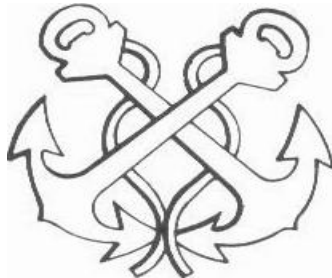


**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΛΑΜΠΟΥΡΑ Σ.



**Φωτοβολταϊκά - ηλιακή ενέργεια -
εφαρμογές στη Ναυτιλία**

**ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ : ΤΑΤΑΡΙΑΔΗ ΔΗΜΗΤΡΗ
Α.Γ.Μ : 3158**

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Φωτοβολταϊκά-Ηλιακή ενέργεια-
εφαρμογές στη Ναυτιλία**

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΤΑΤΑΡΙΔΗ ΔΗΜΗΤΡΙΟ
Α.Γ.Μ: 3158

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας : Παρασκευή, 4 ΑΠΡΙΛΙΟΥ
2014

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας :

<i>A/A</i>	<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότητας</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
1	ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΠΟΥΔΩΝ		
2	ΛΑΜΠΟΥΡΑ Σ.	ΦΥΣΙΚΟΣ		
3		ΜΕΛΟΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ		
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Περιεχόμενα

Πρόλογος	1
Κεφάλαιο 1	
1.1 Ηλιακή ενέργεια.....	
1.1.1 Ο Ήλιος.....	5
1.1.2 Τα θερμικά Ηλιακά συστήματα	8
1.1.3 Ηλιακοί συλλέκτες.....	8
1.1.4 Δυνατότητες αξιοποίησης.....	9
1.2 Ηλιακή θερμική ενέργεια στον σύγχρονο κόσμο	9
1.2.1 Εφαρμογή σε οικιακά συστήματα.....	9
1.2.2 Βιομηχανική χρήση.....	10
1.2.3 Ηλιακό χωριό	10
1.2.4 Εμπορικές εφαρμογές	11
1.2.5 Πιστοποίηση - δοκιμές - μετρήσεις	11
1.2.6 Χρηματοδότηση από τρίτους.....	12
1.2.6 Ηλιακή ενέργεια στη Ναυτιλία	
1.3.1 Συμπεράσματα	14
Κεφάλαιο 2	13
2.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	15
2.1.1 Εισαγωγή	15
2.1.2 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο	16
2.1.3 Τα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	17
2.1.4 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	19
2.1.5 Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα	20
2.1.6 Πλεονεκτήματα – χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών συστημάτων	22
2.2 Υλικά-τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	22
2.2.1 Το πυρίτιο (Si)	23
2.2.2 Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο.....	23
2.2.3 Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο	23
2.2.4 Λεπτής μεμβράνης (Άμορφο πυρίτιο)	24
2.2.5 Υβριδικά	24
2.2.6 Φωτοβολταϊκή γεννήτρια.....	24
2.2.7 Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο	25
2.2.8 Φωτοβολταϊκή συστοιχία.....	25
2.3 Απόδοση Φωτοβολταϊκών	26
2.3.1 Επίδραση της θερμοκρασίας στην απόδοση.....	26
2.3.2 Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση.....	26
2.3.3 Γήρανση Φ/Β πλαισίου	27
2.3.4 Οπτικές ενεργειακές απώλειες.....	27
2.4 Εφαρμογές Φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	28
2.4.1 Μορφές εφαρμογών φωτοβολταϊκών συστημάτων	28
2.4.2 Φωτοβολταϊκά στη Ναυτιλία	
2.5.1 Προοπτικές.....	30
Βιβλιογραφία	32

Πρόλογος

Η ύπαρξη ενεργειακών πόρων είναι μια κρίσιμη ανάγκη σε κάθε κοινωνία. Οι σημερινές γενιές θεωρούν τη ροή της ενέργειας, με το απλό γύρισμα ενός διακόπτη, σαν κάτι το αυτονόητο και εντελώς φυσιολογικό, χωρίς να συνειδητοποιούν ότι πίσω από τον διακόπτη βρίσκεται ο αγώνας των ισχυρών και ανεπτυγμένων χωρών της Γης για τον έλεγχο των ενεργειακών πόρων και ο λυσσαλέος ανταγωνισμός των μεγάλων πολυεθνικών εταιρειών. Η διατήρηση του σημερινού ενεργειακού και αναπτυξιακού μοντέλου και η επέκτασή του και στις αναπτυσσόμενες χώρες οδηγεί σε ανεξέλεγκτη κατανάλωση της ενέργειας, σε ένταση των ανταγωνισμών, στην ταχεία εξάντληση των ορυκτών καυσίμων και στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Χρειάζεται επομένως ένα νέο μοντέλο στη διαχείριση της ενέργειας. Η ΟΧΕ (ορθολογική χρήση ενέργειας) και οι ΑΠΕ αναγνωρίζονται ως η μόνη λύση στο πρόβλημα της αιφόρου ανάπτυξης. Η διάδοση και εξάπλωση των ΑΠΕ και η συνεισφορά τους στο σύνολο της παραγόμενης ενέργειας είναι μηδαμινή προς το παρόν, όμως η ανανεώσιμη ενέργεια θα παίζει όλο και σημαντικότερο ρόλο στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες στο μέλλον.

Είναι σαφές ότι το ενεργειακό πρόβλημα είναι οξύτατα πολιτικό, ενώ ταυτόχρονα παραμένει τεχνολογικό. Ποιες είναι οι τεχνολογικές του λύσεις; Αφ' ενός μεν η ορθολογική χρήση της ενέργειας (ΟΧΕ), αφ' ετέρου δε η εξάπλωση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Το πώς θα επιτευχθούν αυτές, είναι πολιτικό θέμα. Τα κινήματα ανεξαρτησίας των φτωχών χωρών, οι «απειλές» των πετρελαιοπαραγών χωρών και το παγκόσμιο περιβαλλοντικό κίνημα σε συνδυασμό με την επιστημονική έρευνα έφεραν αργά, αλλά σταθερά, άλλες απόψεις στο προσκήνιο, καθιερώνοντας μάλιστα και νέα ορολογία (ήπια ανάπτυξη, αιφόρος ανάπτυξη, βιώσιμη ανάπτυξη, φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες, καθαρή ενέργεια, ήπιες μορφές ενέργειας, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ορθολογική χρήση της ενέργειας, εξοικονόμηση ενέργειας, φαινόμενο του θερμοκηπίου, εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων, αύξηση CO₂, όξινη βροχή, τρύπα του όζοντος, αποψίλωση των δασών, ερήμωση των καλλιεργουμένων εκτάσεων, αύξηση της θερμοκρασίας της γης, άνοδος της στάθμης των θαλασσών, πτώση της στάθμης των γλυκών νερών, μόλυνση των υπογείων υδάτων κλπ). Ορθολογική Χρήση της Ενέργειας (ΟΧΕ) σημαίνει:

- Λήψη μέτρων για την μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας.
- Περιορισμός της σπατάλης της ενέργειας.
- Χρήση της ενέργειας με βάση την αρχή «ενέργεια όπου, όσο και όταν χρειάζεται».
- Διαχείριση της ενέργειας με τρόπους και μεθόδους που σέβονται και προστατεύουν το Περιβάλλον.
- Και όλα αυτά χωρίς την υποβάθμιση των συνθηκών εργασίας, του επιπέδου ζωής και του επιπέδου ανάπτυξης.

Οι ΑΠΕ προσφέρουν μια ανεξάντλητη πηγή τροφοδότησης, αφού η προέλευση των περισσοτέρων είναι ο ήλιος.

Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους πρέπει να προωθήσουμε τις τεχνολογίες ΑΠΕ και τις εξοικονόμησης και ΟΧΕ, είναι:

- Τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον, καθώς η αξιοποίηση τους δεν συνοδεύονται καθόλου ή συνοδεύεται από μειωμένη παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές.

- Συντελούν στη βιώσιμη ανάπτυξη, δεδομένου ότι τα ορυκτά καύσιμα εξαντλούνται.
- Συνεισφέρουν στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Η Ευρωπαϊκή Ένωση σήμερα εξαρτάται, σε ποσοστό άνω του 50%, από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων.
- Συμβάλλουν στην αύξηση της απασχόλησης και γενικότερα του κοινωνικοοικονομικού οφέλους των πολιτών.

Παρόλο που πολλές από αυτές προσφέρονται άφθονα και είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμες, εν τούτοις οι ΑΠΕ έχουν μια απογοητευτικά μικρή συνεισφορά στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας. Αυτή, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι λιγότερο από 6%. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει ως στόχο τον διπλασιασμό αυτού του ποσοστού έως το 2010. Η κατάσταση στις αναπτυσσόμενες χώρες δεν είναι καλύτερη. Παρά την αναγνώριση ότι οι ΑΠΕ αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας για τις χώρες αυτές, δεν έχουν προσελκύσει το απαιτούμενο επίπεδο επενδύσεων, ούτε έχουν αποκτήσει τον επιθυμητό βαθμό διάχυσης-διάδοσης.

Η ΟΧΕ και οι ΑΠΕ αποτελούν σήμερα την μόνη εφικτή και αποτελεσματική μέθοδο για τη συγκράτηση της αυξανόμενης κατανάλωσης ενέργειας σε διεθνές επίπεδο και επομένως για τη σταθεροποίηση και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες, με τις πολιτικές που εφαρμόστηκαν, μειώθηκε ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας αναλογικά με το επίπεδο ανάπτυξης. Όμως, παρά τα μέτρα, η κατανάλωση με γοργούς ρυθμούς συνεχίζεται, λόγω της αύξησης της παραγωγής στον αναπτυσσόμενο κόσμο και της διατήρησης της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας στις βιομηχανικές χώρες. Η κατάσταση αυτή χαρακτηρίζεται πλέον ως ανεπίτρεπτη και επικίνδυνη, γι' αυτό και οι ειδικοί επιστήμονες και αναλυτές του ΟΗΕ έθεσαν ως στόχο στη διάσκεψη της Χάγης τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου των βιομηχανικών χωρών κατά 5 έως 10% στο άμεσο μέλλον, κάτι το οποίο δεν έγινε δεκτό από τις ΗΠΑ.

Στόχος της εργασίας αυτής, είναι να αναδειχθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα από την χρήση των ΑΠΕ. Αναφέρονται οι σημαντικότερες μορφές ΑΠΕ, η κατασκευή τους, η βιωσιμότητα τους και οι δυνατότητες τους και οι δυνατότητες εκμετάλλευσης της κάθε μίας για την παραγωγή ενέργειας.

Στη ναυτιλία η ανάγκη για νέες πηγές ενέργειας είναι μεγάλη, καθώς οι τιμές των καυσίμων είναι ακριβές, με αποτέλεσμα να ανεβάζει στα ύψη το λειτουργικό κόστος ενός πλοίου αναζητά η παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία. Οι έρευνες και οι δοκιμές είναι πολλές και πάνω σε αυτές επενδύονται εκατοντάδες εκατομμύρια δολάρια. Η τιμή του πετρελαίου βρίσκεται στα ύψη, κάτι το οποίο κάνει τις επενδύσεις στη ναυτιλία κοστοβόρες, μέσα στο σκληρό οικονομικό περιβάλλον που βιώνει ο πλανήτης. Παράλληλα με τη μείωση του κόστους, οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας στοχεύουν στο να μειωθεί και η ατμοσφαιρική ρύπανση. Από περιβαλλοντικής άποψης, οι θαλάσσιες μεταφορές έχουν αρκετά πλεονεκτήματα: καταναλώνουν σχετικά μικρές ποσότητες ενέργειας και οι απαιτήσεις σε υποδομή είναι κατά πολύ μικρότερες από αυτές των χερσαίων μεταφορών. Λόγω της μικρής ενεργειακής τους κατανάλωσης οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τη ναυτιλία είναι σε χαμηλά επίπεδα συγκρινόμενες πάντα με το μεταφερόμενο όγκο φορτίου. Όμως, σύμφωνα με στοιχεία του IMO, του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού «οι εκπομπές διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου από τη ναυτιλία στην Ευρωπαϊκή

Ένωση θα φθάσουν και θα ξεπεράσουν αυτές από τις χερσαίες πηγές εκπομπής γύρω στο 2020».

Οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας είναι το φυσικό αέριο, η ηλιακή ενέργεια, η αιολική, το υδρογόνο και η πυρηνική.

Μεγαλύτερη εφαρμογή φαίνεται ότι θα έχει σε αυτή τη φάση η χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου στα πλοία.

Σύμφωνα με τους ειδικούς «το LNG είναι το καύσιμο του μέλλοντος» αν και είχε χρησιμοποιηθεί από ένα μικρό αριθμό πλοίων, τα λεγόμενα gas ships, για κάποιο χρονικό διάστημα.

Αιολική ενέργεια

Όσον αφορά στη χρήση αιολικής ενέργειας οι Έλληνες πρωτοπορούν. Το 2011 η ελληνικών συμφερόντων ναυτιλιακή εταιρεία Ambros Maritime ανακοίνωσε ότι θα εγκαταστήσει στην πλώρη του φορτηγού πλοίου της «Aghia Marina», έναν από τους μεγαλύτερους αιολικούς χαρταετούς του κόσμου, κατασκευασμένος με τη τεχνολογία SkySails GmbH. Στόχος είναι να χρησιμοποιηθεί η ενέργεια που θα παράγει ο αιολικός χαρταετός για την μείωση της κατανάλωσης καυσίμων μέχρι και 35%, ενώ κάτω από βέλτιστες καιρικές συνθήκες η μείωση της κατανάλωσης μπορεί να φθάσει περιοδικά έως και το 50%.

