

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΣΗΣ
ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΗ ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ
ΑΤΤΙΚΗΣ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΠΑΧΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ
ΓΟΓΟΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην εκπόνηση μελέτης για το σχεδιασμό εγκατάστασης ενεργειακού σταθμού φωτοβολταϊκών στην περιοχή της Νέας Μάκρης του Νομού Αττικής.

Αρχικά γίνεται εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις εφαρμογές τους. Στην συνέχεια ασχολούμαστε με την φωτοβολταϊκή τεχνολογία, την διαδικασία παραγωγής ρεύματος από μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση και τα μέρη που την απαρτίζουν και τέλος παραθέτουμε τα αποτελέσματα σχετικής μελέτης που εκπονήθηκε για σχεδιασμό σταθμού μέσης ισχύος.

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Ιωάννη Καλογήρου, Αναπληρωτή καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας πρόσφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας.

Παχής Χρήστος
Γόγολος Γεώργιος
Οκτώβριος 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη για τον σχεδιασμό εγκατάστασης διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού σταθμού μέσης ισχύος στη περιοχή Νέα Μάκρη του Νομού Αττικής. Αρχικά θα αναφερθούμε στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και θα ασχοληθούμε εκτενέστερα με την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων και τις πρακτικές εφαρμογές τους.

Το θέμα θα αναπτυχθεί σε οκτώ κεφάλαια. Στην εισαγωγή γίνεται λόγος στην ηλιακή ενέργεια και τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί για την εκμετάλλευσή τους. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα ενεργητικά και τα παθητικά ηλιακά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη οικιακών και βιομηχανικών αναγκών, καθώς και τα φωτοβολταϊκά συστήματα με τα οποία θα ασχοληθούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Στο πρώτο κεφάλαιο εισερχόμαστε στον κόσμο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Θα αναφερθούμε στην αιολική, τη γεωθερμική και την υδροηλεκτρική ενέργεια, στη βιομάζα και τις εφαρμογές τους. Τέλος παραθέτουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης των ΑΠΕ.

Στο δεύτερο κεφάλαιο μελετάμε το θεσμικό πλαίσιο που υποστηρίζει τις ΑΠΕ. Αυτό περιλαμβάνει τους θεσμικούς φορείς, όπως η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, η ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε και η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, καθώς και τις διαδικασίες αδειοδότησης, όπως αυτές προκύπτουν, από την τρέχουσα νομοθεσία για Φ/Β εγκαταστάσεις ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η φωτοβολταϊκή τεχνολογία. Θα μελετήσουμε τα είδη των φωτοβολταϊκών στοιχείων όπως αυτά προκύπτουν από τα υλικά κατασκευής τους καθώς και τη διαδικασία παραγωγής ρεύματος από ένα Φ/Β στοιχείο μέσω την ημιαγωγών που φέρουν.

Στο τέταρτο κεφάλαιο ασχολούμαστε με τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Αρχικά θα αναφερθούμε στα κυριότερα σημεία της εξέλιξης τους όπως αυτά προκύπτουν με την πάροδο των ετών. Θα αναφερθούμε επίσης στις κατηγορίες των συστημάτων (αυτόνομα-διασυνδεδεμένα), τα μέρη από τα οποία αποτελούνται και τα στάδια για την εγκατάστασή τους. Θα μελετήσουμε επίσης το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το οποίο "ευθύνεται" για την παραγωγή ρεύματος στις φωτοβολταϊκές κυψέλες, και τον τρόπο σύνδεσης αυτών, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των συστημάτων. Τέλος θα αναπτύξουμε τον τελικό βαθμό απόδοσης όπως αυτός διαμορφώνεται εφόσον συμπεριληφθούν οι απώλειες από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας κ.ά.

Στο πέμπτο κεφάλαιο μελετάται η δόμη μιας τυπικής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Θα αναλυθεί ο σχετικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται και τα μέτρα που λαμβάνονται για την ομαλή λειτουργία του συστήματος.

Το έκτο κεφάλαιο ασχολείται με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτίρια. Περιλαμβάνει τις προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται προκειμένου ένα κτίριο να κληθεί κατάλληλο για εγκατάσταση, τους τρόπους στήριξης, και εγκατάστασης. Και κλείνει με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί η ασφάλεια και η υγιεινή της εγκατάστασης.

Στο έβδομο κεφάλαιο θα εκπονηθεί μελέτη για την εγκατάσταση ενεργειακού σταθμού μέσης ισχύος στη περιοχή της Νέας Μάκρης του Νομού Αττικής. Αρχικά γίνονται οι κατάλληλες παραδοχές και παρουσιάζουμε τους τύπους που θα χρησιμοποιήσουμε για την εκπόνηση της μελέτης. Παραθέτουμε στοιχεία για την χωροθέτηση της εγκατάστασης και τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί. Στο κομμάτι της ενεργειακής μελέτης υπολογίζεται η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε κεκλιμένη επιφάνεια καθώς και ολική ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την εγκατάσταση στο σύνολο του έτους. Τέλος θα περιγραφεί ο τρόπος χρήσης του ηλεκτρονικού προγράμματος διαστασιολόγησης ηλεκτρολογικού εξοπλισμού Φ/Β εγκατάστασης Sunny Design της γερμανικής εταιρίας SMA.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται στατιστικά της ελληνικής και διεθνούς αγοράς Φ/Β συστημάτων με χρήση πινάκων και γραφημάτων. Παραθέτονται τα κίνητρα που έχουν δοθεί για στροφή σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης τους καθώς και τα περιβαλλοντικά οφέλη που παρουσιάζει η εκμετάλευση της ηλιακής ακτινοβολίας από τα συστήματα αυτά.

Τα σπουδαιότερα συμπεράσματα που προκύπτουν απ' την παρούσα Εργασία είναι (α) η διαφορά που προκύπτει ανάμεσα στην αρχική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και στην τελική στο σύνολο της εγκατάστασης οφείλεται σε απώλειες ενέργειας από τα δομικά και λειτουργικά μέρη της εγκατάστασης (β) το συμπέρασμα ότι η πραγματική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια προκύπτει λίγο μεγαλύτερη από την υπολογισμένη επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της χρήσης του προγράμματος Sunny Design και τέλος (γ) τα πλεονεκτήματα της χρήσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι τόσα ώστε να μας πείσουν πως η χρήση τους πρέπει να αποτελέσει προτεραιότητα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του πλανήτη.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	1
2. ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ-ΠΑΘΗΤΙΚΑ	2
2.1 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.....	2
2.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	6
1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ	6
1.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	6
1.2.1 Ανεμογεννήτριες.....	6
1.3 ΒΙΟΜΑΖΑ	7
1.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	8
1.4.1 Εφαρμογές γεωθερμικής ενέργειας.....	8
1.5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	9
1.6 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ	9
2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	11
2.1 ΘΕΣΜΙΚΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	11
2.1.1 Ρυθμιστική αρχή ενέργειας.....	11
2.1.2 Δεσμη α.ε.	11
2.1.3 Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού.....	12
2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	13
2.2.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος μέχρι 20kWp.....	13
2.2.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος μεταξύ 20-150kWp.....	14
2.2.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος άνω των 150kWp.....	16
3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ	19
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	19
3.2 ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ	19
3.2.1 Χαρακτηριστικά Ημιαγωγών	19
3.2.2 Δημιουργία ηλεκτρικά φορτισμένων ημιαγωγών	20
3.2.3 Δημιουργία της επαφής (του ηλεκτρικού πεδίου).....	21
3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΔΙΑΚΕΝΟ.....	21
3.3.1 Άμεσο και έμμεσο ενεργειακό διάκενο.....	22
3.4 ΦΩΤΟΒΛΟΤΑΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	23
3.5 ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	25
3.5.1 Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο.....	25
3.5.2 Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο.....	26
3.5.3 Κρυσταλλικό Πυρίτιο λεπτού φιλμ (c-SiTFc).....	26
3.5.4 Άμορφο πυρίτιο (a-Si).....	27

3.5.5 Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)	28
3.5.6 Δισεληνιούχος Ινδιούχος Χαλκός (CuInSe ₂ ή CIS)	28
3.5.7 Τελλουριούχο Κάδμιο (CdTe)	29
4. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	31
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	31
4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΚΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ	31
4.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	33
4.4 ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ Φ/Β ΚΥΨΕΛΩΝ	33
4.5 ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	34
4.6 ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	35
4.6.1 Στοιχεία για την εγκατάσταση διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος	36
4.7 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	37
4.7.1 Πρότυπες συνθήκες δοκιμής Φ/Β (Standard Test Conditions-STC)	37
4.7.2 Τάση Ανοιχτού Κυκλώματος(Voc)	37
4.7.3 Ρεύμα βραχυκυκλώσεως(Isc).....	38
4.7.4 Σημείο μέγιστης ισχύος (MPP).....	38
4.8 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΟΝ ΒΑΘΜΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	39
4.8.1 Απώλειες από επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.....	39
4.8.2 Απώλειες από την επίδραση της θερμοκρασίας.....	40
4.8.3 Απώλειες από την ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου	40
4.8.4 Απώλειες από την επίδραση της ρύπανσης.....	40
4.8.5 Απώλειες από την επίδραση της σκίασης	40
4.8.6 Απώλειες του φωτοβολταϊκού συστήματος	42
4.8.7 Οπτικές απώλειες.....	42
4.9 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	42
5. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	45
5.1 ΔΟΜΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	45
5.1.1 Φωτοβολταϊκά πάνελ	45
5.1.2 Προσανατολισμός πλαισίων	48
5.2 ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΑΙ ΗΛΙΟΣΤΑΤΕΣ	48
5.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ- ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	50
5.4 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ(ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ)	52
5.4.1 Τύποι μπαταριών φ/β συστημάτων	53
5.5 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	54
5.5.1 Επιλογή του κατάλληλου ρυθμιστή φόρτισης.....	54
5.6 ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ.....	55
5.6.1 Πλευρά Σ.Ρ.	55
5.6.2 Πλευρά Ε.Ρ.	57
5.7 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	58
5.7.1 Το εξωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.....	58
5.7.2 Το εσωτερικό σύστημα.....	59
5.7.3 Απαγωγί κρουστικών υπερτάσεων	59
5.8 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	60
5.8.1 Μέτρα για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας.....	61
5.9 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	62
6. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ.....	63
6.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ.....	63
6.1.1 Προϋποθέσεις ένταξης στο πρόγραμμα	63
6.1.2 Διαδικασία εγκατάστασης σε στέγη	64
6.1.3 Έντυπο αίτησης σύμβασης με τη ΔΕΗ.....	65

6.2 ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	69
6.3 ΣΤΗΡΙΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ	70
6.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΝΕΟΑΝΑΓΕΙΡΟΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ	72
6.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΙΡΙΑ (RETROFIT SYSTEMS)	72
6.6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ	72
6.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΕ ΟΡΟΦΗ	73
6.8 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗ	74
6.8.1 Ηλεκτρολογική εγκατάσταση.....	75
7.ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΗ ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ ΤΟΥ	
ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ.....	76
7.1.ΣΚΟΠΟΣ.....	76
7.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	76
7.2.1 Υπολογισμός Ηλεκτρικής Ενέργειας	76
7.2.2 Επίδραση της θερμοκρασίας.....	77
7.2.3 Βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίου	77
7.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	78
7.3.1 Φ/Β πλαίσια	79
7.3.2 Μετατροπείς(inverters).....	80
7.3.3 Βάσεις στήριξης.....	82
7.3.4 Καλωδιώσεις-προστασία-συνδέσεις	83
7.3.5 Τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός, σύστημα καταγραφής.....	84
7.4 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ	84
7.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	85
7.5.1 Υπολογισμός ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένη επιφάνεια.....	86
7.5.2 Λοιποί υπολογισμοί για τον σχεδιασμό της εγκατάστασης	91
7.6 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ	
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SUNNY DESIGN(SMA)	92
8. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	97
8.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΑΓΟΡΑΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	97
8.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	99
8.3 ΚΙΝΗΤΡΑ ΓΙΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ.....	101
8.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	102
8.4.1 Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών	102
8.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	105
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	107

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας (Σχ.1.1), θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



Σχήμα 1.1: Εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας

Ο τομέας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας έχει προοδεύσει πολύ τα τελευταία χρόνια και την σημερινή εποχή αποτελεί την πιο ανεπτυγμένη τεχνολογία όσον αφορά τις ήπιες μορφές ενέργειας. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να γίνει με δύο τρόπους δηλαδή είτε με άμεσο τρόπο είτε με έμμεσο. Με τον άμεσο τρόπο χρησιμοποιούνται ενεργητικά συστήματα ενώ με τον έμμεσο τρόπο χρησιμοποιούνται παθητικά συστήματα.

2. ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ-ΠΑΘΗΤΙΚΑ

2.1 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα



Εικόνα 2.1: Ηλιακός συλλέκτης

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Η επιφάνεια ηλιακών συστημάτων που βρίσκονται σε λειτουργία στη χώρα μας είναι περίπου 2.800.000 τετραγωνικά μέτρα. Περισσότερες από 1.000.000 ελληνικές οικογένειες καλύπτουν περίπου 80% των ετησίων αναγκών τους σε ζεστό νερό με ηλιακό θερμοσίφωνα. Η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών και η ποιότητα τους γενικά έχουν βελτιωθεί τα τελευταία χρόνια. Η Ελλάδα είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας σε όλη την Ευρώπη και μάλιστα σε χώρες με ιδιαίτερη βιομηχανική παράδοση, όπως η Γερμανία.

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας και σωληνώσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα μεταφέρεται στο δοχείο αποθήκευσης. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30°-60° ως προς τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως.

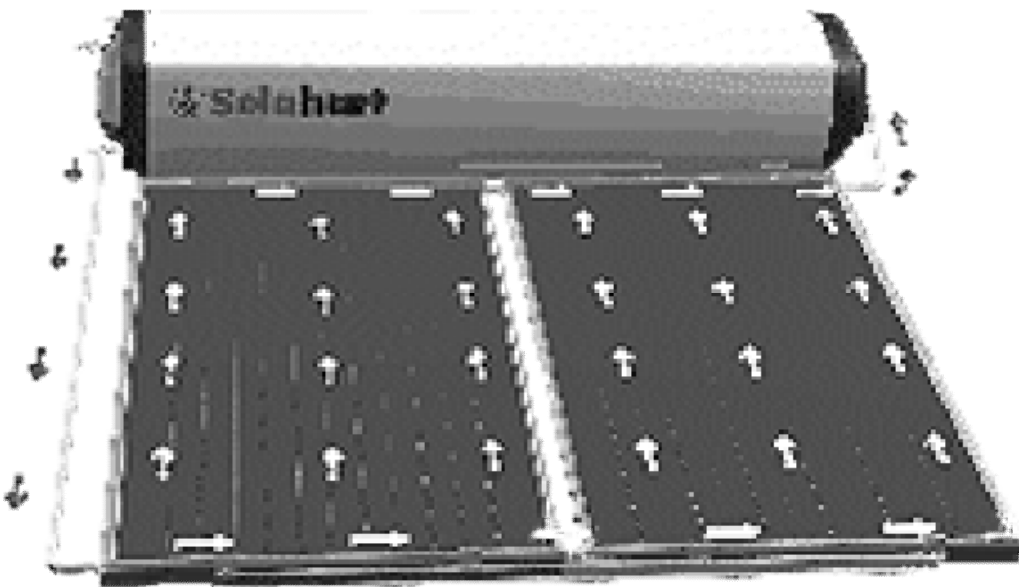
Πέρα από την οικιακή χρήση, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για τον κλιματισμό χώρων και άλλες εφαρμογές, εμφανίζεται ως μία από τις πολλά υποσχόμενες προοπτικές, λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας ακριβώς την εποχή που απαιτούνται τα ψυκτικά

φορτία. Υπάρχουν ήδη μερικές επιτυχημένες εφαρμογές τέτοιων συστημάτων στη χώρα μας και αναμένεται να έχουν ταχεία ανάπτυξη.

Είναι πάντως, πολύ σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός του ηλιακού συστήματος και η προσεκτική εξέταση της οικονομικότητας της εγκατάστασης για την αποφυγή λανθασμένων επιλογών και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης.

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα περιλαμβάνουν διάφορους τύπους ηλιακών συλλεκτών όπως για παράδειγμα τους απλούς επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες που χρησιμοποιούνται για την θέρμανση του νερού (ηλιακοί θερμοσίφωνες).

Το κέντρο ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης (Εικ.2.2) που είναι συνήθως τοποθετημένος στην ταρατσα ή στη στέγη ενός σπιτιού.



Εικόνα 2.2: Ηλιακός συλλέκτης

Ο συλλέκτης αυτός περιλαμβάνει μια μαύρη, συνήθως επίπεδη μεταλλική επιφάνεια, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται. Πάνω από την απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται ένα διαφανές κάλυμμα (συνήθως από γυαλί ή πλαστικό) που παγιδεύει τη θερμότητα (φαινόμενο θερμοκηπίου). Σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια τοποθετούνται λεπτοί σωλήνες μέσα στους οποίους διοχετεύεται κάποιο υγρό, που απάγει την θερμότητα και τη μεταφέρει, με τη βοήθεια μικρών αντλιών (κυκλοφορητές), σε μια μεμονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης. Το πιο απλό και διαδεδομένο σήμερα ενεργητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού είναι ο γνωστός μας ηλιακός θερμοσίφωνας.

Με τη βοήθεια παραβολικών ανακλαστικών δίσκων, η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να συγκεντρωθεί στο εστιακό σημείο 600 ως 2000 φορές περισσότερο από τη συνήθη και η θερμοκρασία να ανέλθει στους 800° ως 1500°C. Η θερμότητα που συλλέγεται με τις παραπάνω μεθόδους χρησιμοποιείται για την παραγωγή υπέρθερμου ατμού, ο οποίος κινεί μια ηλεκτρογεννήτρια. Έτσι με τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούμε να παράγουμε και ηλεκτρική ενέργεια.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις το δυναμικό της αγοράς για ηλιακά θερμικά συστήματα είναι περίπου δέκα φορές πολλαπλάσιο σήμερα από ότι ήταν. Στον οικιακό τομέα σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία υπάρχουν περισσότερα από 4.000.000 νοικοκυριά στην χώρα, από τα οποία μόνο το 20% χρησιμοποιούν ηλιακό σύστημα

για παραγωγή ζεστού νερού. Συγκεκριμένα εκτιμάται ότι με την κατάλληλη προώθηση των ηλιακών θερμικών συστημάτων θα μπορούσαν μέχρι το 2010 να έχουν εγκατασταθεί 5.000.000 τετραγωνικά μέτρα ηλιακών συλλεκτών στον οικιακό τομέα.

2.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα

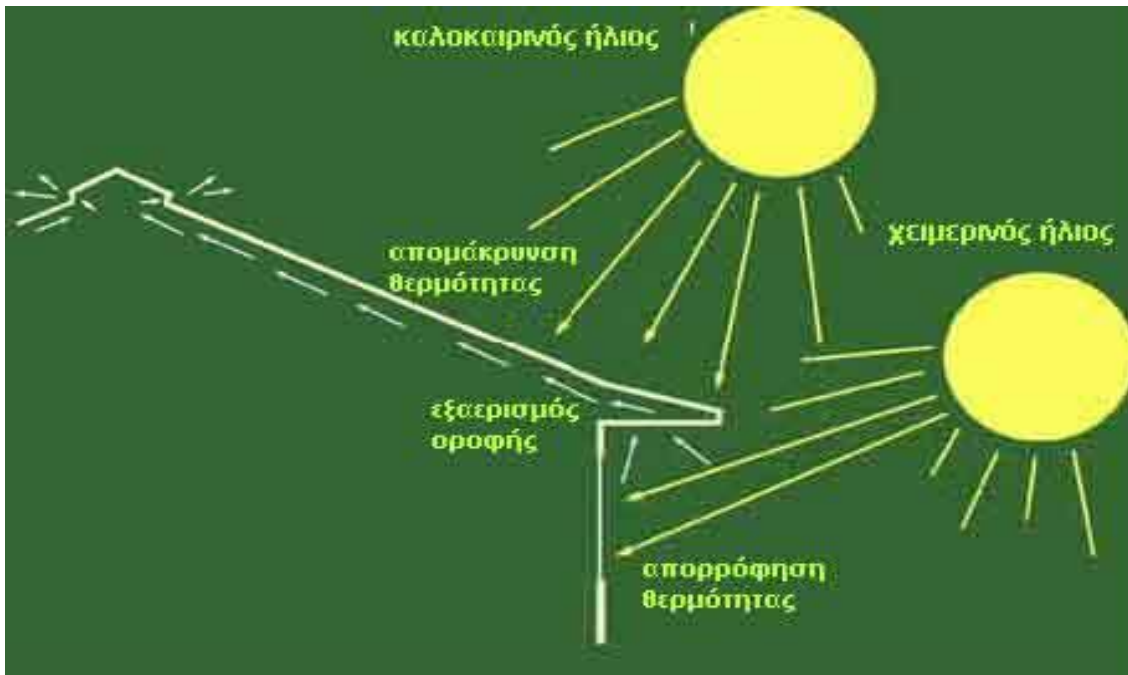
Όσον αφορά τα παθητικά ηλιακά συστήματα(Εικ.2.3) στην περίπτωση αυτή εκμεταλλευόμαστε την ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση των χώρων π.χ. θερμοκήπια χωρίς να εισάγουμε πρόσθετο εξοπλισμό. Με την χρήση αυτή των συστημάτων μπορεί να μειωθεί σημαντικά το κόστος των ενεργειακών ηλιακών συστημάτων μέχρι και 60% και να επιτευχθούν καλύτερες συνθήκες. Ένα παράδειγμα είναι η Ελλάδα στην οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν τέτοια συστήματα αφού οι κλιματολογικές συνθήκες είναι πολύ καλές.



