

Τ.Ε.Ι. ΚΑΒΑΛΑΣ
ΚΕ.Σ.Ε.Κ. ΚΑΒΑΛΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΟΙΚΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΛΕΙΩΣΟΣ ΛΥΚΟΥΡΓΟΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ,
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΚΑΒΑΛΑ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Γενικά περί φωτοβολταϊκών

- 1.1 Γιατί να στραφώ στην ηλιακή ενέργεια.....8
- 1.2 Τι είναι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....8
- 1.3 Λειτουργία φωτοβολταϊκών.....10
- 1.4 Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών.....11
- 1.5 Κατηγορίες Φ/Β συστημάτων.....12
 - 1.5.1 Απομονωμένα Φ/Β συστήματα
 - 1.5.1.1 Αυτόνομα Φ/Β συστήματα
 - 1.5.2 Φ/Β συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο

ΚΕΦ.4.1.4ΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

- 2.1 Ενσωμάτωση Φ/Β σε οικία.....17
- 2.2 Πλεονεκτήματα ενσωμάτωσης Φ/Β συστημάτων στην οικία.....18
- 2.3 Τύποι Φ/Β πλαισίων κατάλληλα για ενσωμάτωση σε κτίρια.....18
- 2.4 Τρόποι ενσωμάτωσης στην οικία.....20
 - 2.4.1 Εγκατάσταση στην ταράτσα ή στέγη
 - 2.4.2 Εγκατάσταση στην πρόσοψη της οικίας

2.4.3	Εγκατάσταση Φ/Β σε ξεχωριστά από την οικία	
2.5	Σκίαση επιφανειών των Φ/Β πλαισίων.....	23
2.5.1	Θερμοκρασία Φ/Β	
2.6	Προσανατολισμός και κλίση των Φ/Β πλαισίων.....	24
2.6.1.	Κλίση Φ/Β πλαισίων ανάλογα την χρήση της οικίας	
2.6.1.1	Χρήση της οικίας ως εξοχικό	
2.6.1.2	Χρήση της οικίας ως μόνιμη κατοικία	
2.7	Χωροθέτηση των Φ/Β.....	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Υλοποίηση κατασκευής

3.1	Περιγραφή του Φ/Β συστήματος.....	27
3.2	Εξοπλισμός του Φ/Β συστήματος.....	28
3.2.1	Ηλιακά στοιχεία	
3.2.2	Αντιστροφέας (inverter)	
3.2.2.1	Επιλογή χώρου έδρασης αντιστροφών	
3.2.2.2	Συνεργασία Φ/Β - αντιστροφέα	
3.2.3	Συσσωρευτές	
3.3	Τα φορτία σε μια οικία.....	31
3.3.1	Υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά έτος.	
3.4	Πόση ενέργεια καλύπτουν τα Φ/Β.....	32

3.5 Κόστος Φ/Β ισχύος 3 ΚWp.....	33
3.6 Γείωση.....	34
3.7 Απόδοση Φ/Β συστήματος.....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

4.1 Οικολογικά οφέλη.....	36
4.2 Διαδικασίες αδειοδότησης.....	39
4.3 Σύνδεση μονάδας με ΔΕΗ.....	40
4.4 Σχετική νομοθεσία για οικίες.....	41
4.5 Οικονομοτεχνική μελέτη.....	48
Βιβλιογραφία.....	49

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ήλιος, είναι μια απεριόριστη πηγή ενέργειας, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας δεν χρησιμοποιείται λόγω έλλειψης της απαιτούμενης τεχνολογίας. Τα συστήματα αξιοποίησης ηλιακής ενέργειας είναι ωστόσο υπό εξέλιξη και πολλά υποσχόμενα για τα επόμενα χρόνια. Εκτός αυτού είναι μια ασφαλής μη ρυπογόνος μορφή ενέργειας πράγμα το οποίο αποτελεί απαίτηση για ενεργειακά συστήματα των ημερών μας.

Κάθε ημέρα ο ήλιος φωτίζει τη γη για χρόνο ικανό ώστε η αποδιδόμενη ενέργεια στη γη να μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές μας ανάγκες όλου του πλανήτη ή τουλάχιστον ένα σημαντικό κομμάτι αυτών. Η ηλιακή ενέργεια που φτάνει π.χ. στη στέγη μιας μονοκατοικίας είναι σε θέση να καλύψει σημαντικό κομμάτι των ενεργειακών αναγκών του νοικοκυριού, να δώσει δηλαδή γύρω στις 7-8 KWh από τις περίπου 15 KWh απαιτούμενες, με ένα φωτοβολταϊκό σύστημα 20m². Η Ελλάδα γενικότερα λόγω γεωγραφικής θέσης και κλίματος, ιδίως στις νοτιότερες περιοχές της δέχεται αρκετά σημαντική ηλιακή ακτινοβολία.

Το λογικό ερώτημα που προκύπτει σε αυτό το σημείο είναι, γιατί δεν χρησιμοποιούμε αυτό το πλεονέκτημα της ηλιακής ενέργειας; Η απάντηση, φυσικά, είναι ότι την χρησιμοποιούμε, αλλά είμαστε ακόμα στην αρχή. Οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης που διαθέτουμε παρέχουν ακόμα μικρούς βαθμούς απόδοσης και υψηλό κόστος κατασκευής καθιστώντας την τιμή της KWh από ηλιακή ενέργεια ακριβότερη από την προερχόμενη από άλλες πηγές ενέργειας. Η εκμετάλλευση όμως της ηλιακής ενέργειας δεν είναι ρυπογόνος διαδικασία γεγονός που αντισταθμίζει το οικονομικό μειονέκτημα των ηλιακών συστημάτων και πιθανόν στο μέλλον θα το υπερκαλύπτει κρίνοντας από το μέγεθος της οικολογικής καταστροφής των ημερών μας και το ρυθμό επέκτασής της.

Παρόλα αυτά η φωτοβολταϊκή τεχνολογία ακμάζει και είναι ένα από τα πλέον επίκαιρα ενεργειακά θέματα στον κόσμο. Η κατάσταση αυτή οδηγεί σε μια διαρκεί πτώση του κόστους των συστημάτων αυτών που στην επόμενη δεκαετία θα έχει γίνει από τις πλέον ανταγωνιστικές.

Η ιστορία των φωτοβολταϊκών πηγαίνει πίσω πάνω από 150 χρόνια όταν το 1839 ο Alexandre Edmund Becquerel παρατήρησε

ότι παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα από συγκεκριμένες χημικές αντιδράσεις και το ηλιακό φως. Ένα παρόμοιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και σε ένα στερεό (σελήνιο) αρκετές δεκαετίες αργότερα. Ωστόσο μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των φαινομένων αυτών έγινε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα με την ανάπτυξη της επιστήμης και της κβαντικής θεωρίας. Η ανάπτυξη της πρώτης συσκευής τη δεκαετία του 1940 άνοιξε το δρόμο για την ανακοίνωση της πρώτης ηλιακής κυψέλης πυριτίου με απόδοση 6% (1954).

Οι πρόωρες φωτοβολταϊκές εφαρμογές συνδέθηκαν περισσότερο προς την αντίληψη και τη μέτρηση του φωτός (όπως το φωτόμετρο μιας φωτογραφικής μηχανής) παρά προς την παραγωγή ισχύος. Με την εμφάνιση των ημιαγωγών υλικών, η αποδοτικότητα των διατάξεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε εντυπωσιακά και τα συστήματα παραγωγής έγιναν πρακτικότερα. Κατά τη διάρκεια των ετών, πολλές επιχειρήσεις, έχουν εργαστεί για να αυξήσουν τον βαθμό απόδοσης των φωτοβολταϊκών διατάξεων. Σήμερα, τα συνήθως διαθέσιμα φωτοβολταϊκά πάνελ έχουν βαθμό απόδοσης περί του 10-17%, αναλόγως πάντοτε του τύπου του ημιαγωγού που χρησιμοποιούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

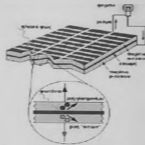
1.1 Γιατί να στραφώ στην ηλιακή ενέργεια;

Για να καλύψετε δύο τουλάχιστον ανάγκες. Την ανάγκη σε ενέργεια και την ανάγκη να προστατευτεί το περιβάλλον. Κάθε κιλοβατώρα ηλεκτρισμού που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι, ως γνωστόν, το σημαντικότερο “αέριο του θερμοκηπίου” που συμβάλλει στις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές. Η στροφή στις καθαρές πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, αποτελεί τη μόνη διέξοδο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη.

Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα καρκινογόνα μικροσωματίδια, τα οξειδία του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ.). Οι ρύποι αυτοί επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον.

1.2 Τι είναι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο;

Γενικά το φαινόμενο αναφέρεται αρχικά στην δημιουργία ηλεκτρικών φορέων στο εσωτερικό ενός ημιαγωγού με φωτοαγωγιμότητα η οποία προκαλείται από την ενέργεια η οποία εκλύεται από μία φωτεινή πηγή. Προϋπόθεση του φαινομένου αποτελεί η ύπαρξη δύο φωτοαγώγιμων ημιαγωγικών υλικών σε επαφή. Το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται στις επαφές των δύο υλικών προκαλεί την κίνηση ηλεκτρικών φορέων η οποία κίνηση αποτελεί το φωτοβολταϊκό ρεύμα.

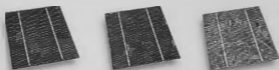


Σχήμα 1.1. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο.