Ηλιακή ενέργεια και υδρογόνο

Στις θάλασσες του κόσμου πλέον ηλιακά καταμαράν. Η ηλιακή ενέργεια δεν έχει δοκιμασθεί ακόμη σε εμπορικά πλοία. Σε πειραματικό στάδιο είναι και η χρήση πυρηνικής ενέργειας σε εμπορικά πλοία.

Όσο αφορά το υδρογόνο ως εναλλακτική μορφή ενέργειας, πολλά έχουν γραφτεί μέχρι σήμερα χωρίς όμως να έχει προχωρήσει το θέμα. Όπως επισημαίνουν οι ειδικοί, είναι ένα καύσιμο που ναι μεν δε ρυπαίνει το περιβάλλον, αλλά προς το παρόν λαμβάνεται κυρίως από υδρογονάνθρακες και νερό με χρήση άλλων ενεργειακών πηγών είτε συμβατικών είτε ανανεώσιμων.

Κεφάλαιο 1

1.1 Ηλιακή ενέργεια

1.1.1 Ο Ήλιος

Ο Ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Η ενέργεια που απελευθερώνεται στον πυρήνα του από τη σύντηξη του υδρογόνου και τη μετατροπή του στο στοιχείο ήλιο, ακτινοβολείται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα. Παρότι αυτό συμβαίνει συνεχώς εδώ και 5 δισεκατομμύρια χρόνια, ο ήλιος αποτελείται ακόμη κατά 70% από υδρογόνο. Επομένως, για πολλά εκατομμύρια χρόνια ακόμη δεν αναμένεται να υπάρξει μείωση της ενέργειας που ακτινοβολείται από αυτόν.

Η ακτινοβολούμενη από τον Ήλιο ισχύς είναι 63 MW από κάθε τετραγωνικά μέτρο της επιφάνειάς του. Μετά από 8 λεπτά της ώρας φθάνει, τελικά, στα όρια της γήινης ατμόσφαιρας ηλιακή ακτινοβολία ισχύος 1353 W, σε κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειάς της.

Από αυτήν, το 30% ανακλάται στην ατμόσφαιρα και την επιφάνεια της Γης και επιστρέφει στο διάστημα. Το υπόλοιπο απορροφάται από την ατμόσφαιρα

Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στη γήινη ατμόσφαιρα είναι αυτή που προκαλεί την εξάτμιση του νερού, κινεί τον αέρα και τα θαλάσσια ρεύματα, δημιουργεί τα καιρικά φαινόμενα. Εξάλλου, το ασήμαντο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετασχηματίζεται σε χημική ενέργεια, με τη φωτοσύνθεση είναι υπεύθυνο για τη ζωή στη Γη και έχει δημιουργήσει, στο πέρασμα των αιώνων, τα ορυκτά καύσιμα.

Παρά το γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στα όρια της ατμόσφαιρας είναι παντού σταθερή, δεν συμβαίνει το ίδιο με αυτήν που φθάνει στο έδαφος, η ισχύς της οποίας σπάνια ξεπερνά τα 1000 W ανά τετραγωνικό μέτρο. Αυτή εξαρτάται από την εποχή του έτους, την ώρα της ημέρας, την παρουσία νεφών, ομίχλης και σκόνης, ενώ εξασθενεί τόσο περισσότερο όσο μικρότερη είναι η γωνία πρόσπτωσης της στην επιφάνεια του εδάφους και, συνεπώς, μεγαλύτερη η διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα.

Ο τελευταίος αυτός παράγοντας είναι και ο σημαντικότερος για τη διαμόρφωση της μέσης έντασης της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στο έδαφος. Γι' αυτό, άλλωστε, το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο μιας περιοχής παίζουν τόσο σπουδαίο ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού σ' αυτήν, καθώς επίσης και των εποχών στα δύο ημισφαίρια της Γης. Όσο πιο κοντά στον Ισημερινό βρίσκεται αυτή, τόσο μικραίνει η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας και αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης έως τις 90°, με αποτέλεσμα οι συνέπειές της να γίνονται πιο έντονες.

Από αυτή την άποψη, η Ελλάδα είναι μία από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας. Ο συνδυασμός του γεωγραφικού της πλάτους και της υψηλής ηλιοφάνειας έχει ως αποτέλεσμα να προσπίπτουν ετησίως, κατά μέσον όρο, 1570 kWh ηλιακής ενέργειας σε κάθε τετραγωνικό μέτρο οριζόντιας επιφάνειας της (Σχ. 4.2). Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδος, η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2.700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές της, κυμαινόμενη από 2200 ως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3.100 ώρες ετησίως.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι δυνατή, σε όλη την ελληνική επικράτεια, η οικονομικά επωφελής εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θερμικές χρήσεις.

Αδιάψευστη απόδειξη του γεγονότος αυτού αποτελεί η ευρεία διάδοση των ηλιακών θερμικών συστημάτων, με πιο συχνή εφαρμογή τους γνωρίμους σε όλους τους Έλληνες ηλιακούς θερμοσίφωνες.

1.1.2 Τα θερμικά Ηλιακά συστήματα

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και, στη συνέχεια, τη μεταφέρουν σε νερό, αέρα ή κάποιο άλλο ρευστό, υπό μορφή θερμότητας. Για το σκοπό αυτό γίνεται χρήση διάφορων μηχανικών μέσων, τα οποία αποτελούν και την ειδοποιό διαφορά των συστημάτων αυτών σε σχέση με τα υπόλοιπα Ηλιακά Συστήματα. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή τους είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, χρησιμοποιούνται όμως ακόμη για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της πλεονάζουσας θερμότητας, γνωστό και ως δεξαμενή, καθώς και τις απαραίτητες σωληνώσεις και συστήματα ελέγχου. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγμένη θερμότητα αντλείται, με φυσικό ή τεχνητό τρόπο, στο δοχείο αποθήκευσης. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιείται το θερμαινόμενο μέσο για να μεταφέρει τη θερμότητα στο νερό χρήσης. Ανοικτά ονομάζονται τα συστήματα εκείνα, στα οποία θερμαίνεται απ' ευθείας το νερό του δικτύου ύδρευσης και, στη συνέχεια, διοχετεύεται προς τελική χρήση. Στο κλειστό σύστημα αντιθέτως, μέσα στις σωληνώσεις του συλλέκτη κυκλοφορεί ειδικό αντιψυκτικό διάλυμα. Στη συνέχεια, με έναν εναλλάκτη μεταδίδεται η θερμότητα από το αντιψυκτικό διάλυμα στο νερό του δικτύου. Τέτοιου είδους συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιοχές όπου υπάρχει πιθανότητα παγετού.

1.1.3 Ηλιακοί συλλέκτες

Η καρδιά κάθε θερμικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συλλεκτών, από τους οποίους οι επίπεδοι είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι. Ένας τυπικός ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από ένα μονωμένο κιβώτιο με μεταλλική βάση, που περιέχει μία απορροφητική επιφάνεια και σωλήνες κάτω από ένα ή περισσότερα διαφανή καλύμματα.

Το θερμαινόμενο μέσο ρέει στους σωλήνες αυτούς, οι οποίοι είτε είναι ενσωματωμένοι, είτε τοποθετούνται επάνω στην απορροφητική επιφάνεια του συλλέκτη. Οι απορροφητικές επιφάνειες είναι συνήθως μεταλλικές, από σίδηρο ή χαλκό και βαμμένες με μαύρη βαφή. Αντί αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδική επιλεκτική επίστρωση, η οποία έχει τη δυνατότητα να απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία αποδοτικότερο, τότε οι συλλέκτες ονομάζονται επιλεκτικοί.

Ένα μέρος της απορροφημένης από το συλλέκτη ηλιακής ακτινοβολίας αποβάλλεται υπό μορφή θερμότητας προς το περιβάλλον, εξαιτίας των θερμικών απωλειών του. Αυτές είναι τόσο μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του ρευστού, σε σχέση με αυτή του περιβάλλοντος, και, προκειμένου να ελαττωθούν, τοποθετείται μόνωση στο οπίσθιο και τα πλευρικά μέρη του μεταλλικού κελύφους, μέσα στο οποίο εδράζεται η επιφάνεια απορρόφησης.

Για θερμοκρασίες του νερού χρήσης από 60 ως 70°C μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλοί ή επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες. Όταν απαιτούνται θερμοκρασίες της τάξης των 90°C χρησιμοποιούνται συλλέκτες κενού, οι οποίοι αποτελούνται από γυάλινους σωλήνες κενού που περιέχουν τον απορροφητή. Με

αυτόν τον τρόπο, ελαχιστοποιούνται οι απώλειες προς το περιβάλλον και επιτυγχάνονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες λειτουργίας.

Συλλέκτες που κατασκευάζονται από απλούς πλαστικούς μαύρους σωλήνες, χωρίς γυάλινο κάλυμμα, χρησιμοποιούνται για να θερμαίνονται πισίνες τις εποχές εκείνες του έτους που τόσο η ηλιακή ακτινοβολία, όσο και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλές, ενώ η επιθυμητή θερμοκρασία του νερού χρήσης είναι εν γένει χαμηλή. Στην περίπτωση αυτή, η απόδοση του ηλιακού συλλέκτη δεν χρειάζεται να είναι ιδιαίτερα υψηλή, καθώς οι απώλειες προς το περιβάλλον είναι μικρές. Αυτή είναι η απλούστερη μορφή ηλιακού συλλέκτη και χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλό κόστος.

1.1.4 Δυνατότητες αξιοποίησης

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να καλύψουν μία ποικιλία από χρήσεις, καθώς επίσης και ένα μεγάλο εύρος από μεγέθη εγκατάστασης. Η κυρίαρχη εφαρμογή τους αυτή τη στιγμή, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως, είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, για κατοικίες, δημόσια κτίρια, ξενοδοχεία ή ολόκληρα οικιστικά συγκροτήματα. Εφαρμόζονται, όμως, και οπουδήποτε αλλού απαιτείται η θέρμανση κάποιου μέσου, προκειμένου αυτό να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για οποιαδήποτε θερμική εφαρμογή. Τέλος, σε συνδυασμό με κάποιο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, με τη βοήθεια ειδικών τύπων των θερμικών ηλιακών συστημάτων.

1.2 Ηλιακή θερμική ενέργεια στον σύγχρονο κόσμο

1.2.1 Εφαρμογή σε οικιακά συστήματα

Σε μια χώρα με κλιματολογικές συνθήκες όπως αυτές της Ελλάδας, η χρήση της βοηθητικής πηγής ενέργειας περιορίζεται κυρίως σε κάποιες μέρες του χειμώνα. Αυτός είναι και ο λόγος που περισσότερες από 600.000 Ελληνικές οικογένειες καλύπτουν με ηλιακούς θερμοσίφωνες το σύνολο σχεδόν των αναγκών τους σε ζεστό νερό χρήσης. Ο αριθμός αυτός μεγαλώνει διαρκώς, καθώς σήμερα στη χώρα μας πωλούνται ετησίως περισσότεροι από 50.000 ηλιακοί θερμοσίφωνες

Η αρχή λειτουργίας ενός οικιακού θερμοσιφωνικού συστήματος είναι απλή. Το νερά θερμαίνεται στο συλλέκτη, διαστέλλεται και γίνεται ελαφρύτερο από το χαμηλότερης θερμοκρασίας νερό της δεξαμενής. Αυτή η διαφορά στην πυκνότητα του νερού έχει ως αποτέλεσμα τη φυσική κυκλοφορία του μέσω του συλλέκτη και τη μεταφορά του θερμού νερού στην αποθηκευτική δεξαμενή, της οποίας το ψυχρότερο νερό αντικαθιστά το ζεσταμένο στο συλλέκτη, συνεχίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την κυκλοφορία του.

Απαραίτητη προϋπόθεση, προκειμένου να είναι εφικτή η φυσική κυκλοφορία του νερού, είναι η αποθηκευτική δεξαμενή να είναι τοποθετημένη σε υψηλότερο από τους συλλέκτες σημείο. Το ευνοϊκό Ελληνικό κλίμα επιτρέπει την τοποθέτηση της δεξαμενής στις οροφές των κατοικιών, χωρίς μεγάλες απώλειες θερμότητας από το θερμό νερό προς το περιβάλλον. Αυτή είναι και η πιο κοινή λύση, που χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στους ηλιακούς θερμοσίφωνες

Σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή ή επιθυμητή η εγκατάσταση της δεξαμενής στην οροφή ενός κτιρίου, το κρύο νερό της δεξαμενής μεταφέρεται στους συλλέκτες με τη βοήθεια μιας αντλίας. Η αντλία αυτή ελέγχεται από κατάλληλο σύστημα αυτοματισμού, το οποίο τη θέτει σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία του νερού στο συλλέκτη είναι μεγαλύτερη από αυτή της δεξαμενής.

1.2.2 Βιομηχανική χρήση

Πέρα από την οικιακή χρήση, που είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι, για παράδειγμα, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για κλιματισμό χώρων, κατάψυξη προϊόντων και άλλες εφαρμογές, εμφανίζει σημαντικές προοπτικές, λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας που υφίσταται ακριβώς την εποχή που απαιτείται η ψύξη.

Στην περίπτωση που για την κάλυψη των αναγκών σε ψύξη επιλεγεί ως λύση ένα θερμικό ηλιακό σύστημα, η συλλεγόμενη θερμότητα τροφοδοτεί ψυκτικές μηχανές κύκλου απορρόφησης, προκειμένου να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου, όταν αυτό βρίσκεται σε αέρια φάση. Τα γνωστά σε όλους ψυγεία τύπου camping λειτουργούν με βάση αυτή την αρχή, η οποία σήμερα εφαρμόζεται και σε μεγαλύτερες έως πολύ μεγάλες μονάδες.