Εικόνα 2.3: Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τα μεγάλα παράθυρα και ο νότιος προσανατολισμός του κτηρίου εκμεταλλεύονται καλύτερα την ηλιακή ενέργεια

Προϋπόθεση για την εφαρμογή σ'ένα κτήριο παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι η θερμομόνωσή του, ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες (χρήση κατάλληλων υλικών και διπλών τζαμιών, στεγανοποίηση, κ.ά.). Η αρχή λειτουργίας των παθητικών συστημάτων θέρμανσης φαίνεται στην εικόνα 2.4 και βασίζεται στο "φαινόμενο του θερμοκηπίου" ενώ τα παθητικά συστήματα δροσισμού βασίζονται στην ηλιοπροστασία του κτηρίου, δηλαδή στην παρεμπόδιση της εισόδου των ανεπιθύμητων κατά τη θερινή περίοδο ακτίνων του ήλιου στο κτήριο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μόνιμων ή κινητών σκίαστρων (πρόβολοι, τέντες, περσίδες, κληματαριές κ.ά.) που τοποθετούνται κατάλληλα, καθώς και με τη διευκόλυνση της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων.



Εικόνα 2.4: Αρχή λειτουργίας παθητικών ηλιακών συστημάτων

Ένα κτήριο που περιλαμβάνει παθητικά συστήματα θέρμανσης, δροσισμού ή ακόμη και φυσικού φωτισμού, κατασκευασμένο εξαρχής ή τροποποιημένο, ονομάζεται "βιοκλιματικό κτήριο" και είναι δυνατό να καλύψει μεγάλο μέρος των ενεργειακών του αναγκών από την άμεση ή έμμεση αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας

Ενώ το δυναμικό των παθητικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης είναι πολύ μεγάλο, οι εφαρμογές στην Ελλάδα είναι πολύ λίγες. Μέχρι σήμερα αριθμούν λίγο παραπάνω από 250. Το μεγαλύτερο ποσοστό αποτελείται από ιδιωτικά κτίρια του οικιακού τομέα ενώ σε δεύτερη βαθμίδα μεγέθους ακολουθούν τα εκπαιδευτικά κτίρια. Οι υπόλοιπες εφαρμογές καλύπτουν άλλες χρήσεις. Τα περισσότερα κτίρια έχουν κτισθεί στο μεγαλύτερο ποσοστό τους στην Νέα Μάκρη. Τα υπόλοιπα εντοπίζονται κυρίως στη Θεσσαλονίκη. Τα συστήματα που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι στο μεγαλύτερο ποσοστό τους πολύ απλά. Δεν έχουν χρησιμοποιηθεί υλικά ή δομικά στοιχεία προηγμένης τεχνολογίας.

Οι βασικοί παράγοντες αναχαιτίσης της εφαρμογής τους είναι οι ακόλουθοι:

1. Έλλειψη γνώσεων μεταξύ των αρχιτεκτόνων και των μηχανικών γενικότερα.
2. Έλλειψη ενημέρωσης του κοινού.
3. Έλλειψη βιομηχανοποιημένων προϊόντων απαραίτητων για την κατασκευή και ορθή λειτουργία των παθητικών συστημάτων καθώς και τυποποίησης των δομικών στοιχείων.
4. Γενική τάση των ιδιωτών αλλά και του Δημοσίου στην τοποθέτηση όσο το δυνατόν μικρότερου αρχικού κεφαλαίου με συνέπεια το αυξημένο κόστος λειτουργίας των κτιρίων.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ενέργειας στη φύση. Πρόκειται για καθαρές μορφές ενέργειας, φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα. Γι'αυτό το λόγο οι ΑΠΕ θεωρούνται αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο πλανήτης.

Ως ανανεώσιμες πηγές θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Οι ήπιες μορφές ενέργειας στην ουσία βασίζονται στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης.

Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρεπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια).

1.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου. Η ενέργεια αυτή περιλαμβάνεται στις καθαρές πηγές όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Ο άνεμος είναι άφθονος στη χώρα μας. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.

1.2.1 Ανεμογεννήτριες

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων(Εικ.1.1), με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ 200 – 400kW. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή, αφού έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και

μελέτες, για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού τοποθετούνται μερικές δεκάδες ανεμογεννήτριες, οι οποίες απαρτίζουν ένα αιολικό πάρκο.



Εικόνα 1.1: Ανεμογεννήτριες τριών πτερυγίων

Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί 1-3 μέρες. Αρχικά ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις.

1.3 ΒΙΟΜΑΖΑ

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας.

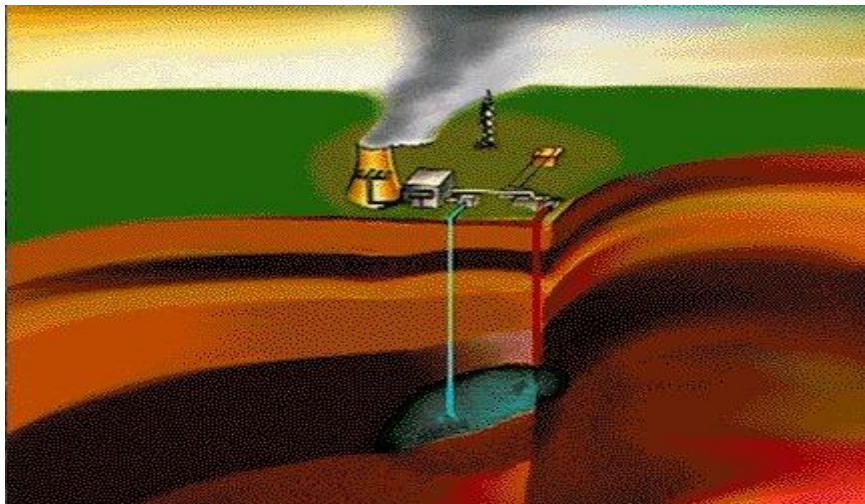
Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.).

Όλα τα παραπάνω υλικά, που προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

1.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια.

Μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή και με την είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της. Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ζεστό νερό σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 150°C μέχρι περισσότερο από 370°C μεταφέρεται με γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές δεξαμενές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό όπως φαίνεται στην εικόνα 1.2. Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά διοχετεύονται σε περιφερειακά τμήματα της δεξαμενής για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η πίεση. Αν η δεξαμενή χρησιμοποιηθεί για άμεση χρήση της θερμότητας τα γεωθερμικά ρευστά τροφοδοτούν έναν εναλλακτήρα θερμότητας και να επιστέψουν στη γη. Το ζεστό νερό από την έξοδο του εναλλακτήρα χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων κ.α.



Εικόνα 1.2: «Αντληση» ζεστού νερού και μετατροπή σε ατμό

1.4.1 Εφαρμογές γεωθερμικής ενέργειας

Υπάρχουν δυο κύριες εφαρμογές της γεωθερμική ενέργειας.

1. Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις (θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων). Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκάζερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή γεώτρηση στον φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης.
2. Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπογείων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανση και ψύξης.

1.5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών. Η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση από δίνες και ρεύματα, καθώς το νερό ρέει καταφορικά σε ρυάκια, χείμαρρους και ποτάμια μέχρι να φτάσει στη θάλασσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει.

Αποτελεί μία ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, η οποία χρησιμοποιήθηκε από τα πρώτα βήματα ανάπτυξης των ηλεκτρικών εφαρμογών, κυρίως με την κατασκευή φραγμάτων(Εικ.1.3) και την δημιουργία υδάτινων ταμιευτήρων μεγάλων ποταμών. Τα τελευταία όμως χρόνια αναπτύσσεται ραγδαία η τεχνική των μικρών υδροηλεκτρικών, ισχύος μέχρι 10 MW, τα οποία εγκαθίστανται σε μικρά σχετικά ρέματα και έχουν περιορισμένη επίπτωση στο περιβάλλον, αφού περιλαμβάνουν απλώς μία υδροληψία, έναν αγωγό υπό πίεση και τον υδροστρόβιλο. Βασικής σημασίας τόσο για την αποδοτικότητα της επένδυσης όσο και για τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, είναι η κατάλληλη επιλογή της θέσεως και η όλη σχεδίαση του έργου.



Εικόνα 1.3: Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με φράγμα ύδατος

1.6 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ

Η άντληση ενέργειας από το περιβάλλον παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
2. Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
3. Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
4. Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
5. Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
6. Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Η χρήση όμως των ανανεώσιμων πηγών δεν περικλύει μόνο πλεονεκτήματα. Συνοπτικά παρουσιάζονται τα αρνητικά της χρήσης των ΑΠΕ.

1. Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
2. Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
3. Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
4. Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
5. Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 ΘΕΣΜΙΚΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1.1 Ρυθμιστική αρχή ενέργειας



Η ΡΑΕ είναι ανεξάρτητη διοικητική αρχή, ελέγχεται μόνο από τον υπουργό ανάπτυξης, και σκοπός της είναι η λειτουργία της αγοράς ενέργειας. Η ΡΑΕ γνωμοδοτεί για την χορήγηση αδειών για δραστηριότητες στον χώρο της Ηλεκτρικής Ενέργειας, για τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, τον τρόπο λειτουργίας της αγοράς και γενικότερα έχει ουσιαστικό ρόλο στην δημιουργία μιας υγιούς και ελεύθερης αγοράς με σκοπό την παροχή των βέλτιστων υπηρεσιών στον τελικό αποδέκτη που είναι ο καταναλωτής.

Η σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας επιβλήθηκε ουσιαστικά από την ανάγκη εναρμόνισης της Ελληνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία 96/92ΕΚ (Σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας) και συστήθηκε με τον νόμο Ν.2773/22-12-99 (Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις).

2.1.2 Δεσμη α.ε.



Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι Ανώνυμη Εταιρεία της οποίας η ύπαρξη υποδείχθηκε επίσης με τον νόμο Ν.2773/22-12-99 και συστήθηκε με το ΠΔ328/2000. Ασκεί δύο βασικές δραστηριότητες.

Η πρώτη είναι να φρονίζει ώστε να διατηρείτε σταθερή η ισορροπία παραγωγής - κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με τρόπο όσο το δυνατόν οικονομικά αποδοτικότερο, αξιόπιστο, ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτό. Ο άλλος είναι να λειτουργεί ως ένα είδος χρηματιστηρίου που υπολογίζει κάθε μέρα, σε επίπεδο διμερών συναλλακτικών σχέσεων (παραγωγός/προμηθευτής - πελάτης) ποιος οφείλει σε ποιόν. Ανήκει κατά 51% στο Ελληνικό Δημόσιο και κατά 49% στις Ελληνικές εταιρείες παραγωγής ενέργειας.

2.1.3 Δημόσια επιχείριση ηλεκτρισμού



Η ΔΕΗ είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας στην χώρα. Με τις νομοθετικές ρυθμίσεις των τελευταίων ετών και την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας έγινε ανώνυμος εταιρεία με το ΠΔ333/2000. Οι κύριοι σκοποί της εταιρείας σύμφωνα με το καταστατικό της είναι:

- Η άσκηση εμπορικής και βιομηχανικής δραστηριότητας στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.
- Η μελέτη, η επίβλεψη, η κατασκευή, η εκμετάλλευση, η συντήρηση και η λειτουργία εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως και δικτύων μεταφοράς και διανομής. -Η προμήθεια καθώς και η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η εξόρυξη, η παραγωγή και η προμήθεια ενεργειακών πρώτων υλών και γενικότερα η δραστηριοποίηση στον ευρύτερο τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας με την μορφή συνεργασιών, επενδύσεων κτλπ.

Από την 1.1.2001 λειτουργεί ως ανώνυμη εταιρία ενώ από τις 12.12.2001 έχει εισαχθεί στα Χρηματιστήρια Αξιών Αθηνών και Λονδίνου.

Κατέχει περίπου το 96% της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στην Ελλάδα (12.695 MW) η οποία προέρχεται από λιγνιτικές, υδροηλεκτρικές, πετρελαϊκές μονάδες, μονάδες φυσικού αερίου καθώς και από αιολικά και ηλιακά πάρκα. Παράγει από λιγνίτη το 61% περίπου της ηλεκτρικής της παραγωγής (2ος μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση). Έχει στην ιδιοκτησία της το εθνικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μήκους 11.400 χλμ. καθώς και το δίκτυο διανομής συνολικού μήκους 208.000 χλμ. Είναι η μοναδική εταιρία διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, την οποία παρέχει σε 7,1 εκατομμύρια πελάτες μέσω ενός δικτύου των 277 καταστημάτων.

2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Σ αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται οι διαδικασίες και οι χρόνοι αδειοδότησης τόσο αναλυτικά όσο και συνοπτικά με την χρήση πινάκων(Πίν.2.1,Πίν.2.2,Πίν.2.3).Οι κατηγορίες διαφέρουν ανάλογα με την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος. Διακρίνουμε 3 κατηγορίες:

- Ø Συστήματα ισχύος μέχρι 20 κιλοβάτ (kWp)
- Ø Συστήματα ισχύος μεταξύ 20-150 kWp
- Ø Συστήματα ισχύος μεταξύ 150< kWp

2.2.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος μέχρι 20kWp

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).

Η έγκριση αυτή έχει δύο στάδια. Πρώτα εγκρίνεται η Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (ΠΠΕΑ) και στη συνέχεια χορηγείται η έγκριση περιβαλλοντικών νόρων (ΕΠΟ).

Τα έργα που αφορούν φωτοβολταϊκά ισχύος $\leq 20\text{kWp}$ εντός περιοχών προστασίας υπάγονται στη λεγόμενη υποκατηγορία 3 της δεύτερης κατηγορίας έργων (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 145799, ΦΕΚ 1002Β, 18-7-2005). Για τα έργα αυτά ισχύουν τα εξής (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 104247, ΦΕΚ 663Β, 26-5-2006 & εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ.107100,29-8-2006):

Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση διενέργειας ΠΠΕΑ στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος-Χωροταξίας (ΔΙΠΕΧΩ) της οικείας Περιφέρειας. Εντός 10 ημερών, η ΔΙΠΕΧΩ αποφαίνεται αν το έργο θα ακολουθήσει τις διαδικασίες της κατηγορίας Α2 ή της Β4 (λιγότερο επίπνες). Κατά τεκμήριο, τα έργα αυτής της κατηγορίας θα υπαχθούν στην υποκατηγορία Β4, αφού σύμφωνα με την ΚΥΑ της 4-11-2004, (Δ6/Φ1/Οικ.19500), τα φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος $\leq 500\text{ kWp}$ χαρακτηρίζονται πλέον ως “μη οχλούσες δραστηριότητες”.

Διαδικασίες υποκατηγορίας Β4:

Αν η ΔΙΠΕΧΩ κρίνει ότι το έργο πρέπει να υπαχθεί στην υποκατηγορία Β4, τότε ο Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας εκδίδει εντός 5 ημερών από την εισήγηση της ΔΙΠΕΧΩ σχετική απόφαση την οποία διαβιβάζει στο οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο προκειμένου να ενημερωθούν οι πολίτες. Παράλληλα, η απόφαση διαβιβάζεται και στην αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας για να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία για έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

1. Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στην Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας.
2. Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 5 ημερών, η Υπηρεσία Περιβάλλοντος τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 15 ημερών.
5. Η απόφαση έγκρισης ή μη των περιβαλλοντικών όρων εκδίδεται από τον Νομάρχη εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Πίνακας 2.1: Συνοπτική παρουσίαση διαδικασιών για Φ/Β συστήματα έως 20kWp

Φ/Β Συστήματα ισχύος μικρότερης των 20 kW	
Απαιτούνται	Δεν απαιτούνται
Ύπαρξη δικαιώματος αποκλειστικής χρήσης χώρου	Άδεια παραγωγής
Διατύπωση όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ	Άδεια εγκατάστασης
Σύναψη σύμβασης σύνδεσης με τη ΔΕΗ	Άδεια λειτουργίας
Σύναψη σύμβασης αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με το ΔΕΣΜΗΕ (τη ΔΕΗ για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά)	Απόφαση ΡΑΕ για εξαίρεση από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής εκτός εάν πρόκειται για σταθμούς που εγκαθίστανται σε μη διασυνδεδεμένα νησιά όπου υφίσταται κορεσμός δικτύων διαπιστούμενος με απόφαση της ΡΑΕ
	Έγκριση περιβαλλοντικών όρων

2.2.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος μεταξύ 20-150kWp

Εξαίρεση από άδεια παραγωγής:

Εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής πρόσωπα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από σταθμούς οι οποίοι εγκαθίστανται σε ακίνητο ή όμορα ακίνητα τα οποία ανήκουν, κατά κυριότητα ή βρίσκονται στη νόμιμη κατοχή των προσώπων αυτών, για όσο χρόνο τα πρόσωπα αυτά είναι κύριοι ή νόμιμοι κάτοχοι, εφόσον η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των εκατόν πενήντα (150) κιλοβάτ(Ν.3468/06).

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 στοιχείων αυτών.

Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ):

Η έγκριση αυτή έχει δύο στάδια. Πρώτα εγκρίνεται η Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (ΠΠΕΑ) και στη συνέχεια χορηγείται η έγκριση περιβαλλοντικών όρων(ΕΠΟ).

Τα έργα που αφορούν φωτοβολταϊκά ισχύος 20-150 kWp υπάγονται στη λεγόμενη υποκατηγορία 3 της δεύτερης κατηγορίας έργων (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 145799, ΦΕΚ 1002Β, 18-7-2005). Για τα έργα αυτά ισχύουν τα εξής (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 104247, ΦΕΚ 663Β, 26-5-2006 & εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ. 107100, 29-8-2006): Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση διενέργειας ΠΠΕΑ στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος-Χωροταξίας (ΔΙΠΕΧΩ) της οικείας Περιφέρειας. Εντός 10 ημερών, η ΔΙΠΕΧΩ αποφαινεται αν το έργο θα ακολουθήσει τις διαδικασίες της κατηγορίας Α2 (στην οποία υπάγονται και τα φωτοβολταϊκά άνω των 2.000 kWp) ή της Β4 (λιγότερο επίπεδες). Κατά τεκμήριο, τα έργα αυτής της κατηγορίας θα υπαχθούν στην υποκατηγορία Β4, εκτός αν εκτελούνται σε περιοχές προστασίας οπότε τότε μπορεί να υπαχθούν στην υποκατηγορία Α2. Λέμε 'λογικά' γιατί σύμφωνα με την ΚΥΑ της 4-11-2004, (Δ6/Φ1/Οικ.19500), τα φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος ≤500 kWp χαρακτηρίζονται πλέον ως "μη οχλούσες δραστηριότητες", ενώ τα συστήματα άνω των 500 kWp κατατάσσονται στις δραστηριότητες χαμηλής όχλησης.

Διαδικασίες υποκατηγορίας Β4

Αν η ΔΙΠΕΧΩ κρίνει ότι το έργο πρέπει να υπαχθεί στην υποκατηγορία Β4, τότε ο Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας εκδίδει εντός 5 ημερών από την εισήγηση της ΔΙΠΕΧΩ σχετική απόφαση την οποία διαβιβάζει στο οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο προκειμένου να ενημερωθούν οι πολίτες. Παράλληλα, η απόφαση διαβιβάζεται και στην αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας για να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία για έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στην Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας.

Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.

Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 5 ημερών, η Υπηρεσία Περιβάλλοντος τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε εδιάφορους φορείς.

Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 15 ημερών.

Η απόφαση έγκρισης ή μη των περιβαλλοντικών όρων εκδίδεται από τον Νομάρχη εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Η διαδικασία της κατηγορίας Α2 για την έγκριση της ΠΠΕΑ έχει ως εξής:

1. Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από τη ΔΙΠΕΧΩ, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
2. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 10 ημερών, η ΔΙΠΕΧΩ τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
3. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 20 ημερών.
4. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της ΠΠΕΑ εκδίδεται από τον Γενικό Διευθυντή της ΔΙΠΕΧΩ της οικείας Περιφέρειας εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Η διαδικασία της κατηγορίας Α2 για την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων έχει ως εξής:

1. Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στη ΔΙΠΕΧΩ.
2. Αν ο φάκελος (ο οποίος εν τω μεταξύ απαιτεί και πλήρη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων) δεν θεωρηθεί πλήρης από τη ΔΙΠΕΧΩ, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.