Στο σχήμα 1.1 παρουσιάζεται η επαφή p – n. Οι περιοχές p και n έχουν αντίστοιχα ως φορείς πλειονότητας τις οπές και τα ηλεκτρόνια. Στην περιοχή της ημιαγωγικής επαφής δημιουργούνται ζεύγη ηλεκτρονίων – οπών λόγω της θερμοκρασίας της διάταξης και λόγω της εξωτερικής φωτεινής πηγής. Ζεύγη ηλεκτρονίων - οπών παρατηρούνται τόσο μέσα στην περιοχή της επαφής όσο και έξω από αυτήν, κοντά στα σύνορα των περιοχών τύπου n και p αντίστοιχα. Πολλοί από τους φορείς έχουν μεγάλη πιθανότητα να φτάσουν σε περιοχές όπου υπερτερούν φορείς πλειονότητας, στις οποίες μπορούν να παραμείνουν ελεύθεροι φορείς, ενώ οι υπόλοιποι θα συναντήσουν αντίθετο φορέα με τον οποίο θα επανασυνδεθούν. Οι τελευταίοι δεν συμβάλλουν τελικά στην δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στην ημιαγωγική διάταξη. Όμως, στις περιοχές των αντίστοιχων φορέων πλειονότητας οι πρόσθετοι φορείς προκαλούν φόρτιση με πλεονάζοντα φορτία. Συνεπώς, η περιοχή τύπου p, η οποία έχει ως φορείς τις οπές αποκτά θετικότερο ηλεκτρικό δυναμικό σε σχέση με το αντίστοιχο της περιοχής n όπου βρίσκονται τα ηλεκτρόνια που δημιουργήθηκαν στην επαφή. Αυτή η συνεχής κίνηση των φορέων αποτελεί ρεύμα με την φορά του ενδογενούς πεδίου δηλαδή από τον ημιαγωγό τύπου n στον ημιαγωγό τύπου p, το οποίο ονομάζεται φωτόρεύμα.

Συνεπώς, το φωτόρεύμα εξαρτάται από το μεγαλύτερο μέρος των φορέων οι οποίοι είναι αποτέλεσμα των απορροφημένων φωτονίων δηλαδή της πυκνότητας ισχύος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας της φωτεινής πηγής, δηλαδή της ηλιακής ακτινοβολίας, και του εμβαδού της επαφής των δύο ημιαγωγών της διάταξης. Η διάταξη αποτελεί το φωτοβολταϊκό στοιχείο του οποίου η απόδοση

εξαρτάται από το υλικό του ημιαγωγού, την πυκνότητα ισχύος της ακτινοβολίας την οποία δέχεται και την θερμοκρασία του Φ/Β στοιχείου.



Φ/Β στοιχεία ή Φ/Β κυψέλες

1.3 Λειτουργία φωτοβολταϊκών

Το ηλιακό φως είναι ουσιαστικά μικρά πακέτα ενέργειας που λέγονται φωτόνια. Τα φωτόνια περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Το γαλάζιο χρώμα ή το υπεριώδες π.χ. έχουν περισσότερη ενέργεια από το κόκκινο ή το υπέρυθρο. Όταν λοιπόν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο (που είναι ουσιαστικά ένας "ημιαγωγός"), άλλα ανακλώνται, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται από το φωτοβολταϊκό. Αυτά τα τελευταία φωτόνια είναι που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτόνια αυτά αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν σε άλλη θέση και ως γνωστόν ο ηλεκτρισμός δεν είναι τίποτε άλλο παρά κίνηση ηλεκτρονίων. Σ' αυτή την απλή αρχή της φυσικής λοιπόν βασίζεται μια από τις πιο εξελιγμένες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού στις μέρες μας.

1.4 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών

Τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα, θεωρούνται τα ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής καθώς συνεπάγονται σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία. Οφέλη για τον καταναλωτή, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Στα κυριότερα πλεονεκτημά τους συγκαταλέγονται:

- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης της μονάδας παραγωγής ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση
- καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία.
- χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας στον πλανήτη
- δεν έχουν κινούμενα μέρη
- παράγουν ηλεκτρισμό, που αποτελεί την πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας
- η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού μπορεί να γίνονται τοπικά και να αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου
- είναι φιλικά προς το περιβάλλον, έχουμε αποφυγή έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λ.π.)
- μπορούν να περιορίσουν την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος μιας νέας γραμμής μεταφοράς είναι πολύ υψηλό, αν λάβουμε υπόψη μας πέρα από τον τεχνολογικό εξοπλισμό και θέματα

- που σχετίζονται με την εξάντληση των φυσικών πόρων και τις αλλαγές στις χρήσεις γης
- αποτελούν ιδανική λύση για τη μελλοντική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις όπου αμφισβητείται η ασφάλεια της παροχής. Η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, στην αποφυγή black-out και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή
 - μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά και συμβάλλουν στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής.

Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται τα εξής:

- Υψηλό κόστος κατασκευής του συστήματος κυρίως του κόστους των Φ/Β στοιχείων.
- Απαιτήση μεγάλων επιφανειών λόγω του χαμηλού βαθμού απόδοσης
- Η παραγωγή και η ζήτηση είναι ετεροχρονισμένες επιβάλλοντας λύσεις αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας σε ορισμένες εφαρμογές.

1.5 Κατηγορίες Φ/Β συστημάτων

Τα Φ/Β συστήματα χαρακτηρίζονται από μεγάλο εύρος εφαρμογών με κριτήριο την απαίτηση ισχύος. Το εύρος αυτό αναφέρεται στην κάλυψη ηλεκτρικής ισχύος καταναλωτικών προϊόντων χαμηλής ισχύος, όπως αριθμομηχανές και ωρολόγια, έως συστήματα μεγάλης ισχύος όπως της τροφοδοσίας απομακρυσμένων ή όχι από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα κτιριακών συγκροτημάτων ή ακόμη και νησιών. Σύμφωνα με τα παραπάνω υπάρχει διάκριση των Φ/Β συστημάτων σε δύο βασικές κατηγορίες οι οποίες είναι:

1. Απομονωμένα ή εκτός δικτύου Φ/Β συστήματα.
2. Συστήματα συνδεδεμένα σε δίκτυο.

1.5.1 Απομονωμένα Φ/Β συστήματα.

Τα απομονωμένα συστήματα δεν είναι συνδεδεμένα σε κάποιο εθνικό ή τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας γι' αυτό ονομάζονται επίσης και Φ/Β συστήματα εκτός δικτύου. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που χρειάζεται ηλεκτρική ισχύς σε κάποιο σημείο όπου είναι αδύνατη η μεταφορά ενέργειας ή αν υπάρχει η επιθυμία πλήρους αυτονομίας ηλεκτρικής ενέργειας από κάποιο δίκτυο και έχουν τυπικές τιμές ισχύος 100 Wp έως 200 KWp.

Διακρίνονται σε δύο επιμέρους κατηγορίες:

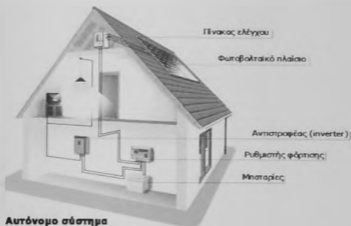
1. Αυτόνομα Φ/Β συστήματα.
2. Υβριδικά Φ/Β συστήματα.

1.5.1.1 Αυτόνομα Φ/Β συστήματα

Στα αυτόνομα Φ/Β συστήματα η αναγκαία ηλεκτρική ενέργεια παράγεται αποκλειστικά από Φ/Β συστοιχίες. Η παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι άμεσα στους καταναλωτές ή μέσω συσσωρευτών (Σχήμα 1). Επίσης, η αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να είναι συνεχούς (DC) ή εναλλασσόμενης τάσης (AC). Σύμφωνα με τα παραπάνω υπάρχει διάκριση των αυτόνομων συστημάτων ως εξής:

- Άμεσης τροφοδοσίας του φορτίου Στα συγκεκριμένα συστήματα η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποδίδεται απευθείας στο φορτίο και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές στις οποίες δεν απαιτείται τακτική λειτουργία του συστήματος καθώς και σε φορτία συνεχούς ρεύματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα συστήματα άντλησης νερού.

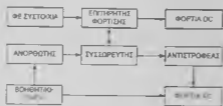
- Αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν συσσωρευτές για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Σχεδιάζονται σύμφωνα με τις επιθυμητές μέρες αυτονομίας, πράγμα το οποίο καθορίζει το μέγεθος των συσσωρευτών.



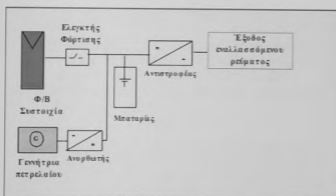
Σχήμα 1

1.5.2.2 Υβριδικά συστήματα

Όταν η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν καλύπτεται από την Φ/Β συστοιχία σε αυτόνομα Φ/Β συστήματα τότε χρησιμοποιείται ο συνδυασμός της με κάποια άλλη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι πηγές μπορεί να προέρχονται από Α.Π.Ε. (Σχήμα 1.2) ή να είναι συμβατικών καυσίμων (Σχήμα 1.3). Κυρίως χρησιμοποιούν ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ή ανεμογεννήτριες αντίστοιχα. Συχνά στα συστήματα αυτά προβλέπεται αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν εφαρμογές στις οποίες υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας όπως εξοχικές κατοικίες.



Σχήμα 1.2

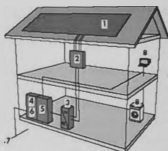


Σχήμα 1.3

1.5.2 Φ/Β συστήματα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο

Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας εφ' όσον υπάρχει διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις όμως που η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκεί για να καλύψει τα φορτία τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης στη περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό

κόστος της εγκατάστασης καθώς και το κόστος συντήρησης. (Σχήμα 1.4)



- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1 Φ/Β γεννήτρια | 5.Μετρητής παραγωγής |
| 2 Αντιστροφέας (inverter) | 6.Υφιστάμενος μετρητής |
| 3 Ηλ. πίνακας | 7.Δίκτυο ΔΕΗ |
| 4.Κιβώτιο ασφαλειών | 8.Εσωτερικοί καταναλωτές |

Σχήμα 1.4



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2.1 Ενσωμάτωση Φ/Β σε οικία

Είναι σαφές ότι η αγορά των φωτοβολταϊκών έχει αρχίσει ήδη να απασχολεί πιο άμεσα τον οικιακό καταναλωτή. Η επένδυση σε παραγωγή «καθαρής» ενέργειας είναι μια πράξη συνειδητή σύμφωνα με την στοιχειώδη υποχρέωση του καθενός μας προς το περιβάλλον και την προστασία του. Η καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου αλλά και των άλλων περιβαλλοντικών καταστροφών είναι επιτακτική ανάγκη όσο ποτέ άλλοτε. Παράλληλα όμως η στροφή προς την «πράσινη» ενέργεια έχει οικονομικά οφέλη και αποτελεί πλέον μια σημαντική επένδυση. Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η δυνατότητα χρήσης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε μια μέση οικία και παράλληλα αξιολογείται μια τέτοια απόπειρα σε τεχνικό και οικονομικό επίπεδο.