Εξάλλου, είναι δυνατόν η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια να καταστεί εκμεταλλεύσιμη όχι μόνο για την ψύξη, αλλά και για τη θέρμανση χώρων, όποτε αυτό απαιτείται. Έτσι, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τις ημέρες και ώρες που υπάρχει ηλιοφάνεια συλλέγεται θερμότητα, η οποία αποθηκεύεται και, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται τις νυκτερινές ώρες ή όταν η ηλιοφάνεια δεν επαρκεί, προκειμένου να καλύπτονται τα απαιτούμενα θερμικά φορτία. Τα συστήματα αυτά είναι οικονομικά όταν ο χειμώνας διαρκεί αρκετούς μήνες, όπως συμβαίνει στη Βόρεια Ευρώπη, ή και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν γίνεται εκμετάλλευση της συλλεγόμενης θερμότητας και για άλλες χρήσεις.

1.2.3 Ηλιακό χωριό

Το Ηλιακό Χωριό είναι ένας οικισμός του Οργανισμού Εργατικής Κατοικίας που, στα πλαίσια διακρατικής Ελληνο-Γερμανικής συνεργασίας, κατασκευάστηκε το 1988 στην Πεύκη και αποτελεί τη μεγαλύτερη από τις πιλοτικές εφαρμογές μαζικής χρήσης θερμικών και άλλων ηλιακών συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί στη χώρα μας.

Στο Ηλιακό Χωριό εγκαταστάθηκαν, μετρήθηκαν και αξιολογήθηκαν επί σειρά ετών επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρα και κενού, αλλά και διάφορα συστήματα αποθήκευσης και διανομής του ζεστού νερού, για απευθείας χρήση ή θέρμανση κατοικιών το χειμώνα. Ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στη μελέτη των κεντρικών συστημάτων, που εξυπηρετούν ομάδες κατοικιών ή/και το σύνολο του οικισμού.

Κεντρικά ονομάζονται τα θερμικά ηλιακά συστήματα που παρέχουν μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού, ικανές να καλύψουν τις ανάγκες μεγάλων συγκροτημάτων ή ομάδων μικρότερων καταναλωτών. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα πεδίο συλλεκτών, δεξαμενές κεντρικής αποθήκευσης της συλλεγόμενης θερμότητας, εναλλάκτες, κυκλοφορητές και αυτοματισμούς. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι, χάρη στο μεγαλύτερο τους μέγεθος μπορούν να αντιμετωπίσουν αποδοτικότερα τις διακυμάνσεις στη ζήτηση ζεστού νερού που παρουσιάζει ο κάθε χρήστης μεμονωμένα.

Σε ένα από τα κτιριακά συγκροτήματα του Ηλιακού Χωριού, η συλλεγόμενη από συλλέκτες κενού θερμότητα αποθηκεύεται, καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού σε μια μεγάλη υπόγεια δεξαμενή, σε θερμοκρασία μέχρι και 90°C. και καταναλώνεται το χειμώνα, για τη θέρμανση των κατοικιών και την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης. Τα ηλιακά συστήματα που εγκαταστάθηκαν στο Ηλιακό Χωριό λειτουργούν εδώ και μια δεκαετία, εξοικονομώντας σημαντικό ποσό συμβατικών καυσίμων και εξασφαλίζοντας υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης στους χρήστες τους. Αποδεικνύεται έτσι εμπράκτως ότι είναι δυνατή η αποτελεσματική και

ταυτόχρονα οικονομικό βιώσιμη χρήση των συστημάτων αυτών σε ευρεία κλίμακα στην Ελλάδα.

1.2.4 Εμπορικές εφαρμογές

Σημαντικός αριθμός κεντρικών ηλιακών συστημάτων χρησιμοποιείται σήμερα σε εμπορικές εφαρμογές. Στην Ελλάδα, τα περισσότερα από αυτά βρίσκονται εγκατεστημένα σε ξενοδοχεία, σχολεία ή και νοσοκομεία και συμβάλλουν στην κάλυψη μεγάλου ποσοστού των ενεργειακών αναγκών τους για την παραγωγή ζεστού νερού.

Μάλιστα, σε αρκετά από αυτά, δεν καταναλώνονται καθόλου συμβατικά καύσιμα για το σκοπό αυτό, με αποτέλεσμα να εξοικονομούνται μεγάλες ποσότητες καυσίμων και να μειώνονται σημαντικά οι εκπομπές ρύπων προς το περιβάλλον.

Από την άλλη, οι μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού που χρειάζονται τα κολυμβητήρια, για τις ανάγκες θέρμανσης της πισίνας, αλλά και τα γυμναστήρια, τα γήπεδα και όλες οι άλλες αθλητικές εγκαταστάσεις, για τις ανάγκες των αθλητών σε ζεστό νερό, μπορούν άνετα να εξασφαλισθούν με την εγκατάσταση κατάλληλα διαστασιολογημένων κεντρικών ηλιακών συστημάτων. Στην περίπτωση αυτή, πέρα από τη σημαντική βελτίωση στο επίπεδο εξυπηρέτησης των αθλητών, οι λογαριασμοί καυσίμων και ηλεκτρικού ρεύματος μπορούν να μειωθούν δραματικά.

Μία τέτοια εγκατάσταση. 300 τετραγωνικών μέτρων επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, βρίσκεται σε λειτουργία στο Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας και καλύπτει τις ανάγκες του κόσμου που το χρησιμοποιεί σε ζεστό νερό χρήσης. Με συσκευές τηλεμέτρησης, που τοποθετήθηκαν από το ΚΑΠΕ, παρακολουθήθηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα η λειτουργία του συστήματος και επιβεβαιώθηκε στην πράξη η αποδοτική λειτουργία του.

1.2.5 Πιστοποίηση - δοκιμές - μετρήσεις

Προκειμένου να διαδοθεί ευρύτερο η χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων, πρέπει να εξασφαλισθεί η ικανοποίηση των χρηστών, τόσο από την πλευρά της απρόσκοπτης λειτουργίας τους όσο και από αυτήν της απόδοσής τους. Τα τελευταία χρόνια βρίσκεται σε εξέλιξη διεθνώς μια σημαντική προσπάθεια ώστε να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο η ποιότητα των κατασκευαζόμενων συστημάτων, μέσω της πιστοποίησής τους ή της 'παροχής σήματος ποιότητας', όπως αλλιώς λέγεται. Προϋπόθεση για την πιστοποίηση είναι η ύπαρξη προτύπων που να περιέχουν τις τεχνικές προδιαγραφές για τις απαιτήσεις και δοκιμές των συστημάτων αυτών, καθώς και τις μεθόδους μέτρησης της απόδοσης και αξιολόγησής τους. Ήδη εκπονούνται τα σχετικά Ευρωπαϊκά πρότυπα και η Ελλάδα συμμετέχει ενεργά σ' αυτήν την προσπάθεια.

Το Εργαστήριο τηλεπαρακολούθησης θερμικών Ηλιακών Συστημάτων του ΚΑΠΕ διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό για τη μέτρηση της απόδοσης των συλλεκτών και γενικότερα των οικιακών ηλιακών συστημάτων. Ανάλογες μετρήσεις εκτελούνται σε εν λειτουργία συστήματα, τα αποτελέσματα των οποίων αξιοποιούνται τόσο για τη βελτίωση του εκάστοτε συστήματος, όσο και για την πρόοδο της συναφούς τεχνολογίας γενικότερα. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι, η ποιότητα των θερμικών ηλιακών συστημάτων που παράγονται στην Ελλάδα είναι αρκετά υψηλή. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι σήμερα η χώρα μας είναι ο σημαντικότερος εξαγωγέας επίπεδων συλλεκτών στην Ευρώπη και μάλιστα σε πολύ απαιτητικές αγορές, όπως αυτές της Γερμανίας και της Αυστρίας

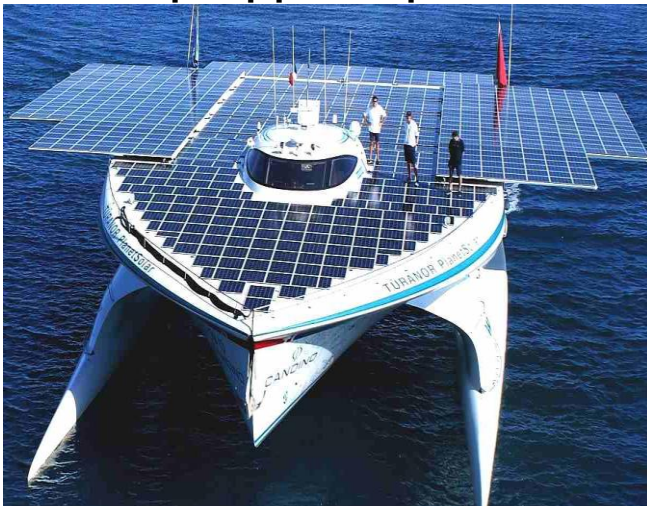
1.2.6 Χρηματοδότηση από τρίτους

Παρά το γεγονός ότι, κατά τη διάρκεια της ζωής τους, τα κεντρικά ηλιακά συστήματα έχουν πρακτικά μηδενικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, για την εγκατάστασή τους απαιτείται ένα σχετικά υψηλό αρχικό κεφάλαιο. Το κόστος όμως αυτό, στην περίπτωση εγκαταστάσεων σε μεγάλα συγκροτήματα οικιών, ξενοδοχεία ή βιομηχανίες, μπορεί να αναληφθεί από κάποιον τρίτο, λόγω χάριν από έναν κατασκευαστή τέτοιων συστημάτων, με τη μέθοδο δηλαδή της χρηματοδότησης από τρίτους.

Στη συνέχεια, εγκαθίσταται μετρητικός εξοπλισμός για την καταγραφή των θερμικών κιλοβατώραν που παράγονται από το ηλιακό σύστημα, οι οποίες χρεώνονται από το χρηματοδότη στο χρήστη με τιμή αντίστοιχη αυτών που θα παράγονταν με συμβατικό τρόπο. Έτσι, κατ' αρχήν, ο χρήστης εξασφαλίζεται σε μεγάλο βαθμό από τον κίνδυνο μη επιτυχούς επένδυσης και, στη συνέχεια, η εγκατάσταση μεταβιβάζεται σ' αυτόν, μετά από προκαθορισμένο αριθμό ετών λειτουργίας, ενώ η απόδοση του συστήματος είναι εγγυημένη από το χρηματοδότη.

Στη χώρα μας, το ΚΑΠΕ χρηματοδότησε το 1993 έναν κατασκευαστή ηλιακών συστημάτων για να εγκαταστήσει, με κατά τα άλλα ίδια κεφάλαια, στο εργοστάσιο της Achaia Clauss στην Πάτρα ένα ηλιακό σύστημα για την προθέρμανση του νερού που χρησιμοποιείται στο εμφιαλωτήριο της εταιρείας. Το Εργαστήριο Τηλεπαρακολούθησης Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων του ΚΑΠΕ εκτέλεσε τις σχετικές μετρήσεις για την αποτίμηση της εξοικονομούμενης ενέργειας και εξέδωσε τα τιμολόγια αποπληρωμής. Η εγκατάσταση λειτούργησε με επιτυχία και, στα 6 χρόνια της διάρκειας του σχετικού συμβολαίου, εξοικονομήθηκε πετρέλαιο diesel αξίας ίσης με το κόστος του έργου.

1.2.7 Ηλιακή ενέργεια στη Ναυτιλία



Η χρήση της ηλιακής ενέργειας στη Ναυτιλία έχει κατά κύριο λόγο τη μείωση του κόστους των καυσίμων, αλλά και τη μείωση των ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα με σκοπό πιο γαλάζιες θάλασσες. Έχουν ναυπηγηθεί πλοία που χρησιμοποιούν για την κίνηση τους ηλιακή ενεργειακούς το MS Turanor είναι το μεγαλύτερο ηλιακό σκάφος και το πρώτο πλοίο που έκανε το γύρο του κόσμου, αποκλειστικά με ηλιακή ενέργεια.

Το MS Turanor πραγματοποίησε τον περίπλου της γης (37.000 μίλια απόσταση) σε 584 ημέρες, με μέση ταχύτητα έως 20 ν. κόμβους, επιτυγχάνοντας το πρώτο παγκόσμιο ταξίδι με ηλιακή ενέργεια. Στην Ελλάδα η **Eco Marine Power (EMP)**,

για πρώτη φορά εγκατέστησε ένα σύστημα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το **Aquarius Management & Automation System (MAS)** που θα έχει ενσωματωμένη μια σειρά ηλιακών πάνελ πάνω στο πλοίο **Blue Star Delos**.

Το **Aquarius Management & Automation System (MAS)** έχει εγκατασταθεί ως μέρος ενός από κοινού με την **Blue Star Ferries** καινοτόμου έργου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η -με ισχύ περίπου 2kW- ηλιακή συστοιχία επί του σκάφους είναι πλέον σε λειτουργία και παρέχει μια πηγή ανανεώσιμης ενέργειας για το πλοίο.

Το **Aquarius MAS** που θα εγκατασταθεί στο **Delos** περιλαμβάνει ένα KEI 3240 CPU/AGU, μια οθόνη αφής LCD, ένα σύνδετικό σύστημα εισόδου εξόδου (input/output link system-ILS), τους σχετικούς κόμβους (hubs), τροφοδοτικά και ρυθμιστές φόρτισης συν μια FC-38 μπαταρία από την Furukawa Battery Co. Ltd., και κατάλληλους για θαλάσσια χρήση ηλιακούς συλλεκτών από την Solbian Energie Aternative Srl.