3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 10 ημερών, η ΔΙΠΕΧΩ τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 40 ημερών.
5. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της ΠΠΕΑ εκδίδεται από τον Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Πίνακας 2.2: Συνοπτική παρουσίαση διαδικασιών για Φ/Β συστήματα από 20-150kWp

Φ/Β Συστήματα ισχύος από 20 kW έως 150 kW	
Απαιτούνται	Δεν απαιτούνται
Ύπαρξη δικαιώματος αποκλειστικής χρήσης χώρου	Άδεια παραγωγής
Απόφαση ΡΑΕ για εξαίρεση από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής	Άδεια εγκατάστασης
Έγκριση περιβαλλοντικών όρων	Άδεια λειτουργίας
Διατύπωση όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ	
Σύναψη σύμβασης σύνδεσης με τη ΔΕΗ	
Σύναψη σύμβασης αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με το ΔΕΣΜΗΕ (τη ΔΕΗ για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά)	

2.2.3 Φωτοβολταικά συστήματα ισχύος άνω των 150kWp

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ απαιτείται σχετική άδεια (Ν. 3468/06). Η άδεια αυτή χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ). Μαζί με την αίτηση για άδεια παραγωγής, ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει στη ΡΑΕ και αίτηση Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) για το έργο, συνοδευόμενη από σχετική Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΠΠΕ).

Η ΡΑΕ πριν διατυπώσει τη γνώμη της, διαβιβάζει την ΠΠΕ στην αρχή που είναι αρμόδια για την περιβαλλοντική αδειοδότηση. Η αρχή αυτή γνωμοδοτεί επί της ΠΠΕ και διαβιβάζει τη γνωμοδότησή της στη ΡΑΕ εντός εξήντα (60) ημερών από τη συμπλήρωση του φακέλου της ΠΠΕ.

Η ΡΑΕ, μετά την έκδοση της γνωμοδότησης, υποβάλλει τη γνώμη της στον Υπουργό Ανάπτυξης εντός τεσσάρων (4) μηνών από τη γνωστοποίηση, σε αυτήν, της δημοσίευσης της αίτησης, εφόσον ο φάκελος της αίτησης είναι πλήρης ή από τη συμπλήρωση του φακέλου, όταν αυτή ολοκληρώνεται μετά τη γνωστοποίηση, σύμφωνα με την ίδια απόφαση.

Ο Υπουργός Ανάπτυξης εκδίδει τη σχετική απόφαση εντός δεκαπέντε (15) ημερών από την υποβολή, σε αυτόν, της γνώμης της ΡΑΕ.

Άδεια Εγκατάστασης

Για την εγκατάσταση ή επέκταση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, απαιτείται σχετική άδεια (Ν. 3468/06). Η άδεια αυτή εκδίδεται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας, στα όρια της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός, για όλα τα έργα που κατατάσσονται στη 2η υποκατηγορία της Α΄ Κατηγορίας και στην 3η ή 4η υποκατηγορία της Β΄ Κατηγορίας, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 3 του ν. 1650/1986 (ΦΕΚ 160 Α΄), όπως ισχύει, και τις κανονιστικές πράξεις που εκδίδονται κατ' εξουσιοδότησή του. Η άδεια εγκατάστασης εκδίδεται εντός αποκλειστικής προθεσμίας δεκαπέντε (15) ημερών από την υποβολή, από τον ενδιαφερόμενο, της σχετικής αίτησης με τα δικαιολογητικά που καθορίζονται

από την ισχύουσα νομοθεσία. Αν ο αρμόδιος Γενικός Γραμματέας Περιφέρειας δεν εκδώσει την άδεια εγκατάστασης εντός της προθεσμίας που ορίζεται στο προηγούμενο εδάφιο, για την έκδοση αυτής καθίσταται αρμόδιος ο Υπουργός Ανάπτυξης, προς τον οποίο ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει την αίτηση με το συνοδευτικό της φάκελο και την απόφαση ΕΠΟ ή επικυρωμένα αντίγραφα αυτών. Ο Υπουργός Ανάπτυξης εκδίδει την άδεια εγκατάστασης εντός τριάντα (30) ημερών από την παραλαβή των ανωτέρω εγγράφων.

Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ)

Η έγκριση αυτή έχει δύο στάδια. Πρώτα εγκρίνεται η Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (ΠΠΕΑ) και στη συνέχεια χορηγείται η έγκριση περιβαλλοντικών όρων(ΕΠΟ).

Τα έργα που αφορούν φωτοβολταϊκά ισχύος 150-2.000 kWp υπάγονται στη λεγόμενη υποκατηγορία 3 της δεύτερης κατηγορίας έργων (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 145799, ΦΕΚ 1002Β, 18-7-2005). Για τα έργα αυτά ισχύουν τα εξής (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 104247, ΦΕΚ 663Β, 26-5-2006 & εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ. 107100, 29-8-2006):

Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση διενέργειας ΠΠΕΑ στη ΡΑΕ, η οποία τη διαβιβάζει στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος-Χωροταξίας (ΔΙΠΕΧΩ) της οικείας Περιφέρειας. Εντός 10 ημερών, η ΔΙΠΕΧΩ αποφαινεται αν το έργο θα ακολουθήσει τις διαδικασίες της κατηγορίας Α2 (στην οποία υπάγονται και τα φωτοβολταϊκά άνω των 2.000 kWp) ή της Β4 (λιγότερο επίπνοες).

Η διαδικασία της κατηγορίας Α2 για την έγκριση της ΠΠΕΑ έχει ως εξής:

1. Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από τη ΔΙΠΕΧΩ, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
2. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 10 ημερών, η ΔΙΠΕΧΩ τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
3. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 20 ημερών.
4. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της ΠΠΕΑ εκδίδεται από τον Γενικό Διευθυντή της ΔΙΠΕΧΩ της οικείας Περιφέρειας εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Η διαδικασία της κατηγορίας Α2 για την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων έχει ως εξής:

1. Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στη ΔΙΠΕΧΩ.
2. Αν ο φάκελος (ο οποίος εν τω μεταξύ απαιτεί και πλήρη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων) δεν θεωρηθεί πλήρης από τη ΔΙΠΕΧΩ, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 10 ημερών, η ΔΙΠΕΧΩ τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 40 ημερών.
5. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της ΠΠΕΑ εκδίδεται από τον Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Διαδικασίες υποκατηγορίας Β4

Αν η ΔΙΠΕΧΩ κρίνει ότι το έργο πρέπει να υπαχθεί στην υποκατηγορία Β4, τότε ο Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας εκδίδει εντός 5 ημερών από την εισήγηση της ΔΙΠΕΧΩ σχετική απόφαση την οποία διαβιβάζει στο οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο προκειμένου να ενημερωθούν οι πολίτες και να υποβάλλουν τυχόν ενστάσεις. Παράλληλα, η απόφαση διαβιβάζεται και στην αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας για να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία για έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

1. Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στην Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας.
2. Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 5 ημερών, η Υπηρεσία Περιβάλλοντος τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 15 ημερών.
5. Η απόφαση έγκρισης ή μη των περιβαλλοντικών όρων εκδίδεται από τον Νομάρχη εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Άδεια λειτουργίας

Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του οργάνου που είναι αρμόδιο για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης, μετά από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο, από τα αρμόδια όργανα, της τήρησης των τεχνικών όρων εγκατάστασης κατά τη δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού, καθώς και έλεγχο, από το Κ.Α.Π.Ε., της διασφάλισης των αναγκαίων λειτουργικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του σταθμού. Η άδεια λειτουργίας εκδίδεται εντός αποκλειστικής προθεσμίας δεκαπέντε (15) ημερών από την ολοκλήρωση των ανωτέρω ελέγχων, εφόσον αυτοί αποβούν θετικοί.

Πίνακας 2.3: Συνοπτική παρουσίαση διαδικασιών για Φ/Β συστήματα άνω των 150kWp

Φ/Β Συστήματα ισχύος μεγαλύτερης Απαιτούνται	των 150 kW Χρονοδιάγραμμα
Ύπαρξη δικαιώματος αποκλειστικής χρήσης χώρου	
Άδεια παραγωγής (προσωρινά σύμφωνα με την υπουργική απόφαση Δ5-ΗΛ/Β/Φ1/οικ. 17951/2000) με ενσωματωμένη τη θετική γνωμοδότηση επί της προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης	Η ΡΑΕ γνωμοδοτεί εντός 4 μηνών / Ο Υπ.Αν. εκδίδει σχετική απόφαση εντός 15 ημερών.
Διατύπωση όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ	
Έγκριση περιβαλλοντικών όρων (με ενσωματωμένη την έγκριση επέμβασης σε δασική έκταση όπου απαιτείται)	
Άδεια εγκατάστασης (προσωρινά σύμφωνα με την υπουργική απόφαση Δ6/Φ1/2000/2002)	Ο Γ.Γ. οικείας Περιφέρειας χορηγεί εντός 15 ημερών. Σε περίπτωση παρέλευσης άπρακτης της προθεσμίας, ο Υπ.Αν. χορηγεί εντός 30 ημερών.
Σύναψη σύμβασης σύνδεσης με το ΔΕΣΜΗΕ ή τη ΔΕΗ	
Σύναψη σύμβασης αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με το ΔΕΣΜΗΕ (τη ΔΕΗ για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά)	
Άδεια λειτουργίας (προσωρινά σύμφωνα με την υπουργική απόφαση Δ6/Φ1/2000/2002)	Η Αρχή που χορήγησε την άδεια εγκατάστασης, με απόφαση χορηγεί εντός 15 ημερών από την ολοκλήρωση των σχετικών ελέγχων από τις αρμόδιες υπηρεσίες και το ΚΑΠΕ.

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια εξελίχθηκαν αρκετά τα τελευταία χρόνια. Συνολικά υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι που χωρίζονται σε υποκατηγορίες η καθεμιά.

Η πρώτη γενιά φωτοβολταϊκών (είναι αυτή που χρησιμοποιούμε εμπορικά σήμερα) ονομάζεται single-junction cells. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην πρώτη γενιά φωτοβολταϊκών (επεξεργασία υλικών σε υψηλές θερμοκρασίες) δεν επιτρέπουν την μείωση του κόστους παραγωγής. Το θεωρητικό όριο στην απόδοση τους είναι το 33%.

Η δεύτερη γενιά (thin-film cells) εξελίχθηκε για να μειώσει το κόστος παραγωγής (θεωρητικά κάτω του 50% σε σχέση με την πρώτη γενιά). Αντί της ακριβής διαδικασίας κατασκευής σε υψηλές θερμοκρασίες, αναπτύχθηκαν νέες τεχνικές όπως χημική εναπόθεση ατμών, υπερηχητικά ακροφύσια και άλλες. Το μειονέκτημα αυτών είναι ότι η απόδοση των πανέλων είναι πολύ μειωμένη σε σχέση με την πρώτη γενιά.

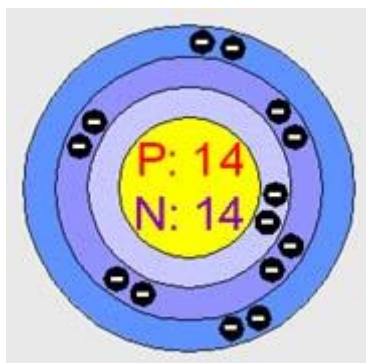
Η τρίτη γενιά εξελίχθηκε με σκοπό να αυξήσει την μειωμένη απόδοση της δεύτερης γενιάς. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε Φ/Β που παράγονται με φτηνό τρόπο, κοστίζουν φτηνά και παράγουν μεγάλης ποσότητας ενέργεια. Σε αυτόν τον τομέα η κάθε εταιρία έχει κινηθεί με διαφορετικό τρόπο και έχει εξελίξει την δικιά της τεχνολογία. Οι περισσότερες εφαρμογές δεν είναι ακόμα εμπορικές.

3.2 ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

Ημιαγωγοί είναι τα στερεά σώματα τα οποία επιτρέπουν την διόδο του ηλεκτρισμού μόνο κάτω από ορισμένες συνθήκες. Το πιο συνηθισμένο και ευρέως χρησιμοποιούμενο στοιχείο για την κατασκευή ημιαγωγών είναι το πυρίτιο. Το πυρίτιο ανήκει στην IV ομάδα του περιοδικού πίνακα, που σημαίνει ότι έχει τέσσερα ηλεκτρόνια σθένους τα οποία μοιράζεται με γειτονικά άτομα προκειμένου να συμπληρώσει την εξωτερική του στιβάδα και να αποκτήσει δομή ευγενούς αερίου αποτελεσματικό είναι το πυρίτιο να σχηματίζει ομοιοπολικούς δεσμούς με τέσσερα γειτονικά του άτομα.

3.2.1 Χαρακτηριστικά Ημιαγωγών

Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου που βρίσκεται στην εξωτερική του στιβάδα (σθένους). Ο περισσότερο γνωστός ημιαγωγός είναι το πυρίτιο (Si).



Εικόνα 3.1:Πυρίτιο(Si)

Το πυρίτιο έχει ατομικό αριθμό 14(Εικ.3.1) και έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 4 ηλεκτρόνια. Όλα τα άτομα που έχουν λιγότερα η περισσότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα (είναι "γενικά" συμπληρωμένη με 8 e) ψάχνουν άλλα άτομα με τα οποία μπορούν να ανταλλάξουν ηλεκτρόνια ή να μοιραστούν κάποια με σκοπό τελικά να αποκτήσουν συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα σθένους.

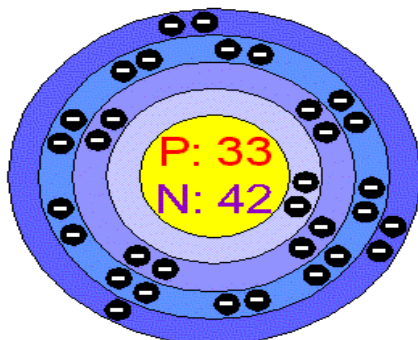
Σε αυτήν την τάση οφείλεται και η κρυσταλλική δομή του πυριτίου αφού όταν συνυπάρχουν πολλά άτομα μαζί διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεισφέρουν ηλεκτρόνια με όλα τα γειτονικά τους άτομα και τελικά με αυτόν τον τρόπο να αποκτούν μια συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα και κρυσταλλική δομή. Αυτή είναι και η καθοριστική ιδιότητα που έχουν τα κρυσταλλικά υλικά.

Στην κρυσταλλική του μορφή όμως το πυρίτιο είναι σταθερό. Δεν έχει ανάγκη ούτε να προσθέσει ούτε να διώξει ηλεκτρόνια κάτι που ουσιαστικά του δίνει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πολύ κοντά σε αυτά ενός μονωτή αφού δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό του.

3.2.2 Δημιουργία ηλεκτρικά φορτισμένων ημιαγωγών

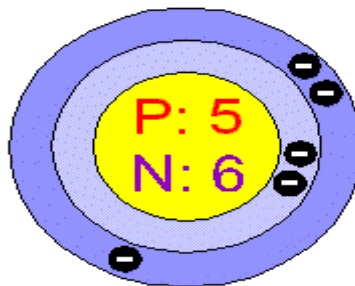
Τις ημιαγωγές ιδιότητες του το πυρίτιο τις αποκτά με τεχνικό τρόπο. Αυτό πρακτικά γίνεται με την πρόσμειξη με άλλα στοιχεία τα οποία είτε έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο είτε ένα λιγότερο στην στοιβάδα σθένους των. Αυτή η πρόσμειξη τελικά κάνει τον κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά φορτία (υλικό τύπου p) είτε σε αρνητικά φορτία (υλικό τύπου n)

Για να φτιαχτεί λοιπόν ένας ημιαγωγός τύπου n ή αλλιώς ένας αρνητικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου θα πρέπει να γίνει πρόσμειξη ενός υλικού με 5e στην εξωτερική του στοιβάδα όπως για παράδειγμα το Αρσενικό (As)(Εικ.3.2).



Εικόνα 3.2 : Αρσενικό (As)

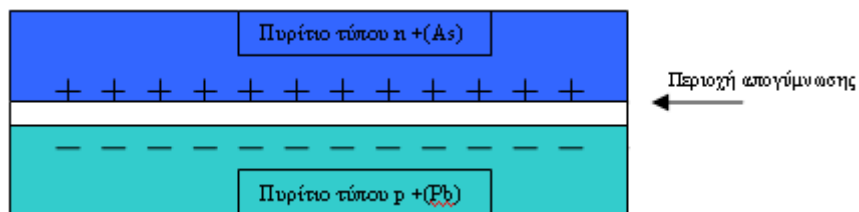
Αντίστοιχα για να δημιουργήσουμε έναν ημιαγωγό τύπου p η αλλιώς θετικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου χρειάζεται να γίνει πρόσμειξη στον κρύσταλλο κάποιου υλικού όπως το βόριο (B) που έχει 3e στην εξωτερική του στοιβάδα.



Εικόνα 3.3 : βόριο (B)

3.2.3 Δημιουργία της επαφής (του ηλεκτρικού πεδίου)

Εάν φέρουμε σε επαφή δύο κομμάτια πυριτίου τύπου n και τύπου p το ένα απέναντι από το άλλο(Εικ.3.4) δημιουργείται μια δίοδος η αλλιώς ένα ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή των δύο υλικών το οποίο επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση μόνο.



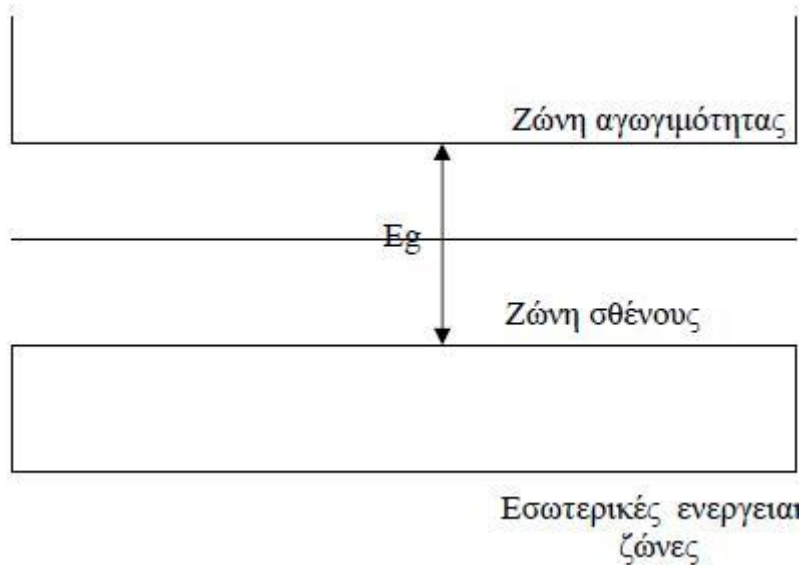
Εικόνα 3.4:Επαφή ημιαγωγών πυριτίου τύπου n-p

Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της επαφής n έλκονται από τις «οπές» τις επαφής p. Αυτό το ζευγάρι των δύο υλικών είναι το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού και η βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΔΙΑΚΕΝΟ

Σε ένα διάγραμμα τιμών ενέργειας, οι ενεργειακές στάθμες των ηλεκτρονίων σθένους των ατόμων του φ/β στοιχείου, καθώς διαφέρουν λίγο μεταξύ τους σχηματίζουν μια ενεργειακή ζώνη, τη ζώνη σθένους. Αντίστοιχα, οι ενεργειακές τιμές των ελεύθερων ηλεκτρονίων σχηματίζουν τη ζώνη αγωγιμότητας. Η απόσταση ανάμεσα στις δύο ζώνες ονομάζεται ενεργειακό διάκενο και απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1.

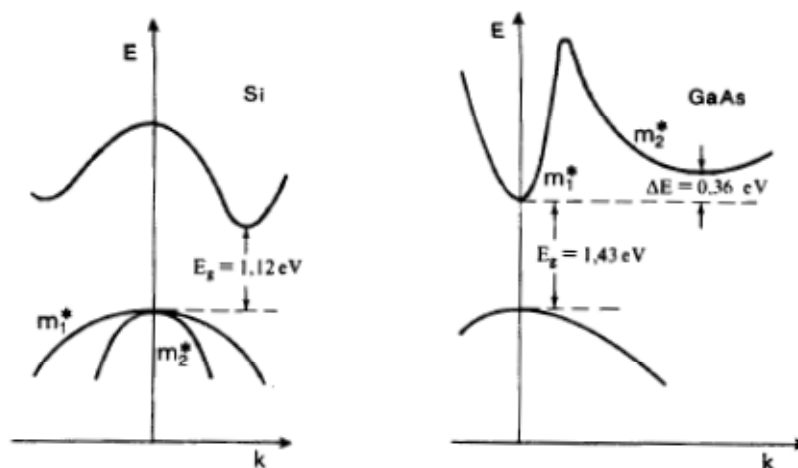
Η ενέργεια αυτή ισούται με $h\nu - E_g$, όπου h η σταθερά του Planck και ν η συχνότητα της ακτινοβολίας και εκφράζει την ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται ώστε να διεγερθεί ένα ηλεκτρόνιο σθένους και να μεταπηδήσει στη ζώνη αγωγιμότητας και αφορά κατεπέκταση την διεγερση του φ/β στοιχείου.



