικονομική βιωσιμότητα των συστημάτων αυτών αποτελεί μέχρι και στις μέρες μας ένα αντικείμενο μελέτης.

Στην περιοχή της Κύπρου πραγματοποιήθηκε μια μελέτη σχετικά με ένα φωτοβολταϊκό σύστημα θερμοσιφωνικού τύπου. Το σύστημα αυτό είχε μοντελοποιηθεί με συνεργασία το πανεπιστήμιο της Πάτρας. Από την άλλη πλευρά στην περιοχή του Ισραήλ αναπτύχθηκε ένας φωτοβολταϊκός συλλέκτης, ο οποίος δεν αποτελούνταν από γυάλινο κάλυμμα.

4.3.Υβριδικά συστήματα

Στις μέρες μας, όπως ήδη έχει αναφερθεί η ανάγκη της ζήτησης ενέργειας παγκοσμίως είναι πάρα πολύ μεγάλη. Η εξάρτηση της παραγωγής της ενέργειας από το πλήθος των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κ.α.) έχει σαν συνέπεια τον φόβο της αναμενόμενης εξάντλησης τους. Ακόμη η καύση αυτή των ορυκτών προκαλεί την διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας του πλανήτη. Η εξάντληση των αποθεμάτων και η οικολογική καταστροφή είναι οι δυο βασικότεροι παράγοντες που τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί οι έρευνες για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Τα συστήματα παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τα οποία δεν είναι διασυνδεδεμένα, ικανοποιούν την ζήτηση για ενέργεια με άμεσο τρόπο με την απουσία της χρήσης των μεγάλων γραμμών μεταφοράς. Ο συνδυασμός ποικίλων μα συνάμα συμπληρωματικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας που βασίζονται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά και ο συνδυασμός τόσο των ανανεώσιμων όσο και των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καλείται με τον όρο **υβριδικό σύστημα ενέργειας**.

Τις περισσότερες φορές ένα υβριδικό σύστημα εσωκλείει δύο ή ακόμη και περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με συμβατικές τεχνολογίες που παράγουν ενέργεια (π.χ. νηζελογεννήτριες). Οι παράγοντες που θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη κατά τον σχεδιασμό ενός υβριδικού συστήματος είναι οι εξής (Μαμάσης, 2010):

- Τα γενικά χαρακτηριστικά του φορτίου καθώς και η τοποθεσία εγκατάστασης (ημερήσιες κιλοβατώρες, peak).
- Η διαθεσιμότητα καθώς και το ποσοστό της εκμετάλλευσης κάθε δυνατότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Την ανάπτυξη της τεχνολογίας όσο αναφορά την λειτουργία και την κατασκευή ενός υβριδικού συστήματος.
- Το κόστος τόσο της εγκατάστασης, της όλης λειτουργίας και της συντήρησης ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής καθώς και την επίδραση που έχει αυτό κατά την λειτουργία του στο περιβάλλον.

- Την εθνική πολιτική καθώς σχετικά με την προώθηση της χρήσης των υβριδικών συστημάτων παραγωγής.

4.4. Διαδικασία ψύξης των φωτοβολταϊκών

Τα υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούνται από φωτοβολταϊκά πλαίσια τα οποία έχουν ενσωματωμένη μια θερμική μονάδα απολαβής της θερμότητας του φωτοβολταϊκού. Σε αυτήν την θερμική μονάδα κυκλοφορεί ένα είδος ρευστού το οποίο παρουσιάζει χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτήν του φωτοβολταϊκού, το οποίο θερμαίνεται ψύχοντας το. Τα συστήματα αυτά κατηγοριοποιούνται σε δυο μεγάλες κατηγορίες (Yeanetal, 2015).

- Φωτοβολταϊκά συστήματα νερού

- Φωτοβολταϊκά συστήματα αέρα.

Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η χρήση του νερού σαν ένα ρευστό το οποίο θα παραλαμβάνει την θερμότητα είναι αρκετά αποδοτικό και ειδικότερα στον Ελλαδικό χώρο, ο οποίος διακρίνεται από ήπιο και θερμό κλίμα. Οι υβριδικές αυτές διατάξεις αξιοποιούνται ώστε να θερμανθεί το νερό σε ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες με σκοπό να επιτυγχάνεται συνάμα και η παρουσία χαμηλής θερμοκρασίας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Όσο αναφορά την απαγωγή της θερμότητας με την βοήθεια του αέρα θα μπορούσε να γραφεί ότι χρειάζεται μια πιο απλή διάταξη το οποίο σημαίνει πως και κοστολογικά, η τιμή θα είναι πιο μικρή σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά νερού. Μπορεί κοστολογικά να είναι πιο φθηνά αλλά η απόδοση τους δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας παρουσιάσει θερμοκρασία άνω των 20 βαθμών κελσίου τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζουν μειωμένες δυνατότητες εφαρμογής.

4.5. Ψύξη με την βοήθεια των συγκεντρωτικών φωτοβολταϊκών

Στον συγκεκριμένο τρόπο το σύνολο της συγκεντρωμένης ροής θα «χτυπήσει» την ηλιακή κυψέλη με αποτέλεσμα να παραχθεί ένα ποσοστό ηλεκτρική ενέργειας. Το σύνολο της θερμικής ενέργειας αυτής που θα παραχθεί θα διαπεράσει την κυψέλη με την βοήθεια της σέλας και έπειτα θα διαπεράσει στον σωλήνα της θερμότητας και τελικά θα διανεμηθεί από τον εκάστοτε σωλήνα θερμότητας σε ένα σύνολο πτερυγίων όπου και αφαιρεθεί με φυσική μετάδοση.

Συνήθως αποτελούνται από ένα σύνολο ηλιακών κυψέλων. Κάθε κυψέλη θα σφραγιστεί σε ένα κιβώτιο και θα τοποθετηθεί σε μια βάση, η οποία έχει κατασκευαστεί από αλουμίνιο. Η τοποθέτηση των κυψελών γίνεται με τέτοιο τρόπο (σύστημα δυο αξόνων) και η κατεύθυνση τους είναι πάντα στραμμένη προς την ηλιακή ακτινοβολία. Το σύνολο των ηλιακών πάνελ ακολουθούν την πορεία του ήλιου με το να περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα που είναι οριζόντιος. Τα κύτταρα περιστρέφονται και αυτά γύρω από έναν οριζόντιο άξονα. Όλη αυτή η χωροθέτηση της κατασκευής συντελεί στον σχεδιασμό των σωλήνων θερμότητας καθώς ο εκάστοτε σωλήνας είναι σε οριζόντια κατεύθυνση για κάθε συνθήκη λειτουργίας με σκοπό να απλοποιείται η σχεδίαση του (Τσιλιγκιρίδης, 2008β).



Εικόνα 5: Παράδειγμα φωτοβολταϊκού

Πηγή: http://guntherportfolio.com/2010/10/emcore-concentrator-photovoltaic-cpv-project-developments/?doing_wp_cron=1499173093.9606020450592041015625

Η διαδικασία της ψύξης πραγματοποιείται με την φυσική μετάδοση της θερμότητας καθώς η εξαναγκασμένη μετάδοση απαιτεί την χρήση ενός ανεμιστήρα, πράγμα που επιφέρει την μείωση της συνολικής απόδοσης του όλου συστήματος καθώς ο ανεμιστήρας για να λειτουργήσει χρειάζεται ενέργεια.

Από την άλλη πλευρά η φυσική μετάδοση δίνει την δυνατότητα της παθητικής αφαίρεσης του ποσοστού της θερμότητας. Γενικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η απαγωγή της θερμότητας με τον τρόπο της φυσικής μετάδοσης είναι 10 μέχρι και 100 φορές χειρότερη από την διαδικασία της ψύξης με εξαναγκασμένη μετάδοση. Όσο το μέγεθος που έχει ένας αποδέκτης θερμότητας μεγαλώνει τόσο αυξάνεται το σύνολο των απωλειών μετάδοσης θερμότητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση του CPV.