Πέρα από την παρακολούθηση της απόδοσης των ηλιακών πάνελ, το **Aquarius MAS** θα ελέγχει επίσης την κατάσταση της μπαταρίας όταν το πλοίο βρίσκεται εν πλω και θα απεικονίζει σε πραγματικό χρόνο την κατανάλωση καυσίμων των κύριων κινητήρων, υπολογίζοντας τις εκπομπές καυσαερίων. (CO₂, NO_x και Sox).

Η εγκατάσταση του εξοπλισμού στο πλοίο πραγματοποιήθηκε από την **Blue Star Ferries** με τη δική της τεχνική ομάδα και με τον τεχνικό συνεργάτη της **EMP** στην Ελλάδα, την **Triad Ltd**.

Το **Aquarius MAS**, μαζί με τους ηλιακούς συσσωρευτές και την μπαταρία εγκαταστάθηκαν ως μέρος ενός πρότζεκτ καινοτόμων τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας της **Blue Star Delos (Blue Star Delos Renewable Energy Innovation Project)**. Το **Blue Star Delos** είναι ένα επιβατηγό και οχηματαγωγό φέρι που ανήκει και λειτουργεί από την ελληνική ναυτιλιακή εταιρεία **Blue Star Ferries** – μέλος της **Attica Group**.

Ο Greg Atkinson, Γενικός Διευθυντής Τεχνολογίας στο **Eco Marine Power**, δήλωσε: “Το **Aquarius MAS** και η εγκατάσταση ηλιακής ενέργειας στο **Delos** καταδεικνύει ότι η ηλιακή ενέργεια σε πλοία σε συνδυασμό με ένα ευέλικτο σύστημα καταγραφής δεδομένων και μια πλατφόρμα διαχείρισης συναγερωμών έχει νόημα. Όχι μόνο αυτό το σύστημα θα επιτρέψει στην **Blue Star Ferries** να παρακολουθήσει τη χρήση καυσίμου και τις εκπομπές καυσαερίων, αλλά θα βοηθήσει επίσης την εταιρεία να μειώσει την κατανάλωση καυσίμου πατώντας πάνω στην απεριόριστη και καθαρή ενέργεια που παρέχεται από τον ήλιο. Η ναυτιλιακή εταιρεία «**Wallenius Wilhelmsen**» παρουσιάζει στην Παγκόσμια έκθεση EXPO 2005, στο Aichi της Ιαπωνίας, ένα πρότυπο-μακέτα του πρώτου πλοίου Ro Ro, το οποίο θα κινείται αποκλειστικά με ήπιες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μάλιστα δεν θα έχει και θαλασσινό νερό για έρμα.

Το πλοίο θα χρησιμοποιεί για την κίνηση του την ηλιακή ενέργεια, η οποία θα συλλέγεται μέσω των τεραστίων ιστίων-panels και τα οποία θα εκμεταλλεύονται και την αιολική ενέργεια λειτουργώντας ταυτοχρόνως και σαν πανιά. Επίσης θα εκμεταλλεύεται την ενέργεια των κυμάτων. Η μισή ενέργεια του πλοίου θα παράγεται από «fuel cells», η οποία είναι η πλέον ραγδαία αναπτυσσόμενη «καθαρή» τεχνολογία.

Το πλοίο έχει μήκος 820 ft (270 m) και θα έχει επιφάνεια γκαράζ 85.000 m² (ίση με 16 γήπεδα ποδοσφαίρου) σε 8 decks για 10.000 αυτοκίνητα. Η υπηρεσιακή ταχύτητα θα είναι περίπου 15 knots.

Πρόκειται για το πρώτο απολύτως καθαρό πλοίο, με μόνα παράγωγα: θερμότητα και υδρατμούς. Και μάλιστα χωρίς θαλάσσιο έρμα, το οποίο κατηγορείται για βλαβερές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το κόστος του πλοίου είναι άγνωστο, αλλά θα

είναι σίγουρα ακριβότερο από το κόστος ενός αντίστοιχου συμβατικού (46 εκ. £). Δεν προβλέπεται να κατασκευασθεί πλήρως το πλοίο με όλες τις καινοτομίες πριν περάσουν 20 χρόνια (2025), αλλά μέσα στην επόμενη 5ετία θα είναι δυνατόν να ενσωματωθούν ορισμένες από αυτές στις νέες ναυπηγήσεις.

Η «Wallenius Wilhelmsen» αποτελείται από την Σουηδική « Wallenius Lines» και την Νορβηγική «Wilh. Wilhelmsen» και είναι από τις μεγαλύτερες παγκοσμίως στις μεταφορές οχημάτων. Έχει περίπου 60 πλοία και διακινεί (διά θαλάσσης) 1,7 εκ. οχήματα ετησίως. Μόνο από την Αγγλία (Σαουθάμπτον) προς Αυστραλία και Ν. Ζηλανδία μεταφέρει 160.000 οχήματα ετησίως (Jaguar, Land Rover, BMW). Το όνομα του πλοίου «ORCELLE» είναι και συμβολικό. "Orcelle" είναι η Γαλλική ονομασία του δελφινιού "Irrawaddy", το οποίο απειλείται με εξαφάνιση.

1.3.1 Συμπεράσματα

Οι εφαρμογές στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα θερμικά ηλιακά συστήματα είναι πολλές. Το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών ενός χρήστη σε ζεστό νερό μπορεί να καλυφθεί από τέτοια συστήματα, σε συνδυασμό με κάποιο συμβατικό σύστημα για τις ανάγκες αιχμής ή τις περιόδους περιορισμένης ηλιοφάνειας. Σε χώρες όπως η Ελλάδα, η περίοδος απόσβεσης είναι αρκετά μικρή, ώστε η επένδυση να γίνεται ελκυστική.

Παρότι το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός ηλιακού συστήματος είναι μεγαλύτερο από αυτό ενός ανάλογου συστήματος που χρησιμοποιεί συμβατικά καύσιμα, τα κόστη λειτουργίας του είναι σχεδόν μηδενικό. Επομένως, ακόμα και με καθαρά οικονομικά κριτήρια, κάθε χρήστης ζεστού νερού θα πρέπει να σκεφθεί σοβαρά το ενδεχόμενο να καλύψει το σύνολο ή μέρος των αναγκών του με τη βοήθεια συστημάτων αυτού του είδους.

Με τις σύγχρονες εξελίξεις της τεχνολογίας, η απόδοση των συστημάτων αυτών συνεχώς βελτιώνεται και το κόστος τους περιορίζεται. Επιπλέον, καθ' όλη τη διάρκεια της υπηρεσιακής τους ζωής, μπορεί να εξοικονομηθεί σημαντική ποσότητα συμβατικών καυσίμων και, συγχρόνως, να αποτραπεί η εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Εκτιμάται ότι, με τα συστήματα που είναι εγκατεστημένα στην Ελλάδα σήμερα, αποφεύγεται κάθε χρόνο η εκπομπή περισσότερων από 1.5 εκατ. τόνων διοξειδίου του άνθρακα, ενώ τα οφέλη για την εθνική οικονομία και όλους μας είναι τεράστια.

Επιπροσθέτως, η κατασκευή θερμικών ηλιακών συστημάτων δημιουργεί σημαντικό αριθμό θέσεων εργασίας, καθώς, μάλιστα, το μεγαλύτερο μέρος των συστημάτων που εγκαθίστανται στην Ελλάδα είναι εγχώριας προελεύσεως. Η ηλιοθερμική βιομηχανία στην Ε.Ε. απασχολεί 16.300 άτομα, εκ των οποίων τα 3.000 περίπου στην χώρα μας.

Οι βιομηχανίες κατασκευής ή/και εμπορίας που δραστηριοποιούνται στο χώρο διαθέτουν υψηλού επιπέδου τεχνολογία και επιτυγχάνουν πολύ καλή ποιότητα κατασκευής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παράγονται ανταγωνιστικά προϊόντα, τα οποία διακρίνονται και στις αγορές του εξωτερικού.

Σε μια εποχή, λοιπόν, που τα περιβαλλοντικά προβλήματα εντείνονται και οι συμβατικές πηγές ενέργειας έχουν αρχίσει να εξαντλούνται, τα θερμικά ηλιακά συστήματα προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες εναλλακτικής δράσης.

Κεφάλαιο 2

2.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα

2.1.1 Εισαγωγή

Η ενέργεια που εκπέμπεται από τον Ήλιο και φτάνει έως τη Γη με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι η κύρια πηγή ενέργειας γι' αυτήν, αφού συντελεί στη διατήρηση της θερμοκρασίας της, τροφοδοτεί τις άλλες πηγές ενέργειας και δίνει, μέσω της φωτοσύνθεσης, ζωή στα φυτά και, συνακόλουθα, στα ζώα. Η ηλιακή ακτινοβολία, όμως, γίνεται και άμεσα αντιληπτή ως θερμότητα.

Έτσι, ο άνθρωπος από παλιά τη χρησιμοποίησε για να καλύψει κάποιες θερμικές ενεργειακές του ανάγκες. Μέχρι πριν μερικούς αιώνες, άλλωστε, οι θερμικές ήταν και οι σημαντικότερες χρήσεις της ενέργειας, γενικότερα.

Στη σύγχρονη εποχή, όμως, οι ενεργειακές εφαρμογές έχουν αυξηθεί δραματικά και, παράλληλα, έχουν αποκτήσει μεγάλη ποικιλία, με αποτέλεσμα η ποιότητα ζωής των ανθρώπων να εξαρτάται πλέον από το επίπεδο εξασφάλισης των ενεργειακών τους αναγκών και, κυρίως, από αυτό της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη, τα μεγάλα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί στο περιβάλλον, με κυριότερο από αυτό το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τη μείωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα, έχουν πλέον γίνει πολύ γνωστό και κατανοητά σε όλους.

Καθώς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες συμβατικών καυσίμων, όπως είναι το πετρέλαιο και ο λιγνίτης, αυτή ευθύνεται κατά μεγάλο μέρος για τα προαναφερθέντα περιβαλλοντικά προβλήματα. Εάν, μάλιστα, ληφθεί υπ' όψη ότι τα διαθέσιμα αποθέματα των συμβατικών καυσίμων έχουν μειωθεί αισθητά τα τελευταία χρόνια, προκύπτει ότι το ενεργειακό προβάλλει ως το ζοφερότερο σύγχρονο πρόβλημα του πλανήτη, το οποίο μάλιστα χρήζει άμεσης επίλυσης.

Προς την κατεύθυνση αυτή, ευοίωνες είναι οι προοπτικές που ανοίγονται από την ανάπτυξη των τεχνολογιών εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας [ΑΠΕ].

Πράγματι, καθημερινά προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης μία τεράστια ποσότητα ηλιακής ενέργειας, η οποία, αν και αποτελεί ένα μικρό μόλις κλάσμα της ολικής ενέργειας που παράγεται από τον Ήλιο, εντούτοις είναι 20.000 φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που καταναλώνεται σήμερα σε ολόκληρο τον κόσμο και με οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρική, μηχανική, θερμική κλπ.).

Η εκμετάλλευση της δυνατότητας αποδοτικής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος απευθείας από την ηλιακή ενέργεια μπορεί να υποκαταστήσει σε σημαντικό βαθμό τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής του, δίνοντας ταυτόχρονα λύση σε μεγάλο μέρος των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Ήδη από τον περασμένο αιώνα, για την ακρίβεια το 1839, παρατηρήθηκε ότι η ηλιακή ακτινοβολία αλλάζει τις ιδιότητες ορισμένων υλικών, των ημιαγωγών. Αυτά, όταν φωτίζονται, μπορούν να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω του "φωτοβολταϊκού φαινομένου". Εάν σε ένα κομμάτι ημιαγωγίμου υλικού (συνήθως εμπλουτισμένος κρύσταλλος πυριτίου), τοποθετηθούν δύο ηλεκτρόδια, στις άκρες των οποίων λαμβάνεται το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, η σχετικά απλή διάταξη που προκύπτει ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Αυτό αποτελεί την κύρια συνιστώσα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, όπως ονομάζεται το σύστημα που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι πρώτες εφαρμογές των φωτοβολταϊκών συστημάτων αναπτύχθηκαν μόλις τη διαστημική δεκαετία του '50, με σκοπό την ηλεκτροδότηση των δορυφόρων. Το υψηλό τους κόστος, όμως, εμπόδισε την περαιτέρω διάδοσή τους την εποχή εκείνη. Στις αρχές της δεκαετίας του 70, μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση, έγινε ιδιαίτερος αισθητή παγκοσμίως η ανάγκη απεξάρτησης από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Υπήρξαν τότε τα κίνητρα για την ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής βιομηχανίας και, έτσι, άρχισε δειλά η μαζική παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων για ευρύτερη καταναλωτική χρήση.



2.1.2 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το ηλιακό φως αποτελείται από ενεργειακά σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια, τα οποία έχουν κοινή ταχύτητα αλλά διαφορετική ενέργεια, ανάλογα με το μήκος κύματος της περιοχής του ηλιακού φάσματος στην οποία ανήκουν. Αυτά, όταν προσπίπτουν επάνω σε υλικό με ημιαγωγικές ιδιότητες, άλλα διαπερνούν και άλλα απορροφώνται, ανάλογα με την ενέργεια που μεταφέρουν. Τα φωτόνια με μεγάλη ενέργεια, που απορροφώνται, είναι και αυτά που προκαλούν την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος. Από την άλλη, τα φωτόνια με χαμηλή ενέργεια, που αντιστοιχούν στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία, την υπέρυθη, διαπερνούν τον ημιαγωγό χωρίς καμία επίδραση.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε κρυστάλλους πυριτίου, ένα φωτόνιο διεισδύει σ' ένα άτομο πυριτίου και εκδιώκει ένα ηλεκτρόνιο από την τροχιά του, δημιουργώντας έτσι έναν κενό δεσμό, μία "οπή", στην τετραεδρική κρυσταλλική δομή. Το απελευθερωμένο ηλεκτρόνιο, που έχει αρνητικό φορτίο, αρχίζει να κινείται μέσα στους κρυστάλλους αναζητώντας την οπή του, η οποία αποτελεί ένα θετικό φορτίο. Αλλά και η οπή "κινείται", με τη σειρά της, αλλάζοντας θέσεις κατ' αρχήν μ'

ένα κοντινό ηλεκτρόνιο και εν συνεχεία εναλλάξ με άλλα, πια απομακρυσμένα από την αρχική της θέση.