Η ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στα κτίρια μπορεί να έχει πολλαπλά οφέλη. Εκτός από την παραγωγή ηλεκτρισμού τα Φ/Β πλαίσια αποτελούν και δομικά υλικά υψηλής ευκαμψίας, μικρού πάχους, το οποίο μειώνεται συνεχώς με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, κάνοντας τη χρήση τους ικανοποιητική και από αρχιτεκτονικής απόψεως.

Εάν η οικία που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε βρίσκεται μακριά από κάποιον οικισμό είναι πιο εύκολη η εφαρμογή των Φ/Β διότι δεν θα υπάρχει η σκίαση από γειτονικά κτίρια. Γι' αυτό το σενάριο χρήσης της παραγόμενης από φωτοβολταϊκά πλαίσια ενέργειας που θα εξετάσουμε είναι η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μέσω Φ/Β συστημάτων σε μια απομακρυσμένη οικία.

2.2 Πλεονεκτήματα ενσωμάτωσης Φ/Β συστημάτων στην οικία

- Άμεση παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στον τόπο της ζήτησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των ηλεκτρικών απωλειών μεταφοράς.
- Αντικατάσταση συμβατικών οικοδομικών υλικών. Τα ΦΒ πλαίσια μπορούν να αντικαταστήσουν συμβατικά οικοδομικά υλικά με επιπρόσθετο όφελος την μείωση του κόστους ενσωμάτωσης τους.
- Ενσωμάτωση σε υπάρχουσες επιφάνειες του κτιρίου χωρίς την απαίτηση επιπλέον γης. Οπότε η εφαρμογή τους μπορεί να γίνει και σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.
- Μπορεί να συμβάλλει στην βελτίωση της αισθητικής του κτιρίου με καινοτόμο τρόπο.

2.3 Τύποι Φ/Β πλαισίων κατάλληλα για ενσωμάτωση σε κτίρια

Τα Φ/Β πλαίσια, σε μεγάλη πλειοψηφία των εφαρμογών, είναι κατασκευασμένα για εξωτερική χρήση. Δηλαδή χαρακτηρίζονται από αντοχή στην έκθεση σε καιρικά φαινόμενα όπως η ιδιαίτερα χαμηλή ή υψηλή θερμοκρασία, η βροχή, ο αέρας, η υγρασία, η χαλαζόπτωση και το χιόνι, στις εργαστηριακές συνθήκες των οποίων δοκιμάζονται. (πίνακας 2.1)

Θερμοκρασία περιβάλλοντος	-40°C έως +90°C
Ταχύτητα αέρα	έως 130km/h
Χαλαζόπτωση	Έως 25mm διάμετρο και 23m/
Φορτίο χιονιού	550kg/m ²
Σχετική υγρασία	0 έως 100%







Πίνακας 2.1

Στην περίπτωση της ενσωμάτωσης Φ/Β πλαισίων σε κτίρια δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε τύπος πλαισίου για τις διάφορες επιφάνειες του. Η κατάλληλη επιλογή πλαισίου, σε συνδυασμό με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του, εξαρτάται κυρίως από την επιθυμητή διαφάνεια, την ποικιλία των διαστάσεων στις οποίες είναι εφικτό να κατασκευαστεί, την μηχανική αντοχή, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος εγκατάστασης, και, ενδεχομένως, την όψη.

Δώμα και αδιαφανείς επιφάνειες: Στις συγκεκριμένες επιφάνειες, εκτός των υαλοπινάκων, ενδείκνυνται οι συνήθεις τύποι Φ/Β πλαισίων. Δηλαδή τα ευρέως γνωστά πλαίσια μονοκρυσταλλικού, πολυκρυσταλλικού και άμορφου πυριτίου. Τα τελευταία έχουν σαν σημαντικό πλεονέκτημα το μικρό πάχος και βάρος και μικρές απώλειες λόγω αύξησης της θερμοκρασίας, η οποία παρατηρείται λόγω ελλειπύς αερισμού κυρίως στην εγκατάσταση πάνω ή σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια. Συχνά, όμως, οι κατασκευαστές δημιουργούν μια συγκεκριμένη κατηγορία Φ/Β πλαισίων των παραπάνω τύπων η οποία χαρακτηρίζεται κυρίως από τη δυνατότητα τοποθέτησης στο σύστημα εγκατάστασης χωρίς το περίβλημα τους κάνοντας καλύτερη χρήση της επιφάνειας. Το παραπάνω τα καθιστά ιδανικότερα λόγω της περιορισμένης επιφάνειας.

Διαφανείς επιφάνειες: Η διαφάνεια ενός Φ/Β πλαισίου εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του και από την απόσταση μεταξύ των Φ/Β κυψελών. Στην πρώτη περίπτωση περιλαμβάνονται τα Φ/Β πλαίσια άμορφου πυριτίου ενώ στην δεύτερη μονοκρυσταλλικού και πολυκρυσταλλικού. Σύμφωνα με τα παραπάνω μπορεί να κατασκευαστεί ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών Φ/Β πλαισίων ποικίλων διαβαθμίσεων διαφάνειας και, κυρίως, βαθμών απόδοσης (πίνακας 2.2). Τα πλαίσια αυτά διαθέτουν ειδικό τύπου γυαλιού στις δύο όψεις τους, το οποίο τα καθιστά ιδανικά για μόνωση. Επιλέγονται για να αντικαταστήσουν κυρίως τους υαλοπίνακες των κτιρίων σύμφωνα με την ποσότητα φωτός, η οποία είναι επιθυμητή να

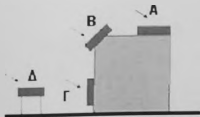
διαπερνά στο εσωτερικό, σε συνδυασμό με τον βαθμό απόδοσης καθώς και της ικανότητας μόνωσης τους.

ΗΚΟΝΑ				
	ΤΥΠΟΣ	Άσπρος	Λαμπρός	Πολυκρυσταλλικός
	ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ	7%	10%	13%
ΕΧΧΥΣ (STC)	53 W/m ²	42 W/m ²	125 W/m ²	
ΗΚΟΝΑ				
	ΤΥΠΟΣ	Μονοκρυσταλλικός	Μονοκρυσταλλικός	Πολυκρυσταλλικός
	ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ	22%	36%	43%
ΕΧΧΥΣ (STC)	122 W/m ²	134 W/m ²	84 W/m ²	

Πίνακας 2.2

2.4 Τρόποι ενσωμάτωσης στην οικία.

Ο τρόπος ενσωμάτωσης Φ/Β συστημάτων σε κτίρια αναφέρεται, κυρίως, στην ενσωμάτωση Φ/Β πλαισίων στις επιφάνειες ενός κτιρίου. Δηλαδή στις όψεις του και στο δώμα ή σκεπή (σχήμα 2.1 όπου Α,Β,Γ,Δ είναι πιθανές θέσεις ενσωμάτωσης). Επίσης, συμπεριλαμβάνονται και ενδεχόμενες κεκλιμένες επιφάνειες, όπως σκιάστρα, καθώς και εξωτερικές ανεξάρτητες κατασκευές.

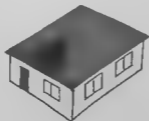


Σχήμα 2.1

2.4.1 Εγκατάσταση στην ταράτσα ή στέγη

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές ώστε να τοποθετηθούν Φ/Β στην στέγη ενός κτιρίου. Ο επικρατέστερος δεν είναι η ενσωμάτωση στο ίδιο το κτίριο αλλά η τοποθέτηση των Φ/Β πάνω στην επιφάνεια της με ειδική προεργασία πάνω στην επιφάνεια. Νέες τεχνολογίες μας δίνουν την δυνατότητα της πλήρους ενσωμάτωσης των Φ/Β στη στέγη υλοκαθιστώντας τα οικοδομικά υλικά που χρησιμοποιούνταν για χρόνια όπως κεραμίδια (Σχήμα 2.2) ή ξύλινες επιφάνειες. Η ενσωμάτωση τους θα πρέπει να πληρεί τους κάτωθι κανόνες:

- i. Η εγκατάσταση να γίνεται στην οροφή ή σε άλλο τμήμα του κελύφους
- ii. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια να είναι οργανικά και αρμονικά ενταγμένα στο κέλυφος της οικοδομής
- iii. Η οικοδομή να μην έχει κηρυχθεί ως διατηρητέα ή αρχαίο μνημείο και να μην εμπίπτει σε ελεγχόμενη περιοχή από το Τμήμα Αρχαιοτήτων ή σε ζώνη προστασίας αρχαιολογικού χώρου ή σε ειδική ζώνη αερολιμένα.
- iv. Σε περίπτωση τοποθέτηση του συστήματος σε κεκλιμένη στέγη, όλα τα πλαίσια πρέπει να εφάπτονται μεταξύ τους, με εξαίρεση τις περιπτώσεις οικοδομών που διαθέτουν δύο ή περισσότερες νότιες κεκλιμένες στέγες.
- v. Σε περίπτωση τοποθέτησης του συστήματος σε οριζόντια στέγη, το ύψος των πλαισίων δεν θα ξεπερνά το 1,20 μ από το τελείωμα της στέγης, αυτά θα τοποθετούνται σε ομοιόμορφες παράλληλες σειρές και πρέπει να απέχουν από τα άκρα της στέγης απόσταση τουλάχιστον ίση με το μέγιστο ύψος των πλαισίων. Επιπρόσθετα, στις περιπτώσεις προσπελάσιμων, βατών στεγών, πρέπει να τοποθετείται περιτείχισμα με ελάχιστο ύψος.