Επειδή η φυσική μεταφορά προϋποθέτει ένα μεγάλο αποδέκτη θερμότητας, το σύνολο των απωλειών αυτών θα είναι σημαντικό. Το σύνολο των σωλήνων της θερμότητας ακολουθούν μια μέθοδο η οποία έχει σαν σκοπό να μπορούν οι σωλήνες να προσδώσουν ισοθεμικά τη θερμότητα σε όλο το πλήθος των πτερυγίων, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η όλη απόδοση του συστήματος (Καπλάνης, 2004).

4.6.Πλεονεκτήματα των υβριδικών συστημάτων

Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να εκμεταλλευτούν σε καλύτερο βαθμό τα χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας και μπορούν να παρέχουν ποσότητες ενέργειας όπως για παράδειγμα εκείνη του δικτύου από 1 kw έως και πολλές εκατοντάδες kw.

Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι μπορούν να αναπτυχθούν είτε ως αυτόνομα και ανεξάρτητα μέσα σε συστήματα που διανέμουν ενέργεια, είτε σε θερμικές μονάδες οι οποίες βασίζονται στο πετρέλαιο έπειτα από τις απαραίτητες επεμβάσεις που θα δεχτεί το σύστημα.

Ένα υβριδικό σύστημα βρίσκεται εφαρμογή σε περιοχή που η σύνδεση του με το ηλεκτρικό δίκτυο καθώς και η μεταφορά καυσίμων αποτελούν επιλογές που στοιχίζουν πολύ. Ακόμη παρέχουν το προνόμιο να μπορούν να συνδεθούν στο μέλλον με το δίκτυο της περιοχής που γίνεται η εγκατάσταση. Τέλος εξαιτίας της υψηλής απόδοσης που έχουν και της αξιοπιστίας τους είναι αρκετά αποτελεσματικά ως προς την παροχή ισχύος σε καταναλωτές που είναι εξειδικευμένοι (π.χ. νοσοκομειακές μονάδες) ή στην περίπτωση μιας διακοπής.

Ένα συνηθισμένο υβριδικό σύστημα μπορεί να συνδυάσει δυο και πιο πολλές τεχνολογίες που παράγουν ενέργεια. Όσο αναφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

υπάρχει η χρήση των φωτοβολταϊκών ανεμογεννητριών ενώ όσο αναφορά τις συμβατικές τεχνολογίες υπάρχει η χρήση ντιζελλογεννητριών. Το πλήθος των υβριδικών συστημάτων που εσωκλείουν την τεχνολογία με καύσιμο, τείνουν να λειτουργούν με την πιο μικρή κατανάλωση καθώς έχει προβλεφθεί η παραγωγή ενέργειας από αυτό μόνο στις περιπτώσεις εκείνες που ζητείται υψηλά ποσοστά ή όταν παρουσιάζεται χαμηλό ανανεώσιμο δυναμικό. Το πλήθος των παραγόντων που καθορίζουν το πόσο θα κοστίσει η ηλεκτροδότηση μιας περιοχής είναι (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2011):

- Η εγκατάσταση των γραμμών μεταφοράς ενέργειας τόσο υψηλής όσο και μέσης τάσης.
- Η δημιουργία των υποσταθμών
- Η δημιουργία ενός δικτύου διανομής
- Το μέγεθος του ποσοστού του φορτίου το οποίο θα πρέπει να καλυφθεί
- Η απόσταση μεταξύ του φορτίου και της υπάρχουσας γραμμής μεταφοράς
- Το είδος του εδάφους που καλείται να διασχιστεί.

Τα υβριδικά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε περιοχές που είναι αγροτικές και είναι αποκομμένες από το δίκτυο. Για τον λόγο του ότι δεν εμφανίζουν ένα μεγάλο φορτίο και ότι συχνά οι περιοχές αυτές βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από το δίκτυο το οποίο ήδη υπάρχει ή η δημιουργία ενός δικτύου για την ηλεκτροδότηση μιας τέτοιας κοινότητας ή ακόμη και μιας κατοικίας είναι μια λύση αρκετά αντισυμβατική.

Έτσι σε αυτές τις περιπτώσεις η χρήση των υβριδικών συστημάτων για την παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πιο οικονομική και δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το περιβάλλον. Τα υβριδικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής αποτελούν την καλύτερη αποκεντρωμένη λύση καθώς:

- Γίνονται όλο ένα και πιο αξιόπιστα με την πάροδο του χρόνου.

-Στις περιπτώσεις αυτές η ενέργεια η οποία αντλείται από υβριδικά συστήματα είναι αρκετά πιο οικονομική και πιο φιλική στο οικοσύστημα.

-Οι απώλειες μεταφοράς είναι ασήμαντες.

Τα υβριδικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού τα οποία έχουν διασυνδεθεί στο δίκτυο μπορεί να έχουν τον ρόλο της παραγωγής ενέργειας αλλά μπορεί να έχουν και υποβοηθητικό ρόλο δηλ. να τροφοδοτούν με ενέργεια σε περίπτωση που παρουσιαστεί διακοπή του ηλεκτρικού δικτύου. Ακόμη πολλές φορές χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις που η τιμή της kwh είναι πολύ υψηλή δηλαδή στις ώρες αιχμής. Τα υβριδικά συστήματα με μικρή κλίμακα εφαρμόζονται ως επί το πλείστον στις χώρες εκείνες που η μέγιστες ανάγκες-ζήτηση σε ισχύ έχει ως αποτέλεσμα πολλά προβλήματα αστάθειας δικτύου, τα οποία υπάρχει περίπτωση να παρουσιάσουν πολλά δυσμενή αποτελέσματα σε σημείο να επέλθει ως και η κατάρρευση του.

Συνάμα είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η χρήση μιας πηγής ενέργειας που είναι συμβατική επιβαρύνει το περιβάλλον σε πολύ μεγάλο βαθμό κυρίως σε κατοικημένες περιοχές.

4.7. Εξάρτηση Απόδοσης υβριδικών Φ/Β

Η ενέργεια η οποία θα παραχθεί από την χρήση ενός υβριδικού συστήματος εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων όπως για παράδειγμα το ποσοστό της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας, η θερμοκρασία που έχει το περιβάλλον, η ταχύτητα του αέρα, ο αριθμός των καλυμμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί και η θερμική αγωγιμότητα μεταξύ του απορροφητή με το εκάστοτε ρευστό. Ακόμη στις περιπτώσεις εκείνες που γίνεται λόγος για τους Φ/Β συλλέκτες νερού οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν κατά πολύ την απόδοση τους είναι οι διαστάσεις που έχουν οι απορροφητικές πλάκες, η απόσταση, η διάμετρος και το πάχος των σωλήνων (Περδίδς, 2010).

Η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού θα κυμανθεί μεταξύ ενός ποσοστού της τάξεως των 5% έως 20%. Τα ποσοστά θερμικής απόδοσης ενός θερμικού συλλέκτη κυμαίνεται μεταξύ των 70%-90%.

4.8. Οι περιορισμοί των Υβριδικών φωτοβολταϊκών

Είναι εύκολο να αντιληφτεί κανείς ότι η φυσική κυκλοφορία του αέρα μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια διαδικασία, η οποία είναι σχετικά απλή και το κόστος της δεν είναι υψηλό για να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος ώστε να αφαιρεθεί η θερμότητα, η οποία έχει παραχθεί από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Παράλληλα η φυσική κυκλοφορία του αέρα μπορεί να κρατήσει την ηλεκτρική απόδοση του φωτοβολταϊκού σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο. Παρόλο που η κυκλοφορία του αέρα χαρακτηρίζεται περισσότερο αποδοτική, οι πρόσθετες ενεργειακές απαιτήσεις τείνουν να μειώνουν τα ποσοστά του καθαρού κέρδους της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εξαγωγή του ποσοστού της θερμότητας από άλλη πλευρά (θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως και πίσω πλευρά) του φωτοβολταϊκού είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος ψύξης. Επειδή το νερό είναι ηλεκτρικά αγωγίμο χρησιμοποιείται ένας εναλλάκτης θερμότητας με σκοπό να μην παρουσιαστούν προβλήματα (Ανδρίτσος, 2008).