Έτσι, το ηλεκτρόνιο και η οπή του θα διαχωρίζονταν για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, πριν ξαναενωθούν και απωλέσουν την ενέργεια του φωτός, υπό μορφή θερμότητας. Εάν, όμως, μερικά άτομα πυριτίου αντικατασταθούν στη μια πλευρά του κρυστάλλου με άτομο βορίου και στην άλλη με άτομα φωσφόρου, η μία πλευρά εμφανίζει σταθερά θετικά φορτία και η άλλη σταθερά αρνητικά. Η φόρτιση αυτή της κάθε πλευράς με αντίθετα φορτία οφείλεται στο διαφορετικό σθένος των ατόμων βορίου και Φωσφόρου, τόσο μεταξύ τους όσο και με αυτό των ατόμων πυριτίου.

Πράγματι, τα άτομα βορίου έχουν τρία ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα, αντί για τέσσερα του πυριτίου. Έτσι, η δημιουργία δεσμού με τα άτομα του πυριτίου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας οπής στον κρύσταλλο και, συνεπώς, ένα αντίστοιχο έλλειμμα αρνητικού φορτίου. Από την άλλη, τα άτομα του φωσφόρου έχουν πέντε ηλεκτρόνια στη στιβάδα σθένους, με αποτέλεσμα να περισσεύει ένα ηλεκτρόνιο στο δεσμό τους με τα άτομα πυριτίου, το οποίο προκαλεί και την εμφάνιση αντίστοιχου αρνητικού φορτίου.

Στο σημείο επαφής των δύο αντιθέτως φορτισμένων πλευρών δημιουργείται ένα πολύ μικρό πάχος ενεργειακό φράγμα όπου, λόγω της ισχυρής διαφοράς δυναμικού που εμφανίζεται εκεί, τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν από τη θετικά στην αρνητικά φορτισμένη πλευρά, αλλά όχι και κατά την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτή είναι και η βασική ιδιότητα ενός ημιαγωγού. δηλαδή να επιτρέπεται η κίνηση των ηλεκτρονίων μόνο κατά μία, προκαθορισμένη κατεύθυνση. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ο μόνιμος διαχωρισμός των ηλεκτρονίων από τις οπές τους και αυτά συσσωρεύονται στην αρνητικά φορτισμένη πλευρά του κρυστάλλου πυριτίου, ενώ οι οπές συσσωρεύονται στη θετικά φορτισμένη πλευρά του.

Αυτός ο ημιαγωγός ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Εάν στις δύο πλευρές του συνδεθούν εξωτερικοί ακροδέκτες και το κύκλωμα κλείσει με την εγκατάσταση μίας ηλεκτρικής συσκευής, π.χ. ενός λαμπτήρα, τα ηλεκτρόνια διοχετεύονται στο κύκλωμα, περνούν από την ηλεκτρική συσκευή, όπου παράγουν έργο, για να καταλήξουν στην άλλη πλευρά του κρυστάλλου και να ξανασυνδυναστούν εκεί με τις οπές που άφησαν πίσω. Έτσι παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα με τη χρήση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου. Όσο εξακολουθεί να προσπίπτει σ' αυτά ηλιακή ακτινοβολία, νέο ηλεκτρόνια ελευθερώνονται από την κατάσταση ηρεμίας τους, συνεχίζοντας την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα και κατά τις περιόδους συννεφιάς, ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο εξακολουθεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, έχοντας όμως κατά πολύ μειωμένη απόδοση. Από την άλλη μεριά, σε περιόδους καύσωνα η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ελαττώνεται επίσης αισθητά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται σημαντικά. Το τελευταίο αποτελεί και ένα σοβαρό μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

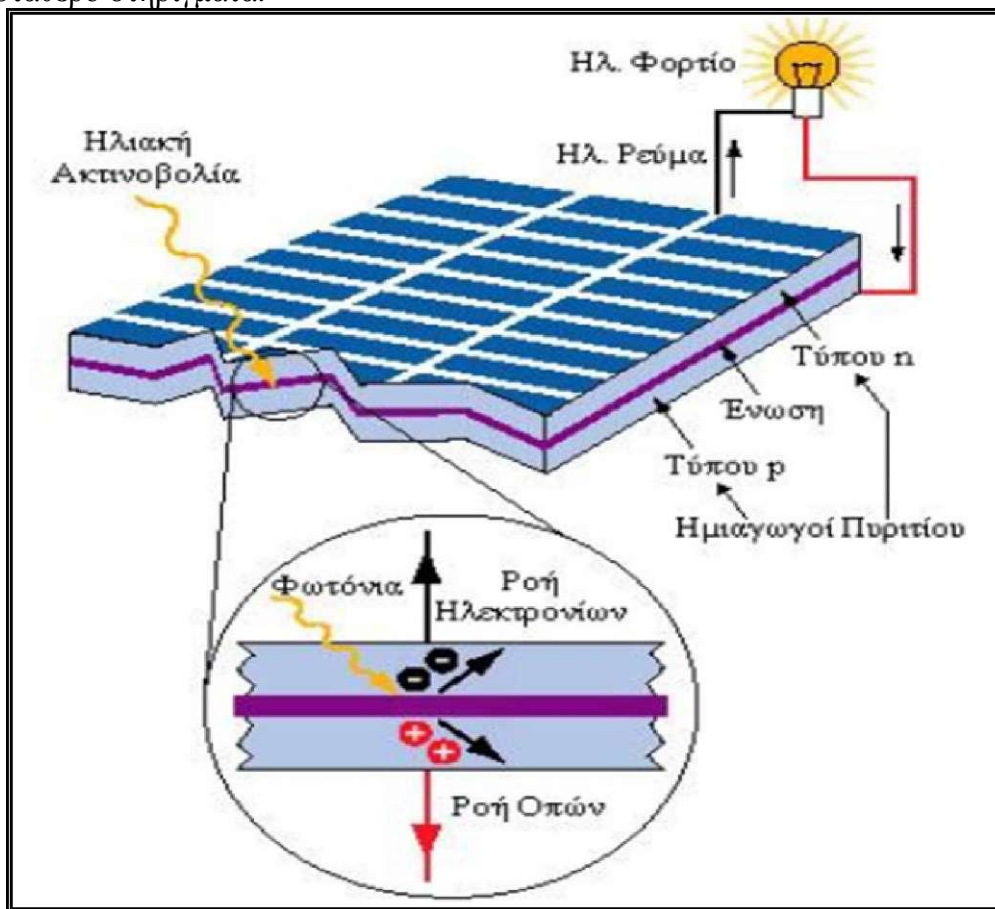
2.1.3 Τα φωτοβολταϊκά συστήματα

Η ενέργεια που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι περιορισμένη. Για το λόγο αυτό, προκειμένου να παραχθεί μία σημαντική ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος, πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία μαζί συνδέονται μεταξύ τους ηλεκτρονικά, σχηματίζοντας έτσι μία φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Για λόγους μηχανικής αντοχής και ευχρηστίας, τα στοιχεία αυτά έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμά τους μεταλλικά ελάσματα ανωδιωμένου αλουμινίου και για λόγους προστασίας, είναι αεροστεγώς και

υδατοστεγώς κλεισμένα μέσα σε ειδικό τζάμι και ειδικά μονωτικά πλαστικά. Η συνολική ηλεκτρική ισχύς μιας φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι ίση με το άθροισμα της ισχύος των φωτοβολταϊκών στοιχείων που την αποτελούν.

Πολλές φωτοβολταϊκές γεννήτριες, όταν συνδεθούν παράλληλα μεταξύ τους, σχηματίζουν μία φωτοβολταϊκή συστοιχία.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια ακτινοβολίας και, συνακόλουθα, η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα τέτοιο κινητό σύστημα μπορεί να έχει από 15 έως 25% καλύτερη απόδοση σε σχέση με τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά πλαίσια όταν είναι τοποθετημένα σε σταθερό στηρίγματα.



Όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις στις οποίες γίνεται παραγωγή μέσης ή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ισχύος, απαιτείται η ύπαρξη πολλών φωτοβολταϊκών συστοιχιών, οι οποίες όλες μαζί σχηματίζουν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο. Αυτές διατάσσονται κατά τέτοιο τρόπο, στο διαθέσιμο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα σκίασης μεταξύ των διαφορετικών σειρών των φωτοβολταϊκών γεννητριών. Ειδικά κατά τις ώρες που η ηλιακή ακτινοβολία λαμβάνει μεγάλες τιμές, εάν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σκιάζουν το ένα το άλλο, υπάρχει μεγάλη πτώση στην απόδοση του συστήματος.

Έτσι, οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες πρέπει να τοποθετούνται σε παράλληλες σειρές, με περίπου νότιο προσανατολισμό, και σε απόσταση μεταξύ τους τέτοια που να περιορίζεται η σκίαση στις πολύ πρώτες πρωινές ή τελευταίες απογευματινές ώρες. Η σκίαση που προκαλείται, και κατά συνέπεια η απόσταση που απαιτείται, είναι τόσο μεγαλύτερη όσο αυξάνει η γωνία τοποθέτησης των πλαισίων. Το φαινόμενο σκίασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι εντονότερο το χειμώνα,

οπότε ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα και, ως εκ τούτου, η σκιά του κάθε πλαισίου εκτείνεται σε σημαντικό μήκος.

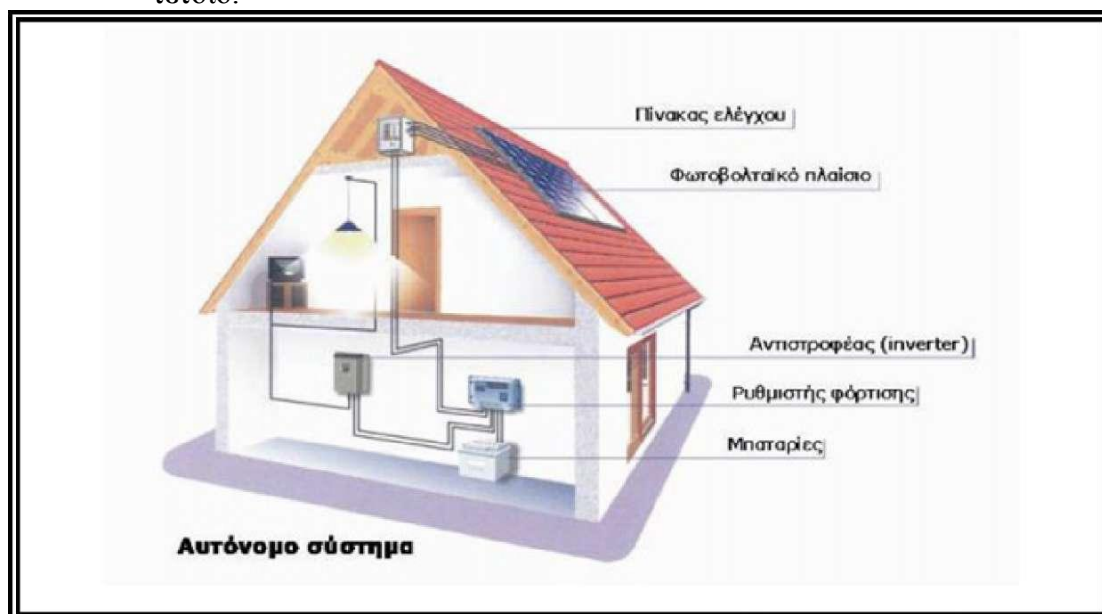
Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες, όπως εξάλλου και τα φωτοβολταϊκά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται, παράγουν πάντοτε ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης και, ανάλογα με την εφαρμογή, αυτό είτε χρησιμοποιείται απευθείας ως έχει, είτε μετατρέπεται σε ρεύμα εναλλασσόμενης τάσης. Ανεξάρτητα, όμως, από την εφαρμογή, οι γεννήτριες συνδυάζονται και με άλλες κύριες ή βοηθητικές ηλεκτρονικές συσκευές, σχηματίζοντας τα λεγόμενα φωτοβολταϊκά συστήματα. Ο κύριος διαχωρισμός των συστημάτων αυτών είναι σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα.

2.1.4 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι κατάλληλα για εφαρμογές που δεν είναι συνδεδεμένες με το κεντρικό δίκτυο και βρίσκονται εγκατεστημένες κυρίως σε απομακρυσμένες ή απομονωμένες περιοχές. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αυτά αναλώνεται εξ ολοκλήρου από το χρήστη, ενώ, στη συντριπτική τους πλειοψηφία, τα συστήματα αυτά διαθέτουν και διατάξεις αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Συνηθέστερα ηλεκτροδοτούν ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές που λειτουργούν με συνεχή τάση, αν και είναι δυνατό, με την εγκατάσταση κατάλληλου μετατροπέα, να παρέχουν ηλεκτρική ισχύ και σε συσκευές που λειτουργούν με εναλλασσόμενη τάση.