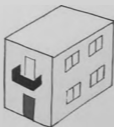




Σχήμα 2.2

2.4.2. Εγκατάσταση στην πρόσοψη της οικίας

Τα Φ/Β πλαίσια μπορούν επίσης να τοποθετηθούν και στην πρόσοψη ενός κτιρίου. Συνήθως «γαντζώνονται» επάνω στον εξωτερικό φλοιό του κτιρίου, ενώ μπορούν να αποτελέσουν και μέρος της ίδιας της πρόσοψης (Σχήμα 2.3). Όμως η εγκατάστασή τους στην πρόσοψη ενδείκνυται να λαμβάνεται υπόψη από τον αρχικό σχεδιασμό του κτιρίου γιατί δύσκολα αποτελεί αποδοτική, ενεργειακά και αισθητικά λύση για ήδη χτισμένα σπίτια.





Σχήμα 2.3

2.4.3. Εγκατάσταση Φ/Β σε ξεχωριστά από την οικία

Τρίτος τρόπος είναι η εγκατάσταση ξεχωριστά από την οικία π.χ. η δημιουργία ενός μικρού Φ/Β πάρκου πλησίον της οικίας (Σχήμα 2.4). Αυτό βοηθάει στο γεγονός ότι δεν θα επεμβούμε στην αρχιτεκτονική του κτιρίου, όπως επίσης στο ότι μπορεί κάποια στιγμή να χρειαστεί να κάνουμε επέκταση για τον λόγο ότι χρειαζόμαστε περισσότερη ενέργεια.



Σχήμα 2.4

2.5 Σκίαση επιφανειών των Φ/Β πλαισίων

Σημαντικός περιοριστικός παράγοντας στον υπολογισμό της διαθέσιμης επιφάνειας για εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων για κάθε επιμέρους όψη του κτιρίου, και κατ' επέκταση τη συνολική, αποτελεί η σκίαση τους. Σκίαση μπορούν να προκαλέσουν

«εμπόδια» όπως γειτονικά κτίρια, δέντρα, μέρη του ίδιου του κτιρίου ή ακόμη και γειτονικά Φ/Β πλαίσια. Η σκιά μειώνει σε πολύ μεγάλο βαθμό την συνολική ηλιακή ακτινοβολία αλλά και προκαλεί προβλήματα στην λειτουργία των Φ/Β πλαισίων. Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο κατά τους χειμερινούς μήνες κατά τους οποίους το ηλιακό ύψος είναι μικρό.

2.5.1 Θερμοκρασία Φ/Β

Επίσης η σκίαση των Φ/Β παίζει ρόλο όσο αναφορά και την θερμοκρασία των Φ/Β. Π.χ. ένα κτίριο που σκιάζει την Φ/Β συστοιχία μπορεί επίσης να εμποδίζει και την κυκλοφορία του αέρα. Η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των Φ/Β πλαισίων μπορεί να φτάσει σε θερμοκρασίες 70° C σε κατασκευές που επιτρέπουν την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα στην πίσω πλευρά των Φ/Β πλαισίων. Στην περίπτωση που εμποδίζεται η ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα αναμένονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Η αυξημένη θερμοκρασία εμποδίζει την καλή λειτουργία των Φ/Β στοιχείων, με αποτέλεσμα την φθορά τους και την αντικατάστασή τους κάτι το οποίο ανεβάζει το κόστος συντήρησης.

2.6 Προσανατολισμός και κλίση των Φ/Β πλαισίων.

Τα Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν οριζόντια ή και με κλίση. Είναι γνωστό ότι με την χωροθέτηση τους με κατάλληλο προσανατολισμό γίνεται να επιτύχουμε δυνατή απολαβή ηλιακής ενέργειας. Για την Ελλάδα συγκεκριμένα ως βέλτιστη επιλογή θεωρείται ο νότιος - νοτιοδυτικός προσανατολισμός (πίνακα 2.3) και μια κλίση 30 μοιρών. Βέβαια η κλίση είναι ζήτημα άμεσα συνδεδεμένο με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και την επιθυμία της περιόδου μέγιστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ετήσια παραγωγή ενέργειας (κιλοβατώρες ανά κιλοβάτ)
από φωτοβολταϊκό κρυσταλλικό πυριτίου στη βέλτιστη κλίση



FIGURE (c) European Communities 2001-2007

http://re.jrc.ec.europa.eu/energy

Πίνακας 2.3

2.6.1. Κλίση Φ/Β πλαισίων ανάλογα την χρήση της οικίας

Η κλίση που θα δώσουμε στα Φ/Β πλαίσια εξαρτάται από την χρήση της οικίας.

2.6.1.1 Χρήση της οικίας ως εξοχικό

Εάν η οικία που θα εξοπλίσουμε Φ/Β την χρησιμοποιούμε ως εξοχικό, δηλαδή τους θερινούς μήνες του χρόνου, τότε το κριτήριο

είναι η συγκέντρωση της μεγαλύτερης δυνατής ποσότητας ενέργειας μόνο κατά την διάρκεια των θερινών μηνών. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται με γωνία κλίσης των Φ/Β πλαισίων κατά 3 έως 10 μοίρες μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου της οικίας. Με την τον τρόπο αυτό η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει με γωνίες σχεδόν κάθετες στον συλλέκτη του πλαισίου και αφού η ένταση της ακτινοβολίας κατά τους θερινούς μήνες είναι μεγάλη επιτυγχάνουμε την επιθυμητή συγκέντρωση ενέργειας.

2.6.1.2 Χρήση της οικίας ως μόνιμη κατοικία

Εάν την οικία την χρησιμοποιούμε ως μόνιμη κατοικία δεν μπορούμε να έχουμε την προηγούμενη κλίση διότι κατά τους χειμερινούς μήνες η ένταση της ακτινοβολίας είναι μικρή και επίσης η ακτινοβολία θα προσπίπτει σε γωνίες μικρότερης της κάθετης. Δηλαδή η ομοιομορφία της ποσότητας ενέργειας που συλλέγεται κατά την διάρκεια του έτους είναι πολύ χαμηλή. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και άλλους παράγοντες όπως η μέση τιμή των ημερησίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα και οι τοπικές κλιματολογικές συνθήκες που επηρεάζουν την ηλιοφάνεια.

2.7 Χωροθέτηση των Φ/Β

Πέραν του ζητήματος του προσανατολισμού και της κλίσης των πλαισίων πρέπει να εξετάσουμε και την χωροθέτηση μεταξύ τους. Δηλαδή πρέπει να τα τοποθετήσουμε έτσι, ώστε να μην σκιάζει το ένα το άλλο σε οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας. Η ελάχιστη απόσταση (s) υπολογίζεται βάσει του διακένου (d) μεταξύ 2 συστοιχιών προς το ύψος τους (h).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο εξετάσαμε την ενσωμάτωση των Φ/Β πλαίσιων στην οικία. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε την ενέργεια που θα μας παρέχει το Φ/Β σύστημα μας, όπως επίσης και κάποιες άλλες πρακτικές εφαρμογές των Φ/Β, όπως η θέρμανση του σπιτιού. Ένα άλλο ζήτημα που θα μας προβληματίσει είναι η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας για κάποια πιθανή διακοπή ρεύματος έτσι ώστε η οικία να έχει παροχή ενέργειας έστω και μικρή.

3.1 Περιγραφή του Φ/Β συστήματος

Θα ξεκινήσουμε εξετάζοντας ολόκληρο το σύστημα, ξεκινώντας από τα Φ/Β πλαίσια και καταλήγοντας στις καταναλώσεις. Η κατασκευή θα έχει την παρακάτω μορφή.

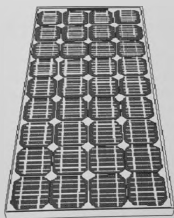


Το σύστημα ξεκινάει από την Φ/Β συστοιχία που παίρνει την ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ρεύμα που παράγεται είναι συνεχές δηλαδή αν έχουμε κάποια συσκευή που δουλεύει με συνεχές ρεύμα μπορούμε να την συνδέσουμε πριν από τον αντιστροφέα (inverter). Ακολουθεί ο αντιστροφέας (inverter) ο οποίος μετατρέπει το συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα. Το οποίο πηγαίνει στον πίνακα διανομής και από εκεί στις καταναλώσεις μας και στο δίκτυο της ΔΕΗ.

3.2 Εξοπλισμός του Φ/Β συστήματος

3.2.1 Ηλιακά στοιχεία

Η εγκατάσταση του διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος αποτελείται από τον ανάλογο εξοπλισμό όπως αυτός περιγράφεται στην συνέχεια. Το κύριο συστατικό κάθε τέτοιου συστήματος μετατροπής της ηλιακή ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι τα φωτοβολταϊκά ηλιακά στοιχεία (ή φωτοστοιχεία ή ηλιακά κύτταρα ή κυψελίδες). Τα στοιχεία αυτά είναι δίοδοι ημιαγωγών σε μορφή δίσκου που καθώς δέχονται στην επιφάνειά τους την ηλιακή ακτινοβολία εκδηλώνουν μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στην εμπρός και πίσω όψη τους. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής του και την ένταση της ακτινοβολίας που δέχεται, ένα ηλιακό στοιχείο μπορεί να δώσει τάση 0,5-1,0 V και πυκνότητα ρεύματος 20-40 mA ανά εκατοστό της επιφανεΐας του. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (σχήμα 3.1) του εμπορίου αποτελούνται από πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία που συνδέονται σε σειρά, ενώ οι Φ/Β γεννήτριες από πολλά Φ/Β πλαίσια που συνδέονται σε σειρά και παράλληλα, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή τάση και ένταση.



Σχήμα 3.1 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

3.2.2 Αντιστροφέας (inverter)

Ο αντιστροφέας είναι ένα από τα πιο σημαντικά υποσυστήματα των ηλιακών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Τοποθετείται στην έξοδο της συστοιχίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων και μετασχηματίζει το συνεχές ρεύμα που παράγουν τα πλαίσια σε εναλλασσόμενο για να διοχετευθεί ηλεκτρικό δίκτυο της οικίας αλλά και στο δίκτυο της ΔΕΗ. Ένας αντιστροφέας πρέπει να διασφαλίζει την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απωλειών, καθορίζοντας το σημείο λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων για την μέγιστη παραγωγή ισχύος και σε συνδυασμό με την σωστή διαστασιολόγηση του, πρέπει να διασφαλίζει την σωστή διοχέτευση του ηλεκτρικού ρεύματος στο δίκτυο.

Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα επηρεάζεται από το ρεύμα στο φορτίο. Η μέγιστη απόδοση αγγίζει το 95% και παρατηρείται ότι λειτουργεί περίπου με την ονομαστική τιμή της ισχύος στην έξοδο του. Όταν όμως λειτουργεί υπό μερικό φορτίο, όπως στην περίπτωση μας, η απόδοση του μειώνεται στο 75 – 80 %.

3.2.2.1 Επιλογή χώρου έδρασης αντιστροφέων

Ένα από τα ζητήματα που χρήζουν προσοχής κατά τον σχεδιασμό της εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος είναι η επιλογή χώρου έδρασης του αντιστροφέα. Συνήθως, οι αντιστροφείς των Φ/Β συστημάτων τοποθετούνται είτε στο εσωτερικό του κτιρίου που εγκαθίστανται, είτε σε ειδικά διαμορφωμένο κλειστό χώρο ο οποίος βρίσκεται πλησίον του συστήματος. Μάλιστα στην δεύτερη περίπτωση μειώνεται σημαντικά το μήκος των ηλεκτρικών αγωγών Σ.Ρ. με άμεσο αποτέλεσμα τον περιορισμό των ηλεκτρικών απωλειών αλλά και του κόστους καλωδίωσης.

Βέβαια υπάρχουν και αντιστροφείς, οι οποίοι σύμφωνα με τα τεχνικά φυλλάδια του κατασκευαστή μπορούν να εγκατασταθούν είτε κάτω από τα Φ/Β πλαίσια είτε στον μηχανισμό στήριξης αυτών, εφόσον υπάρχει αρκετός χώρος. Όμως πρέπει να λάβουμε υπόψιν ότι ο συγκεκριμένος τρόπος τοποθέτησης έχει ως αποτέλεσμα την άμεση έκθεση του αντιστροφέα σε υψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών και σε χαμηλές κατά την

διάρκεια του χειμώνα. Γι' αυτό πρέπει να συμβουλευτούμε από το φυλλάδιο του κατασκευαστή τον δείκτη προστασίας (IP) του αντιστροφέα απέναντι στη σκόνη και στο νερό καθώς και τα όρια της θερμοκρασίας μέσα στα οποία δεν επηρεάζεται η ασφαλής λειτουργία του πριν πάρουμε την απόφαση να τον εγκαταστήσουμε σε εξωτερικό χώρο.

3.2.2.2 Συνεργασία Φ/Β - αντιστροφέα

Κατά την σχεδίαση του συστήματος θα πρέπει να λάβουμε υπόψην την συνεργασία μεταξύ της Φ/Β συστοιχίας και του αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας απαιτεί στην είσοδο του ένα συγκεκριμένο εύρος τάσης για την τάση λειτουργίας, έχοντας ένα ανώτατο όριο τάσης εισόδου. Το ανώτατο όριο δεν πρέπει να υπερβαίνεται, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του αντιστροφέα. Συνεπώς ο αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων που μπορούν να συνδεθούν σε σειρά πρέπει να υπολογίζεται έτσι ώστε να μην υπερβαίνονται τα όρια αυτά.

3.2.3 Συσσωρευτές

Υπάρχουν διαφόρων τύπων ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) ανάλογα με το υλικό των ηλεκτροδίων τους, π.χ. συσσωρευτές νικελίου – καδμίου ή αργύρου – ψευδαργύρου. Έχει διαπιστωθεί όμως ότι οι οικονομικότεροι για χρήση σε Φ/Β συστήματα είναι οι μολύβδου.

Συγκεκριμένα οι συσσωρευτές αποτελούνται από κυψελίδες, δηλαδή ζεύγη μονωμένων μεταξύ τους πλακών βυθισμένων στο ίδιο διάλυμα θειικού οξέος. Κάθε φορτισμένη κυψελίδα των συσσωρευτών, δηλαδή κάθε ζεύγος ηλεκτροδίων δίνει τάση περίπου 2 Volt, για την πλήρη φόρτιση της κυψελίδας όμως χρειάζεται τροφοδότηση με 2.4 Volt. Στη συνέχεια η τροφοδότηση του συσσωρευτή πρέπει να διακοπεί διότι η υπερφόρτιση των κυψελίδων προκαλεί την θέρμανση του διαλύματος του θειικού οξέος, την εξάτμιση του νερού και τελικά την επιτάχυνση της φθοράς του συσσωρευτή. Ένα σύστημα που μας επιτρέπει την διακοπή της τροφοδότησης είναι οι ρυθμιστές.

Οι ρυθμιστές είναι ηλεκτρονικές διατάξεις οι οποίες ρυθμίζουν την ροή ενέργειας από και προς τους συσσωρευτές από ένα Φ/Β σύστημα. Σε γενικές γραμμές εποπτεύει την διαδικασία φόρτισης εκφόρτισης των συσσωρευτών, ώστε να μην υπερφορτωθούν οι συσσωρευτές.

3.3 Τα φορτία σε μια οικία

Τα φορτία σε μια οικία είναι οι ηλεκτρικές συσκευές που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια. Μία συνηθισμένη οικία περιέχει ένα ψυγείο, έναν φούρνο, έναν θερμοσίφωνα, μία ή δύο τηλεοράσεις, έναν υπολογιστή, 5 λάμπες, ένα air-condition και διάφορες άλλες μικροσυσκευές.

3.3.1 Υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά έτος

Ο παρακάτω πίνακας θα μας δείξει πόση ενέργεια καταναλώνει συνολικά σε ένα έτος μία οικία.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (Watt)	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (Watt)	ΩΡΕΣ/ΗΜΕΡΑ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ /ΗΜΕΡΑ (Wh)
Φωτισμός	11*	8	88	4	352
Ψυγείο	120	1	120	10	1200
Κουζίνα	2200	1	2200	2	4400
Θερμοσίφωνα	4000	1	4000	0.5	2000
Πλυντήριο	2500	1	2500	1	2500
Τηλεόραση	100	2	200	6	1200
Λοιπά	1500		1500	1.5	2250
ΣΥΝΟΛΟ ΦΟΡΤΙΩΝ : 10431 Watt			ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ : 13902 Wh		

* Χρησιμοποιούμε λαμπτήρες οικονομικού τύπου ισχύς 11 Watt που ισούται σε φωτεινότητα με έναν κοινό λαμπτήρα πυρακτώσεως ισχύος 60 Watt.

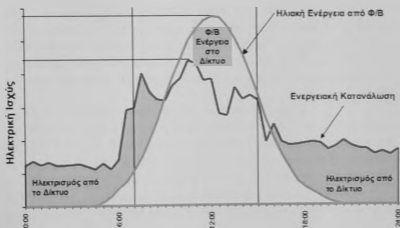
Από τον παραπάνω πίνακα βγάζουμε το συμπέρασμα ότι η ενέργεια που καταναλώνει μια τυπική οικία καθημερινώς είναι 13902 Wh, την οποία θα την θεωρήσουμε μια μέση τιμή που θα μας

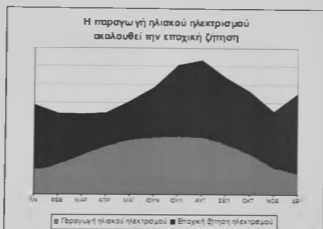
βοηθήσει να υπολογίσουμε την συνολική ενέργεια. Συνολικά τον χρόνο θέλει 5074230 Wh ή 5.074,2 KWh.

3.4 Πόση ενέργεια καλύπτουν τα Φ/Β;

Η μέση ημερησία ενέργεια που παίρνουμε από τον ήλιο είναι 4.6 KWh ανά τετραγωνικό μέτρο και ένα Φ/Β σύστημα ονομαστικής ισχύος 3 KWp παράγει σε ετήσια βάση περίπου 4.200 KWh(διαλέγουμε Φ/Β 3 KWp διότι συνδυάζει και καλή τιμή και απόδοση). Κοιτώντας τις δύο τιμές (τις KWh που καταναλώνει το σπίτι και τις KWh που παράγει το Φ/Β) θα παρατηρήσουμε ότι το Φ/Β σύστημα δεν καλύπτει πλήρως την απαιτούμενη ενέργεια που παίρνουμε από το δίκτυο, όμως την μειώνει σε 874 KWh ετησίως.

Εδώ θα ήταν σκόπιμο να τονίσουμε το γεγονός ότι, ουσιαστικά η οικία συνεχίζει ακόμη να τροφοδοτείται από το δίκτυο της ΔΕΗ και ως εκ τούτου είναι άστοχο να αναρωτηθούμε τι γίνεται τον καιρό που δεν έχει ηλιοφάνεια.





3.5 Κόστος Φ/Β ισχύος 3 KWp

Ενώ όλοι σχεδόν προβληματίζονται για το αρχικό κόστος της επένδυσης σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, ελάχιστοι αναρωτιούνται ποια θα είναι τα πραγματικά λειτουργικά κόστη κατά την εικοσάχρονη και πλέον λειτουργία του. Αναλύουμε παρακάτω τα κόστη αυτά, που δείχνουν ότι μία επένδυση σε ένα φωτοβολταϊκό πάρκο δεν εγγυάται “εύκολο και γρήγορο” πλουτισμό όπως διατείνονται κάποιοι, αλλά αποτελεί μια σοβαρή επένδυση με μακροχρόνια προοπτική και προσπάθεια.

Παρόλο που μία μονοσήμαντη απάντηση είναι παρακινδυνευμένη (δεν είναι όλα τα προϊόντα ίδια), από στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρου Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας) προκύπτει ότι οι τιμές που κυμαίνονται στις εταιρίες εγκατάστασης Φ/Β είναι της τάξεως των 4 με 6 ευρώ ανά Wp. Άρα το Φ/Β σύστημα ισχύος 3 KWp θα μας κοστίσει περίπου 15.000 ευρώ. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι στην τιμή ανά Wp συνυπολογίζονται και τα κόστη εγκατάστασης.

Επίσης θα πρέπει να λάβουμε και υπόψη και το κόστος συντήρησης το οποίο είναι ελάχιστο μιας και στις προδιαγραφές των κατασκευαστών των Φ/Β είναι να αντέχουν τις υψηλές αλλά και τις χαμηλές θερμοκρασίες.