Η θερμοκρασία που παρουσιάζεται κατά την λειτουργία της θερμικής μονάδας στα υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα έχει επιπτώσεις όσο αναφορά την ηλεκτρική απόδοση του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Για να επιτευχθεί η μεγιστοποίηση του ποσοστού της ηλεκτρικής απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου, το εκάστοτε φωτοβολταϊκό θα πρέπει να βρίσκεται στον βέλτιστο βαθμό θερμοκρασίας κατά την λειτουργία του η οποία έχει άμεση εξάρτηση (Ανδρίτσος, 2008):

- Από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται.
- Από την θερμοκρασία που παρουσιάζεται στο περιβάλλον.
- Από την ταχύτητα του ανέμου.

Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί με την χρήση ενός ρευστού κατά την απαγωγή της θερμότητας. Το ρευστό αυτό θα πρέπει να παρουσιάζει τέτοια ροή μάζας ώστε να παρουσιάζεται όσο το δυνατόν μικρότερες τιμές ανόδου θερμοκρασίας του υγρού

κατά την διαδικασία της εξόδου. Το ζεστό νερό, το οποίο θα παραχθεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση ενός χώρου ή ακόμη και σε πισίνες και βιομηχανίες. Όταν οι θερμοκρασίες είναι ακόμη πιο μεγάλες μπορεί να είναι πιο χρήσιμες ώστε να εξυπηρετηθούν οι διάφορες ανάγκες αλλά αυτό έχει σαν επίπτωση να μειώνεται η ηλεκτρική απόδοση του φωτοβολταϊκού.

Στις περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και μικρή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, η χρήση των φωτοβολταϊκών κρίνεται περισσότερο αναγκαία για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης. Καθώς η θέρμανση του χώρου απαιτείται καθ' όλη την διάρκεια του έτους, η ψύξη των φωτοβολταϊκών με αέρα πολλές φορές φέρει μεγαλύτερη απόδοση από αυτήν της ψύξης με νερό. Επομένως το μέσο ψύξης έχει άμεση εξάρτηση (Κορωναίος, 2012):

- Από την μέση τιμή που παρουσιάζει η τιμή της θερμοκρασίας της περιοχής
- Από το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας
- Από το σύνολο των ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών.

Σε κάθε εφαρμογή των φωτοβολταϊκών συστημάτων, το συμπληρωματικό κόστος τους θερμικού μέρους θα πρέπει να συγκριθεί άμεσα με το κόστος κάθε συμβατικής εγκατάστασης φωτοβολταϊκού. Θα πρέπει να υπολογιστεί το κέρδος που αποκομίζεται από την ηλεκτρική παραγωγή λόγω ψύξης ώστε να μπορέσει το εκάστοτε σύστημα να βελτιστοποιηθεί και να είναι οικονομικά αποδοτικό.

Κάθε θερμική μονάδα, η οποία προστίθεται θα πρέπει να είναι ανθεκτική καθώς η διαδικασία της ψύξης του φωτοβολταϊκού μπορεί να επιφέρει στο πλήθος των ηλιακών κυττάρων μια πιο μεγάλη διάρκεια ζωής. Το συνολικό κόστος της θερμικής μονάδας καθορίζεται το ίδιο για κάθε τύπο φωτοβολταϊκού, τα οποία χρησιμοποιούνται στα υβριδικά για όμοια απαγωγή της θερμότητας καθώς και για ίση επιφάνεια φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Αυτό το οποίο διαφέρει είναι η θερμική αποδοτικότητα ανάλογα με τον εκάστοτε τύπο του φωτοβολταϊκού. Για παράδειγμα τα φωτοβολταϊκά από άμορφο πυρίτιο (a-Si) τείνουν να εμφανίζουν μεγαλύτερη θερμική απόδοση καθώς έχουν την πιο μικρή ηλεκτρική απόδοση και συνάμα τις μικρότερες οπτικές απώλειες. Όσο

αναφορά τις σταθερές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, το σύνολο των φωτοβολταϊκών πλαισίων τοποθετούνται ως επί των πλείστον σε μια παράλληλη διάταξη και σε απόσταση μεταξύ τους ώστε να μην εμφανιστεί το φαινόμενο της σκίασης.

Καθώς το σύνολο των ηλιακών ακτινών πέφτουν στην οριζόντια επιφάνεια των πλαισίων ένα ποσοστό της εισερχόμενης ακτινοβολίας του ήλιου δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί από την Φ/Β εγκατάσταση. Κυρίως το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται κατά την αρχή της άνοιξης μέχρι και το φθινόπωρο εξαιτίας της μεγαλύτερης απόστασης που έχει ο ήλιος από την επιφάνεια της θάλασσας. Ένα ποσοστό της ηλιακής αυτής ακτινοβολίας που χάνεται θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Αυτή είναι και η αιτία που έχει προταθεί η τοποθέτηση συμπληρωματικών διάχυτων ανακλαστήρων, οι οποίοι θα τοποθετηθούν ανάμεσα των παράλληλων πλαισίων του φωτοβολταϊκού με αποτέλεσμα την αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας στο ποσοστό της επιφάνειας των φωτοβολταϊκών. Ο κάθε διάχυτος συμπληρωματικός ανακλαστήρας μπορεί να επιτυγχάνει μια ομαλότερη διανομή του συνόλου της πρόσθετης ηλιακής ακτινοβολίας στο σύνολο της επιφάνειας των Φ/Β και θα μπορούσε να ειπωθεί ότι είναι σχεδόν ομοιόμορφη καθώς τα συστήματα των ανακλαστήρων έχουν την κατάλληλη γεωμετρία. Η πρόσθετη ακτινοβολία του ήλιου στην επιφάνεια των Φ/Β είναι πολύ πιο χαμηλή από αυτή που προκύπτει με την χρήση των κατοπτρικών ανακλαστήρων (Κορωναίος, 2012).

Οι διάχυτοι ανακλαστήρες είναι αρκετά πιο οικονομικοί και συνδέονται με εύκολο τρόπο με τα περισσότερα τυπικά μεγέθη των Φ/Β. Όσο αναφορά την κατηγορία των υβριδικών Φ/Β το πρόσθετο ποσοστό της θερμότητας που θα εισαχθεί τείνει να αυξήσει τόσο την θερμική όσο και την ηλεκτρική παραγωγή τους, ενώ η θερμοκρασία τους θα παραμένει στα φυσιολογικά επίπεδα. Η τοποθέτηση των συμπληρωματικών διάχυτων ανακλαστήρων συνήθως γίνεται για να βελτιωθεί οικονομικά η συνολική εγκατάσταση.

Κεφάλαιο 5: Σύγκριση υβριδικών φωτοβολταϊκών με τα συμβατικά.

Όσο αναφορά τα συμβατικά φωτοβολταϊκά συστήματα, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που θα απορροφηθεί το σύνολο των φωτοβολταϊκών κυψελών και θα μετατραπεί σε ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό. Το μεγαλύτερο από αυτό το ποσοστό θα μετατραπεί σε θερμική ενέργεια και θα χαθεί στο περιβάλλον. Αυτό έχει σαν συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας στην περιοχή των φωτοβολταϊκών κυψελών. Κατ' επέκταση η αύξηση των θερμοκρασίας των κυψελών και ειδικότερα κατά την θερινή περίοδο έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του ποσοστού της απόδοσης τους και συνάμα την επιτάχυνση της γήρανσης τους .

Στην κατηγορία των συμβατικών φωτοβολταϊκών πλαισίων ο μέσος όρος του ποσοστού που μετατρέπεται από ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική αγγίζει το 13,5% και έχει άμεση εξάρτηση από το είδος της κατασκευής του φωτοβολταϊκού. Το ποσοστό του 86,5% που απομένει είναι η θερμική ενέργεια η οποία θα χαθεί στο περιβάλλον (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2011).