Ένα τυπικό αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τα εξής κύρια υποσυστήματα:

- Τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες, οι οποίες μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία κατ' ευθείαν σε ηλεκτρικά ρεύμα συνεχούς τάσης.
- Τη διάταξη αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, που συνήθως είναι κάποια μπαταρία.
- Τον ηλεκτρονικό ρυθμιστή φόρτισης, ο οποίος προστατεύει τις μπαταρίες τόσο από έντονη φόρτιση όσο και από υπερβολική εκφόρτιση.
- Τον αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει τη συνεχή τάση του παραγόμενου ρεύματος σε εναλλασσόμενη, εάν τα ηλεκτρικά φορτία απαιτούν κάτι τέτοιο.



Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα από την ανατολή μέχρι τη δύση του ηλίου. Το συνεχούς τάσης παραγόμενο

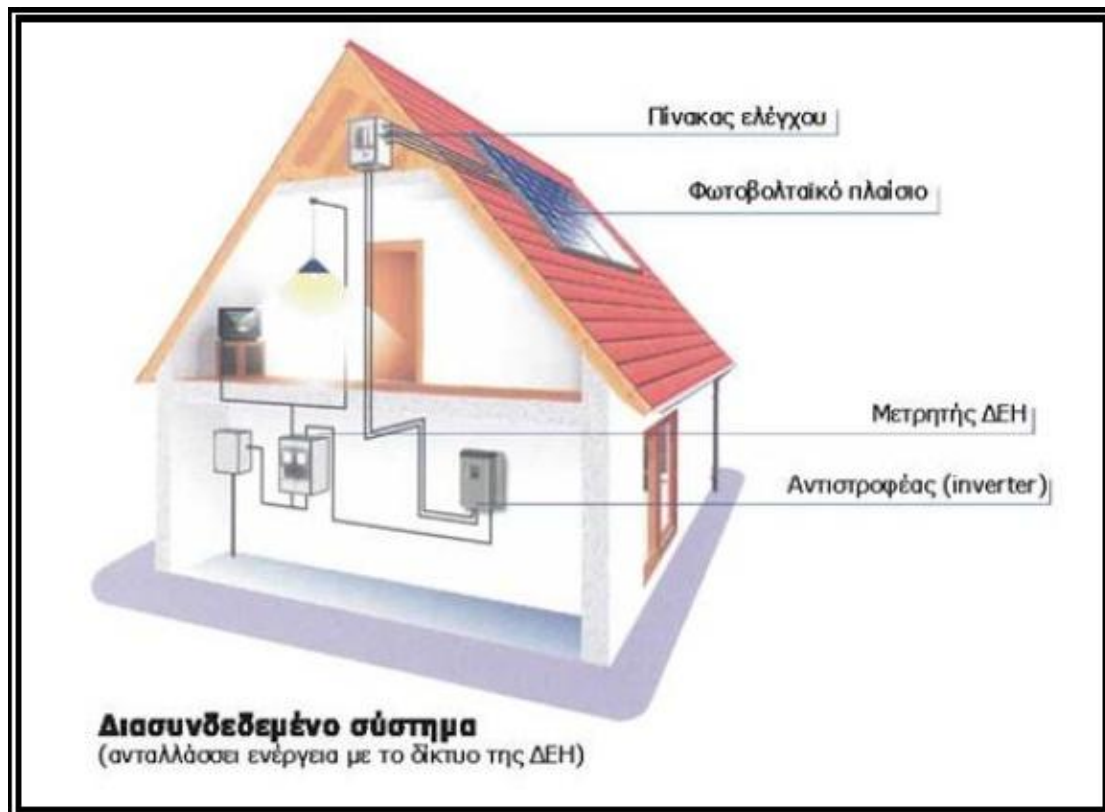
ρεύμα ηλεκτροδοτεί τα υφιστάμενα ηλεκτρικά φορτία, εφ' όσον αυτό λειτουργούν με συνεχή τάση, και, παράλληλα, φορτίζει τις μπαταρίες, αποθηκεύεται δηλαδή με τη μορφή χημικής ενέργειας, κατά τρόπο ελεγχόμενο από το ρυθμιστή φόρτισης. Η αποθήκευση ενέργειας στις μπαταρίες γίνεται προκειμένου να υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύκτας ή, ακόμα, τις ημέρες κατά τις οποίες η ηλιοφάνεια είναι περιορισμένη και δεν επαρκεί για την κάλυψη των προβλεπόμενων αναγκών.

Ο ρόλος του ρυθμιστή φόρτισης στη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος είναι σημαντικός. Όταν οι μπαταρίες έχουν φορτιστεί αρκετά καλά, ο ρυθμιστής διακόπτει την παροχή ρεύματος προς αυτές αποσυνδέοντας τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες, τις οποίες και επανασυνδέει όταν οι μπαταρίες εκφορτιστούν κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο και δεν υφίσταται πλέον κίνδυνος υπερφόρτισής τους. Από την άλλη μεριά, εάν οι μπαταρίες εκφορτιστούν πάρα πολύ, π.χ. σε περιόδους παρατεταμένης συννεφιάς, ο ρυθμιστής αποκόπτει από αυτές τα ηλεκτρικά φορτία συνεχούς τάσης, παρέχοντας τους προστασία από τον κίνδυνο υπερβολικής εκφόρτισης τους. Το φορτία επανασυνδέονται όταν οι μπαταρίες φορτιστούν πάνω από κάποιο προκαθορισμένο όριο ασφαλείας.

Ο ρυθμιστής φόρτισης, εκτός από την προστασία των μπαταριών, χρησιμεύει και ως κεντρικός πίνακας διακλαδωτής για τα φορτία συνεχούς τάσης, κατευθύνοντας το ηλεκτρικό ρεύμα είτε προς χρήση είτε προς αποθήκευση, ανάλογα με την κατάσταση και τις ανάγκες. Εάν τα ηλεκτρικά φορτία λειτουργούν με εναλλασσόμενη τάση, τότε είναι υποχρεωτική η σύνδεση στο σύστημα ενός αντιστροφέα. ο οποίος μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη. Αυτό γίνεται προκειμένου να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα συστήματα αυτά κοινές συσκευές του εμπορίου, η πλειοψηφία των οποίων λειτουργεί αποκλειστικά με εναλλασσόμενο ρεύμα.

2.1.5 Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι κατάλληλα για εφαρμογές όπου υπάρχει πρόσβαση σε κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, το οποίο και τροφοδοτούν με ενέργεια. Τα συστήματα αυτά δεν απαιτούν την ύπαρξη κάποιας διάταξης αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (δηλ. μπαταριών), με αποτέλεσμα να περιορίζεται τόσο το κόστος κατασκευής όσο και αυτό της λειτουργίας τους, καθώς δεν χρειάζονται αναλώσιμα υλικά. Μπορεί κανείς να θεωρήσει ότι, σ' αυτού του είδους τις εφαρμογές, ως "αποθήκη" ενέργειας χρησιμοποιείται το ίδιο το κεντρικό δίκτυο.



Ανάλογα με την εφαρμογή, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είτε αυτοκαταναλώνεται εν μέρει από το χρήστη και η πλεονάζουσα διοχετεύεται προς το κεντρικό δίκτυο, είτε αυτή παρέχεται (πωλείται) καθ' ολοκληρίαν στο δίκτυο. Ένα τυπικό διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες και τα ηλεκτρονικά διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο. Με τον όρο ηλεκτρονικά διασύνδεσης εννοούνται κυρίως οι διασυνδεδεμένοι αντιστραφείς ή αντιστραφείς δικτύου.

Το ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης που παράγεται κατά την απ' ευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική στις φωτοβολταϊκές γεννήτριες, μεταφέρεται στους διασυνδεδεμένους αντιστραφείς και αυτοί, με τη σειρά τους, τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό ρεύμα εναλλασσόμενης τάσης, ημιτονικό και συγχρονισμένο με αυτό του κεντρικού δικτύου. Από τους αντιστροφείς, μέσω κάποιου μετρητού ισχύος, το ηλεκτρικό ρεύμα διοχετεύεται στο κεντρικό δίκτυο. Ο μετρητής ισχύος (π.χ. ένα κιλοβατόμετρο) καταγράφει τις κιλοβατώρες (kWh) που παράγονται από το φωτοβολταϊκό σύστημα και παρέχονται προς κατανάλωση.

Η παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό σύστημα ηλεκτρική ενέργεια αυτοκαταναλώνεται από τα διάφορα λειτουργούντα ηλεκτρικά φορτία του χρήστη. Εάν η παραγωγή δεν επαρκεί για την κάλυψη όλων των ηλεκτρικών φορτίων, τότε γίνεται προμήθεια της επιπλέον απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το κεντρικό δίκτυο. Κατά τη διάρκεια της νύκτας ή τις ημέρες με πυκνή συννεφιά, οπότε το σύστημα δεν είναι σε θέση να παράγει ενέργεια, όλη η απαιτούμενη από τα φορτία ηλεκτρική ισχύς προέρχεται από το ηλεκτρικό δίκτυο. Το αντίθετο συμβαίνει όταν η παραγόμενη από το σύστημα ενέργεια δεν καταναλώνεται εξ' ολοκλήρου από το χρήστη, οπότε εμφανίζεται πλεόνασμα, το οποίο διοχετεύεται στο δίκτυο και πωλείται ή γίνεται συμψηφισμός με την ήδη καταναλωθείσα από το δίκτυο ενέργεια.

2.1.6 Πλεονεκτήματα – χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα βασικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία τα ξεχωρίζουν από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, αλλά ακόμα και από τις άλλες τεχνολογίες εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι ότι:

- Έχουν μηδενικό κόστος λειτουργίας, διότι δεν καταναλώνουν πρώτη ύλη.
- Μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία απ' ευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Δεν παράγουν υποπροϊόντα και δε μολύνουν το περιβάλλον, αλλά βρίσκονται σε πλήρη αρμονία με το οικοσύστημα. Επίσης, δεν προκαλούν ηχορύπανση, αφού η λειτουργία τους είναι εντελώς αθόρυβη.
- Είναι εύχρηστα.
- Δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον και μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν μέσα σε πόλεις.
- Μπορούν να ενσωματωθούν στην αρχιτεκτονική του κτιρίου και να χρησιμοποιηθούν ακόμα και ως δομικά στοιχεία, μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής μιας εγκατάστασης.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας, π.χ. με ένα αιολικό πάρκο, σε υβριδικά συστήματα.
- Επεκτείνονται εύκολα και ανά πάσα στιγμή, για να καλύψουν κάποια αύξηση των αναγκών σε ενέργεια των χρηστών.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγάλη αξιοπιστία.
- Έχουν πρακτικά μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης.
- Παρέχουν πλήρη ενεργειακή ανεξαρτησία στο χρήστη, όπου και αν βρίσκεται αυτός. Μπορούν έτσι να εγκατασταθούν σε δυσπρόσιτες περιοχές ή όπου δεν είναι δυνατά, ή/και οικονομικά συμφέρον, να φτάσει το ηλεκτρικό δίκτυο.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα αποκεντρωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

2.2 Υλικά-τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων

Οι κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή Φ/Β στοιχείων είναι:

- Τεχνολογία παραγωγής ημιαγωγικών υλικών με κρυσταλλική δομή, την πλειοψηφία των οποίων αποτελεί το πυρίτιο.
- Τεχνολογία λεπτών υμενίων (thin film), η οποία ονομάζεται έτσι επειδή το πάχος των στοιχείων είναι πολύ μικρό (μερικά μόνο μm).
- Άλλες τεχνολογίες που σκοπό έχουν να γίνει λιγότερο ενεργοβόρα η παραγωγή του καθαρού πυριτίου, περιορίζοντας τις απώλειες σε ακριβό καθαρό πυρίτιο (π.χ. μέθοδος EFG, edge film fed growth και μέθοδος String Process).

Οι κρύσταλλοι και η μορφή λεπτού φιλμ διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά την απόδοση απορρόφησης του φωτός, την απόδοση μετατροπής της μια μορφής ενέργειας στην άλλη, την τεχνολογία κατασκευής και το κόστος κατασκευής

2.2.1 Το πυρίτιο (Si)

Το πυρίτιο είναι ένας ημιαγωγός με έμμεσο ενεργειακό διάκενο 1,1 eV. Αν και οι δύο αυτές ιδιότητές του, δηλαδή έμμεσο και σχετικά μικρή τιμή ενεργειακού διακένου δεν είναι ιδεώδεις για την φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, το πυρίτιο είναι ο ημιαγωγός που κυριάρχησε από την αρχή αλλά μέχρι και σήμερα, σαν υλικό κατασκευής Φ/Β στοιχείων. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό έχουν να κάνουν με το γεγονός ότι το πυρίτιο είναι το κύριο υλικό των διατάξεων ηλεκτρονικής για πολλές δεκαετίες.

Επομένως, οι ιδιότητες του είναι καλά μελετημένες και το υλικό κυκλοφορεί στην αγορά σε αρκετά μεγάλες ποσότητες, με ικανοποιητική χημική καθαρότητα και τελειότητα κρυσταλλικής δομής, με την χρησιμοποίηση τεχνολογικών μεθόδων δοκιμασμένων με επιτυχία. Επιπλέον τα Φ/Β στοιχεία πυριτίου έχουν λειτουργήσει με απόλυτα ικανοποιητική αξιοπιστία σε ακραίες καιρικές συνθήκες, τόσο σε διαστημικές όσο και σε επίγειες εφαρμογές.

Εκτός του οξυγόνου, το πυρίτιο είναι το πιο άφθονο στοιχείο στην επιφάνεια του εδάφους. Σχεδόν πάντα, όμως απαντάται με τη μορφή οξειδίου στο περιβάλλον, συγκεκριμένα ως διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂). Για την αξιοποίησή του, επομένως, απαιτείται επεξεργασία έτσι ώστε να αποκτήσει υψηλή καθαρότητα.