Σχήμα 3.1: Απεικόνιση ενεργειακών ζωνών και διακένου

3.3.1 Άμεσο και έμμεσο ενεργειακό διάκενο

Σε ένα χώρο σταθερής δυναμικής ενέργειας (όπως είναι τα μέταλλα), το κυματοδιάνυσμα περιγράφει την κίνηση ενός ελεύθερου ηλεκτρονίου και ονομάζεται κυματαριθμός k . Στα ελεύθερα ηλεκτρόνια, το μέγεθος αυτό δεν περιορίζεται σε διακριτές τιμές αλλά συνδέεται με την ενέργεια τους E , σύμφωνα με μια συνεχή παραβολική σχέση (Σχ.3.2). Όταν η υψηλότερη ενεργειακή στάθμη της ζώνης σθένους χαρακτηρίζεται από το ίδιο κυματοδιάνυσμα (συνήθως μηδενικό) με την χαμηλότερη στάθμη της ζώνης αγωγιμότητας, τότε το ενεργειακό διάκενο είναι άμεσο. Σε αντίθετη περίπτωση, το ενεργειακό διάκενο είναι έμμεσο. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται το έμμεσο ενεργειακό διάκενο του πυριτίου και το άμεσο ενεργειακό διάκενο του αρσενικούχου γαλλίου.



Σχήμα 3.2: Τα γραφήματα $E-k$ των ενεργειακών ζωνών του πυριτίου (Si) και του αρσενικούχου γαλλίου (GaAs).

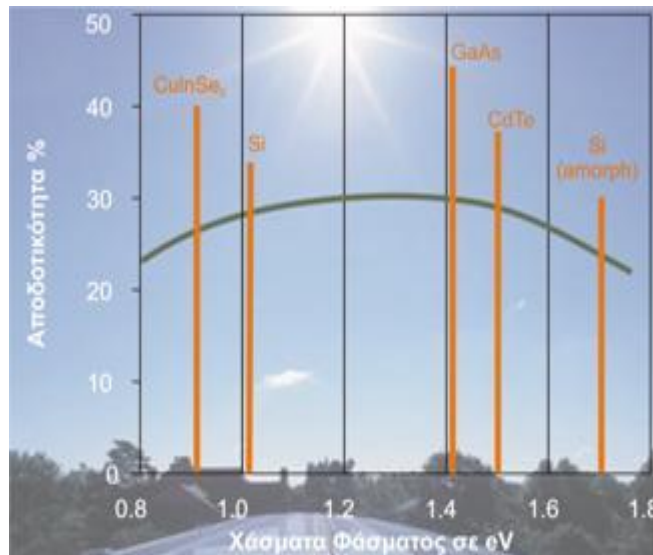
Το είδος του ενεργειακού διακένου είναι και αυτό υψίστης σημασίας για την φωτοβολταϊκή τεχνολογία. Είναι πολύ πιθανότερο να απορροφηθεί ένα φωτόνιο σε ένα δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο, όταν ο ημιαγωγός έχει άμεσο και όχι έμμεσο ενεργειακό διάκενο, αφού οι μεταβάσεις στην πρώτη περίπτωση είναι πολύ πιο γρήγορες. Με τον τρόπο αυτό, σε ημιαγωγούς που παρουσιάζουν άμεσο ενεργειακό διάκενο, όπως είναι το σεληνιούχο κάδμιο (CdSe), η διέγερση γίνεται απλά με την ακτινοβολία μέσω φωτονίων κατάλληλης ενέργειας, ενώ στην περίπτωση του εμμέσου ενεργειακού διακένου, απαιτείται και η συμμετοχή άλλου σωματιδίου, του φωνονίου, για να διατηρηθεί η ορμή του συστήματος, αφού κατά την διέγερση του ηλεκτρονίου μεταβάλλεται ο κυματικός αριθμός k , άρα και η ενεργός μάζα του φορέα.

Επίσης στην περίπτωση του άμεσου ενεργειακού διακένου, η επανασύνδεση των φορέων μειονότητας γίνεται ταχύτατα, καθώς περιβάλλονται από το πολύ μεγάλο πλήθος των φορέων πλειονότητας. Για παράδειγμα, ο μέσος χρόνος ζωής των φορέων μειονότητας στο αρσενικούχο γάλλιο, ημιαγωγό με άμεσο ενεργειακό διάκενο 1,43 eV είναι της τάξης του νανοδευτερολέπτου. Και στους ημιαγωγούς με έμμεσο ενεργειακό διάκενο όμως, ο μέσος χρόνος ζωής των φορέων μειονότητας είναι επίσης μικρός, ήτοι της τάξης του χιλιοστοδευτερολέπτου για το γερμάνιο και των 100μs για το πυρίτιο.

3.4 ΦΩΤΟΒΛΟΤΑΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα κύρια συστατικά των φωτοβολταϊκών γεννητριών και η καρδιά κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ή ηλιακά κύτταρα ή κυψελίδες. Αυτά είναι δίοδοι ημιαγωγών σε μορφή δίσκου, που καθώς δέχονται στην επιφάνεια τους την ηλιακή ακτινοβολία, εκδηλώνουν μία διαφορά δυναμικού ανάμεσα στην εμπρός και στην πίσω όψη τους. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους και την ένταση ακτινοβολίας που δέχονται, ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο μπορεί να δώσει μέχρι 0.5-1.0 V και πυκνότητα ρεύματος μέχρι 20-40mA ανά cm^2 της επιφάνειάς του.

Το είδος του ημιαγωγού που επιλέγεται ως υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων, καθορίζεται, με κυριότερο κριτήριο όπως φαίνεται και στη συνέχεια, από την τιμή του ενεργειακού διακένου του η οποία καθορίζει και την απόδοση του στοιχείου. Ως συντελεστής απόδοσης ή απλούστερα ως απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ορίζεται ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το στοιχείο προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνεια του. Στο σχήμα 3.3 καταδεικνύεται ότι οι μεγαλύτερες θεωρητικές αποδόσεις μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι περίπου 25% και μπορούν να πραγματοποιηθούν με φωτοβολταϊκά στοιχεία από ημιαγωγούς με ενεργειακό διάκενο περίπου 1.5eV.

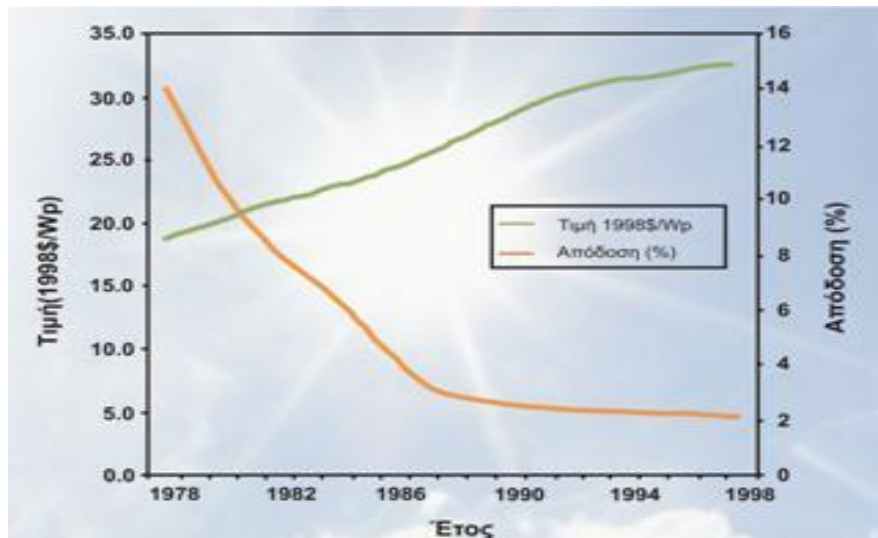


Σχήμα 3.3: Θεωρητικά μέγιστα επίπεδα της απόδοσης διαφόρων φωτοβολταϊκών κυττάρων σε συνάρτηση με το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού από τον οποίο είναι κατασκευασμένα σε κανονικές συνθήκες.

Το πυρίτιο (Si) αποτελεί το βασικότερο υλικό για την κατασκευή φωτοβολταϊκών κυττάρων από τη στιγμή που αποτελεί το κυρίαρχο υλικό στην κατασκευή ημιαγωγών. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία από πυρίτιο κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας είτε μονοκρυσταλλικά ή πολυκρυσταλλικά wafer, είτε λεπτά films πυρίτιου (άμορφο).

Με τη συνεχή αύξηση της παραγωγής ημιαγωγίμων υλικών και τη βελτίωση της τεχνολογίας πυρίτιου, η απόδοση των Φ/Β στοιχείων παρουσιάζει μια συνεχή αύξηση πλησιάζοντας τη μέγιστη θεωρητική τιμή τους και με παράλληλη ραγδαία μείωση στο κόστος τους. Για την εκτίμηση του κόστους των φωτοβολταϊκών στοιχείων χρησιμοποιείται ο συμβατικός όρος watt αιχμής (W_p , peak watt) που είναι η ελάχιστη απαιτούμενη επιφάνεια του στοιχείου για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος 1W όταν δέχεται ηλιακή ακτινοβολία με πυκνότητα ισχύος 1kW/m^2 .

Π.χ. κόστος ηλιακού στοιχείου $10\text{€/}W_p$ σημαίνει ότι το κόστος ενός ή περισσότερων φωτοβολταϊκών στοιχείων με τόση συνολική επιφάνεια ώστε να παράγουν ηλεκτρική ισχύ 1W, όταν εκτεθούν σε ακτινοβολία πυκνότητας 1kW/m^2 , είναι 10€. Δηλαδή το W_p εκφράζει το συνδυασμό του κόστους κατασκευής και της απόδοσης του ηλιακού στοιχείου. Στο Σχήμα 3.4 παρουσιάζεται η πορεία ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων, τόσο απ' την σκοπιά της αύξησης της απόδοσης όσο και απ' την σκοπιά της μείωσης του κόστους.



Σχήμα 3.4: Κόστη και αποδόσεις μετατροπής τυπικών φωτοβολταϊκών στοιχείων

3.5 ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Το υλικό το οποίο χρησιμοποιείται ως βάση για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι το πυρίτιο. Το πυρίτιο είναι ένας ημιαγωγός με έμμεσο ενεργειακό διάκενο 1,12 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 κατά συνέπεια οι ιδιότητες του είναι καλά μελετημένες, το υλικό κυκλοφορεί στη αγορά σε αρκετά μεγάλες ποσότητες 600.000 τόνοι το χρόνο παγκοσμίως προκειμένου να κατασκευαστούν ασάλι και κράματα. Ακόμα το υλικό κατασκευής του πυριτίου είναι πρακτικώς απεριόριστο, διότι το 60% του γήινου φλοιού είναι άμμος στο μεγαλύτερο μέρος του χαλαζίας ή διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2). Τέλος το πυρίτιο ως υλικό κατασκευής ΦΒ πλαισίων έχει δοκιμαστεί αρκετά χρόνια σε διάφορες εφαρμογές με αρκετά μεγάλη επιτυχία.

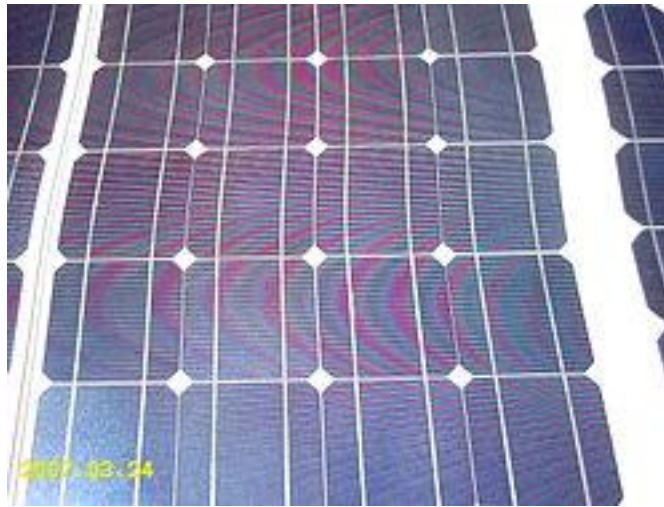
Τα στάδια παραγωγής του πυριτίου απαιτούν σύνθετες και πολύπλοκες μεθόδους παραγωγής ενώ είναι και αρκετά ενεργοβόρες. Επιγραμματικά είναι τα εξής:

1. Από την άμμο παράγεται καθαρό πυρίτιο
2. Ανάπτυξη των κρυστάλλων πυριτίου
3. Από κυκλικά δισκία παράγονται φωτοκύτταρα
4. Από τα φωτοκύτταρα παράγονται οι βασικές μονάδες

3.5.1 Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο

Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο έχει μια ομοιόμορφη μοριακή δομή (Εικ.3.5). Συγκρινόμενο με υλικά που δεν είναι σε μορφή κρυστάλλου, η υψηλή του ομοιομοφία 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%.



Εικόνα 3.5: Φωτοβολταικα από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

3.5.2 Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο αποτελείται από περιοχές μονοκρυσταλλικού πυριτίου, αλλά δεν έχει την ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία(Εικ..3.6) έχουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης από τα στοιχεία που αποτελούνται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Ο βαθμός απόδοσης για μια βαθμίδα εμπορίου κυμαίνεται μεταξύ 10 και 14 %.



Εικόνα 3.6: Φωτοβολταικά από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

3.5.3 Κρυσταλλικό Πυρίτιο λεπτού φιλμ (c-SiTFC)

Η τεχνολογία λεπτού φιλμ έχει ως σκοπό την μείωση του κόστους, μέσω της μείωσης του απαιτούμενου υλικού για την παραγωγή των στοιχείων. Η εναπόθεση

μπορεί να γίνει κατευθείαν σε γυαλί, κεραμικό ή οποιοδήποτε άλλο κατάλληλο υπόστρωμα. Εκτός από το μειωμένο κόστος πλεονεκτούν και στην ευκολία με την οποία μπορεί να γίνει σύνδεσή τους σε σειρά, φτιάχνοντας έτσι ολόκληρα πλαίσια κατά τη διαδικασία εναπόθεσης. Από την άλλη όμως η διαδικασία αυτή είναι απαιτητική καθώς μεγάλες περιοχές πρέπει να παραχθούν χωρίς ελαττώματα. Παρόλο που το c-SiTFC έχει πάχος μερικών μόνο μm (5 μέχρι 50μm), έχει αποδειχθεί θεωρητικά, αλλά και στην πράξη ότι εμφανίζει αξιόλογη απόδοση.

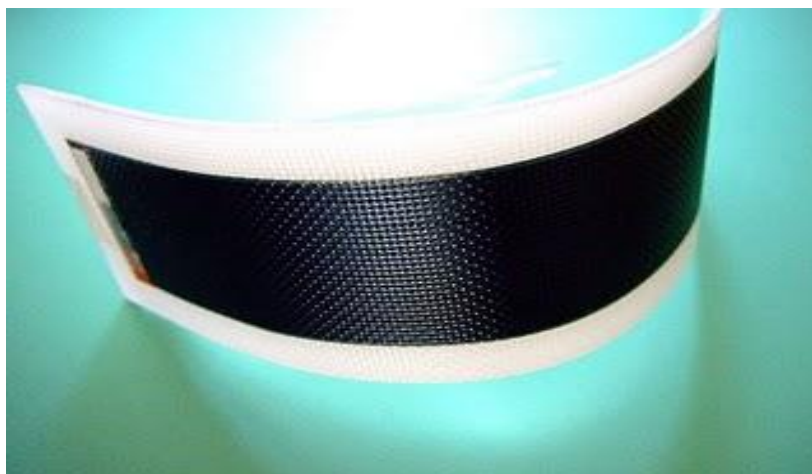
Εκτός από το πλεονέκτημα της μειωμένης απαίτησης σε πυρίτιο, το c-SiTFC δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις στο υλικό του υποστρώματος, το οποίο μπορεί να είναι χαμηλής ποιότητας πυρίτιο, γυαλί, κεραμικά ή γραφίτης. Υπάρχει εκτεταμένη έρευνα όσον αφορά το c-SiTFC που έχει αναδείξει την υψηλή απόδοση που μπορεί να πετύχει (μέχρι 21% κάτω από ιδανικές συνθήκες). Παρόλο που έχει εμφανίσει σημαντική ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία λίγες εταιρίες το έχουν περάσει στη γραμμή παραγωγής ως εμπορικό προϊόν.

3.5.4 Άμορφο πυρίτιο (a-Si)

Το άμορφο πυρίτιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή Φ/Β στοιχείων σύμφωνα με την τεχνολογία λεπτού φιλμ(Εικ.3.7). Ως υλικό εμφανίζει μεγάλη αταξία στη δομή του, παρά ταύτα βρίσκει εφαρμογή στη Φ/Β τεχνολογία με τη μορφή κράματος με υδρογόνο. Το κύριο πλεονέκτημα του είναι ότι έχει υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και μάλιστα περίπου 40 φορές υψηλότερη από αυτή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Ως προς αυτή την ιδιότητά του το a-Si συμπεριφέρεται σχεδόν σαν ημιαγωγός άμεσου ενεργειακού διακένου, για αυτό μια λεπτή επίστρωση είναι αρκετή για την κατασκευή Φ/Β στοιχείων.

Η κατασκευαστική διαδικασία απαιτεί χαμηλότερες θερμοκρασίες και επομένως λιγότερη κατανάλωση ενέργειας. Έτσι το συνολικό κόστος του υλικού και του κόστους κατασκευής είναι χαμηλότερο ανά μονάδα επιφάνειας, συγκρινόμενο με τα στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου.

Δυο είναι τα κυριότερα μειονεκτήματά του .Ο χαμηλός βαθμός απόδοσης που κυμαίνεται μεταξύ 6 – 9 % για στοιχεία του εμπορίου και φτάνει το 13% για στοιχεία που έχουν φτιαχτεί στο εργαστήριο και η βαθμιαία μείωση του βαθμού απόδοσης. Μέσα σε μερικούς μήνες μπορεί η απόδοση να μειωθεί από 10% έως και 15 %.



Εικόνα 3.7: Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου (τεχνολογία thin film)

3.5.5 Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Το αρσενικούχο γάλλιο είναι ένας ημιαγωγός με ενεργειακό διάκενο 1,43 eV, τιμή η οποία είναι στη βέλτιστη περιοχή για τη φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας με θεωρητική απόδοση περίπου 25-30%. Ένα ακόμη πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι το ενεργειακό διάκενο είναι άμεσο. Επομένως το GaAs συνδυάζει καταρχήν ιδανικά τις προϋποθέσεις για να χρησιμοποιηθεί ως υλικό κατασκευής ηλιακών φ/β στοιχείων. Το μειονέκτημά του είναι το υψηλό κόστος παραγωγής, περίπου πενταπλάσιο από αυτό του κρυσταλλικού πυριτίου.

Το GaAs ως υλικό κατασκευής ΦΒ στοιχείων(Εικ.3.8) συναντάται συχνά σε διαστημικές εφαρμογές.



Εικόνα 3.8: Φωτοβολταϊκα στοιχεία από αρσενικούχο γάλιο

3.5.6 Δισεληνιούχος Ινδιούχος Χαλκός (CuInSe₂ ή CIS)

Το υλικό του δισεληνιούχου ινδιούχου χαλκού είναι ένα ημιαγωγίμο υλικό, το οποίο μπορεί να είναι τύπου-n ή τύπου-p και έχει μια άμεση οπτική απορρόφηση με τον υψηλότερο συντελεστή απορρόφησης που έχει μετρηθεί μέχρι σήμερα. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του CIS εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον λόγο χαλκού/ινδίου.

Σήμερα έχουν φτιαχτεί στοιχεία CIS , η απόδοση των οποίων πλησιάζει το 10%. Πλεονεκτούν σε σχέση με τα στοιχεία άμορφου πυριτίου, καθώς δεν εμφανίζουν βαθμιαία πτώση της απόδοσης για μια περίοδο μερικών ετών. Επίσης προσφέρουν μεγάλη οικονομία σε ημιαγωγίμο υλικά. Από την άλλη όμως το CIS(Εικ.3.9) είναι ένα πολύπλοκο υλικό που δυσκολεύει την κατασκευή του. Τέλος, πολύ σημαντική είναι η ασφάλεια του προσωπικού κατά τη διάρκεια της κατασκευής του, αφού η παραγωγή του περιλαμβάνει το σεληνιούχο υδρογόνο, ένα εξαιρετικά τοξικό αέριο.



Εικόνα 3.9: Φωτοβολταικα στοιχεία από CuInSe_2

3.5.7 Τελλουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το τελλουριούχο κάδμιο είναι ένα ημιαγώγιμο υλικό που αποτελείται από κάδμιο και τελλούριο, το οποίο έχει υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και το ενεργειακό του διάκενο είναι πολύ κοντά στο ιδανικό. Αρκεί ένα όγκος πάχους ενός μικρόμετρου για να απορροφηθεί το 90 % του ηλιακού φάσματος.




Υπάρχουν μερικές χαμηλού κόστους τεχνικές, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόθεση του CdTe και όλες αυτές, μπορούν, αφού υποστούν μια επεξεργασία μετά την απόθεση, να παράγουν υλικό υψηλής ποιότητας και αποδοτικά ηλιακά στοιχεία (Εικ.3.10). Υπάρχουν διάφορες τεχνικές κατασκευής τέτοιων στοιχείων η απόδοση των οποίων έχει φτάσει έως 13%. Μειονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο είναι ένα τοξικό υλικό και θα πρέπει να λαμβάνονται αυξημένα μέτρα προστασίας κατά την παραγωγή του.