Τα υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν την δυνατότητα να μπορούν να αποθηκεύουν αυτό το ποσοστό της θερμότητας που χάνεται στα συμβατικά. Η θερμότητα αυτή αποθηκεύεται μέσω των Φ/Β κυψελών με την βοήθεια ενός εναλλάκτη, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από αλουμίνιο και είναι εγκαταστημένος στο πίσω μέρος του φωτοβολταϊκού. Ο εναλλάκτης αυτός έχει τον ρόλο να μπορεί να μεταφέρει την θερμότητα με την βοήθεια ενός κλειστού κυκλώματος ρευστού (για παράδειγμα νερό- γλυκόλη) στον εκάστοτε χώρο των εγκαταστάσεων τον οποίο θέλουμε να θερμανθεί (θέρμανση boiler, πισίνας κ.α). Ακόμη μια άλλη ιδιότητα του είναι να ψύχει το πλήθος των φωτοβολταϊκών κυψελών με αποτέλεσμα να διατηρείται σταθερός ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης.

Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης των υβριδικών συστημάτων κυμαίνεται στο ποσοστό των 13,5% ενώ ο θερμικός βαθμός της απόδοσης αγγίζει το 35,5%. Έτσι ο συνολικός βαθμός απόδοσης είναι 49% έναντι του 13,5% των συμβατικών Φ/Β συστημάτων (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2011).

Γενικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η χρήση των υβριδικών φωτοβολταϊκών σε σύγκριση με την χρήση των συμβατικών υπερτερούν στα εξής (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2011):

1. Μειώνουν την συνολική θερμοκρασία της λειτουργίας των φωτοβολταϊκών και συνάμα ενισχύουν την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως.
2. Παράγουν θερμό νερό το οποίο μπορεί να καλύψει τις θερμικές ανάγκες του ενός κτιρίου.
3. Αξιοποιείται καλύτερα η διαθέσιμη επιφάνεια και παρουσιάζεται μια ομοιομορφία σε σύγκριση με την εγκατάσταση ξεχωριστών φωτοβολταϊκών πλαισίων για την παραγωγή ενέργειας και ξεχωριστών ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη της ανάγκης της θέρμανσης του νερού.
4. Ουσιώδη μείωση της γήρανσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων εξαιτίας της παρατεταμένης τους λειτουργίας κάτω από υψηλές συνθήκες θερμοκρασίας.
5. Έχουν χαμηλή συντήρηση σε αντίθεση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά.

Ο κύριος λόγος ο οποίος συμβάλει στην χρήση συμβατικών φωτοβολταϊκών έναντι των υβριδικών, είναι ότι το κόστος της εγκατάστασης τους είναι πολύ υψηλό σε σύγκριση με εκείνη των συμβατικών.

Κεφάλαιο 6:

6.1. Προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

Για να μπορέσει να γίνει εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είτε σε ένα κτίριο είτε σε ένα οικόπεδο θα πρέπει να υπάρχουν οι εξής προϋποθέσεις (Περδίδς, 2010):

1. Να υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος για μπορέσουν να τοποθετηθούν οι μπαταρίες, τα ηλεκτρικά συστήματα και να μπορεί να διατηρείται η ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των φωτοβολταϊκών πάνελ. Ειδικότερα ένας κοινός ορισμός σχετικά με την απόσταση των φωτοβολταϊκών πάνελ είναι ότι η απόσταση ανάμεσα στην προβολής της μιας σειράς των πάνελ στο έδαφος με την αρχή της σειράς που έπεται θα πρέπει να είναι ή το διπλάσιο από το μέγιστο ύψος που παρουσιάζουν τα πάνελ.
2. Προσανατολισμός των φωτοβολταϊκών: Αν τα φωτοβολταϊκά είναι εγκατεστημένα σε μια κάθετη επιφάνεια ενός κτιρίου τότε για να λειτουργήσουν στον βέλτιστο βαθμό θα πρέπει να έχουν Νότιο προσανατολισμό και αυτό γιατί ο νότιος προσανατολισμός είναι εκείνος που λαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό ηλιοφάνειας κατά την διάρκεια της ημέρας. Η χειρίστη περίπτωση είναι ο βόρειος προσανατολισμός.
3. Η ορθή κλίση των φωτοβολταϊκών πάνελ: έχει πολύ μεγάλη σημασία η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πάνελ να επιτευχθεί με την ορθή κλίση ως προς τον ήλιο και το έδαφος. Οι διαφορές που προκύπτουν από την τοποθέτηση των πάνελ σε μη ορθή κλίση είναι πολύ σημαντικές. Λόγου χάρη ένα πάνελ το οποίο είναι σε κεκλιμένη θέση μπορεί να δεχτεί πολύ περισσότερο φως από εκείνο το οποίο είναι σε κατακόρυφη θέση. Το πλήθος των γωνιών που είναι ωφέλιμο να χρησιμοποιηθούν είναι από την κλίση των 90 μοιρών μέχρι και των 150 μοιρών. Η μέγιστη αυτή κλίση (150°) συνίσταται στις περιπτώσεις όπου η βροχή μπορεί να καθαρίσει την επιφάνεια των φωτοβολταϊκών και να απομακρύνει την σκόνη. Η μικρότερη κλίση έχει σαν άμεση συνέπεια μικρότερες απαιτούμενες

αποστάσεις των φωτοβολταϊκών πάνελ και αντίστοιχα οι μεγαλύτερες κλίσεις έχουν ως συνέπεια και τις μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των φωτοβολταϊκών ώστε να αποφευχθεί η σκίαση αυτών. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει περιορισμός ως προς τον χώρο τότε προτιμούνται οι μεγαλύτερες αποστάσεις παρά η μικρότερη κλίση. Αναλυτικότερα κατά την χειμερινή περίοδο στην ημέρα οι σκιές είναι κατά πολύ μεγαλύτερες εξαιτίας της χαμηλής πορείας που έχει ο ήλιος.

4. Η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού τείνει να μειώνεται κατά πολύ όσο αυξάνονται τα ποσοστά της θερμοκρασίας στο περιβάλλον στο οποίο έχει τοποθετηθεί και γι' αυτό τον λόγο θα πρέπει το πίσω μέρος των φωτοβολταϊκών να μπορούν να αερίζονται επαρκώς.
5. Σκίαση: Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει αρκετός ελεύθερος και ασκίαστο χώρος στην θέση που θα τοποθετηθεί ένα φωτοβολταϊκό. Μικρές σκιάσεις στις περιόδους που η ένταση του ηλίου βρίσκεται σε χαμηλό επίπεδο δεν μπορούν να θεωρηθούν ως ένας ανασταλτικός παράγοντας καθώς δεν προκαλούν ιδιαίτερα σημαντικές απώλειες κατά το σύνολο της παραγωγής ενέργειας.
6. Βάρος: Ένα μέσο φωτοβολταϊκό έχει βάρος 15-20 kg/m². Βέβαια αυτό δεν μπορεί να είναι πρόβλημα αλλά καλό θα είναι να ληφθεί υπόψη κατά την κατασκευή του όσο αναφορά την στατικότητα του κτιρίου.

6.2. Τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος

Το σύνολο των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα ή σε στέγες ή ακόμη και στην πρόσοψη ενός κτιρίου. Στο εμπόριο κυκλοφορούν σε μια μεγάλη γκάμα μεγέθους και μπορούν ακόμη να αντικαταστήσουν ένα τμήμα μιας σκεπής, να χρησιμοποιηθούν σαν υαλοστάσια στην πρόσοψη ενός κτηρίου ή να χρησιμοποιηθούν αντί για φωταγωγοί. Μπορούν να βρεθούν σε διάφορα χρώματα και διαφορετικά πάχη καθώς και μπορούν να ανταποκριθούν σε όλες τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις (Περράκης, 2008) .