2.2.2 Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

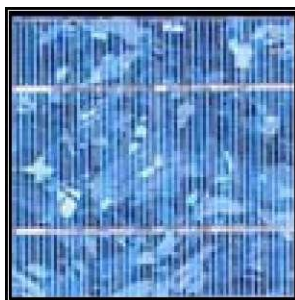
Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο έχει μια ομοιόμορφη μοριακή δομή. Συγκρινόμενο με υλικά που δεν είναι σε μορφή κρυστάλλου, η υψηλή του ομοιομορφία έχει ως αποτέλεσμα τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης (δηλαδή την αναλογία της ηλεκτρικής ισχύος που παράγεται από το ηλιακό στοιχείο προς την διαθέσιμη από την ηλιακή ακτινοβολία ισχύ). Η απόδοση των μονοκρυσταλλικών στοιχείων του εμπορίου κυμαίνεται από 14-18%.



Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

2.2.3 Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο αποτελείται από περιοχές μονοκρυσταλλικού πυριτίου, αλλά δεν έχει την ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης από τα στοιχεία που αποτελούνται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Ο βαθμός απόδοσης για μια βαθμίδα εμπορίου κυμαίνεται μεταξύ 10-14 %.



Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο

2.2.4 Λεπτής μεμβράνης (Άμορφο πυρίτιο)

Η τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών χρησιμοποιεί πολύ λεπτά στρώματα (πάχους λίγων μικρών) του ημιαγωγού και με τον τρόπο αυτών μειώνεται το κόστος.

Τα πιο γνωστά υλικά που χρησιμοποιούνται στις κυψέλες αυτές είναι:

- Άμορφο πυρίτιο (a-Si).
- Copper indium diselenide (CIS)
- Cadmium telluride (CdTe)
- Gallium arsenide (GaAs)

Με τα δύο πρώτα να είναι τα σημαντικότερα.

Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει από το κρυσταλλικό στο ότι τα άτομα δεν είναι τοποθετημένα σε ακριβής αποστάσεις μεταξύ τους και οι γωνίες των δεσμών τους δεν είναι συγκεκριμένες. Σήμερα ένα εμπορικό Φ/Β πλαίσιο με κυψέλες άμορφου πυριτίου έχει απόδοση 6-8%, ενώ οι κυψέλες μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν αποδόσεις που κυμαίνονται στο 11-14%.

Λεπτό στρώμα άμορφου πυριτίου τοποθετείται σε φύλλο γυαλιού το οποίο έχει καλυφθεί από διάφανο οξειδίο του κασσιτέρου. Στην πίσω επιφάνεια τοποθετείται μεταλλικός αγωγός και στην συνέχεια όλη η διάταξη κόβεται με laser για την παραγωγή μιας σειράς ηλεκτρικά συνδεδεμένων άλλα ξεχωριστών στοιχείων και στο τέλος γίνεται η ενσωμάτωσή τους σε μια Φ/Β μονάδα.

2.2.5 Υβριδικά

Για να επιτευχθεί ουσιαστική βελτίωση της απόδοσης των Φ/Β κυψελών έπρεπε να γίνει κάποια σημαντική αλλαγή. Σε μια προσπάθεια να γίνει αυτό έγινε μελέτη στην χρήση υβριδικών δομών, στις οποίες κυψέλες με διαφορετικά χαρακτηριστικά απορρόφησης φωτός συνδέονται μαζί. Αυτό επιτρέπει να πετύχουμε καλύτερα χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας τα ήδη υπάρχοντα υλικά και διαδικασίες.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μιας δομής με πολλά στρώματα είναι τα εξής:

- Είναι δυνατόν να απορροφηθεί το φως σε μια πιο πλατιά φασματική περιοχή.
- Είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλότερες τάσεις ανοιχτού κυκλώματος.
- Είναι δυνατό να πέσει σε κάποιο βαθμό ο ρυθμός μείωσης της απόδοσης των κυψελών, ο οποίος οφείλεται σε φαινόμενα οπτικής υποβάθμισης που παρατηρούνται όταν χρησιμοποιούνται υλικά άμορφου πυριτίου

2.2.6 Φωτοβολταϊκή γεννήτρια

Το βασικό χαρακτηριστικό συστατικό κάθε Φ/Β εγκατάστασης είναι η Φ/Β γεννήτρια, που αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες με τα Φ/Β ηλιακά στοιχεία. Θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια «μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας» κατά αναλογία με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής από θερμοηλεκτρικά εργοστάσια.

Μια Φ/Β γεννήτρια αποτελείται από Φ/Β πλαίσια που ενώνονται και συγκροτούν συστοιχίες

2.2.7 Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο

Η τάση και η ισχύς ενός Φ/Β στοιχείου είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Για αυτό το λόγο τα Φ/Β στοιχεία τοποθετούνται σε ένα ενιαίο πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο. Στο πλαίσιο αυτό, τα στοιχεία συνδέονται σε σειρά, σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την απόκτηση επιθυμητής τάσης.

Τα πλαίσια είναι προκατασκευασμένα στο εργοστάσιο. Τα ηλιακά στοιχεία στερεώνονται με κολλητική ουσία σε ένα ανθεκτικό φύλλο από μέταλλο (συνήθως αλουμίνιο) ή από ενισχυμένο πλαστικό, που αποτελεί την πλάτη του πλαισίου, ενώ η εμπρός όψη τους καλύπτεται από ένα προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού. Το εμπρός και πίσω φύλλο συγκρατούνται μεταξύ τους, στεγανά και μόνιμα, με τη βοήθεια μιας ταινίας από φυσικό ή συνθετικό ελαστικό και συσφίγγονται με ένα περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Διαμορφώνεται έτσι το Φ/Β πλαίσιο (module), που είναι η δομική μονάδα που κατασκευάζεται βιομηχανικά και κυκλοφορεί στο εμπόριο για να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης στη συγκρότηση Φ/Β γεννητριών.

Λόγω των απαιτούμενων υλικών και εργασιών για την κατασκευή του, το κόστος προκύπτει μεγαλύτερο από τα Φ/Β στοιχεία που περιέχουν.

Συνώνυμο σχεδόν με το Φ/Β πλαίσιο είναι το Φ/Β πάνελ (panel). Όπως και το πλαίσιο, έχει συναρμολογηθεί και προκατασκευαστεί στο εργοστάσιο και είναι έτοιμο για τοποθέτηση σε Φ/Β εγκατάσταση, αλλά με τη διαφορά ότι ένα πάνελ μπορεί να αποτελείται από περισσότερα χωριστά πλαίσια (το ένα δίπλα στο άλλο) που είναι σε κοινή συσκευασία και κοινή ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ τους. Τα τελευταία χρόνια σχεδόν όλες οι εταιρίες που κατασκευάζουν Φ/Β στοιχεία, δεν διαχωρίζουν τα πλαίσια από τα πάνελ. Το προϊόν που παράγεται ονομάζεται φ/β πλαίσιο (module) και διατίθεται σε ποικιλία, όσον αφορά την ισχύ που παράγει, την τάση και τελικά τις διαστάσεις του. Για αυτό το λόγο παρακάτω θα γίνεται αναφορά μόνο σε Φ/Β πλαίσια.



2.2.8 Φωτοβολταϊκή συστοιχία

Σε μια Φ/Β εγκατάσταση που έχει σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή λειτουργεί ως σταθμός παραγωγής, μπορεί να χρησιμοποιηθούν εκατοντάδες ή και χιλιάδες Φ/Β πλαίσια. Όπως είναι αναμενόμενο τα Φ/Β πλαίσια πρέπει να

ομαδοποιηθούν και να συνδεθούν κατάλληλα. Για την αύξηση της αξιοπιστίας ενός Φ/Β συστήματος είναι σκόπιμο οι συνδέσεις των Φ/Β στοιχείων μέσα στα πλαίσια, αλλά και ανάμεσα στα πλαίσια να μην είναι μόνο στη σειρά αλλά και παράλληλες. Με αυτόν τον τρόπο, αν ένα Φ/Β στοιχείο σκιαστεί ή αν πάθει βλάβη δεν θα μηδενιστεί η ισχύς που παράγει το σύστημα.

Έτσι τα Φ/Β πλαίσια ομαδοποιούνται σε Φ/Β συστοιχίες και τοποθετούνται σε κοινή βάση στήριξης, η οποία είναι συνήθως μεταλλική. Η σύνδεση των πλαισίων στη σειρά ή παράλληλα γίνεται έτσι ώστε η τάση εξόδου της γεννήτριας να αποκτήσει την επιθυμητή τιμή.



2.3 Απόδοση Φωτοβολταϊκών

2.3.1 Επίδραση της θερμοκρασίας στην απόδοση

Ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος μπορεί να μεταβάλλει αξιοσημείωτα την απόδοση ενός Φ/Β πλαισίου είναι η θερμοκρασία των Φ/Β στοιχείων του.

Έχει μετρηθεί ότι κυρίως λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται πάνω τους, στις αντιστάσεις σειράς, τα Φ/Β στοιχεία αποκτούν κατά την λειτουργία τους θερμοκρασία αρκετά μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος.

Η θερμοκρασία ακόμα επηρεάζεται από την ταχύτητα του ανέμου και γίνεται καλύτερη απαγωγή θερμότητας όσο η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη. Ως γενικός κανόνας στους υπολογισμούς Φ/Β εγκαταστάσεων, λαμβάνεται συνήθως αύξηση της θερμοκρασίας του Φ/Β πλαισίου κατά 30°C από αυτή του περιβάλλοντος.

2.3.2 Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να μειώσει την ηλεκτροπαραγωγή των Φ/Β πλαισίων, ιδίως όταν έχουν μικρή κλίση, είναι η ρύπανση της επιφάνειας τους από τη επικάθηση σκόνης, φύλλων, χιονιού κ.ά. Η μείωση είναι σημαντικότερη σε αστικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται ισχυρά

στην γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων, χωρίς να μπορεί η βροχή εύκολα να τα ξεπλύνει.

Επομένως είναι σημαντικό όταν η Φ/Β γεννήτρια πρόκειται να εγκατασταθεί σε μια περιοχή, που εκτιμάται ότι η ρύπανση της θα είναι σημαντική να προβλεφθεί στους υπολογισμούς η αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με τη χρησιμοποίηση ενός αδιάστατου συντελεστή καθαρότητας (σ_p). Ο συντελεστής αυτός ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο Φ/Β πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που παράγει όταν η επιφάνεια του είναι τελείως καθαρή. Η τιμή του σ_p είναι τόσο μικρότερη από τη μονάδα, όσο εντονότερη είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, όσο μικρότερη είναι η κλίση του Φ/Β πλαισίου, όσο σπανιότερες είναι οι βροχές στην περιοχή κλπ. Τελικά η απόδοση ενός Φ/Β πλαισίου, λαμβάνοντας υπόψη την ρύπανση της επιφάνειάς του, προκύπτει:

$$\eta_m = \sigma_p \times \eta_{m,\kappa}$$

όπου $\eta_{m,\kappa}$ η απόδοση του, όταν είναι καθαρό.

2.3.3 Γήρανση Φ/Β πλαισίου

Αφορά στη μείωση της απόδοσης των Φ/Β πλαισίων στο χρόνο της ζωής τους και εκφράζεται, συνήθως, με το ποσοστό γήρανσης ανά έτος χρήσης. Προσδιορίζει την ελάττωση της απόδοσης του Φ/Β, άρα και της ισχύος αιχμής του.

Στο κρυσταλλικό πυρίτιο εμφανίζονται αλλοιώσεις στη δομή του υλικού των κρυσταλλικών Φ/Β στοιχείων του πλαισίου, που οφείλονται σε διάφορα αιτία, κυρίως σε υπερθέρμανση. Μετρήσεις μακράς διάρκειας μας δίνουν μείωση της αποδοτικότητας του κάτω από πρότυπες συνθήκες STC, ~1% κατ' έτος χρήσης (ρυθμός γήρανσης).

2.3.4 Οπτικές ενεργειακές απώλειες

Καθορίζονται από την απόκλιση της απόδοσης, σε σχέση με αυτή των πρότυπων συνθηκών, λόγω των επόμενων αιτιών:

- Διαφοροποίηση ανακλαστικότητας Φ/Β πλαισίου σε σχέση με την αντίστοιχη σε STC.
- Επίδραση διαφοροποίησης φάσματος ακτινοβολίας σε σχέση με κάθετη πρόσπτωση.
- Διαφοροποίηση της πόλωσης της προσπίπτουσας-διερχόμενης ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ημέρας. Η μέση ετήσια επίδραση του παράγοντα αυτού προσδιορίζεται σε ~2%.
- Στις χαμηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, ιδιαίτερα κάτω από 200 W/m², μειώνεται η απόδοση του Φ/Β στοιχείου. Στα Φ/Β πλαίσια καλής ποιότητας οι απώλειες είναι μικρής σημασίας. Σε άλλες όμως περιπτώσεις αποδεικνύονται σχετικά σημαντικές, υπολογίζονται σε 3%, κατά μέσο όρο στο έτος.
- Καθαρότητα όψεως του Φ/Β πλαισίου είναι πολύ σημαντική γιατί η επικάλυψη σκόνης στην όψη του Φ/Β πλαισίου και διάφορων άλλων αντικειμένων, π.χ. φύλλων, κλαδιών ή νάιλον κ.α., που σκιάζουν ένα ή περισσότερα Φ/Β στοιχεία ενός πλαισίου δημιουργούν εντονότατο πρόβλημα λειτουργίας και απόδοσης. Η μείωση της απόδοσης είναι ιδιαίτερα αισθητή.
- Είναι σημαντικό να αποφεύγεται η ολική και η μερική σκίαση ενός Φ/Β συστήματος

- Η χρήση διόδων παράκαμψης (Bypass diodes) μειώνει και την επίδραση από σκίαση
- Η μερική σκίαση μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση και καταστροφή του Φ/Β πλαισίου (hot spot effect)

2.4 Εφαρμογές Φωτοβολταϊκών συστημάτων

2.4.1 Μορφές εφαρμογών φωτοβολταϊκών συστημάτων

Το φωτοβολταϊκά συστήματα, λόγω των προαναφερθέντων πλεονεκτημάτων τους, βρίσκουν πάρα πολλές εφαρμογές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν παντού, όπου απαιτείται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η τεχνολογία τους έχει ωριμάσει αρκετά και μπορούν να εξυπηρετούν και τα πλέον απαιτητικά ηλεκτρικά φορτία, χωρίς κανένα πρόβλημα. Το φωτοβολταϊκά συστήματα δίνουν αξιόπιστες και ικανοποιητικές λύσεις στο πρόβλημα του ηλεκτρισμού εκεί όπου δεν υπάρχει ηλεκτρική ενέργεια ή η μεταφορά της συνεπάγεται μεγάλο κόστος ή, ακόμα, εκεί όπου είναι αδύνατον να εγκατασταθεί άλλη πηγή ενέργειας. Τέλος, τα συστήματα αυτά είναι σκόπιμο να εγκαθίστανται εκεί όπου απαιτείται υψηλή αξιοπιστία, καθώς και ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων για συντήρηση και επίβλεψη.