Εικόνα 3.10: Φωτοβολταικά από τελλουριούχο κάδμιο

Παρουσιάζεται συγκριτικός πίνακας 3.1 των προαναφερθέντων φωτοβολταιων στοιχείων.

Πίνακας 3.1: Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών στοιχείων

ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση ανά μονάδα επιφάνειας	a-Si: 4,5-6,5% μ-Si: 8-9% CIS-CIGS: 6-12% CdTe: 6-11%	11-16%	11-19%
Επιφάνεια ανά kWp	9-25 m ²	7-9 m ²	5,5-9 m ²

Στον παρακάτω πίνακα 3.2 παρουσιάζεται ανεπτυγμένη μορφή του περιοδικού πίνακα των στοιχείων, όπου αναγράφονται οι ημιαγωγοί και οι ηλεκτρονικές κατανομές των ατόμων, όταν βρίσκονται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση. Τα στοιχεία που βρίσκονται πάνω και κάτω από την διακεκομμένη γραμμή είναι μέταλλα και αμέταλλα αντίστοιχα.

Πίνακας 3.2: Περιοδικός πίνακας στοιχείων

Περιοδικός Πίνακας Χημικών Στοιχείων

1 IA New Oganoid												10 VIIA							
		■ Αλκαλικά ■ Αλκαλικές γαίες ■ Στοιχεία μετάπτωσης ■ Ασθονόβια										■ Ακτινός ■ Ραδιενεργά ■ Αερίδια ■ Ευγενή Αέρια							
		C Στερεά Br Υγρά H Αέρια Ts Συνθετικό																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	H	He											B	C	N	O	F	Ne	
2	Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
3	Na	Mg											Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
6	Cs	Ba	5f 10 14		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	5f 10 13		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope																			
Design Courtesy: © 2017 Zoltan D. Denzli, published by @Gizah.com, P.O. Box 10448, Cairo, Egypt																			
Note: The element names in boldface are adopted by IUPAC in the periodic table of elements. The names of elements 112-118 are the IUPAC recommendations of these elements.																			
72	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
88	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

4. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ικανή να αντιμετωπίσει τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε ενέργεια και την εξάντληση των συμβατικών ενεργειακών ρυπογόνων πηγών.

Ο ήλιος προσφέρει πολύ περισσότερη ενέργεια από όση μπορούμε να καταναλώσουμε, παρέχει περισσότερα από 1000 Watt ανά ώρα στο τετραγωνικό μέτρο αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια που φθάνει στη γη από τον ήλιο, σε μια ημέρα, είναι αρκετή για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη για ένα έτος.

Στην Ελλάδα, η προοπτική ανάπτυξης και εφαρμογής των Φ/Β συστημάτων είναι τεράστια λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκά έχει ένα τεράστιο πλεονέκτημα, αποδίδει την μέγιστη ισχύ της κατά τη διάρκεια της ημέρας που παρουσιάζεται η μέγιστη ζήτηση. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται από την προβλέψιμη ηλιοφάνεια της περιοχής εγκατάστασής τους, ενώ έχουν πολύ μικρό λειτουργικά κόστος και εξασφαλισμένη τιμή πώλησης για 20 με 25 χρόνια. Μπορεί να θεωρηθεί μια από τις ασφαλέστερες επενδύσεις, που απολαμβάνουν ιδιαίτερα ελκυστικές, σταθερές και προβλέψιμες αποδόσεις, με πολύ περιορισμένη εξάρτηση από τις διακυμάνσεις της ευρύτερης οικονομικής δραστηριότητας της χώρας. Για μια μακροχρόνια επένδυση απαιτείται η πλήρης ενημέρωση του επενδυτή και η αναζήτηση της πιο συμφέρουσας λύσης ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση της επένδυσης.

4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΚΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

1839

Ο 19χρονος φυσικός Edmund Becquerel ανακαλύπτει το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, καθώς πειραματιζόταν με ηλεκτρολυτικό στοιχείο αποτελούμενο από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια σε αγωγίμο υγρό. Η ροή αυξανόταν με την έκθεση στον ήλιο. Οι σημειώσεις του γύρω από το φαινόμενο, είχαν φανεί πολύ ενδιαφέρουσες στην επιστημονική κοινότητα αλλά χωρίς πρακτική εφαρμογή.

1883

Ο Charles Fritz παράγει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 1-2%.

1904

Ο Albert Einstein γράφει την πληρέστερη θεωρία γύρω από το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Για την θεωρητική του εξήγηση τιμήθηκε με βραβείο Nobel το 1921.

1918

Ο Πολωνός Jan Czochralski κατασκευάζει το πρώτο στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

1932

Παρατηρείται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο στο κάδμιο σελήνιο. Σήμερα το CdS αποτελεί πολύ σημαντικό υλικό παραγωγής φωτοβολταϊκών panel.

1954

Στα Bell Laboratories, ανακαλύπτουν ότι το πυρίτιο μαζί με συγκεκριμένα ρυπαρότητες είναι πολύ ευαίσθητο στο φως. Το αποτέλεσμα είναι τα πρώτα πρακτικά φωτοβολταϊκά στοιχεία με απόδοση 6%.

1958

Κατασκευάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 9%. Στις 17 Μαρτίου εκτοξεύεται το Vanguard I, ο πρώτος δορυφόρος τροφοδοτούμενος από φωτοβολταϊκά, που θα δουλέψει συνεχόμενα για 8 χρόνια.

Δύο ακόμη δορυφόροι ο Explorer III & ο Vanguard II εκτοξεύονται από τους Αμερικάνους και ο Sputnik III από τους Σοβιετικούς.

Στην Georgia κατασκευάζεται ο πρώτος τροφοδοτούμενος από φωτοβολταϊκά στοιχεία τηλεφωνικός αναμεταδότης.

1959

Παράγονται φωτοβολταϊκά με 10% απόδοση.

Η Αμερική εκτοξεύει τους δορυφόρους Explorer VI & VII με 9.600 φωτοβολταϊκά στοιχεία.

1960

Παράγονται φωτοβολταϊκά με 14% απόδοση.

1963

Η Ιαπωνία εγκαθιστά φωτοβολταϊκά σε φάρους - η μεγαλύτερη φωτοβολταϊκή διάταξη της εποχής.

1972

Οι Γάλλοι εγκαθιστούν άμορφα CdS φωτοβολταϊκά σε ένα σχολείο στην επαρχία Niger.

1976

Ξεκινούν οι πρώτες εφαρμογές φωτοβολταϊκών για την τροφοδότηση ψυγείων, τηλεπικοινωνιακού & ιατρικού εξοπλισμού, άντλησης νερού και φωτισμού.

1977

Η συνολική παραγωγή φωτοβολταϊκών ξεπερνά τα 500 kW.

Στην Αυστραλία στο Pentax World Solar Challenge νικά ένα κινούμενο από φωτοβολταϊκά αυτοκίνητο της General Motors με μέση ταχύτητα 71 km/h.

1983

Η παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών ξεπερνά τα 21,3 MW.

1984

Κυκλοφορούν τα άμορφα φωτοβολταϊκά.

1999

Η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ σε φωτοβολταϊκά φτάνει τα 1000 MW.

2002

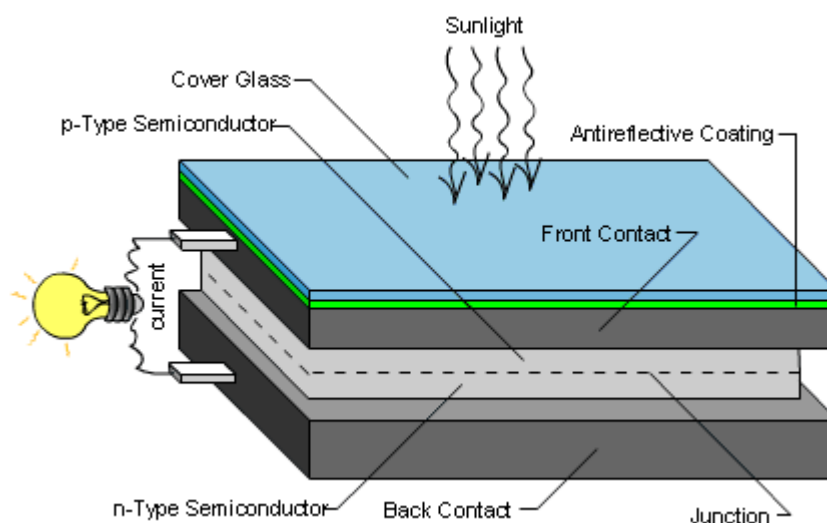
Η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ σε φωτοβολταϊκά φτάνει τα 2000MW.

Σήμερα

Μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές φωτοβολταϊκών είναι η συμπληρωματική παραγωγή ενέργειας. Στην Βόρεια Αμερική πολλές εταιρείες παραγωγής ενέργειας (αντίστοιχες ΔΕΗ) υποστηρίζουν τα φορτία του κλιματισμού τους θερινούς μήνες με φωτοβολταϊκά συστήματα.

4.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Το φωτοβολταϊκό (Φ/Β) φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το Φ/Β φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Μπεκερέλ (Becquerel). Περιληπτικά πρόκειται για την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του Φ/Β στοιχείου και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος(Εικ.4.1). Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στο Φ/Β στοιχείο οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο.

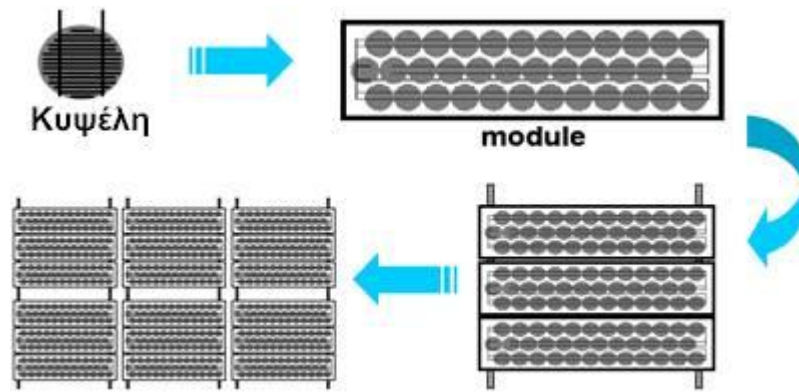


Εικόνα 4.1: Αρχή λριτοργίας Φ/Β φαινομένου

4.4 ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ Φ/Β ΚΥΨΕΛΩΝ

Συνδέοντας μεταξύ τους πολλά μικρά κομμάτια φωτοβολταϊκών κυψελών ή στοιχείων, τοποθετώντας τα σε μία επίπεδη επιφάνεια (φωτοβολταϊκό σύστημα) και στρέφοντάς τα προς τον ήλιο είναι δυνατό να πάρουμε ηλεκτρικό ρεύμα αρκετό για να καλύψουμε τις ανάγκες για τη λειτουργία.

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα σε κυκλώματα για την παραγωγή μεγαλύτερης τάσης και ισχύος. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες αποτελούνται από κυψέλες σφραγισμένες σε προστατευτικό έλασμα (module) και είναι η θεμελιώδης δομική μονάδα των συστημάτων PV. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ περιέχουν μία ή περισσότερες μονάδες καλωδιωμένες και έτοιμες για εγκατάσταση κάτι που φαίνεται και στην εικόνα 4.2. Μια φωτοβολταϊκή συστοιχία είναι μία πλήρης μονάδα παραγωγής ρεύματος που μπορεί να περιέχει οποιονδήποτε αριθμό από πάνελ.



Εικόνα 4.2:Απεικόνιση σύνθεση μιας Φ/Β συστοιχίας

4.5 ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα (ή συστήματα εκτός δικτύου) αποσκοπούν στο να προσφέρουν ενεργειακή αυτονομία σε μια εγκατάσταση. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες απομονωμένων από το δίκτυο φωτοβολταϊκών συστημάτων. Κάποιες από αυτές είναι:

- ∅ Οικίες απομακρυσμένες από το δίκτυο σε τέτοια απόσταση που το κόστος διασύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ είναι απαγορευτικά υψηλό.
- ∅ Οικίες που για κάποιους λόγους δεν δύναται να ηλεκτροδοτηθούν.
- ∅ Κτηνοτροφικές ή γεωργικές μονάδες απομακρυσμένες από το δίκτυο της ΔΕΗ.
- ∅ Τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις.
- ∅ Αντλητικά συστήματα υδροδότησης.
- ∅ Κινητές εγκαταστάσεις (τροχόσπιτα, πλωτάκα)
- ∅ Εγκαταστάσεις που απαιτούν υψηλή διαθεσιμότητα (αμυντικές εφαρμογές, διαστημικές εφαρμογές)

Η μεθοδολογία για την ηλεκτροδότηση μιας τέτοιας εγκατάστασης είναι η ακόλουθη:

Ανάλυση της περιοχής (ακτινοβολία, σκίαση κλπ)

Αρχικά θα πρέπει να γίνει υπολογισμός της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή για όλη την διάρκεια του έτους και σε κάποιες περιπτώσεις και κατά μήνα του έτους. Σε αντίθεση με τα διασυνδεδεμένα συστήματα όπου στόχος είναι η μέγιστη ετήσια ενεργειακή απολαβή, στα απομονωμένα συστήματα υπάρχουν εφαρμογές όπου η ενεργειακές ανάγκες είναι μεγαλύτερες σε κάποιους συγκεκριμένους μήνες του χρόνου ή ακόμα και σε κάποιες συγκεκριμένες ώρες της ημέρας.

Για παράδειγμα στην περιοχή της Καβάλας η βέλτιστη κλίση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο για ένα σύστημα με γνώμονα την μέγιστη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 31°. Εάν όμως θέλουμε να ηλεκτροδοτήσουμε μια παραθεριστική κατοικία μόνο για τους θερινούς μήνες η βέλτιστη κλίση είναι από 5 έως 20 μοίρες ανάλογα τον μήνα της μέγιστης ζήτησης ενέργειας. Ένα άλλο ζήτημα επίσης είναι και το σημείο που θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Καταγραφή των ενεργειακών απαιτήσεων

Κάθε εγκατάσταση έχει διαφορετικά φορτία (συσκευές, μηχανήματα κλπ). Για να γίνει ένας σωστός σχεδιασμός θα πρέπει να καταγραφούν όλα τα φορτία, επίσης

να γίνει μια αναλυτική περιγραφή της διάρκειας χρήσης της κάθε συσκευής καθώς και του επιθυμητού χρόνου αυτονομίας.

Η διάρκεια αυτονομίας θα καθορίσει και την διαστασιολόγηση των συσσωρευτών που θα χρησιμοποιηθούν. Επίσης πολύ σημαντικό είναι και το είδος των συσκευών που χρησιμοποιούνται εάν δηλαδή καταναλώνουν εναλλασσόμενο ή συνεχές ρεύμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις μάλιστα προτείνονται συσκευές χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης οι οποίες έχουν υψηλότερο κόστος αγοράς αλλά σε βάθος χρόνου είναι ασφαλώς περισσότερο συμφέρουσες.

Επιπρόσθετα υπάρχει η δυνατότητα του συνδυασμού των φωτοβολταϊκών με κάποια άλλη πηγή ενέργειας, όπως ανεμογεννήτριες ή μηχανές diesel. Σε αυτήν την περίπτωση στο υβριδικό σύστημα που προκύπτει μπορούν να γίνουν διάφοροι συνδυασμοί όσον αφορά την συμμετοχή της κάθε πηγής ενέργειας και την διαστασιολόγηση τους.

Οικονομοτεχνική μελέτη

Αφού γίνει η ανάλυση των παραπάνω τεχνικών χαρακτηριστικών ακολουθεί η οικονομοτεχνική μελέτη της εγκατάστασης. Η μελέτη αυτή είναι ο συγκερασμός των παραπάνω τεχνικών απαιτήσεων, της οικονομικής δυνατότητας καθώς και των πιθανών επιδοτήσεων. Σκοπός είναι τελικά να επιτευχθεί η βέλτιστη τεχνική και οικονομική λύση.

Τα βασικά μέρη(Εικ. 4.3) ενός αυτόνομου συστήματος είναι:

- Ø Τα φωτοβολταϊκά πάνελ
- Ø οι συσσωρευτές
- Ø ο ρυθμιστής φόρτισης
- Ø ο αντιστροφέας dc/ac (για τις καταναλώσεις των 230Volt)
- Ø ασφάλειες
- Ø διακόπτες dc
- Ø όργανα μέτρησης χωρητικότητας συσσωρευτών



Εικόνα 4.3:Μέρη αυτόνομου Φ/Β συστήματος σε οικία

4.6 ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ένα διασυνδεδεμένο σύστημα(Εικ. 4.4) είναι σε μόνιμη σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ με σκοπό να διοχετεύει την ενέργεια που παράγει στο σύστημα. Δεν υπάρχουν αποθηκευτικοί μηχανισμοί και μια τέτοια εγκατάσταση πρέπει να

σχεδιάζεται με τρόπο που να αποδίδει την μέγιστη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται με συνδυασμό πολλών παραγόντων.

4.6.1 Στοιχεία για την εγκατάσταση διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος

Επιλογή Τοποθεσίας Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης

Ιδιαίτερα καθοριστικό ρόλο για την αποδοτικότητα μιας εγκατάστασης διαδραματίζει η θέση του αγροτεμάχου. Η επιλογή του χώρου θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά μιας και είναι το μόνο στοιχείο στην επένδυση που δεν μπορεί να αντικατασταθεί ή να τροποποιηθεί. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του χώρου θα επηρεάζουν την απόδοση για 20 και πλέον χρόνια.

Επιλογή Εξαρτημάτων Φωτοβολταϊκού Σταθμού

Εξαιρετικής βαρύτητας επίσης είναι η επιλογή των βασικών υλικών (modules, inverters) που θα χρησιμοποιηθούν στην εγκατάσταση. Σήμερα η βιομηχανία που σχετίζεται με τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζει μια απότομη και ίσως ανεξέλεγκτη έξαρση. Παγκοσμίως υπάρχουν τουλάχιστον 250 κατασκευαστές φωτοβολταϊκών πλαισίων. Οι παράμετροι που θα πρέπει να αναλογιστεί κανείς για την σωστή επιλογή των φωτοβολταϊκών πάνελ είναι πολλοί. Η τεχνολογία (sc-Si, mc-Si, a-Si) που θα χρησιμοποιήσει, οι εγγυήσεις απόδοσης, οι ανοχές στην ισχύ εξόδου, το εργοστάσιο κατασκευής είναι μόνο κάποια από τα στοιχεία που θα πρέπει να λάβει κάποιος υπόψη του. Επίσης υπάρχουν περισσότεροι από 150 κατασκευαστές μετατροπών τάσης με επίσης ποικιλόμορφα τεχνικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να γνωρίζει κάποιος όπως οιεγγυήσεις, η ονομαστική ισχύς συνεχούς και εναλλασσόμενου, το εύρος τάσεων MPP και άλλα. Επιπρόσθετα ο σωστός συνδυασμός των φωτοβολταϊκών στοιχείων με τους αντιστροφείς είναι ζωτικής σημασίας για την αποδοτικότητα της εγκατάστασης.

Σταθερά ή κινητά Συστήματα

Ένα δίλλημα που θα πρέπει να αντιμετωπίσει ο επενδυτής είναι η επιλογή του τρόπου στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Εκτός από τα συστήματα σταθερής στήριξης τα οποία είναι προσανατολισμένα μόνιμως στον Νότο υπάρχει και η επιλογή των ηλιοστατών.

Οι ηλιοστάτες ή solar tracker είναι συστήματα στα οποία μπορούν να τοποθετηθούν τα πάνελ και να προσανατολίζονται συνεχώς κινούμενα προς την κατεύθυνση του ήλιου με σκοπό η επιφάνεια των πάνελ να βρίσκεται κάθετα ως προς τις ηλιακές ακτίνες. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να αυξηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και συνεπώς τα έσοδα του επενδυτή. Περισσότερες λεπτομέρειες για solar tracker (ηλιοστάτες).