Διατίθενται στο εμπόριο και διαφανή (τα οποία ως επί των πλείστων χρησιμοποιούνται στις προσόψεις των εμπορικών κτιρίων) και έχουν θερμομονωτικές ιδιότητες σαν αυτές των υαλοστασίων χαμηλής εκπεμπιμότητας. Η χρήση τους

επιτυγχάνει πέρα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ένα σημαντικό ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας της τάξεως των 15-30% σε σύγκριση με ένα κτίριο το οποίο απαρτίζεται από συμβατικό υαλοστάσιο. Ήδη στις μέρες μας παράγονται και κεραμίδια τα οποία είναι φωτοβολταϊκά και έχουν την ικανότητα να χρησιμοποιηθούν έναντι των συμβατικών.

Ακόμη τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν σκίαστρα είτε επάνω από τα παράθυρα, είτε σε πέργκολες είτε στα στέγαστρα στάθμευσης. Παρόλα αυτά πριν τοποθετηθεί ένα φωτοβολταϊκό ο ενδιαφερόμενος είναι υποχρεωμένος να διεξάγει μια σειρά από ενέργειες. Το πρώτο στάδιο είναι να ενημερωθεί από μια εταιρία που είναι αρμόδια για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών ώστε να λάβει πλήρη γνώση για τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθήσει.

6.3. Διαδικασία τοποθέτησης φωτοβολταϊκού συστήματος

Για να μπορέσει να τοποθετηθεί ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αρχικά ο ενδιαφερόμενος θα πρέπει να απευθυνθεί σε μια αρμόδια εταιρία η οποία θα του προμηθεύσει τον απαιτούμενο εξοπλισμό αλλά θα μπορέσει να τον βοηθήσει και στα βήματα τα οποία ακολουθούν. Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση θα λειτουργεί σε βάθος χρόνου και γι' αυτό κρίνεται σκόπιμο να επιλέξει να συνεργαστεί με μια εταιρία με την οποία θα συνεργάζεται αρμονικά.

Τα σημεία που θα πρέπει να δώσει ιδιαίτερη μέριμνα ο ενδιαφερόμενος όταν θα επιλέξει μια εταιρία είναι τα εξής (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2011):

- Η αξιοπιστία : Με τον όρο αξιοπιστία καλείται η τήρηση των προδιαγραφών, των δεσμεύσεων καθώς και των υποσχέσεων.
- Ο επαγγελματισμός: Η ορθή και η άμεση εξυπηρέτηση καθώς και η πιστή τήρηση των χρονοδιαγραμμάτων.
- Η επιστημονική κατάρτιση και η εμπειρία: Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται η επάρκεια στις ανάλογες τεχνικές γνώσεις καθώς και η εμπειρία στην κατασκευή.

- Τα αρμόδια μέσα και οι υποδομές: Η χρήση των ειδικών μέσων και των εργαλείων τόσο κατά την περίοδο της μελέτης όσο και κατά την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών.
- Μελέτη: Η αρμόδια εταιρία είναι υποχρεωμένη να διεξάγει μια μελέτη (οικονομική προσφορά, ανάλογα με τον διαθέσιμο χώρο και τις απαιτήσεις), την οποία θα την παραθέσει στον άμεσα ενδιαφερόμενο. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει τα εξής: Το σύνολο των κιλοβάτ, τα οποία μπορούν να εγκατασταθούν στην περιοχή που έχει μελετηθεί, το πλήθος των πάνελ καθώς και των μετατροπών που θα χρησιμοποιηθούν, την ισχύ τους, τον κατασκευαστή καθώς και την χώρα προέλευση, τον τύπο στήριξης και καλωδίωσης. Είναι σημαντικό να παρατίθενται και οι εγγυήσεις όλων των παραπάνω καθώς και η ετήσια απόδοση της εγκατάστασης.

Στο τέλος της όλης μελέτης θα πρέπει να καταγράφεται ο χρόνος παράδοσης, το τελικό κόστος και τα οφέλη του συστήματος.

Ο ενδιαφερόμενος με την ανάλογη προσοχή θα πρέπει να επιλέξει με σύνεση αν η προσφορά που του έχει δοθεί είναι η ικανοποιητική και κερδοφόρα μελλοντικά.

Κεφαλαίο 7 Εφαρμογές

Τόσο στον τομέα της βιομηχανίας όσο και στον αγροτικό τομέα τα υβριδικά φωτοβολταϊκά μπορούν να εφαρμοστούν και να ανταποκριθούν επάξια στις ενεργειακές ανάγκες. Πληθώρα βιομηχανικών διεργασιών απαιτούν υψηλές ποσότητες ηλεκτρισμού για να μπορέσουν να λειτουργήσουν οι κινητήρες, οι μηχανές και να θερμανθούν ποσότητες αέρα, νερού ή κάποιου άλλου ρευστού.

Η πιο κατάλληλη χρήση αυτών των συστημάτων γίνεται στο σύνολο των βιομηχανιών που απαιτούνται διεργασίες με θερμότητα σε μεσαίες τιμές (50-80 βαθμούς κελσίου) ή κυρίως σε χαμηλές (μικρότερη από 50 βαθμούς κελσίου). Στις θερμοκρασίες αυτές ο συνδυασμός μεταξύ της ηλεκτρικής και της θερμικής λειτουργίας που μπορεί να παρέχει ένα υβριδικό σύστημα είναι πολύ αποδοτικός. Η παραγωγή κρασιού, ροφημάτων, χαρτιού ακόμη και κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι μερικά παραδείγματα παραγωγής που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν υβριδικά συστήματα για να καλύψουν ένα σημαντικό ποσοστό της ενέργειας που χρειάζονται (Χριστοδουλάκη, 2008) .

Παρά το γεγονός ότι ο συνδυασμός της ηλιακής ενέργειας με τα υβριδικά συστήματα μπορεί να επιφέρει μεγάλα οφέλη όσο αναφορά την ενεργειακή ζήτηση στις βιομηχανικές διεργασίες, η χρήση τους βρίσκεται ακόμη σε πολύ χαμηλά επίπεδα αν συγκριθεί με την απαιτούμενη ζήτηση της θερμότητας στον χώρο της βιομηχανίας. Σε κάποιους τομείς της βιομηχανίας δεν απαιτείται καν η αποθήκευση της ηλιακής ακτινοβολίας κάτι που σημαίνει ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να εφαρμοστούν με πολύ χαμηλό κόστος. Όσο αναφορά τον αγροτικό τομέα η χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων θα μπορούσε να γίνει στον χώρο των θερμοκηπίων ή ακόμη και στις διεργασίες απόσταξης.

7.1. Βιομηχανία

Τόσο ο ηλεκτρισμός όσο και η θερμότητα είναι δυο κύριοι παράγοντες για την διεκπεραίωση των εργασιών στον τομέα της Βιομηχανίας. Έτσι τα ΦΒ/Θ είναι οι συσκευές που γίνονται όλο ένα και πιο απαραίτητες καθώς ένα σημαντικό μέρος των αναγκών αυτών μπορούν να καλυφθούν από την χρήση τους (Χριστοδουλάκη, 2008).

Τα Φ/Β χρησιμοποιούνται από τις βιομηχανίες των οποίων οι δραστηριότητες τους διεξάγονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 50° -80°C και ως επί των πλείστων σε θερμοκρασίες πιο χαμηλές, δηλαδή μικρότερες από 50°C. Οι τύποι των Φ/Β που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται άμεσα από την θερμοκρασία που απαιτείται να έχει το ρευστό κατά την χρήση στο τελικό στάδιο. Λόγου χάρη τα φωτοβολταϊκά θερμικά συστήματα νερού χρησιμοποιούνται στα καθαριστήρια ή γενικά σε χώρους που απαιτείται η διαδικασία της πλύσης. Ακόμη με την προσθήκη ανακλαστών που έχουν χαμηλό κόστος (π.χ. λευκές επιφάνειες) αυξάνεται η αποδιδόμενη θερμική ενέργεια.