3.6 Γείωση

Η γείωση αποσκοπεί κυρίως στην προστασία της εγκατάστασης παραγωγής και την ασφάλεια την δικιά μας. Η γείωση ή μη της πλευράς συνεχούς ρεύματος εξαρτάται από την τεχνολογία των Φ/Β πλαισίων και την τοπολογία του αντιστροφέα και γειώνεται με υπόδειξη του κατασκευαστή, προκειμένου διασφαλίζεται η καλή λειτουργία αλλά και η βελτιστοποίηση της απόδοσης.

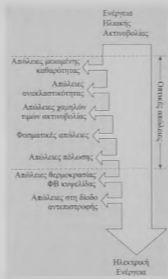
Ειδικότερα τα Φ/Β πλαίσια λεπτών επιστρώσεων(π.χ. πυριτίου) λόγω της τεχνολογίας κατασκευής τους παρουσιάζουν συνήθως υψηλό κίνδυνο διάβρωσης, γεγονός που δεν είναι καλό για τα Φ/Β πλαίσια. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο γειώνεται ο αρνητικός ακροδέκτης της Φ/Β πηγής. Σε Φ/Β πλαίσια λεπτών επιστρώσεων από άλλα υλικά δεν υπάρχει τέτοιος κίνδυνος οπότε γειώνουμε τον θετικό ακροδέκτη.

3.7 Απόδοση Φ/Β συστήματος

Μία επιφανειακή προεπισκόπηση της απόδοσης του Φ/Β συστήματος είναι το πηλίκο της αποδιδόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα προς την προσπίπτουσα στα Φ/Β στοιχεία ακτινοβολία.

$$\eta = (4200/46000) * 100 = 9,1 \%$$

Από την απόδοση συμπεραίνουμε ότι τα Φ/Β συστήματα έχουν μικρή απόδοση και αυτό συμβαίνει λόγω των πολλών απωλειών.



Σχήμα απωλειών Φ/Β συστήματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

4.1 Οικολογικά οφέλη

Τα φωτοβολταϊκά συνεπάγονται σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία. Οφέλη για τον καταναλωτή, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία και απεξάρτηση από το πετρέλαιο.

Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν μ' αυτό τον τρόπο στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας. Επίσης είναι από τις ελάχιστες τεχνολογίες των οποίων το κόστος πέφτει συστηματικά.

Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου.

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3-1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λ.π.). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το

φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ



1=10

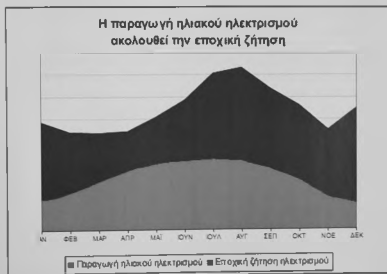
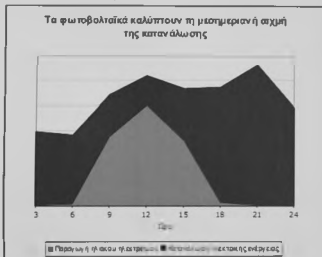
Ένα μέσο φωτοβολταϊκό πλαίσιο ισοδυναμεί με 10 δέντρα



Η μέγιστη ενέργεια που παράγει ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι ισοδύναμη με την ενέργεια που παράγει ένα δέντρο κατά τη διάρκεια της ζωής του.

Από την άλλη, η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης

(ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, στην αποφυγή black-out και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Σημειωτέον ότι, κάθε ώρα black-out κοστίζει στην εθνική οικονομία 25-40 εκατ. ευρώ.



4.2 Διαδικασίες αδειοδότησης

Οι διαδικασίες και οι χρόνοι αδειοδότησης διαφέρουν ανάλογα με την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος. Διακρίνουμε 4 κατηγορίες: συστήματα <20 κילוβάτ (kWp), 20-150 kWp, 150-2.000 kWp και >2.000 kWp.

Οι χρόνοι αδειοδότησης, οι οποίοι κυμαίνονται από μηδέν έως 9 μήνες, είναι οι θεωρητικοί χρόνοι που προβλέπει η νομοθεσία. Στην πράξη οι χρόνοι αυτοί είναι πολύ μεγαλύτεροι.

4.2.1 Συστήματα ≤ 20 kWp

Δεν απαιτούνται άδειες παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας ή έγκριση περιβαλλοντικών όρων. Δεν απαιτείται επίσης εξαίρεση από την άδεια παραγωγής, εκτός εάν πρόκειται για σταθμούς που εγκαθίστανται σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά όπου υφίσταται κορεσμός του δικτύου, ο οποίος διαπιστώνεται με απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ). Οι περιπτώσεις εξαίρεσης από τη λήψη άδειας παραγωγής διαπιστώνονται με απόφαση της ΡΑΕ που εκδίδεται εντός δέκα (10) εργασίμων ημερών από την υποβολή σχετικής αίτησης, εφόσον η αίτηση αυτή συνοδεύεται από όλα τα αναγκαία στοιχεία ή από τη συμπλήρωση των στοιχείων αυτών (Ν. 3468/06 & εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ. 107100, 29-8-2006).

Τα πρόσωπα που έχουν την ευθύνη της λειτουργίας των σταθμών για τους οποίους δεν εκδίδεται διαπιστωτική απόφαση της ΡΑΕ, υποχρεούνται, πριν εγκαταστήσουν τους σταθμούς, να ενημερώνουν τον αρμόδιο Διαχειριστή (ΔΕΣΜΗΕ ή ΔΕΗ κατά περίπτωση) για τη θέση, την ισχύ και την τεχνολογία των σταθμών αυτών. Αν παραληφθεί η υποχρέωση ενημέρωσης, η λειτουργία των σταθμών αποβαίνει παράνομη. Ο αρμόδιος Διαχειριστής ενημερώνει, στο τέλος κάθε διμήνου, τον Υπουργό Ανάπτυξης και τη ΡΑΕ για την εγκατάσταση των ανωτέρω σταθμών (Ν. 3468/06).

Εφόσον οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί της κατηγορίας αυτής βρίσκονται εντός περιοχών NATURA 2000, Εθνικών Δρυμών, παραδοσιακών οικισμών και περιοχών αρχαιολογικού

ενδιαφέροντος, απαιτείται έγκριση περιβαλλοντικών όρων (εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ. 107100, 29-8-2006).

Α/Α	Ενέργεια	Φορέας	Κόστος Διαθέσιμων (€)	Υπόλοιπο
1	Μεσοπρόθεσμο πρόγραμμα επένδ. Τεχνολ. Εκπαίδευσης, αλλαγ. Σ.Π. (εργαστ. μίσθση)	Τεχνολ. Υπηρεσία	200-250€	
2	Κατάθεση Αίτησης για Προσφορά σύνδεσης	ΔΕΗ ΔΙΚΤΥΟ (Τομαή Υπηρεσία)	0	20
3	Έγκριση εργασιών Μικρής κλίμακας	Πολυενομία	0	2
4	Δανειοδότηση	Τράπεζα	0	
5	Επιβολή Ενέχυρου Πιστώσεων Έργων Σύνδεσης	ΔΕΗ ΔΙΚΤΥΟ (Τομαή Υπηρεσία)	500-600€	20
6	Παροχή εργασιών εγκατάστασης, ηλεκτρισμού	Τεχνολ. Υπηρεσία	Μακ. 2000€	
7	Επιβολή Πώλησης	ΔΕΗ ΔΙΚΤΥΟ (Τομαή Υπηρεσία)	0	20
8	Επιβολή Ενέχυρου Σύνδεσης	ΔΕΗ ΔΙΚΤΥΟ (Τομαή Υπηρεσία)	0	20
ΣΥΝΟΛΟ	Σύνδεση και Ενεργοποίηση			80

4.3 Σύνδεση μονάδας με το δίκτυο της ΔΕΗ

Από την μεριά μας θα ήταν σωστό να συνδέσουμε την παραγωγική μονάδα με την ΔΕΗ, έτσι ώστε εάν υπάρχει πλεόνασμα ενέργειας να το πουλάμε στην ΔΕΗ. Σημαντικό ρόλο όσο αναφορά το κόστος και τον τρόπο σύνδεσης θα παίξουν τα ακόλουθα:

- η απόσταση του δικτύου χαμηλής τάσης από το οικόπεδο
- η απόσταση του δικτύου μέσης τάσης από το οικόπεδο
- η απόσταση του κοντινότερου υποσταθμού της ΔΕΗ ΥΤ/ΜΤ από το οικόπεδο
- εάν το οικόπεδο είναι στην «άκρη» του δικτύου Μέσης Τάσης»
- η γενικότερη κατανομή των φορτίων στην περιοχή (πχ πόσο κοντά βρίσκονται καταναλώσεις αντίστοιχου μεγέθους με την προβλεπόμενη επένδυση)
- η εκτίμηση της ΔΕΗ για την περιοχή (προφορική συνεννόηση)
- τα φορτία από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην περιοχή

Η σχέση της μονάδας μας με την ΔΕΗ είναι αμοιβαία. Η ΔΕΗ θα συνεχίσει να μας παρέχει ενέργεια και ότι παράγουμε εμείς θα το διοχετεύουμε στο δίκτυο. Τοποθετώντας η ΔΕΗ ένα δεύτερο ρολόι μετράει την ενέργεια που της δίνουμε και αφαιρεί την αξία της από τον λογαριασμό μας. Με αυτόν τον τρόπο καταφέρνουμε να εξοικονομήσουμε ενέργεια.