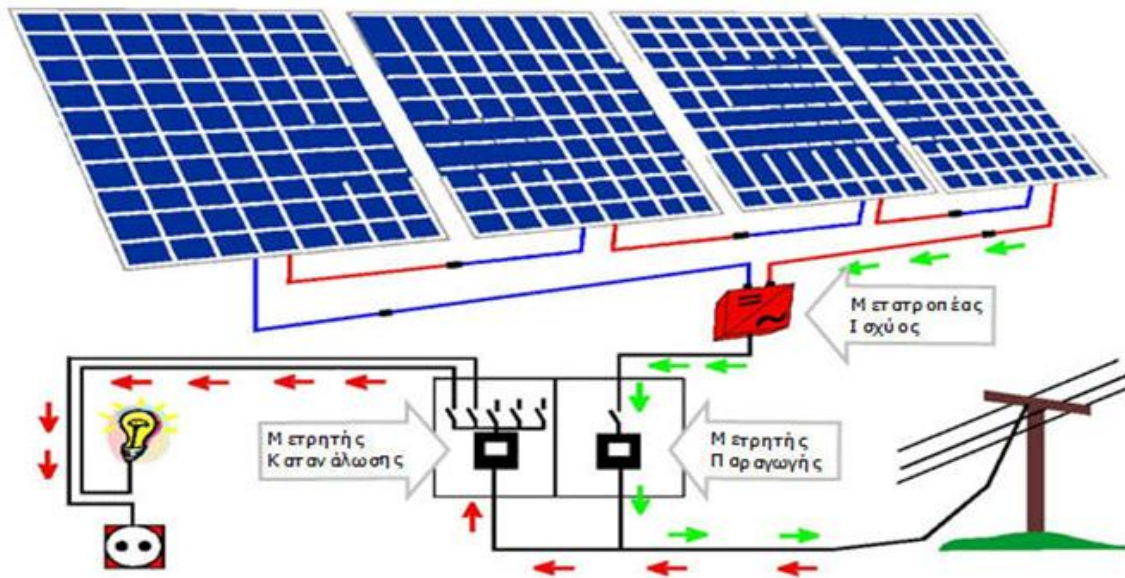
Ηλεκτρολογική Μελέτη

Επίσης η ηλεκτρολογική μελέτη καθώς και η εφαρμογή της είναι κάτι που θα πρέπει να γίνεται με σοβαρότητα και βαθιά γνώση της ηλεκτρολογίας. Τυχόν απώλειες ισχύος εξόδου λόγω ανεπαρκούς σχεδιασμού η κατασκευής θα πρέπει να θεωρούνται διαφυγόντα κέρδη από τον επενδυτή και η απώλειες αυτές θα υφίστανται για 20 χρόνια. Ο σωστός σχεδιασμός και η σωστή κατασκευή θα πρέπει να συνοδεύονται από επιστημονική προσέγγιση και ο περιορισμός των απωλειών στην απόδοση του συστήματος είναι κρίσιμος.

Μια τυπική εγκατάσταση περιλαμβάνει:

1. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια.
2. Τους αντιστροφείς τάσης.
3. Τις βάσεις στήριξης των πλαισίων.

4. Τα καλώδια σύνδεσης
5. Τους πίνακες σύνδεσης συνεχούς ρεύματος
6. Τους πίνακες σύνδεσης εναλλασσόμενου ρεύματος
7. Μετρητικές διατάξεις
8. Αντικεραυνική προστασία
9. Οικίσκο για τους πίνακες σύνδεσης εναλλασσόμενου
10. Σύστημα παρακολούθησης μέσω internet
11. Περίφραξη
12. Περιμετρικό φωτισμό της εγκατάστασης



Εικόνα 4.4: Διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα

4.7 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα τρία περισσότερο σημαντικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά μιας βασικής μονάδας είναι το ρεύμα βραχυκυκλώματος, η τάση ανοικτού κυκλώματος και το σημείο μέγιστης ισχύος σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την ακτινοβολία.

4.7.1 Πρότυπες συνθήκες δοκιμής Φ/Β (Standard Test Conditions-STC)

Οι Πρότυπες Συνθήκες Δοκιμής (Standard Test Conditions- STC) ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου επιτυγχάνονται σε θερμοκρασία 25οC, ακτινοβολούμενο ηλιακό επίπεδο 1000 W/m² και μάζα αέρα AM 1.5 φασματικής διανομής.

4.7.2 Τάση Ανοικτού Κυκλώματος(Voc)

Η Τάση Ανοικτού Κυκλώματος (Voc) είναι η υψηλότερη τιμή της πτώσης τάσης μιας πηγής δυναμικού. Ο προσδιορισμός της αφορά στη λειτουργία ενός Φ/Β στοιχείου όταν σε αυτό δεν συνδέεται κάποιος καταναλωτής ισχύος. Η τιμή της

Τάσης Ανοιχτού Κυκλώματος παρέχει σημαντική πληροφορία σχετικά με τον αριθμό των ηλιακών κυψελών οι οποίες είναι συνδεδεμένες σε σειρά. Μεταξύ άλλων, είναι σημαντική για την αξιολόγηση των απαραίτητων μέτρων προστασίας για την εγκατάσταση και χρήση ενός Φ/Β. Πιο απλά τάση ανοιχτού κυκλώματος είναι η τάση που θα έχει το πάνελ όταν είναι εκτεθειμένο στον Ήλιο αλλά δεν είναι συδεδεμένο στο δίκτυο. Αυτή η τάση αντιστοιχεί σε κάποιες καιρικές συνθήκες (STC). Όταν η θερμοκρασία πέσει, τότε τη τάση ανεβαίνει και αντίστροφα.

4.7.3 Ρεύμα βραχυκυκλώσεως(Isc)

Το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι το ισχυρότερο ρεύμα σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Η αντίσταση φορτίου είναι έτσι $R_V = 0$. Κανονικά, σε περίπτωση βραχυκυκλώματος το προστατευτικό κύκλωμα είναι ενεργοποιημένο, έτσι ώστε να προστατεύονται οι πηγές τάσης και τα καλώδια. Στα Φωτοβολταϊκά η βραχυκύκλωση θέτει μόνο την τρέχουσα τιμή της έντασης του ρεύματος οριακά πάνω από την ονομαστική τιμή της. Κατά αυτόν τον τρόπο τα Φ/Β πάνελ και τα καλώδια τους δεν υπόκεινται σε ζημιά. Στα Φ/Β, λοιπόν, το ρεύμα βραχυκυκλώματος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποκοπεί το ηλεκτρικό κύκλωμα. Η ένταση του ρεύματος βραχυκυκλώσεως ενός Φ/Β πάνελ παρέχει πληροφορίες σχετικά με την επιφάνεια των ηλιακών κυψελών, την απόδοση ακτινοβολίας και την ποιότητα των κυψελών.

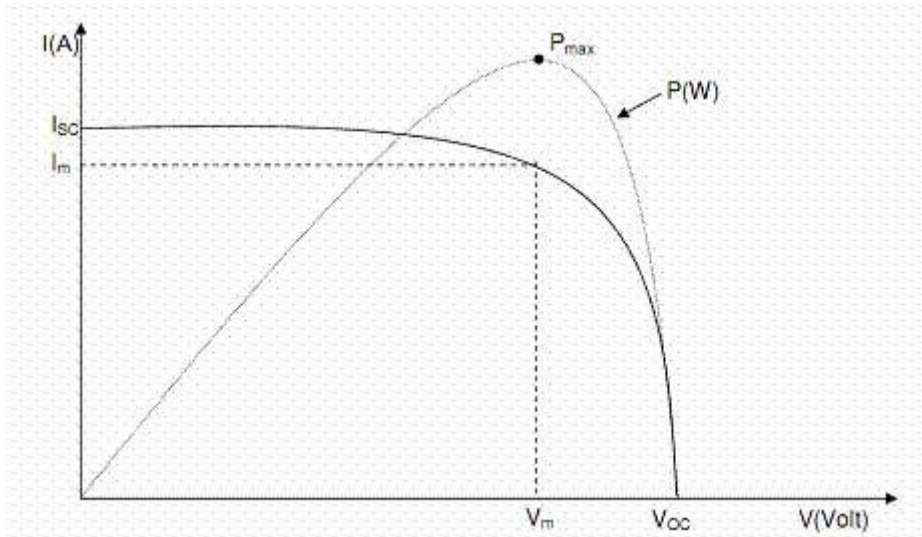
4.7.4 Σημείο μέγιστης ισχύος (MPP)

Σε αντίθεση με άλλες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται πάντοτε από το φορτίο που τροφοδοτεί, δηλαδή την τιμή της αντίστασης που είναι συνδεδεμένη στα άκρα του. Όταν δεν υπάρχει καθόλου αντίσταση, συναντάται η μέγιστη τάση εξόδου, η τάση ανοιχτοκύκλωσης V_{oc} . Αντίθετα όταν βραχυκυκλωθούν τα άκρα της γεννήτριας, η τάση μηδενίζεται αλλά έχουμε μέγιστη ροή ρεύματος, το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} . Ωστόσο, η ισχύς που παράγεται για κάθε ζεύγος τιμών τάσης έντασης δεν είναι πάντα σταθερή αλλά μηδενίζεται όπως φαίνεται εύκολα στις ακραίες συνθήκες ανοιχτοκύκλωσης-βραχυκύκλωσης και παρουσιάζει ένα μέγιστο για συγκεκριμένη τιμή τάσης- έντασης. Επιθυμητό είναι σε κάθε εγκατάσταση φωτοβολταϊκών οι συστοιχίες να λειτουργούν παράγοντας τις τιμές αυτές τάσης-έντασης που δίνουν κάθε στιγμή τη μέγιστη ισχύ. Όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια τροφοδοτεί απευθείας ένα συγκεκριμένο φορτίο κάτι τέτοιο δεν είναι πραγματοποιήσιμο καθώς η τιμή του φορτίου έχει συγκεκριμένη αντίσταση. Όταν όμως μεταξύ γεννητριών και κατανάλωσης παρεμβάλλονται ηλεκτρονικά για τον έλεγχο της ισχύος, για την ρύθμιση φόρτισης συσσωρευτών, για την ανύψωση ή και την αλλαγή μορφής της παραγόμενης τάσης, τότε υπάρχει η δυνατότητα να λειτουργούν αυτές σε ένα μέγιστο σημείο. Αυτό το αναλαμβάνουν ειδικοί ανιχνευτές της μέγιστης ισχύος, ή maximum power point trackers (MPPT).

Η τεχνολογία της ανίχνευσης της μέγιστης ισχύος, άρχισε να χρησιμοποιείται σχετικά πρόσφατα στις εφαρμογές των φωτοβολταϊκών και αποτελεί πλέον χαρακτηριστικό κάθε καλού αντιστροφέα για σύνδεση με το δίκτυο ή φορτιστή συσσωρευτών. Η λογική που συνήθως ακολουθείται για τον εντοπισμό του σημείου μέγιστης ισχύος είναι η εξής: Παρακολουθώντας συνεχώς τις τιμές τάσης και έντασης εξόδου των φωτοβολταϊκών γεννητριών, προκαλούν ανά τακτά χρονικά διαστήματα

μια διαταραχή της τάσης εξόδου αυτής. Αν διαπιστωθεί ότι με την ανύψωση της τάσης, αυξάνεται η ισχύς που παρέχει η γεννήτρια τότε αυξάνουν την τάση προς τα πάνω ώσπου να έρθει μια ισορροπία. Αυτό είναι και το σημείο μέγιστης λειτουργίας.

Στο παρακάτω σχήμα 4.1 φαίνεται η χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος-τάσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου.



Σχήμα 4.1: Καμπύλη I-V και P-V όπου διακρίνεται και το σημείο μέγιστης ισχύος

4.8 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΟΝ ΒΑΘΜΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Ο βαθμός απόδοσης ενός πλαισίου στις πρότυπες συνθήκες STC είναι μέγιστος. Δεν συμβαίνει το ίδιο όμως και σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, όπου είναι μικρότερος από αυτόν σε STC λόγω απωλειών. Προκύπτει έτσι μικρότερος συντελεστής απόδοσης για το πλαίσιο κάτι που προφανώς σημαίνει μείωση της πραγματικής απόδοσης του πλαισίου για τις δοσμένες συνθήκες λειτουργίας σε σχέση με την απόδοσή του στις πρότυπες συνθήκες. Για ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια στον υπολογισμό των απωλειών της απόδοσης του πλαισίου θα πρέπει για το συντελεστή η_m να λάβουμε υπόψη επιπλέον οπτικές και θερμικές απώλειες.

4.8.1 Απώλειες από επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας

Η ενέργεια που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο σε ετήσια βάση, είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία και ως εκ τούτου, εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση εγκατάστασης του συστήματος. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια ενός συλλέκτη είναι με τη σειρά της άμεσα εξαρτώμενη από τον προσανατολισμό του πλαισίου ως προς τον ήλιο. Για τα μεγαλύτερα λαμβανόμενα ποσά της ηλιακής ενέργειας όπως έχουμε ήδη αναφέρει, τα πλαίσια πρέπει να προσανατολίζονται κατάλληλα και να είναι τοποθετημένα στη βέλτιστη γωνία κλίσης εφόσον δεν χρησιμοποιούνται στρεφόμενες βάσεις ενός ή δύο αξόνων. Η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και ως εκ τούτου, μεγαλύτερη παραγόμενη ισχύ.

4.8.2 Απώλειες από την επίδραση της θερμοκρασίας

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών, επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Ο βαθμός απόδοσης που δίνεται για τα ηλιακά στοιχεία, αναφέρονται σε δοκιμές που έγιναν σε θερμοκρασίες κυττάρου 25°. Τις περισσότερες φορές όμως, η θερμοκρασία του στοιχείου υπό πραγματικές συνθήκες λειτουργίας διαφέρουν σημαντικά κυρίως τους θερινούς μήνες. Οι μεγάλες θερμοκρασίες κυττάρου έχουν αρνητική επίδραση στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διαφοράς δυναμικού του φωτοβολταϊκού στοιχείου με αποτέλεσμα, όταν ένα φορτίο συνδεθεί στα άκρα του, η διαφορά δυναμικού να είναι αισθητά μειωμένη.

4.8.3 Απώλειες από την ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου

Η ταχύτητα του ανέμου, μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της θερμοκρασίας του στοιχείου καθώς μεγάλες ταχύτητες, έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Όταν οι άνεμοι είναι βόρειοι είναι συνήθως κρύοι, με αποτέλεσμα τα φωτοβολταϊκά να λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με αυτές που θα λειτουργούσαν εάν υπήρχε άπνοια, υπό τα ίδια ποσοστά της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Αντίθετα συμβαίνει για θερμούς ανέμους.

4.8.4 Απώλειες από την επίδραση της ρύπανσης

Η ηλεκτροπαραγωγή των φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί να μειωθεί από ρύπανση της επιφάνειάς τους, από την επικάθηση σκόνης, φύλλων, χιονιού, αλατιού από τη θάλασσα, εντόμων και άλλων ακαθαρσιών. Η μείωση είναι σημαντικότερη σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται ισχυρά στη γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων, χωρίς να μπορεί η βροχή να την ξεπλύνει αρκετά. Στις περιπτώσεις αυτές χρειάζεται να γίνεται περιοδικός καθαρισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων με απορρυπαντικό. Πάντως, σε περιοχές με συχνές χιονοπτώσεις ή ανεμοθύελλες, οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως με κλίση 900 (κάθετοι) για την αποφυγή συσσώρευσης χιονιού, ή τουλάχιστον 450 για να μην συγκρατείται η σκόνη. Όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια βρίσκεται σε μία περιοχή που εκτιμάμε ότι ο βαθμός ρύπανσης είναι σημαντικός, είναι σκόπιμο να προβλέπεται στους υπολογισμούς μας η αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια.

4.8.5 Απώλειες από την επίδραση της σκίασης

Ένας άλλος παράγοντας επίδρασης της DC ενεργειακής απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι η σκίαση. Το φαινόμενο της σκίασης εμφανίζεται είτε σε περιπτώσεις που συναντώνται εμπόδια στον ορίζοντα των πλαισίων όπως παρακείμενα κτίρια, βλάστηση κλπ, είτε σε περιπτώσεις με περιορισμένη έκταση εγκατάστασης όπως για παράδειγμα στις στέγες κτιρίων όπου προκαλείται σκίαση από τη μία σειρά στην επόμενη. Ιδιαίτερα στη δεύτερη περίπτωση, οι επιπτώσεις της

σκίασης μπορεί να είναι σημαντικές και για το λόγο αυτό είναι αναγκαίος ο λεπτομερής προσδιορισμός των απωλειών που προκαλούν.

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο, αποτελείται από φωτοβολταϊκά στοιχεία ίδιων ηλεκτρικών χαρακτηριστικών συνδεδεμένων σε σειρά. Συνεπώς, η σκίαση ή η βλάβη ενός και μόνο φωτοβολταϊκού στοιχείου, θα μπορούσε να επιφέρει ολική αχρήστευση του πλαισίου. Ένα σκιασμένο κύτταρο, συμπεριφέρεται κατά βάση όπως η απλή δίοδος p-n, η οποία, όταν το κύκλωμα είναι κλειστό, δέχεται από τα υπόλοιπα υγιή κύτταρα μία υψηλή ανάστροφη τάση. Αν τα υπόλοιπα φωτιζόμενα ηλιακά στοιχεία του πλαισίου είναι μεγάλου πλήθους, αυτή η τάση μπορεί να φτάσει την τάση διάσπασης της σκιασμένης διόδου, προκαλώντας την καταστροφή της. Στην πράξη, για τα τυπικά φωτοβολταϊκά πλαίσια, το σκιασμένο κύτταρο λειτουργεί ως μία μεγάλη αντίσταση, όπου αποδίδεται η ενέργεια που προσφέρουν τα υπόλοιπα. Παρατεταμένος σκιασμός ενός στοιχείου σε συνδυασμό με έντονο φωτισμό των υπολοίπων μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του πλαισίου, επειδή δεν υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης ενός κατεστραμμένου στοιχείου. Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται ως φαινόμενο Hot Spot (κατάσταση “θερμής κηλίδας”). Για να αποτραπεί μία τέτοια εξέλιξη, το φωτοβολταϊκό πλαίσιο εφοδιάζεται με διόδους (δίοδοι παράκαμψης), οι οποίες συνδέονται παράλληλα σε τμήματα των κυττάρων που είναι συνδεδεμένα σε σειρά, επιτρέποντας έτσι την χρησιμοποίηση του φωτοβολταϊκού πλαισίου, ακόμα και αν κάποιο φωτοβολταϊκό στοιχείο του υστερεί ή καταστραφεί. Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι απώλειες στην ισχύ, οι οποίες διαφέρουν ανάλογα με το είδος σκίασης.

Πίνακας 4.1: Πίνακας απωλειών ανάλογα με το είδος της σκίασης

Απώλειες από σκίαση			
			
Τρόπος σκίασης	Σκίαση (%)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (1 string x 9 modules)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (3 string x 3 modules)
	0,15%	-3,7%	-1,7%
	2,6%	-16,7%	-7%
	11,1%	-36,5%	-30,5%
	12,5%	-18,3%	-17%

4.8.6 Απώλειες του φωτοβολταϊκού συστήματος

Πέρα από τους διάφορους παράγοντες που αναφέραμε πιο πάνω, πρέπει κατά το σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, να προνοήσουμε για τις ηλεκτρικές απώλειες στους αγωγούς που συνδέουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στις συστοιχίες, καθώς και τις συνδέσεις τους με άλλα μέρη του συστήματος όπως διατάξεις ρύθμισης, προστασίας και ελέγχου, συσσωρευτές, μετατροπείς κλπ. Επομένως, κατά τον υπολογισμό της απαιτούμενης επιφάνειας των φωτοβολταϊκών ενός συστήματος, πρέπει να γίνεται πρόβλεψη, ανάλογα με την περίπτωση και για την κάλυψη όλων αυτών των απωλειών, που μπορεί να είναι της τάξης περίπου του 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ή και περισσότερο.

4.8.7 Οπτικές απώλειες

Με τον όρο οπτικές απώλειες εννοούμε τη διαφοροποίηση της ανακλαστικότητας του φωτοβολταϊκού πλαισίου (υαλοπίνακας, αντανakλαστικό επίστρωμα, υλικό φωτοβολταϊκών κυττάρων) σε σχέση με την αντίστοιχη σε STC. Η ανακλαστικότητα του οπτικού συστήματος όψεως του φωτοβολταϊκού πλαισίου, σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή σε Πρότυπες Συνθήκες Αναφοράς, αυξάνει καθώς αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων στην επιφάνειά του, ιδιαίτερα σε γωνίες πρόσπτωσης μεγαλύτερες των 60°.

Επίσης, οπτικές απώλειες έχουμε και με τη διαφοροποίηση του φάσματος της ακτινοβολίας. Καθώς το $A.M=1.5$ ηλιακό φάσμα που καθορίζεται από τις STC, χρησιμοποιείται ως αναφορά για τις προδιαγραφές απόδοσης των πλαισίων, η ετήσια παραγωγή του πλαισίου θεωρείται σχετικά ανεξάρτητη από τις μεταβολές του ηλιακού φάσματος γιατί οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται στην απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων κατά τη διάρκεια της ημέρας, εξαλείφονται κατά μέσο όρο σε ετήσια βάση. Αυτά όσον αφορά φωτοβολταϊκά ευρείας φασματικής περιοχής. Για φωτοβολταϊκά στενής φασματικής περιοχής οι ετήσιες απώλειες είναι σημαντικότερες. Επιπλέον, υπάρχουν απώλειες λόγω διαφοροποίησης της πόλωσης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η μέση ετήσια επίδραση του παράγοντα αυτού προσδιορίζεται γύρω στο 2%. Τέλος, οπτικές απώλειες παρατηρούνται και λόγω χαμηλών τιμών της πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του ηλιακού κυττάρου μειώνεται στις χαμηλές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, ιδιαίτερα κάτω από την τιμή των 200 W/m². Οι οπτικές απώλειες, αποδεικνύονται μικρής σημασίας για εμπορικά πλαίσια καλής ποιότητας. Σε άλλες όμως περιπτώσεις οι ενεργειακές αυτές απώλειες αποδεικνύονται σχετικά σημαντικές και γενικά υπολογίζονται σε 3%, κατά μέσο όρο στο έτος.