Στα περισσότερα εργοστάσια το κεντρικό σύστημα το οποίο παρέχει την θερμότητα, παρέχει και θερμό νερό σε θερμοκρασία ανάλογη με τις απαιτήσεις των διεργασιών. Το θερμό νερό χρησιμοποιείται τόσο για την προθέρμανση νερού ή άλλων ρευστών για διάφορες διεργασίες ή ακόμη και πιο άμεσα δηλαδή την σύζευξη του ηλιακού συστήματος με το πλήθος των διεργασιών. Κατά την περίπτωση όπου έχει επέλθει η προθέρμανση του νερού, η απόδοση μεγιστοποιείται λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας εισόδου του νερού στο εκάστοτε ηλιακό σύστημα. Έτσι λοιπόν είναι εύλογο να αντιληφτεί κανείς ότι η χρήση των συστημάτων αυτών δρουν αρκετά αποτελεσματικά.

Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που κρίνεται απαραίτητη η χρήση της αποθήκης θερμότητας. Η τελευταία έχει τον ρόλο να επιτρέπει την εκάστοτε λειτουργία της διεργασίας να πραγματοποιείται ακόμη και σε μια περίοδο που η ακτινοβολία του ηλίου κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα ή ακόμη και κατά τις νυχτερινές ώρες. Το πλήθος των βιομηχανιών έχει μεγάλη ζήτηση τόσο σε ποσοστά

θερμότητας όσο και σε ποσοστά ηλεκτρισμού. Αυτός είναι και ο λόγος που τα υβριδικά Φ/Β είναι ικανά να χρησιμοποιηθούν ως ηλιακές μονάδες συμπαραγωγής με αποτέλεσμα να μπορέσουν να καλυφτούν οι ενεργειακές απαιτήσεις.

Τόσο τα Φ/Β συστήματα νερού όσο και εκείνα του αέρα είναι ικανά να χρησιμοποιηθούν στον χώρο της βιομηχανίας λαμβάνοντας υπόψη το κατάλληλο για κάθε περίπτωση ρευστό με το οποίο θα γίνουν οι διάφορες βιομηχανικές διεργασίες. Οι δυο τύποι που μόλις αναφέρθηκαν μπορούν να λειτουργήσουν καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, το οποίο είναι και το κύριο πλεονέκτημα της εφαρμογής τους στον χώρο της βιομηχανίας σε σύγκριση με τα κτίρια τα οποία χρησιμοποιούνται ως κατοικίες. Κατά την δεύτερη περίπτωση δεν μπορούν να φανούν χρήσιμα καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου.

Όταν η απαιτούμενη θερμοκρασία είναι πιο υψηλή από τους 80 με 100 βαθμούς Κελσίου τότε συνίσταται η τοποθέτηση συγκεντρωτικών Φ/Β συστημάτων τα οποία είναι ικανά να αποδώσουν ποσά θερμότητας σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό με την βοήθεια της μεταφοράς από το ρευστό στην κλίμακα θερμοκρασιών που ζητείται. Με την συμβολή των συστημάτων αυτών, στόχος είναι να επιτευχθεί το ποσοστό ενέργειας που θα καλύψει την ζητούμενη βιομηχανική ενέργεια (Χαραλαμπίδης, 2009).

Ένας ανασταλτικός παράγοντας είναι ότι η διαθέσιμη επιφάνεια για την εγκατάσταση των ηλιακών συστημάτων σε μια βιομηχανία είναι πολύ μικρή και πολλές φορές δεν υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος για να τοποθετηθεί ο κατάλληλος αριθμός Φ/Β ώστε να καλυφτούν τα υψηλά ποσοστά των ενεργειακών αναγκών. Ένα ακόμη σημαντικό μειονέκτημα είναι το κόστος της όλης επένδυσης καθώς η τιμή ενός συμβατικού καυσίμου, το οποίο χρησιμοποιείται στην βιομηχανία είναι αρκετά πιο χαμηλή και έτσι ο χρόνος της απόσβεσης δεν θεωρείται ικανοποιητικός.

Η χρήση ενός συστήματος ηλιακής ενέργειας τόσο στον τομέα του εμπορίου όσο και στον τομέα της βιομηχανίας είναι αμελητέα σε σύγκριση με την χρήση του στις κατοικίες. Γενικά τα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες που χρειάζονται χαμηλές θερμοκρασίες ή στις περιπτώσεις που απαιτείται

προθερμασμένο νερό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς το γυάλινο κάλυμμα.

Για να μπορέσει να βελτιωθεί τόσο η ηλεκτρική όσο και η θερμική απόδοση μπορεί να γίνει η χρήση των διάχυτων ανακλαστήρων (για παράδειγμα βαμμένες λευκές επιφάνειες), που έχουν την ικανότητα να εφαρμοστούν ανάμεσα στο πλήθος των παράλληλων σειρών ενός φωτοβολταϊκού συστήματος (Χαραλαμπίδης, 2009).

Η λύση που μόλις αναφέρθηκε είναι ικανή να εφαρμοστεί σε σκεπές οι οποίες είναι πριονωτές, σε επίπεδες η ακόμη και στο έδαφος. Ο ρόλος των διάχυτων ανακλαστήρων είναι να αυξήσουν την θερμική απόδοση.

7.2. Αγροτικές μονάδες

Τα Φ/Β έχουν την διπλή λειτουργία να μπορούν να απορροφούν ποσοστά της ηλιακής ακτινοβολίας και να την μετατρέπουν τόσο σε ηλεκτρισμό όσο και σε θερμότητα. Η διπλή τους αυτή λειτουργία έχει ως αποτέλεσμα να μπορούν να καλύψουν πλήθος αγροτικών απαιτήσεων.

Για παράδειγμα ένα θερμοκήπιο χρειάζεται την ενίσχυση της θέρμανσης του κατά την χειμερινή περίοδο αλλά και έχει ανάγκες ψύξης και αερισμού κατά την θερινή περίοδο. Η χρήση των Φ/Β είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες αυτές που προκύπτουν. Ακόμη οι φακοί Fresnel σε συνδυασμό με γραμμικούς φωτοβολταϊκούς συλλέκτες μπορούν να ενισχύσουν τον φωτισμό στο εσωτερικό του χώρου. Τέλος τόσο η διαδικασία της αφαλάτωσης όσο και η διαδικασία της άρδευσης είναι διαδικασίες που μπορούν να ενισχυθούν από την χρήση των Φ/Β.

Σχετικά με τα θερμοκήπια οι δυο βασικότερες λειτουργίες είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας και ο έλεγχος του φωτισμού. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο τα υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας δρουν ανασταλτικά για την καλλιέργεια και έτσι κρίνεται αναγκαίο η μείωση της ποσότητας της ακτινοβολίας που εισέρχεται (Χριστοδουλάκη, 2008).

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που συμβάλουν τόσο στον έλεγχο της εκάστοτε ακτινοβολίας όσο και στον έλεγχο της θερμοκρασίας των θερμοκηπίων. Κάποιες από τις λύσεις αυτές είναι η σκίαση, ο αερισμός καθώς και η εξάτμιση του νερού. Θα πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη το γεγονός ότι το φως είναι αναγκαίο για την ανάπτυξη των φυτών και έτσι η κατασκευή θα πρέπει να γίνει με την χρήση ενός ημιδιαφανούς καλύμματος με αποτέλεσμα να εισέρχεται η ακτινοβολία με τον βέλτιστο και αποδοτικότερο τρόπο.

Τα πιο συνηθισμένα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται στον χώρο των θερμοκηπίων είναι (Χριστοδουλάκη, 2008) :

-Το γυαλί το οποίο είναι ένα υλικό που μπορεί να προσφέρει τόσο οπτικές όσο και θερμικές ιδιότητες.

- Τα πλαστικά καλύμματα, των οποίων το κόστος είναι αρκετά πιο χαμηλό από τα γυάλινα αλλά σε σχέση με το γυαλί είναι χαμηλότερης ποιότητας τόσο στην ποιότητα του φωτός που εισέρχεται όσο και στην θερμική του συμπεριφορά.

- Φακοί Fresnel, που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα εναλλακτικό διαφανές κάλυμμα. Η χρήση των φακών αυτών σε συνάρτηση με απορροφητές ηλιακής ενέργειας βελτιώνουν τον φωτισμό και καλύπτουν της θερμικές ανάγκες που προκύπτουν.