Γεγονός, όμως, είναι ότι το υψηλό κόστος που, προς το παρόν, απαιτείται για την αγορά και την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, έχει περιορίσει μέχρι σήμερα τη χρήση τους σε ειδικές εφαρμογές, που χαρακτηρίζονται συνήθως από:

- Μικρές ενεργειακές απαιτήσεις.
- Αδυναμία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από άλλη πηγή.
- Απαιτήσεις μεγάλης αξιοπιστίας.
- Επιθυμία ελάχιστης συντήρησης και παρακολούθησης.
- Σε εφαρμογές που παρουσιάζουν κάποια από, ή και όλα, τα παραπάνω χαρακτηριστικά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα γνωρίζουν σημαντική εξάπλωση.

Έτσι, οι πιο ευρέως διαδεδομένες εφαρμογές τους είναι ορισμένες συσκευές χειρός, όπως π.χ. φανοί, ρολόγια, ηλεκτρονικά παιχνίδια, αριθμητικές μηχανές κ.ά., που συχνά τροφοδοτούνται από φωτοβολταϊκά στοιχεία και ενεργοποιούνται με τη βοήθεια του φωτός, αντί να καλύπτουν τις ανάγκες τους με μπαταρίες. Επίσης, σε τροχόσπιτα και σκάφη αναψυχής, σε αγροτικές ή εξοχικές κατοικίες, καθώς και σε μικρά ή/και απομονωμένα, ως επί το πλείστον, ξενοδοχεία χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά συστήματα, προκειμένου να αποφευχθεί η εξάρτηση από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο.

Εξάλλου, τέτοια φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται και σε ορεινά καταφύγια, παρατηρητήρια δασοπυρόσβεσης, τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς ή/και σε φάρους.

Ακόμα και μέσα στην πόλη, όμως, φωτοβολταϊκά συστήματα μικρού μεγέθους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ηλεκτροδότηση τηλεφωνικών θαλάμων, μηχανημάτων εκδόσεως εξιτηρίων, ηλεκτρονικών πινακίδων πληροφοριών, καθώς επίσης για το Φωτισμό οδών και, γενικότερα εξωτερικών χώρων διαφόρων ειδών. Επίσης, με τη βοήθεια φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι δυνατό να ηλεκτροδοτηθούν συστήματα φωτεινής σηματοδότησης της κυκλοφορίας, αλλά και προληπτικής ή προειδοποιητικής σήμανσης, που τοποθετούνται όταν π.χ. γίνονται έργα ή υπάρχει μεγάλη κυκλοφορία σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο.

Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να εξυπηρετήσουν άριστα μεμονωμένες κατοικίες ή μεγαλύτερες μονάδες, όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία, κλπ. Παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι μία κατοικία στις Μαργαρίτες Ρεθύμνου, όπου το φωτοβολταϊκό σύστημα, ισχύος 1000W περίπου που εγκαταστάθηκε το 1992, ηλεκτροδοτεί όλες σχεδόν τις εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές.

Πιο πρόσφατα, τον Ιούνιο του 1996, εγκαταστάθηκε ένα ανάλογο, αλλά αρκετά μεγαλύτερο, φωτοβολταϊκό σύστημα στο ξενοδοχείο Elounda Island Villas. Το εν λόγω σύστημα, ισχύος 6.500 W, εξυπηρετεί όλες τις ανάγκες ηλεκτροδότησης του, δυναμικότητας 50 κλινών ξενοδοχείου.

Επιπλέον, συστήματα αυτού του είδους, μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος, μπορούν να εξυπηρετήσουν ικανοποιητικά τις ανάγκες ολόκληρων μικρών οικισμών, όπως έχει γίνει στην περίπτωση του παραδοσιακού οικισμού στον Άσπρο Ποταμό Κρήτης. Ο εν λόγω οικισμός αποτελείται από 14 οικίες, ανακαινίστηκε το 1939 και έκτοτε γίνεται συστηματική εκμετάλλευσή του για τουριστικούς λόγους. Τον Οκτώβριο του 1991 εγκαταστάθηκε φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος 1500 W, το οποίο ηλεκτροδοτεί τα ψυγεία και τα φώτα του οικισμού, καθώς και μερικές τηλεοράσεις. Κατά το σχεδιασμό του δόθηκε μεγάλη προσοχή, εκτός από την αξιοπιστία του συστήματος, και στην αισθητική του, με αποτέλεσμα να τοποθετηθεί σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο και να μη φαίνεται σχεδόν από πουθενά.

Η σημαντικότερη, βέβαια, χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων αφορά τη λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους, όπου το ηλεκτρικό ρεύμα αυτοκαταναλώνεται από τον παραγωγό ή διοχετεύεται στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο ή συμβαίνουν και τα δύο παράλληλα, ανάλογα με τις ανάγκες. Στην Ελλάδα, η πρώτη και σημαντικότερη τέτοια εγκατάσταση έχει γίνει από τη ΔΕΗ στην Κύθνο. Το φωτοβολταϊκό πάρκο που εγκαταστάθηκε εκεί σχεδιάστηκε ώστε να λειτουργεί σε συνδυασμό με ένα αιολικό πάρκο, που έχει επίσης εγκαταστήσει η ΔΕΗ στο νησί, και τον υπάρχοντα συμβατικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό τη μείωση της ποσότητας ρεύματος που παράγεται από ορυκτά καύσιμα.

Η ηλιακή γεννήτρια του φωτοβολταϊκού σταθμού της Κύθνου, που έχει μέγιστη δυνατότητα εξόδου 100 kWp (ο δείκτης "p" σημαίνει "πικ", αναφέρεται δε σε τιμή αιχμής).

Άλλη μία σημαντική εγκατάσταση είναι αυτή της Σίφνου. Το 2000 εγκαταστάθηκε στη Σίφνο φωτοβολταϊκό πάρκο εγκατεστημένης ισχύος 60kWp συνδεδεμένο στο τοπικό δίκτυο με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 100.000 kWh. Χρησιμοποιήθηκαν Φ/Β συλλέκτες πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Τέλος στις εγκαταστάσεις του ΚΑΠΕ τοποθετήθηκε Φ/Β σύστημα ισχύος 40kWp το Νοέμβριο του 2003.

2.4.2 Φωτοβολταϊκά στη Ναυτιλία



Με κίνητρο την οικονομική ύφεση, την αύξηση της τιμής των καυσίμων και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τα πλοία πρέπει να γίνουν περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον αλλά και την τσέπη. Νέες τεχνολογίες αλλά και άλλες ξεχασμένες για δεκαετίες έρχονται ξανά στο φως με σκοπό την δημιουργία πλοίων που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες μορφές ενέργειας αποκλειστικά ή μερικά.

[Η TOYOTA κατασκευάζει υβριδικό φορτηγό πλοίο](#), η MS Cruises καυχείται για τα [φιλικά προς το περιβάλλον κρουαζιερόπλοια](#) της ενώ η [Solar Water World](#) έχει σχεδόν έτοιμο το [SunCat2000 που μπορεί να μεταφέρει 120 επιβάτες και κινείται αποκλειστικά με ηλιακή ενέργεια](#).

Περίοπτη θέση στα μελλοντικά σχέδια καταλαμβάνει το [NYK SUPER ECO SHIP 2030](#). Το φορτηγό αυτό πλοίο θα χρησιμοποιεί μεταξύ άλλων ηλιακή ενέργεια με την χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ και αιολική με την χρήση ιστίων (!) μειώνοντας έτσι του ρύπου του κατά 70% συγκριτικά με ένα πλοίο του σήμερα. Ακόμη θα έχει την δυνατότητα να σπάει σε κομμάτια για πιο εύκολη φόρτωση και εκφόρτωση (!!!)

Οι πιθανότητες να δούμε πλοία αντίστοιχης τεχνολογίας για την εξυπηρέτηση του κοινού στην Άνδρο την επόμενη δεκαετία είναι μάλλον χαμηλές. Είναι όμως πολύ πιθανό κάποιος από τους εκατοντάδες Ανδριώτες ναυτικούς να περάσει από κάποιο τέτοιο πλοίο και σχεδόν βέβαιο πως θα περάσει κάποιο τέτοιο πλοίο από το Κάβο ντόρο.

2.5.1 Προοπτικές

Το βασικότερο μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων σήμερα, το οποίο αποτελεί τροχοπέδη για την επέκταση της χρήσης τους σε ευρεία κλίμακα, θεωρείται το υψηλό κόστος κτήσης τους, δηλαδή το σχετικά μεγάλο κεφάλαιο που απαιτείται να επενδυθεί για την αγορά των συστημάτων αυτού του είδους, με συνακόλουθα μεγάλο διάστημα απόσβεσης της σχετικής επένδυσης, έναντι της χρήσης των συμβατικών μορφών ενέργειας. Αν και το κόστος εγκατάστασης των διάφορων φωτοβολταϊκών συστημάτων μειώνεται με ταχύ ρυθμό, δεν έχει ακόμα φτάσει σε επίπεδα τέτοια που να είναι βραχυπρόθεσμα ανταγωνιστικό άλλων, συμβατικών κυρίως, τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας.

Δεν είναι, όμως, απολύτως ορθό και δίκαιο η φωτοβολταϊκή τεχνολογία, όπως και οι άλλες τεχνολογίες εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, να συγκρίνεται μόνο από την άποψη του οικονομικού οφέλους του επενδυτή με τις συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας. Πρέπει, παράλληλα, κατά τις συγκρίσεις να λαμβάνονται υπ' όψη οι ιδιαιτερότητες των εφαρμογών που μπορεί αυτή να έχει, καθώς και το περιβαλλοντικό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή της, το οποίο, αν και δεν υπάρχει ακριβής τρόπος αποτίμησής του, αποτελεί σπουδαίο παράγοντα στις μέρες μας.

Η Ελλάδα είναι μια από τις πιο ευνοημένες χώρες του πλανήτη από πλευράς ηλιοφάνειας και παρουσιάζει ευνοϊκότατες προϋποθέσεις για τη χρήση και την ευρεία διάδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Λόγω της μορφολογίας της, υπάρχουν περιοχές, τόσο στην ηπειρωτική όσο και στη νησιωτική χώρα, όπου η εγκατάσταση συστημάτων αυτού του είδους είναι η πλέον ανταγωνιστική οικονομικά λύση, ακόμα και με τα σημερινά δεδομένα. Για το λόγο αυτό, έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν αρκετά φωτοβολταϊκά συστήματα σε διάφορες εφαρμογές, για τις οποίες αποτελούν τις πιο ενδεδειγμένες τεχνικά και οικονομικά λύσεις. Η περαιτέρω ανάπτυξη και αξιοποίηση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, η οποία είναι μία από τις πλέον "καθαρές" τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας, ακόμα και σε σχέση με τις τεχνολογίες εκμετάλλευσης των άλλων μορφών των Α.Π.Ε., είναι βέβαιο ότι θα συμβάλλει σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, μειώνοντας την εξάρτηση από το εισαγόμενο πετρέλαιο και ενισχύοντας την ασφάλεια του ενεργειακού ανεφοδιασμού. Παράλληλα, θα συντελέσει κατά πολύ στην προστασία του περιβάλλοντος και στην αξιοποίηση των τοπικών ενεργειακών πόρων, με αντίστοιχες ευεργετικές επιπτώσεις στην τοπική ανάπτυξη (πραγματοποίηση επενδύσεων με μακρύ χρονικό ορίζοντα, δημιουργία νέων θέσεων εργασίας σε τοπικό επίπεδο, ενεργειακή αποκέντρωση κλπ.).

Βιβλιογραφία

- [1] Η αξιοποίηση της ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ και ο ρόλος της ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ - Έκδοση της Ένωσης Βιομηχανιών Ηλιακής Ενέργειας
- [2] Περιοδικό BuildingGreen Δόμηση-Ενέργεια-Περιβάλλον
- [3] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας www.cres.gr
- [4] www.energolab.gr
- [5] Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) www.helapco.gr
- [6] Οδηγός Αναζήτησης στο Διαδίκτυο: www.google.com.gr
- [7] Υπουργείο Ανάπτυξης : www.ypan.gr
- [8] Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας www.rae.gr
- [9] protothema.gr
- [10] andros365.gr
- [11] Εγχειρίδιο ΑΠΕ για δυνητικούς χρήστες – ΚΑΠΕ
- [12] ΑΠΕ σε οικιστικά σύνολα - ΚΑΠΕ