4.9 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Ο στιγμιαίος συντελεστής απόδοσης (η_p) του πλαισίου προσδιορίζεται από το πηλίκο της αποδιδόμενης μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος P_m στην έξοδο του προς την ιχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνεια του S . Την ίδια τιμή θα έχει και ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ενέργειας E που παράγει το πλαίσιο προς την πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει στην επιφάνεια S του πλαισίου.

$$n_p = \frac{P_m}{H^*S} \left[\frac{W}{(W/m^2)} \right] \quad (4.1)$$

$$n_p = \frac{E}{\Pi^*S} \left[\frac{kW}{(W/m^2)} \right] \quad (4.2)$$

Όπου: $E(kW/m^2)$ = ηλεκτρική ενέργεια που παράγει το πλαίσιο

$S(m^2)$ = η συνολική επιφάνεια του πλαισίου.

$\Pi(W)$ =πυκνότητα ηλιακής ενέργειας που πέφτει στην επιφάνεια του πλαισίου

$H(W)$ =ισχύς ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια

Η τιμή του n_p εξαρτάται όχι μόνο από τη μέση απόδοση των ηλιακών στοιχείων (n), αλλά και από τον συντελεστή κάλυψης του πλαισίου (σ_k), που ορίζεται ως ο λόγος της συνολικής ενεργού επιφάνειας των ηλιακών στοιχείων, δηλαδή της επιφάνειας του ημιαγωγού όπου γίνεται η απορρόφηση και μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, προς την συνολική επιφάνεια του Φ/Β πλαισίου. Βρίσκουμε εύκολα ότι θα ισχύει η σχέση :

$$n_p = n * S_k \quad (4.3)$$

Η τιμή του σ_k συνήθως κυμαίνεται από περίπου 0,78, για κυκλικά στοιχεία σε παράλληλες στοιχισμένες σειρές φτάνει μέχρι σχεδόν 1,00 (πρακτικά μέχρι 0,98), για τα μεγαλύτερου κόστους τετραγωνικά ή εξαγωνικά ηλιακά στοιχεία.

Η απόδοση των Φ/Β στοιχείων επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Όμως, ο συντελεστής απόδοσης που δίνεται για τα ηλιακά στοιχεία ή για τα Φ/β πλαίσια αντιστοιχεί σε μία συμβατική θερμοκρασία 25°C, που συχνά, ιδίως στους θερινούς μήνες, διαφέρει αξιολογικά από την πραγματική θερμοκρασία του στοιχείου. Έχει μετρηθεί ότι λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται πάνω τους, στις αντιστάσεις σειράς, τα ηλιακά στοιχεία αποκτούν κατά την λειτουργία τους θερμοκρασία μεγαλύτερη από την θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος κατά 25°C ως 30°C, ανάλογα και με την ταχύτητα του ανέμου. Ως μέσο όρο στους υπολογισμούς μας, παίρνουμε συνήθως αύξηση της θερμοκρασίας κατά 30°C. Επίσης για τη διόρθωση του παραπάνω σφάλματος χρησιμοποιείται ένας αδιάστατος συντελεστής s_{th} με τον οποίο πολλαπλασιάζουμε τον συντελεστή απόδοσης των ηλιακών στοιχείων. Το ίδιο εφαρμόζουμε και για τα Φ/Β πλαίσια. Δηλαδή, για θερμοκρασίες διαφορετικές από τη συμβατική, ως συντελεστή απόδοσης των Φ/Β πλαισίων παίρνουμε το γινόμενο:

$$n_p * S_q \quad (4.4)$$

Σε συμβατική θερμοκρασία ο s_{th} είναι ίσος με την μονάδα, και για τα συνηθισμένα ηλιακά στοιχεία πυριτίου του εμπορίου μειώνεται κατά περίπου 0,005 ανά βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας πάνω από αυτή. Δίνεται από την σχέση:

$$S_q = 1 - ((t_a + 30) - 25) * 0.005 \quad (4.5)$$

Όπου t_a = η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα

Όταν η Φ/Β γεννήτρια βρίσκεται σε μια περιοχή όπου εκτιμάμε ότι ο βαθμός ρύπανσης είναι σημαντικός, είναι σκόπιμο να προβλέπεται στους υπολογισμούς μας η αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα Φ/Β πλαίσια, με την χρησιμοποίηση ενός αδιάστατου συντελεστή καθαρότητας (σ_p), ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο Φ/Β πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που 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 κτλ. Έτσι, όποτε είναι απαραίτητο, ως συντελεστή απόδοσης των Φ/β πλαισίων για τους υπολογισμούς μας, παίρνουμε το γινόμενο του ενδεικτικού συντελεστή απόδοσης η_{π} , που δίνεται για συμβατική θερμοκρασία και καθαρή επιφάνεια, επί τους συντελεστές διόρθωσης για τη θερμοκρασία σ_{θ} και για τη ρύπανση σ_p . Δηλαδή, η σχέση 4.2 παίρνει τη γενικότερη μορφή :

$$E = \Pi * S * n_p * S_q * S_r \quad (4.6)$$

5. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

5.1 ΔΟΜΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση αποτελείται από ένα αριθμό μερών ή υποσυστημάτων:

1. Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια η οποία αποτελείται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ.
2. Τις βάσεις στήριξης και ηλιοστάτες.
3. Τους μετατροπείς(inverters).
4. Την καλωδίωση Σ.Ρ και Ε.Ρ.
5. Τους συσσωρευτές(μπαταρίες)
6. Αντικεραυνική προστασία , τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό κ.ά.

5.1.1 Φωτοβολταϊκά πάνελ

Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια που έχουν προπαρασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή έτοιμη να εγκατασταθεί σε Φ/Β εγκατάσταση(PV panel).

Τα υλικά που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 3 συμμετέχουν σε διατάξεις διαφορετικής δομής για την δημιουργία των πλαισίων. Τα πιο συνηθισμένα και ευρύτερα χρησιμοποιούμενα πλαίσια είναι τα flat-plate (επίπεδα και συμπαγή), όπου οι επιστρώσεις υλικών διαδέχονται η μία την άλλη σχηματίζοντας μια συμπαγή κατασκευή. Υπάρχουν παρόλα αυτά και άλλες δομές, οι οποίες διευρύνουν την χρησιμότητα των Φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Επίπεδα, συμπαγή πλαίσια: Η κατασκευή τους είναι συμπαγής και το βάρος σχετικά χαμηλό. Η συνήθης δομή ενός συμπαγούς και επίπεδου πλαισίου(Εικ .5.1) περιλαμβάνει τα φωτοβολταϊκάστοιχεία, το υλικό ενθυλάκωσης τους, το αδιαφανές φύλλο κάλυψης του πίσω μέρους, το γυαλί υψηλής μετάδοσης που καλύπτει το εμπρόσθιο μέρος του πλαισίου και τέλος το πλαίσιο από αλουμίνιο που καλύπτει τις πλαϊνές πλευρές, συγκρατεί και προστατεύει τα επιμέρους στοιχεία του φωτοβολταϊκού πάνελ.

Η ονομαστική ισχύς των επίπεδων κρυσταλλικών πλαισίων κυμαίνεται μεταξύ 10-250 Wp. Μερικοί κατασκευαστές παράγουν πλαίσια με ισχύ εξόδου ως 280 Wp. Τα επίπεδα πλαίσια τεχνολογίας λεπτών επιστρώσεων έχουν ισχύ εξόδου ως 100 Wp.

Συνήθως τοποθετούνται με σταθερή κλίση, σε σταθερές, κατάλληλα σχεδιασμένες βάσεις στήριξης. Υπάρχουν και διατάξεις με τις οποίες τα Φ/Β πλαίσια ακολουθούν την κίνηση του ήλιου, οι λεγόμενοι ηλιοστάτες. Ο ηλιοστάτης είναι μια συσκευή ικανή να στρέφεται με τον ήλιο, γεγονός που σημαίνει ότι παρακολουθεί την ημερήσια πορεία του ήλιου από τη στιγμή που ανατέλλει μέχρι και τη στιγμή που δύει. Η θέση του ήλιου στον ουρανό ποικίλλει ανάλογα με την εποχή και την ώρα της ημέρας. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που τροφοδοτούνται από την ηλιακή ακτινοβολία, λειτουργούν καλύτερα όταν η επιφάνειά τους είναι κάθετη στις ακτίνες του ήλιου. Έτσι

ένα σύστημα παρακολούθησης του ηλίου μπορεί να αυξήσει την απόδοση των φωτοβολταϊκών πηγών, πολύ περισσότερο από οποιαδήποτε σταθερή δομή στήριξης. Έχει αποδειχθεί ότι η αύξηση εγγίζει το 20-30% ή και περισσότερο, ιδιαίτερα σε μέρη με μεγάλο ποσοστό άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, όπως η Ελλάδα.

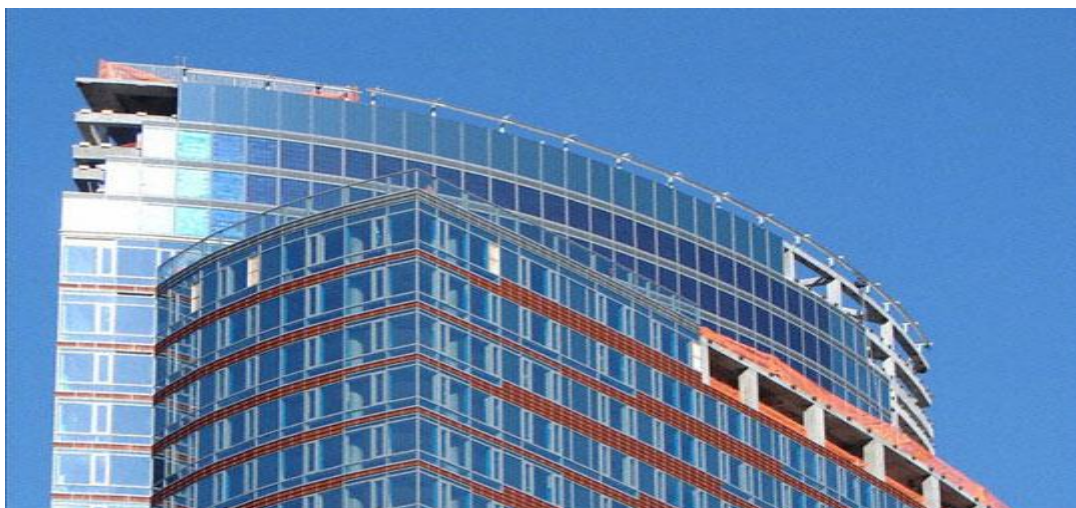


Εικόνα 5.1: Επίπεδο Φ/Β πλαίσιο(flat plate)

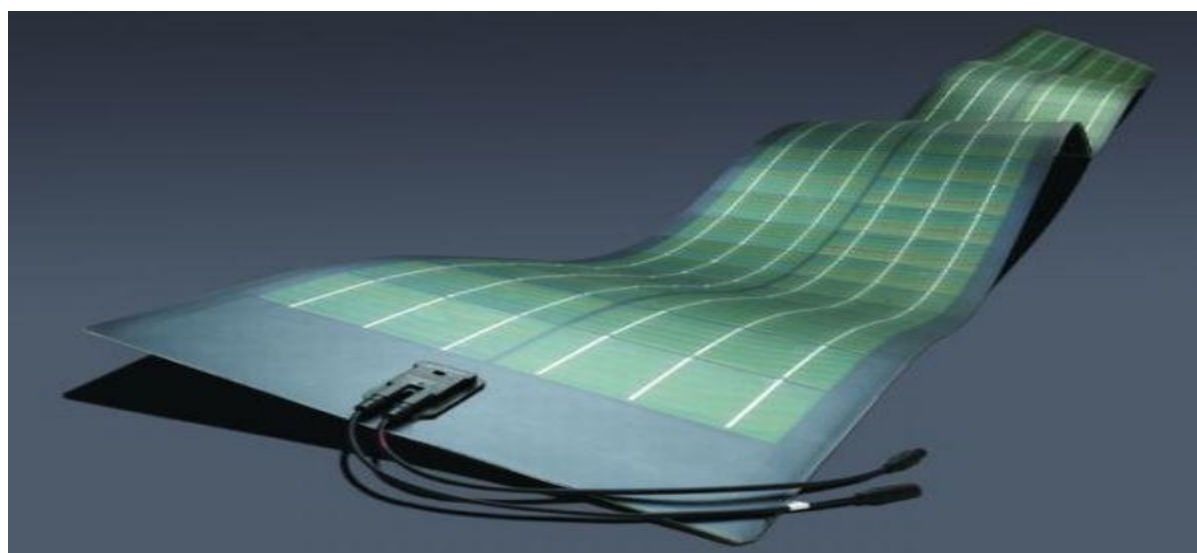
Φωτοβολταϊκά πλαίσια ειδικά για ενσωμάτωση σε κτιριακές κατασκευές (BIPV): Οι τεχνολογίες BIPV μπορούν να αποτελέσουν, εκτός από πηγές ενέργειας, δομικά στοιχεία του κτιρίου όπου τοποθετούνται. Ακόμα και σε κτίρια σύγχρονου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού μπορούν να ενσωματωθούν Φ/Β διατάξεις δημιουργώντας ένα άρτιο αισθητικό αποτέλεσμα(Εικ 5.2). Εκτός από τα flat-plate πλαίσια με την προαναφερθείσα δομή, σε τέτοιες εφαρμογές εγκαθίστανται και πάνελ με ιδιαίτερο design και επεξεργασία.

Υπάρχουν στις μορφές που μπορεί να πάρει η τεχνολογία BIPV. Στα glass to glass φωτοβολταϊκά πλαίσια η λεπτή ταινία Φ/Β υλικού τοποθετείται ανάμεσα σε φύλλα γυαλιού, προσκαλώντας έτσι το φως στο εσωτερικό του κτηρίου καθώς παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Τα ημιδιαφανή πλαίσια τοποθετούνται στα ανοίγματα των παραθύρων ή άλλων επιφανειών και αφήνουν ελεγχόμενο ποσό ακτινοβολίας να διαπεράσει την εξωτερική επιφάνειά τους δεσμεύοντας μέρος της για ηλεκτροπαραγωγή.

Ένα άλλο είδος BIPV είναι οι εύκαμπτες Φ/Β μεμβράνες(Εικ. 5.3) οι οποίες δεν περιέχουν γυαλί στη δομή της και επικολλούνται σε μονωτικά φύλλα για την κάλυψη ταρατσών. Αυτήν την περίοδο, οι τεχνολογίες BIPV έχουν πολύ χαμηλή απόδοση λόγω της χρήσης άμορφου πυριτίου, αλλά παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της ενσωμάτωσης ως δομικών στοιχείων και της ποικιλίας αισθητικών επιλογών για την ένταξη των Φ/Β στα κτήρια.



Εικόνα 5.2 : Κτίριο με φωτοβολταική διακόσμηση



Εικόνα 5.3: Εύκαμπτες Φ/Β μεμβράνες BIPV

Συγκεντρωτικά φωτοβολταικά πλαίσια: Τα συγκεντρωτικά πλαίσια σχεδιάζονται με στόχο την αύξηση της απόδοσης του φωτοβολταικού υλικού, συλλέγοντας οπτικά την ηλιακή ακτινοβολία μέσω κατάλληλων συστημάτων με φακούς και κάτοπτρα(Εικ. 5.4). Έτσι, αυξάνεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια του Φ/Β υλικού, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται λιγότερη ποσότητα υλικού για την ίδια παραγωγή.

Το κύριο μειονέκτημά τους είναι η μεγάλη τους εξάρτηση από το άμεσο φως για την παραγωγή ενέργειας, ενώ τα αυτόνομα φωτοβολταικά πάνελ μπορούν να αξιοποιήσουν το άμεσο και το διάχυτο φως. Ως εκ τούτου, οι περιοχές με χαμηλό ποσοστό άμεσης ακτινοβολίας δεν αποτελούν βέλτιστη τοποθεσία εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η πολυπλοκότητα της κατασκευής τους, η οποία καθιστά αυτά τα συστήματα δύσχρηστα, με απαιτήσεις στην εγκατάσταση και τη συντήρηση.

Τα κύρια χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τα πάνελ και θα πρέπει να προσεχτούν κατά την προμήθεια φωτοβολταικού εξοπλισμού, είναι:

P_m = Η ονομαστική (μέγιστη) ισχύς (σε Watt)

V_{rpm} = Η τάση που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ (σε Volt)

I_{rpm} = Η ένταση ρεύματος που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ (σε Ampere)

V_{oc} = Τάση ανοιχτού κυκλώματος (σε Volt)

I_{sc} = Ένταση ρεύματος βραχυκυκλώματος (σε Ampere)

V_{max} = Μέγιστη Τάση συστήματος (σε Volt)

T_{coe} = Συντελεστές επίδρασης θερμοκρασίας αP_m (%/C), αI_{sc} (%/C), αV_{oc} (mV/C)



Εικόνα 5.4: Συγκεντρωτικά πλαίσια με παραβολικά κάτοπτρα.

5.1.2 Προσανατολισμός πλαισίων

Για να φέρει το σύστημα βέλτιστα αποτελέσματα επιδιώκουμε νότιο προσανατολισμό των Φωτοβολταϊκών πλαισίων και τοποθέτηση περίπου στις 30 μοίρες από το οριζόντιο επίπεδο. Μία εγκατάσταση συνεχίζει να θεωρείται οικονομικά βιώσιμη και επικερδής ακόμα και στην περίπτωση που ο προσανατολισμός των Φωτοβολταϊκών πλαισίων βρίσκεται στο ημισφαίριο μεταξύ δύσης και ανατολής. Απόκλιση από τον νότο προς την ανατολή και την δύση φέρει απώλειες τις τάξης 7-8%. Επίσης στις περιπτώσεις των στεγών, η τοποθέτηση των Φωτοβολταϊκών γίνεται οριζόντια με το επίπεδο τις στέγης. Σε αυτή την περίπτωση, απόκλιση από την βέλτιστη τοποθέτηση των 30 μοιρών φέρει μικρές απώλειες τις τάξης 2- 3%.

5.2 ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΑΙ ΗΛΙΟΣΤΑΤΕΣ

Η στήριξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων γίνεται συνήθως με βάσεις αλουμινίου ή γαλβανισμένες (ή με συνδυασμό υλικών). Στο εμπόριο διατίθενται τυποποιημένες βάσεις για διάφορους τύπους πλαισίων. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα στήριξης πληρούν τις προδιαγραφές DIN 1055, DIN 4113, DIN 18800 και έχουν μεγάλη αντοχή στην καταπόνηση. Η τοποθέτηση σε οικόπεδα γίνεται είτε με τιμεντένιες βάσεις ή με πασσαλόπηξη ή με ειδικές βιδωτές βάσεις. Για τα κτίρια (δώματα και στέγες) παρέχεται μια μεγάλη ποικιλία τυποποιημένων βάσεων στήριξης(Εικ.5.5) για όλες τις εφαρμογές.



Εικόνα 5.5: Βάσεις στηριξης για φωτοβολταικά σε στέγες

Οι ηλιοστάτες (trackers) είναι συστήματα στήριξης επί εδάφους που ακολουθούν την πορεία του ήλιου εκμεταλλευόμενοι περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και αυξάνοντας έτσι την απόδοση του συστήματος (συνήθως κατά 25%-40%), αυξάνοντας παράλληλα το κόστος και τα λειτουργικά της επένδυσης. Διακρίνονται σε μονοαξονικούς(Εικ. 5.6) και διαξονικούς(Εικ.5.7) και παρέχονται σε μεγάλη ποικιλία μεγεθών. Για να αποφεύγονται οι σκιάσεις μεταξύ τους, απαιτείται μεγαλύτερη έκταση απ' ότι για τις σταθερές βάσεις (συνήθως 1,5-3 φορές ,μεγαλύτερη έκταση).



Εικόνα 5.6: Μονοαξονικός tracker



Εικόνα 5.7: Διαξονικός tracker

5.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ- ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια παράγουν συνεχές ρεύμα ενώ οι οικιακές συσκευές και το δίκτυο της ΔΕΗ απαιτούν εναλλασσόμενο. Ο μετατροπέας (inverter) είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη. Είναι δυνατόν να υπάρχει ως αυτόνομη ηλεκτρονική συσκευή, ή ως βαθμίδα άλλης ηλεκτρονικής συσκευής. Ως αυτόνομη συσκευή, χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων, και όπου αλλού χρειάζεται να μετατρέψουμε συνεχή τάση 12 V ή 24 V (συνηθέστερες τιμές), σε εναλλασσόμενη 220 V. Ως τελική βαθμίδα, υπάρχει στα UPS (συστήματα αδιάλειπτης παροχής ισχύος).

Η κυριότερη διάκριση τους, όσον αφορά τη χρήση τους σε εγκαταστάσεις Φ/Β είναι σε αναστροφείς "διασυνδεδεμένων συστημάτων" και "αυτόνομων συστημάτων".