- Η τοποθέτηση Φ/Β συλλεκτών στην επιφάνεια της στέγης των θερμοκηπίων με σκοπό να περιοριστεί η ηλιακή ακτινοβολία . Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να έχουν ανατολικό – δυτικό προσανατολισμό με το πλήθος των ηλιακών συστημάτων να έχουν θέση προς το νότο. Η εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων που έχουν διπλό σύστημα απαγωγής θερμότητας συνίσταται στα θερμοκήπια εκείνα ώστε να καλυφτούν οι ενεργειακές ανάγκες που έχουν προκύψει. Κατά την θερινή περίοδο η απαγωγή της θερμότητας γίνεται μέσω την βοήθεια του αέρα μέσω των φωτοβολταϊκών πάνελ ο οποίος θα εξαχθεί μέσω των ανοιγμάτων. Κατά την χειμερινή περίοδο η απαγωγή της θερμότητας θα επιτευχθεί με την βοήθεια του νερού, το οποίο αποθηκεύεται και κυκλοφορεί όταν αυτό είναι απαραίτητο.

Όσο αναφορά την σκίαση του χώρου, συνίσταται τα Φ/Β να μην καλύπτουν ένα μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας των θερμοκηπίων, αλλά τόσο που να μην υπερβαίνει το 10%. Όσο αναφορά τα Φ/Β διπλού τύπου είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται με την απουσία της μόνωσης στο πίσω μέρος των μέγας, καθώς οι θερμικές απώλειες μειώνονται λόγω της μεγάλης θερμοκρασίας που παρουσιάζεται στον χώρο. Τα φωτοβολταϊκά έχουν την ικανότητα να απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και να δρουν σαν μια ηλιακή καμινάδα με αποτέλεσμα να πραγματοποιηθεί ένα μεγάλο ποσοστό φυσικής ροής κυκλοφορίας αέρα μέσω του πλήθους των ανοιγμάτων στην περιοχή της στέγης. Στην περίπτωση που οι θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλές κρίνεται απαραίτητη η διαδικασία του αερισμού του θερμοκηπίου. Ένα μέρος της ενέργειας που θα παραχθεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σκοπό να λειτουργήσουν οι αντλίες αερισμού.

Μια ακόμη εφαρμογή των Φ/Β συλλεκτών είναι η διαδικασία της ηλιακής ξήρανσης. Στις προηγούμενες δεκαετίες έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες με σκοπό το συνδυασμό της διαδικασίας της ξήρανσης με τα Φ/Β συστήματα αέρα. Το πλήθος των συσκευών αυτών θεωρούνται αρκετά οικονομικό και η απόδοση τους προσαρμόζεται ανάλογα με τις εκάστοτε καιρικές συνθήκες καθώς και με το σύνολο των απαιτήσεων της ξήρανσης.

Σημαντικό επίσης είναι να σημειωθεί ότι τα Φ/Β συστήματα εφαρμόζονται και κατά την διαδικασία καθαρισμού του νερού καθώς και τις αφαλάτωσης. Πέρα από τους επίπεδους Φ/Β συλλέκτες, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως τις κατάλληλες ηλιακές συσκευές που μπορούν να παρέχουν θερμότητα με την βοήθεια ενός ρευστού σε πιο υψηλές θερμοκρασίες.

7.3. Κτίρια

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται στις κτιριακές εγκαταστάσεις είναι μια λύση που εμφανίζεται όλο και πιο συχνά από τα αρχικά στάδια κιόλας του σχεδιασμού τους. Η χρήση τους συνδυάζεται αρκετά εύκολα με την σχεδίαση των ηλιακών παθητικών κτιρίων. Με τον όρο παθητικά κτίρια καλούνται τα κτίρια τα οποία έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να αξιοποιήσουν κατά το μέγιστό βαθμό το φώς, τον ήλιο και την θερμότητα με σκοπό να χρησιμοποιούν ελάχιστη ενέργεια η οποία προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές. Τα BIPVείναι εκείνα τα Φ/Β συστήματα τα οποία ενσωματώνονται με το κτίριο και συντελούν στην μείωση της ενεργειακής εξάρτησης του κτιρίου. Αν η μελέτη της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών γίνει εξ αρχής τότε τα φωτοβολταϊκά αυτά μπορούν να αντικαταστήσουν κάποια από τα δομικά υλικά με σκοπό να δοθεί μια πιο καλαίσθητη εικόνα.

Η σωστή ενσωμάτωση τους προϋποθέτει έναν ορθό σχεδιασμό, ο οποίος θα επέλθει ύστερα από μια καλή συνεργασία μεταξύ του αρχιτέκτονα και του μηχανικού, Τα BIPV απαρτίζουν τμήμα της οροφής ή ακόμη και της πρόσοψης του κτιρίου. Στην περίπτωση που αυτά τοποθετηθούν σε ένα κτίριο που είναι ήδη έτοιμο τότε οι εκάστοτε φωτοβολταϊκές επιφάνειες μπορούν να είναι ακόμη και φωτοβολταϊκά πλαίσια τα οποία έχουν τοποθετηθεί στην οροφή είτε σε κεκλιμένη είτε σε επίπεδη θέση με απαραίτητη προϋπόθεση να υπάρχει ο ανάλογος διαθέσιμος χώρος (Χαραλαμπίδης, 2009).

Στις εφαρμογές που τα Φ/Β είναι ένα αναπόσπαστο τμήμα του όλου σχεδιασμού θα χρησιμοποιηθούν υλικά όπως για παράδειγμα εύκαμπτα κρυσταλλικά στοιχεία ή στοιχεία τα οποία έχουν κατασκευαστεί από λεπτό υμένιο που έχει τοποθετηθεί επάνω σε μεταλλικό υπόστρωμα.

Γενικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το πλήθος των επιλογών καθώς και των συνδυασμών είναι αρκετά μεγάλο και έτσι ο εκάστοτε αρχιτέκτονας μπορεί να δημιουργήσει ένα ενεργειακό κτίριο με την όψη που ακριβώς το φαντάζεται χωρίς περιορισμούς. Για παράδειγμα με την χρήση των διαφανών στοιχείων, το κτίριο

μπορεί να εκμεταλλευτεί σε μεγαλύτερο βαθμό το φυσικό φως ενώ παράλληλα να είναι αρχιτεκτονικά πρωτότυπο. Ακόμη τα Φ/Β μπορούν ταυτόχρονα να εκτελούν και χρήσεις σκίαστρου και να μπορούν να ακολουθούν την πορεία του ήλιου με σκοπό να αποδίδουν στο μέγιστο. Παρόλο το γεγονός ότι τα BIPV είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο στο μέλλον θα χρησιμοποιηθούν ακόμη πιο πολύ και κυρίως εκείνα στα οποία το εργαζόμενο μέσο είναι ο αέρας (Χαραλαμπίδης, 2009).

Γενικά στον χώρο της αρχιτεκτονικής επικρατεί μια τάση για την κατασκευή ολοένα και πιο αποδοτικών κτιρίων και κατά συνέπεια και μη επιβλαβή για το περιβάλλον. Το πρώτο κτίριο στον Ευρωπαϊκό χώρο το οποίο έχει ενσωματώσει από την αρχή της κατασκευής του το Φ/Β αυτό σύστημα είναι η δημοτική βιβλιοθήκη της Βαρκελώνης.

Η θερμική ενέργεια η οποία θα παραχθεί από τους BIPVT μπορεί να καλύψει τις ανάγκες για ζεστό νερό και για θέρμανση κατοικιών. Θα μπορούσαν να τοποθετηθούν τόσο στην πρόσοψη όσο και στην οροφή με σκοπό να αξιοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο κάθε διαθέσιμη επιφάνεια. Οι υβριδικές Φ/Β συσκευές έχουν την δυνατότητα να παρέχουν ένα σημαντικό ποσοστό θερμότητας επιπλέον της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό έχει σαν συνέπεια να τα κατατάσσει σε συσκευές με μεγαλύτερη ολική αποδιδόμενη ενέργεια σε σύγκριση με την απόδοση των απλών φωτοβολταϊκών πλαισίων. Γι' αυτό τον λόγο θεωρούνται οικονομικά πιο αποδοτικές και το κόστος της πρόσθετης μονάδας δεν είναι υψηλό. Παρόλο που τα προτερήματα μιας τέτοιας κατασκευής είναι σαφέστατα πολλά οι Φ/Β συσκευές τέτοιου είδους που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι πολύ λίγες.