4.4 Σχετική νομοθεσία για οικίες

Άρθρο 1

Σκοπός – Πεδίο Εφαρμογής

1. Καταρτίζεται Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 KW_p, εφεξής Πρόγραμμα, σε κτιριακές εγκαταστάσεις, που χρησιμοποιούνται για κατοικία ή στέγαση πολύ μικρών επιχειρήσεων με διάρκεια έως 31.12.2019.
2. Το Πρόγραμμα αφορά σε φωτοβολταϊκά συστήματα για παραγωγή ενέργειας που εγχέεται στο Δίκτυο, τα οποία εγκαθίστανται στο δάμα ή τη στέγη κτιρίου, συμπεριλαμβανόμενων των στεγάστρων βεραντών.
3. Το Πρόγραμμα αφορά σε όλη την Επικράτεια με εξαίρεση τα μη Διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό Σύστημα της χώρας νησιά.
4. Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα έχουν φυσικά πρόσωπα μη επιτηδευματίες και φυσικά ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες που κατατάσσονται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις, τα οποία έχουν στην κυριότητα τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα.
5. Στην περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο κτιρίου, επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός και μόνο συστήματος. Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα έχουν οι κύριοι οριζόντιων ιδιοκτησιών εκπροσωπούμενοι από το διαχειριστή ή ένας εκ των κυρίων των οριζόντιων ιδιοκτησιών μετά από παραχώρηση της χρήσης του κοινόχρηστου ή κοινόκτητου χώρου από τους λουτούς συνιδιοκτήτες. Προϋπόθεση αποτελεί η συμφωνία του συνόλου των συνιδιοκτητών που αποδεικνύεται με πρακτικό ομόφωνης απόφασης της γενικής συνέλευσης ή με έγγραφη συμφωνία όλων των συνιδιοκτητών του κτιρίου, με ευθύνη των ενδιαφερομένων.
6. Επιτρέπεται η παραχώρηση χρήσης χώρου για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος, μετά από έγγραφη συμφωνία του κυρίου του χώρου αυτού, σε κύριο οριζόντιας ιδιοκτησίας του κτιρίου όπου βρίσκεται ο χώρος.

Άρθρο 2 Προϋποθέσεις ένταξης στο Πρόγραμμα

1. Προϋπόθεση για την ένταξη φωτοβολταϊκού συστήματος στο Πρόγραμμα είναι η ύπαρξη ενεργής σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του φωτοβολταϊκού στο κτίριο όπου το σύστημα εγκαθίσταται.
2. Μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης της ιδιοκτησίας του κυρίου του φωτοβολταϊκού, εφόσον αυτή χρησιμοποιείται για κατοικία, πρέπει να καλύπτεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ενδεικτικά ηλιοθερμικά, ηλιακοί θερμοσίφωνες.
3. Προϋπόθεση και όρος για την ένταξη φωτοβολταϊκού συστήματος στο Πρόγραμμα είναι η μη ύπαρξη δημόσιας ενίσχυσης στο πλαίσιο του Αναπτυξιακού- Επενδυτικού νόμου, όπως κάθε φορά ισχύει, των συγχρηματοδοτούμενων από την Ευρωπαϊκή Ένωση δράσεων χρηματοδότησης (π.χ. στο πλαίσιο ΕΠ του ΕΣΠΑ) και γενικότερα οποιουδήποτε άλλου προγράμματος χρηματοδότησης.

Άρθρο 3 Συμβάσεις

1. Η Σύμβαση Συμφωνισμού για φωτοβολταϊκό σύστημα (εφεξής Σύμβαση Συμφωνισμού) συνάπτεται μεταξύ κυρίου του φωτοβολταϊκού και ΔΕΗ ΑΕ ή άλλου προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί τις καταναλώσεις του στο κτίριο, όπου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα, για είκοσι πέντε (25) έτη, με έναρξη ισχύος την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος. Η εν λόγω Σύμβαση συνομολογείται με σταθερή τιμή αναφοράς και αντιστοιχεί στο έτος που αυτή συνάπτεται σύμφωνα με την παράγραφο 3 του παρόντος, υπό την προϋπόθεση ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος εντός έξι (6) μηνών από τη σύναψη της Σύμβασης Συμφωνισμού. Σε αντίθετη περίπτωση, ως τιμή αναφοράς θα λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί στο έτος που πραγματοποιείται η ενεργοποίηση της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος.
2. Στην περίπτωση που ο κύριος του φωτοβολταϊκού αλλάξει προμηθευτή για την ηλεκτροδότηση των καταναλώσεών του στο κτίριο, λήγει αυτοδικαίως η Σύμβαση Συμφωνισμού και συνάπτεται νέα Σύμβαση Συμφωνισμού για το υπολειπόμενο εκ των είκοσι πέντε (25) ετών διάστημα μεταξύ κυρίου του φωτοβολταϊκού και του νέου προμηθευτή. Σε περίπτωση μεταβολής στο πρόσωπο του κυρίου του φωτοβολταϊκού συστήματος λόγω μεταβίβασης της σχετικής ιδιοκτησίας του στο κτίριο όπου βρίσκεται εγκατεστημένο το φωτοβολταϊκό σύστημα, ο νέος κύριος υπεισέρχεται αυτοδικαίως στα

δικαιώματα και τις υποχρεώσεις του μεταβιβάζοντος που απορρέουν από τη Σύμβαση Συμψηφισμού.

3. Η τιμή της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που εγχέεται στο δίκτυο ορίζεται σε 0,55 Ευρώ/kWh για τις Συμβάσεις Συμψηφισμού που συνάπτονται τα έτη 2009, 2010, 2011. Η τιμή μειώνεται κατά 5% ετησίως για τις Συμβάσεις Συμψηφισμού που συνάπτονται το διάστημα από 1.1.2012 μέχρι και 31.12.2019.
4. Η τιμή στην οποία συνομολογείται η Σύμβαση Συμψηφισμού αναπροσαρμόζεται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος ή τον εκάστοτε αρμόδιο φορέα. Αν η τιμή που προκύπτει με την ανωτέρω αναπροσαρμογή, είναι μικρότερη της μέσης Οριακής Τιμής του Συστήματος, όπως αυτή διαμορφώνεται κατά το προηγούμενο έτος, προσαυξημένης κατά 40%, η τιμολόγηση γίνεται με βάση τη μέση Οριακή Τιμή του Συστήματος του προηγούμενου έτους, προσαυξημένη κατά τον αντίστοιχο ως άνω συντελεστή.
5. Οι Συμβάσεις Συμψηφισμού ακολουθούν τον τύπο της σύμβασης του Παραρτήματος της παρούσας και κοινοποιούνται από τον εκάστοτε προμηθευτή στη ΡΑΕ εντός ενός (1) μηνός από την υπογραφή τους.
6. Η καταμέτρηση της παραγόμενης ενέργειας πραγματοποιείται ταυτόχρονα με την καταμέτρηση της ενέργειας που καταναλώνεται. Ως παραγόμενη ενέργεια νοείται η ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα μείον την ενέργεια που τυχόν αυτό απορροφά από το δίκτυο για ίδια κατανάλωση. Η πίστωση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ακολουθεί τους κύκλους χρέωσης της καταναλισκόμενης. Η εκκαθάριση γίνεται από τη ΔΕΗ ΑΕ ή άλλο προμηθευτή, ο οποίος για το σκοπό αυτό καταχωρεί στο λογαριασμό κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος του κυρίου του φωτοβολταϊκού συστήματος σχετική πιστωτική εγγραφή. Στην περίπτωση αυτή ο εν λόγω λογαριασμός επέχει θέση τιμολογίου αγοράς για την ενέργεια που διατίθεται από τον κύριο του φωτοβολταϊκού συστήματος. Παράλληλα, η ΔΕΗ ΑΕ ή άλλος προμηθευτής χρεώνει τον ΔΕΣΜΗΕ που τηρεί τον Ειδικό Λογαριασμό των διατάξεων του άρθρου 40 του Ν. 2773/1999, με το συνολικό ποσό της δαπάνης των εκκαθαρίσεων όλων των κυρίων των φωτοβολταϊκών που του αναλογούν σε μηνιαία βάση επισυνάπτοντας σχετική αναλυτική κατάσταση.

Άρθρο 4

Εγκατάσταση και λειτουργία Φωτοβολταϊκού Συστήματος - Σύνδεση με το Δίκτυο

1. Το φωτοβολταϊκό σύστημα συνδέεται στο Δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης. Για τη σύνδεση η ΔΕΗ ΑΕ ως Διαχειριστής του Δικτύου, κάνει χρήση της παροχής μέσω της οποίας τροφοδοτούνται οι καταναλώσεις

της ιδιοκτησίας του κυρίου όπου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα, όταν αυτό είναι τεχνικά δυνατό. Σε κάθε περίπτωση η σύνδεση αντιστοιχεί σε υφιστάμενο αριθμό παροχής της ιδιοκτησίας του κυρίου του φωτοβολταϊκού συστήματος.

2. Για τη σύνδεση φωτοβολταϊκού συστήματος υποβάλλεται αίτηση προς την ΔΕΗ ΑΕ (Τοπική Υπηρεσία, Περιοχή), ως Διαχειριστή του Δικτύου, που περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον, τα εξής:
 - i. στοιχεία του κυρίου του φωτοβολταϊκού,
 - ii. στοιχεία της εγκατάστασης, με το έντυπο αίτησης που χορηγείται από τη ΔΕΗ ΑΕ.
 - iii. στοιχεία των φωτοβολταϊκών πλαισίων και του αντιστροφέα, καθώς και λοιπά τεχνικά στοιχεία για την εγκατάσταση και την λειτουργία, υπεύθυνες δηλώσεις ότι πληρούνται οι απαιτήσεις των παραγράφων 2 και 3 του άρθρου 2 της παρούσας, καθώς και δήλωση σχετικά με τα στοιχεία που αποδεικνύουν την ιδιότητα ΜΜΕ μιας επιχείρησης, σύμφωνα με το έντυπο αίτησης που χορηγείται από τη ΔΕΗ ΑΕ.
3. Μετά την υποβολή της αίτησης και των στοιχείων της παραγράφου 2, η ΔΕΗ ΑΕ, ως Διαχειριστής του Δικτύου, εξετάζει το αίτημα κατά προτεραιότητα και προβαίνει εντός είκοσι (20) ημερών σε διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον ενδιαφερόμενο κύριο του φωτοβολταϊκού που περιλαμβάνει την περιγραφή και τη δαπάνη των έργων σύνδεσης, η οποία ισχύει για τρεις (3) μήνες από την ημερομηνία έκδοσής της. Η ΔΕΗ ΑΕ γνωστοποιεί στον κύριο του φωτοβολταϊκού κάθε στοιχείο που θα ζητηθεί για την τεκμηρίωση της ανάγκης υλοποίησης των συγκεκριμένων έργων σύνδεσης και του κόστους αυτών.
4. Μετά την αποδοχή της Προσφοράς Σύνδεσης προσκομίζεται από τον κύριο του φωτοβολταϊκού η Έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας της αρμόδιας πολεοδομικής υπηρεσίας, υπογράφεται η Σύμβαση Σύνδεσης μεταξύ κυρίου του φωτοβολταϊκού και ΔΕΗ ΑΕ ως Διαχειριστή του Δικτύου και καταβάλλεται η σχετική δαπάνη. Η κατασκευή των έργων σύνδεσης ολοκληρώνεται από τη ΔΕΗ ΑΕ εντός είκοσι (20) ημερών από την υπογραφή της σύμβασης, εφόσον δεν απαιτούνται νέα έργα Δικτύου.
5. Μετά την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης υποβάλλεται αίτηση για τη σύναψη Σύμβασης Συμφημισμού προς τη ΔΕΗ ΑΕ (Τοπική Υπηρεσία Εμπορίας) ή άλλο προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί τις καταναλώσεις της ιδιοκτησίας του κυρίου όπου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Η ανωτέρω διαδικασία ολοκληρώνεται εντός δεκαπέντε (15) ημερών από την παραλαβή του αιτήματος.

6. Για την ενεργοποίηση της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος υποβάλλεται αίτημα προς την ΔΕΗ ΑΕ (Τοπική Υπηρεσία, Περιοχή) ως Διαχειριστή του Δικτύου, με το οποίο συνυποβάλλονται:

i. αντίγραφο της Σύμβασης Συμψηφισμού,

ii. υπεύθυνη δήλωση μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας για τη συνολική εγκατάσταση, με συνημμένα: τεχνική περιγραφή του τρόπου αποφυγής του φαινομένου της νησιδοποίησης και μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης, στην οποία θα αναφέρονται οι ρυθμίσεις των ορίων τάσεως και συχνότητας στην έξοδο του αντιστροφέα, που σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να βρίσκονται εκτός των ορίων $+15\%$ έως -20% της ονομαστικής τάσης και $+0,5$ Hz έως $-0,5$ Hz της ονομαστικής συχνότητας καθώς επίσης και ότι έχει γίνει πρόβλεψη σε περίπτωση υπέρβασης των εν λόγω ορίων ο αντιστροφέας να τίθεται εκτός (αυτόματα απόξευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις:

α. θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 δευτερόλεπτα,

β. επανάξευξη του αντιστροφέα μετά από τρία πρώτα λεπτά,

γ. αναφορά σε χρόνο λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης,

iii. υπεύθυνη δήλωση του κυρίου του φωτοβολταϊκού συστήματος όπου θα αναφέρεται ότι καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του φωτοβολταϊκού δεν θα τροποποιηθούν οι ρυθμίσεις που δηλώθηκαν βάσει των απαιτήσεων της περίπτωσης ii της παρούσας παραγράφου.

Άρθρο 5

Πολεοδομική Αντιμετώπιση

Για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος απαιτείται έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας κατά την έννοια του άρθρου 7 παρ. 1 του Ν. 3212/2003 (ΦΕΚ Α' 308), όπως κάθε φορά ισχύει, και τις κανονιστικές πράξεις που εκδίδονται κατ' εξουσιοδότησή του. Οι όροι εγκατάστασης θα ορισθούν με Απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.

Άρθρο 6

Φορολογική Αντιμετώπιση

Η μικρή ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξασφαλίζει ότι η παραγόμενη ενέργεια αντιστοιχεί σε αυτήν που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κυρίου του φωτοβολταϊκού συστήματος. Με την έγχυση της παραγόμενης ενέργειας στο Δίκτυο επιτυγχάνεται η καταγραφή της στο πλαίσιο επίτευξης των στόχων

διδείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που τίθενται από την Οδηγία 2001/77/ΕΚ, αλλά και από την υπό δημοσίευση νέα Οδηγία. Κατά συνέπεια δεν υφίστανται, για τον κύριο του φωτοβολταϊκού συστήματος, φορολογικές υποχρεώσεις για τη διάθεση της ενέργειας αυτής στο δίκτυο.

Άρθρο 7 Λοιπές Διατάξεις

1. Προς ενημέρωση των ενδιαφερομένων στο δικτυακό τόπο του Υπουργείου Ανάπτυξης αναρτάται ενδεικτικός κατάλογος μελετητών – εγκαταστατών και εταιριών που δραστηριοποιούνται στον τομέα προμήθειας και εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων, το οποίο τηρείται με ευθύνη του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Για την ένταξη στον κατάλογο ο ενδιαφερόμενος αποδέχεται την τήρηση ελάχιστων τεχνικών προδιαγραφών και όρων ασφάλειας για την εγκατάσταση και λειτουργία φωτοβολταϊκών συστημάτων.

2. Η ΔΕΗ ΑΕ, ως Διαχειριστής του Δικτύου, αναρτά στο δικτυακό της τόπο, στοιχεία που αφορούν στο σύνολο της ισχύος που αντιστοιχεί στα αιτήματα σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, στην ήδη συμβασιοποιημένη ισχύ καθώς και σε τυχόν περιπτώσεις κορεσμού των τοπικών δικτύων διανομής.

3. Επισυνάπτεται Παράρτημα το οποίο αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της παρούσας.

4.5 Οικονομοτεχνική μελέτη

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
ΙΣΧΥΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	3 KW
ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	4.200 KWh
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ	
ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	15.000 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	0 €
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ ΕΚΤΑΣΕΩΣ	0 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	15.000 €
ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗ	0 %
ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ	100 %
ΔΑΝΕΙΟ	0 %
ΤΙΜΕΣ ΠΩΛΗΣΗΣ	
ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	0,55 €
ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ	
ΕΣΟΔΑ ΑΠΟ ΠΩΛΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	1.810 €

Το κόστος εγκατάστασης είναι μηδαμινό διότι συνυπολογίζεται μέσα στο κόστος εξοπλισμού. Επίσης η εγκατάσταση Φ/Β σε οικίες επιχορηγούνται με την μορφή της επιδότησης της KWh, δηλαδή η αγορά της KWh από την ΔΕΗ σε προνομακική τιμή.

Τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μια συμφέρουσα οικονομική επένδυση. Με την τωρινή τιμή να κυμαίνεται κατά μέσο όρο στα επίπεδα του 5 €/Wp η εγκατάσταση ενός συστήματος εγκατεστημένης ισχύος 3 kWp θα κόστιζε 15.000€. Το σύστημα αυτό θα απέδιδε 4.200 KWh/έτος που μεταφράζεται σε πίστωση 2310 € βάσει του προγράμματος επιδοτούμενης κλιματώρας από την ΔΕΗ. Με βάση το προφίλ κατανάλωσης που θεωρήθηκε για την συγκεκριμένη κατοικία η ενέργεια που θα αγόραζε από την ΔΕΗ για τον ένα χρόνο θα κόστιζε γύρω στα 500 € άρα θα προέκυπτε ένα καθαρό κέρδος 1.810 € τον χρόνο (στο ποσό των 500 ευρώ δεν συνυπολογίζεται το πάγιο διότι συνεχίζουμε να το δίνουμε). Η επένδυση θα έκανε πλήρη απόσβεση στα 8.3 έτη και από εκεί και πέρα θα αποφέρει στον επενδυτή καθαρό κέρδος με εγγυημένο συμβόλαιο για 25 χρόνια και μικρά έξοδα συντήρησης. Παράλληλα καταφέρνει να κάνει εξοικονόμηση ενέργειας.

4.6 Συμπεράσματα - Προοπτικές

Τα συμπεράσματα που βγαίνουν από την πτυχιακή εργασία είναι αρκετά. Σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι πλέον είναι εφικτό για οποιονδήποτε (φυσικό πρόσωπο ή επιχείρηση) να εγκαταστήσει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην οικία του ή στην επιχείρησή του. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι τα Φ/Β είναι μία επένδυση με μακρόχρονη απόσβεση που αξίζει το ρίσκο της δανειοδότησης του. Η εγκατάσταση Φ/Β, σε μια εποχή που η τιμή της KWh θα ανέβει από τα πρόστιμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης λόγω της χρήσης λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγική διαδικασία, θα βοηθήσει στην εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας. Επίσης, όποιος σκέφτεται να εγκαταστήσει Φ/Β στην οικία του δεν χρειάζεται να σκεφτεί πόσα KW πρέπει να εγκαταστήσει, αλλά πόσο χώρο και χρήμα διαθέτει για την επένδυση αυτή. Και αυτό γιατί όσα KW και να εγκαταστήσει προς όφελος του θα είναι, αφού και το κόστος συντήρησης είναι μικρό και δεν χρειάζεται να ανοίξει βιβλία στην εφορία.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο χρόνος της απόσβεσης του κεφαλαίου που θα χρειαστεί για την εγκατάσταση των Φ/Β, υπολογίστηκε ότι είναι 8.3 χρόνια. Μετά την απόσβεση του, υπάρχει η προοπτική της περαιτέρω αύξησης της ισχύος της μονάδας, εάν υπάρχει και ο κατάλληλος χώρος βεβαίως. Όπως επίσης και ο συνδυασμός της μονάδας μας με κάποια άλλη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διαδίκτυο

Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού www.dei.gr

Ρυθμιστική αρχή ενέργειας www.rae.gr

Διαχειριστής ελληνικού συστήματος μεταφοράς ενέργειας
www.desmie.gr

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Κ.Α.Π.Ε www.cres.gr

Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών www.helapco.gr

www.selasenergy.gr/

www.sma-hellas.com/

www.pvresources.com/

www.iqsolarpower.com

www.solar-systems.gr/

Βιβλία

Φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματωμένα σε κτίρια, προοπτικές και πλεονεκτήματα. Θεοχάρης Τσούτσος, Ζαχαρίας Γκούσκος.

Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Σταμάτης Περδίδης.

Φωτοβολταϊκά Συστήματα. Ι.Ε.Φραγκιαδάκης .