Συμπεράσματα

Στον Ελλαδικό χώρο, η συνολική παραγωγή της ενέργειας στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό τόσο στους θερμοηλεκτρικούς όσο και στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Έπειτα ακολουθούν τα ποσοστά ενέργειας που επέρχεται από την λειτουργία των αιολικών πάρκων. Είναι λοιπόν φανερά αντιληπτό ότι η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ακόμη σε ένα πρώιμο στάδιο και σαφέστατα υπάρχουν περιθώρια ανάπτυξης.

Εξετάζοντας σε εκτενή βαθμό τα φωτοβολταϊκά συστήματα προκύπτει το γεγονός ότι υπάρχουν αρκετές κατηγορίες φωτοβολταϊκών ανάλογα με τις υπάρχουσες ανάγκες που προκύπτουν. Η Ελλάδα είναι μια χώρα η οποία χαρακτηρίζεται από έντονη ηλιοφάνεια και έτσι η χρήση των φωτοβολταϊκών, θα μπορούσε να ωφελήσει κατά πολύ την οικονομία καθώς και να δράσει ουσιαστικά στην μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος. Η χρήση των φωτοβολταϊκών είναι αναγκαία σε νησιά ή απομακρυσμένες περιοχές από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Η ανάπτυξη λοιπόν των φωτοβολταϊκών θα μπορούσε να λύσει το ενεργειακό πρόβλημα των περιοχών αυτών.

Βέβαια η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών ώστε να αντικατασταθεί ο υπάρχον τρόπος ηλεκτροδότησης είναι ένας δύσβατος δρόμος. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι ότι το κόστος της εγκατάστασης τους, που παραμένει πολύ υψηλό και δρα ως ανασταλτικός παράγοντας για την επιλογή του. Ακόμη η χρήση του απαιτεί και τον ανάλογο χώρο της εγκατάστασης του. Ένας ακόμη δυσμενής παράγοντας είναι ότι η γνώση σχετικά με τα οφέλη της χρήσης των φωτοβολταϊκών δεν είναι επαρκής. Έτσι υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος του αγοραστικού κοινού που φοβάται να προβεί σε μια τέτοια εγκατάσταση καθώς δεν γνωρίζει πλήρως τα οφέλη μιας τέτοιας ενέργειας.

Το μέλλον της παραγωγής των Φωτοβολταϊκών συστημάτων στον Ευρωπαϊκό χώρο φαίνεται ότι θα είναι τα συστήματα που θα δρουν σε αποκεντρωμένα κτίρια ή σε εγκαταστάσεις που θα έχουν μελετηθεί εξ αρχής. Παρόλο που τα Φωτοβολταϊκά συστήματα είναι αρκετά ελκυστικά, στα ήδη υπάρχον κτίρια και στις αστικές περιοχές ο χώρος εγκατάστασης τους τις περισσότερες φορές είναι περιορισμένος.

Σε γενικές γραμμές θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η χρήση των φωτοβολταϊκών θα μπορούσαν να έχουν μεγαλύτερη συμμετοχή στο ενεργειακό ισοζύγιο αν το κόστος τους ελαττωνόταν ή εάν η επιστήμη ανακάλυπτε υλικά για την κατασκευή τους αρκετά πιο οικονομικά από αυτά που ήδη υπάρχουν.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα είναι στις μέρες μας μια πολύ είναι μια πολύ καλή επιλογή καθώς λειτουργούν σε αρμονία με το περιβάλλον και είναι συνάμα αξιόπιστα, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μπορούν να λειτουργήσουν σε κάθε συνθήκη καιρού. Τα υβριδικά συστήματα αποτελούν μια αναπτυσσόμενη μορφή ενέργειας και υπάρχει η αισιοδοξία ότι μελλοντικά η αυξανόμενη τους χρήση θα έχει ως αποτέλεσμα να μπορέσουν να εξελιχθούν και να ανταποκριθούν και σε πιο μεγάλες απαιτήσεις.

Εν κατακλείδι θα μπορούσε να ειπωθεί ότι στην Ελλάδα ο τομέας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εξελίσσεται με γοργούς ρυθμούς. Παρά τους ανασταλτικούς παράγοντες οι οποίοι υπάρχουν, το ενεργειακό μέλλον κρίνεται αισιόδοξο. Η μελέτη και το ενδιαφέρον σχετικά με την χρήση των φωτοβολταϊκών όλο ένα και αυξάνεται πράγμα που θα επιφέρει την ακόμη μεγαλύτερη χρήση τους κατά των πέρασμα των ετών.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Αποστολοπούλου, Α. (2013). Σύνθετες διατάξεις φωτοβολταϊκών και θερμικών συσκευών. Τμήμα Φυσικής. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Ανδρίτσος, Ν. (2008). Διδακτικές σημειώσεις: Ενέργεια και Περιβάλλον. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Μπιτζιώνης, Δ.Β. (2011), Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα.
- Κορωνάιος, Χ. (2012). Διδακτικές σημειώσεις: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα. Ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα: <http://www.survey.ntua.gr/environ/6420/APE-kef1-6.pdf>.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.(2010).Οδηγίες για την Εγκατάσταση Φ/Β Συστημάτων σε Κτηριακές Εγκαταστάσεις. Τμήμα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων και Διεσπαρμένης Παραγωγής, Αθήνα.
- Καπλάνης, Σ.Ν. (2004). Ήπιες Μορφές Ενέργειας ΙΙΙ, Μηχανική των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων. Τεχνολογία Μελέτες- Εφαρμογές, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.
- Κουτσούμπας, Χ. (2006). Ήπιες μορφές ενέργειας. Διδακτική προσέγγιση με το παραδοσιακό και το εποικοδομητικό πρότυπο. Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
- Μαμάσης, Ν.(2010).Εισαγωγή στην ενεργειακή τεχνολογία: Ηλιακή ενέργεια και φωτοβολταϊκά συστήματα», Διαλέξεις, Τομέας υδατικών πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Περράκης, Β. (2008). Νέα τεχνολογίες των Φ/Β στοιχείων. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα.

Περδίας, Σ. (2010). Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις, Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ-4Μ.Αθήνα

Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών. (2011). Φωτοβολταϊκά: Ένας πρακτικός οδηγός. Ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα http://www.helapco.gr/ims/file/oikiaka/pv_guide_jan11.pdf.

Τσιλιγκιρίδης, Γ. (2008α). Διδακτικές σημειώσεις: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Τσιλιγκιρίδης, Γ. (2008β). Διδακτικές σημειώσεις: Διαχείριση ενεργειακών πόρων. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Φραγκιαδάκης, Ι. (2009). Φωτοβολταϊκά συστήματα. Τρίτη Έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Χαραλαμπίδης, Γ. (2009). Ecoδομείν: Φωτοβολταϊκά Συστήματα. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα.

Χριστοδουλάκη, Ρ. (2008). «Εφαρμογές Θερμικών Ηλιακών στον Κτιριακό Τομέα», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Ημερίδα Νέες Ενεργειακές Τεχνολογίες στα Κτίρια. Αναρτήθηκε από την σελίδα http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/eco_building/4_Christodoulaki.pdf.

Ξένη

Apergis, N. Payne James E. (2010). Renewable and non-renewable energy consumptiongrowth nexus: Evidence from a panel error correction model , vol(73), pp (733–738).<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988311000909>.

Salim Ruhul, A. Shafiei, S. (2014). Urbanization and renewable and non-renewable energy consumption in OECD countries: An empirical analysis , vol(38), pp (581–591).https://espace.curtin.edu.au/bitstream/handle/20.500.11937/38868/197224_197224a.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Yean Gan, P. και ZhiDong, L. (2015). Quantitative study on long term global solar photovoltaic market, vol(46), pp (88-99).<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211500129X>.