Όσον αφορά την τεχνολογία κατασκευής αναστροφών "αυτόνομων συστημάτων", η κυριότερη διάκριση είναι ανάμεσα σε αναστροφείς "καθαρού ημιτόνου" και "τροποποιημένου ημιτόνου". Οι μετατροπείς καθαρού ημιτόνου έχουν υψηλότερο κόστος αλλά επιτυγχάνουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης, είναι συμβατοί με όλες τις συσκευές και έχουν γενικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Όπως προαναφέρθηκε η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα Φ/Β πλαίσιο είναι σε μορφή συνεχής τάσης (D.C) και η μετατροπή της συνεχής τάσης σε εναλλασσόμενη (A.C), που απαιτείται, και από πολλές κοινές συσκευές και από τη σύνδεση του δικτύου, επιτυγχάνεται με τον μετατροπέα. Η αποδοτικότητα των μετατροπέων είναι γενικά μεγαλύτερη από 90%, ενώ όταν λειτουργεί πάνω από το 10% της εκτιμημένης εξόδου του, μπορεί να φτάσει ως και το 96%. Οι μετατροπείς συνδέονται άμεσα με το πλαίσιο ενσωματώνοντας έναν μέγιστο ιχνηλάτη σημείου ισχύος (Maximum Power Point Tracker-MPPT), ο οποίος ρυθμίζει συνεχώς τη σύνθετη αντίσταση φορτίων, έτσι ώστε ο μετατροπέας να εξαγάγει πάντα τη μέγιστη ισχύ από το Φ/Β σύστημα. Οι μετατροπείς ανήκουν στις δύο-βασικές κατηγορίες: αυτόματου μετατροπέα και σε μετατροπέα γραμμής συγχρονισμού. Ο πρώτος μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα, ενεργοποιημένος απλώς από την πηγή ισχύος εισόδου, οι συγχρονισμένοι μετατροπείς προκαλούνται άμεσα από το σύστημα. Βοήθημα απαιτείται όταν ο μετατροπέας που είναι συνδεδεμένος με σύστημα πρέπει να περιέχει κατάλληλο έλεγχο και προστασία για να εξασφαλίζεται ότι το Φ/Β σύστημα

είναι εγκατεστημένο ασφαλές και για να μην υπάρχουν επιπτώσεις ενάντια στην ποιότητα ισχύος. Παραδοσιακά, ένας μετατροπέας χρησιμοποιούταν για μια ολόκληρη Φ/Β διάταξη. Τώρα οι χωριστοί μετατροπείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συνδέσουν κάθε "σειρά" των πλαισίων ή ακόμα και να επικολληθούν στην πλάτη των μεμονωμένων πλαισίων ("πλαίσια εναλλασσόμενου ρεύματος"). Οι σειρές των μετατροπέων και τα πλαίσια εναλλασσόμενου ρεύματος είναι πιθανό να χρησιμοποιηθούν όλο και περισσότερο στην αγορά ενσωματωμένων Φ/Β συστημάτων σε κτίρια επειδή επιτρέπουν την εύκολη επέκταση του συστήματος, την ανεξάρτητη λειτουργία και την ευκολότερη εγκατάσταση.

Διάκριση μετατροπέων :

α. Τριφασικοί Μετατροπείς : Οι τριφασικοί μετατροπείς (Εικ.5.8) χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μέσης και υψηλής ισχύος. Σκοπός τους είναι να παρέχουν μια τριφασική πηγή τάσης ή έντασης, όπου το πλάτος, η φάση και η συχνότητα να είναι ανά πάσα στιγμή ελεγχόμενα.

β. Μονοφασικοί Μετατροπείς : Οι μονοφασικοί μετατροπείς (Εικ.5.9) χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την τοπολογία τους σε αντιστροφείς ημιγέφυρας και πλήρους γέφυρας. Οι πρώτοι υστερούν σαφώς για αυτό και σε εφαρμογές ΑΠΕ χρησιμοποιούνται οι αντιστροφείς πλήρους γέφυρας.



Εικόνα 5.8: Τριφασικός μετατροπέας του οίκου Fronius



Εικόνα 5.9 : Μονοφασικός μετατροπέας του οίκου Fronius

Τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή του μετατροπέα είναι :

1. DC τάση εισόδου

2. Τάση MPP
3. DC ρεύμα εισόδου
4. AC τάση και συχνότητα
5. Ονομαστική και μέγιστη ισχύς
6. Βαθμός απόδοσης
7. Συστήματα προστασίας
8. Προστασία έναντι της νησιδοποίησης

5.4 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ(ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ)

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα απαιτούν την αποθήκευση της ενέργειας ώστε να έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν και σε περιόδους με καθόλου ή λίγη ηλιακή ακτινοβολία, όπως κατά τη διάρκεια της νύχτας ή κατά τη διάρκεια συννεφιάς. Η πιο βολική λύση για αποθήκευση ενέργειας σε ένα φ/β σύστημα είναι ο κλασικός ηλεκτροχημικός συσσωρευτής (μπαταρία), ειδικά αφού παράγεται συνεχές ρεύμα και έτσι επιτρέπεται η απευθείας σύνδεση μεταξύ ηλιακών κυψελών και μπαταρίας χωρίς να χρειάζεται μετατροπή.

Η μπαταρία είναι μια συσκευή η οποία αποθηκεύει ενέργεια μέσω χημικών αντιδράσεων και στη συνέχεια αποδεσμεύει σε μορφή ηλεκτρισμού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ηλεκτροχημικές διατάξεις όπως η γαλβανική . Η ανακάλυψη των μπαταριών ξεκίνησε με την κατασκευή της Βολταϊκής στήλης από τον Alessandro Volta. Υπάρχουν όμως υποψείες , ότι κάποια αντικείμενα, που χρονολογούνται γύρω στο 600μ.χ.,είναι γνωστά σαν Μπαταρίες της Βαγδάτης.

Ο συσσωρευτής αποτελείται από δοχείο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό (εβονίτη, πλαστικό, γυαλί) με ηλεκτρολύτη (οξύ ή αλκάλιο), στο οποίο υπάρχουν τα ηλεκτρόδια. Η σύνδεσή και η συγκεκριμένη διάταξη των ηλεκτωδίων στηλών, προκαλεί τη διέλευση ρεύματος σε ένα κύκλωμα.

Η μπαταρία ή αλλιώς ηλεκτρικός συσσωρευτής φορτίζεται όταν περάσει συνεχές ρεύμα από άλλη πηγή ρεύματος , όπου ταυτόχρονα γίνονται αντίστροφες χημικές αντιδράσεις, με τις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται.Οι μπαταρίες χωρίζονται σε κατηγορίες:

1. Από τη χωρητικότητα. Την ποσότητα του ηλεκτρισμού που αποθηκεύεται και που μπορεί η μπαταρία να διοχετεύσει σε αμπέρ για 1 ώρα.
2. Από τη μέση τάση σε Volt κατά το χρόνο της φόρτισης και εκφόρτισης,
3. Από την ειδική ενέργεια κατά βάρος και όγκο, δηλ. την ενέργεια σε βατώρια που παρέχεται κατά την εκφόρτιση από 1 kgf βάρους ή 1 δεκατόμετρο του όγκου του ηλεκτρικού συσσωρευτή,
4. Από την απόδοση κατά χωρητικότητα, δηλ. το λόγο της ποσότητας των αμπερωρίων που αποδίδεται κατά την εκφόρτιση προς την ποσότητα των αμπερωρίων που απορροφάται κατά τη φόρτιση,
5. Από την απόδοση κατά ενέργεια (ή βαθμό απόδοσης), δηλ. το λόγο της ενέργειας που αποδίδεται κατά την εκφόρτιση προς την ενέργεια που απορροφάται κατά τη φόρτιση.

Ευρεία χρήση έχουν (κυρίως σε μόνιμες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις) οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές μόλυβδου - οξέος, στους οποίους σαν ηλεκτρολύτη χρησιμοποιείται διάλυμα θειικού οξέος με πυκνότητα 1,18-1,29 gr/cm³ και σαν ηλεκτρολύτες διοξειδίου του μόλυβδου PbO₂ και σπογγώδης μόλυβδος. Κατά την εκφόρτιση γίνεται η αντίδραση: PbO₂ + Pb + 2H₂SO₄ -> 2PbSO₄ + 2H₂O, ενώ η

τάση και η πυκνότητα του ηλεκτρολύτη ελαττώνονται. Οι μέσες τάσεις είναι: κατά την εκφόρτιση 1,98 V και κατά τη φόρτιση 2,4 V. Σαν φορητοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές, χρησιμοποιούνται συχνό οι αλκαλικοί συσσωρευτές, που έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Αυτοί δεν έχουν κατά τη λειτουργία επιζήμιες εξατμίσεις και είναι απλούστεροι στη χρησιμοποίησή τους από τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές οξέος. ελίου, στους οποίους σαν ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα καυστικού καλίου, σαν θετικό ηλεκτρόδιο οξειδία νικελίου σε μείγμα με γραφίτη και σαν αρνητικό ηλεκτρόδιο ρινίσματα σιδήρου ή καδμίου σε μείγμα με σπογγώδη σίδηρο. Οι μέσες τάσεις φόρτισης είναι αντίστοιχα: 1,74 V και 1,65 V. Στα αεροπλάνα χρησιμοποιούνται πολύ οι αλκαλικοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές αργυροψευδάργυρου και άργυρο-καδμίου. Τα πλεονεκτήματά τους είναι η μεγάλη ειδική ενέργεια και η ικανότητα να λειτουργούν σε ερμητικά κιβώτια και σε ύψος (με χαμηλή θερμοκρασία και πίεση). Το μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν κόστος 4-10 φορές μεγαλύτερο από τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές μολυβδο-οξέος. Οι αλκαλικοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές χρησιμοποιούνται επίσης, σε όργανα βαρηκοΐας κ.α. Για τη λήψη μεγάλων τάσεων και ρευμάτων οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές συνδέονται σε συστοιχίες.

. Στα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται μπαταρίες τύπου jel βαθειάς εκφόρτισης, οι οποίες έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, αντέχουν στην κακομεταχείριση(γρήγορη φόρτιση-αποφόρτιση, απότομες διακυμάνσεις, πολλαπλοί κύκλοι φόρτισης αποφόρτισης). Γενικά αποδίδουν καλύτερα σε φωτοβολταϊκά συστήματα.

Οι μπαταρίες έχουν πλέον γίνει απαραίτητες αφού χρησιμοποιούνται πάντα, για να τροφοδοτήσουν οποιαδήποτε φορητή ηλεκτρική συσκευή με ηλεκτρικό ρεύμα, είτε αυτόνομα είτε σε συνδιασμό με άλλες συσκευές όπως μετατροπείς τάσης (inverter). Ο τύπος μπαταρίας ποικίλει ανάλογα με το σύστημα-κύκλωμα που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε.

5.4.1 Τύποι μπαταριών φ/β συστημάτων

Νικελίου-Καδμίου Ni-Cd

Οι μπαταρίες νικελίου–καδμίου στην φορτισμένη κατάσταση έχουν θετικά ηλεκτρόδια με NiOOH σαν ενεργό υλικό, αρνητικά ηλεκτρόδια με κάδμιο σαν ενεργό υλικό και για ηλεκτρολύτη υδροξείδιο του καλίου σε νερό. Στα φ/β συστήματα οι μπαταρίες νικελίου–καδμίου συνήθως επιλέγονται μόνο όταν η λειτουργία του συστήματος θα γίνεται σε πολύ χαμηλές (υπό το μηδέν) ή σε πολύ υψηλές (πάνω από 40οC) θερμοκρασίες,όπου οι μπαταρίες μολύβδου– ασβεστίου έχουν πρόβλημα και η διάρκεια ζωής τους μειώνεται σημαντικά.Οι μπαταρίες νικελίου – καδμίου είναι περίπου 3-4 φορές ακριβότερες ανά KWh από τις αντίστοιχες μολύβδου – ασβεστίου.

Θετικός πόλος απο ενώσεις Νικελίου. Αρνητικός πόλος απο κάδμιο.Ηλεκτρολύτης απο διάλυμα καλίου. Είναι οικονομικοί με μεσαία χωρητικότητα, κατάλληλοι για χρήση ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Πλεονεκτήματα

1. Γρήγορη φόρτιση
2. Αντέχει πάνω απο 1000 κύκλους φόρτισης-αποφόρτισης
3. Καλή απόδοση και ποσοστό φόρτισης σε χαμηλές θερμοκρασίες
4. Είναι απο τις πιο ανθεκτικές μπαταρίες και "συγχωρούν" κακομεταχείριση
5. Μεγάλη ολική διάρκεια ζωής και αποθήκευσης
6. Χαμηλή τιμή

Μειονεκτήματα

1. Φαινόμενο μνήμης (πρόληψη αν περιοδικά αποφορτίζουμε-φορτίζουμε)

2. Τοξικά χημικά -μη φιλικές προς το περιβάλλον- ανακυκλώσιμη παρόλα αυτά
3. Γρήγορη σχετικά αποφόρτιση όταν είναι αποθηκευμένη και μη χρησιμοποιούμενη

Μπαταρίες μολύβδου – ασβεστίου

Οι μπαταρίες μολύβδου–ασβεστίου(Εικ.5.10) αποτελούνται από δυο ηλεκτρόδια και τον ηλεκτρολύτη. Το θετικό ηλεκτρόδιο αποτελείται από διοξείδιο του μολύβδου (PbO_2), ενώ το αρνητικό ηλεκτρόδιο είναι μεταλλικός μόλυβδος Pb. Κατά την εκφόρτιση το διοξείδιο του μολύβδου στην άνοδο μεταπίπτει σε θειικό μόλυβδο, και ο μόλυβδος στην κάθοδο μεταπίπτει επίσης σε θειικό μόλυβδο. Ο ηλεκτρολύτης είναι θειικό οξύ διαλυμένο σε νερό ή σε μορφή ζελέ.



Εικόνα 5.10: Σωληνωτοί συσσωρευτές μολύβδου

5.5 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μια ηλεκτρονική συσκευή αναλογική ή ψηφιακή, που φροντίζει για τη σωστή φόρτιση των συσσωρευτών.

Ελέγχει τη διαδικασία φόρτισης και σταματά τη φόρτιση όταν διαπιστώσει ότι η μπαταρία έχει φορτιστεί πλήρως. Αλλιώς θα υπήρχε ο σοβαρός κίνδυνος καταστροφής της μπαταρίας.

Επειδή οι μπαταρίες έχουν την τάση να αποφορτίζονται σταδιακά ακόμα και όταν δεν τροφοδοτούν με ρεύμα κάποια συσκευή, ο ρυθμιστής φόρτισης φροντίζει αυτόματα να ξαναρχίσει η διαδικασία φόρτισης της μπαταρίας όταν διαπιστώσει ότι η τάση της μπαταρίας έχει πέσει κάτω από το επίπεδο φόρτισης.

Αρκετοί ρυθμιστές φόρτισης έχουν ακροδέκτες στους οποίους συνδέουμε τις ηλεκτρικές συσκευές που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε από τη μπαταρία. Έτσι, έχουν την δυνατότητα να διακόψουν τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών όταν διαπιστώσουν ότι η μπαταρία κοντεύει να αδειάσει πλήρως, προστατεύοντάς την πάλι με αυτό τον τρόπο από πλήρη αποφόρτιση που θα οδηγούσε στην καταστροφή της.

5.5.1 Επιλογή του κατάλληλου ρυθμιστή φόρτισης

Το μέγεθος του ρυθμιστή φόρτισης(Εικ.5.11) εξαρτάται από το μέγεθος των φωτοβολταϊκών που θα συνδέουμε πάνω του. Πρέπει να υπερκαλύπτει την συνολική ένταση σε Ampere των φωτοβολταϊκών. Αν, για παράδειγμα, η ονομαστική ένταση σε

Αμπερε των φωτοβολταικων είναι 10Α, τότε πρέπει να επιλέξουμε ένα ρυθμιστή φόρτισης 12Α.

Επίσης, πρέπει να είναι κατάλληλος και για την τάση του φωτοβολταικού συστήματος. Αν τα φωτοβολταικα βγάζουν συνολική τάση 12V, επιλέγουμε ρυθμιστή για φωτοβολταικα 12 V. Αν τα φωτοβολταικα μας βγάζουν συνολική τάση 24 Volt, επιλέγουμε ρυθμιστή για φωτοβολταικά 24V.

Καλό είναι να προβλέπουμε και για το μέλλον. Αν έχουμε σκοπό να επεκτείνουμε το φωτοβολταικό μας σύστημα με περισσότερα φωτοβολταικά πάνελ, τότε καλό είναι να επιλέξουμε ένα μεγαλύτερο ρυθμιστή φόρτισης για να καλύπτει και τις μελλοντικές μας ανάγκες.



Εικόνα 5.11: Ρυθμιστής φόρτισης

5.6 ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ

Σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να διασφαλιστεί η εναρμόνιση της εγκατάστασης με το ηλεκτρολογικό σχέδιο που έχει εκπονηθεί, το οποίο είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις της Δ.Ε.Η. Όσον αφορά την γενικότερη καλή εικόνα του έργου μια καλή διαχείριση έργου θα έχει φροντίσει ώστε να υπάρχουν τακτοποιημένες καλωδιώσεις.

5.6.1 Πλευρά Σ.Ρ.

Στην πλευρά της Φ/Β συστοιχίας ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της εγκατάστασης καλωδίωσης θα πρέπει να εξασφαλίζει προστασία ισοδύναμη με μόνωση Class II(Εικ.5.12).

Η καλωδίωση περιλαμβάνει τις συνδέσεις μεταξύ των Φ/Β πλαισίων, τις συνδέσεις από τα άκρα κάθε εν σειρά κλάδου μέχρι το κουτί παραλληλισμού, αν χρησιμοποιείται και τις συνδέσεις από τα άκρα της Φ/Β συστοιχίας, π.χ. στο κουτί παραλληλισμού, μέχρι τον αντιστροφέα.



Εικόνα 5.12 :Καλώδια με μόνωση class II

Όλα τα καλώδια τα οποία είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία (αποκλείοντας έτσι τα κοινά καλώδια με μόνωση από PVC).

Τα καλώδια τα οποία χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις των πλαισίων θα πρέπει να έχουν μόνωση ανθεκτική τουλάχιστον έως 70oC ή και περισσότερο αν δεν υπάρχει ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα.

Η επιλογή του κατάλληλου είδους καλωδίου είναι σημαντική για την ασφάλεια και τη διάρκεια της εγκατάστασης όπως και την ικανοποίηση της απαίτησης για μόνωσης ισοδύναμης με κλάση II.

Για τις συνδέσεις μεταξύ των πλαισίων χρησιμοποιούνται συνήθως εύκαμπτα μονοπολικά καλώδια με ενισχυμένη μόνωση, με τις ανωτέρω τουλάχιστον απαιτήσεις. Ο συνδυασμός αυτός των απαιτήσεων είναι δύσκολο να ικανοποιηθεί από κοινά τυποποιημένα καλώδια και απαιτεί τη χρήση ειδικών μειγμάτων πλαστικών για μόνωση.

Τα καλώδια μπορούν να είναι εναέρια, αλλά πρέπει να παρέχεται στήριξη, ώστε να μην καταπονούνται οι συνδέσεις. Η στήριξη γίνεται με υλικά ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία, την υγρασία, την υψηλή θερμοκρασία και τη διάβρωση.

Τα Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να διαθέτουν διόδους παράκαμψης (bypass diodes), για ελάττωση των συνεπειών σκίασης. Για τις συνδέσεις των καλωδίων μεταξύ τους συνιστάται να χρησιμοποιούνται οι κατάλληλοι ειδικοί σύνδεσμοι ταχείας σύνδεσης. Τα προεγκατεστημένα καλώδια των Φ/Β πλαισίων δε θα πρέπει να αφαιρούνται και να αντικαθίστανται από καλώδια άλλης διατομής ή τύπου. Η όδευση των καλωδίων από το κουτί παραλληλισμού μέχρι τον αντιστροφέα θα πρέπει να εξασφαλίζει προστασία ισοδύναμη με Class II. Τα καλώδια θα πρέπει να είναι μονοπολικά, με διπλή ή ενισχυμένη μόνωση. Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να τοποθετούνται σε διαφορετικά κανάλια.

Στα κιβώτια διασύνδεσης πρέπει να χρησιμοποιούνται διαφορετικές περιοχές με μονωτικό διαχωριστικό για τη σύνδεση των αρνητικών και θετικών αγωγών.

Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιούνται ξεχωριστά κουτιά σύνδεσης για τους θετικούς και τους αρνητικούς αγωγούς.

Τα κιβώτια που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι μονωτικά και να ανοίγουν με ειδικό κλειδί ή εργαλείο

Η διατομή του καλωδίου καθορίζεται από το μέγιστο αναμενόμενο ρεύμα σε ένα κλάδο όπως υπολογίζεται βάσει της Παραγράφου «Σχεδίαση Συστήματος». Θα

πρέπει να ληφθεί υπόψη τουλάχιστον η διόρθωση λόγω θερμοκρασίας, η οποία για τα καλώδια πλησίον των Φ/Β πλαισίων μπορεί να φθάσει τους 70°C.

Σημειώνεται ότι στους 70°C ο διορθωτικός συντελεστής για καλώδια με μόνωση ανθεκτική ως τους 90°C είναι 0.58. Δηλαδή στην περίπτωση αυτή η διατομή του καλωδίου θα πρέπει να διαστασιολογηθεί με βάση τη τιμή του μέγιστου αναμενόμενου ρεύματος πολλαπλασιασμένη επί 1.72 ($=1/0.58$), για να μην υπερβούν τα όρια αντοχής της μόνωσης.

Ένα άλλο κριτήριο που εξετάζεται για τη διαστασιολόγηση των καλωδίων είναι αυτό της απώλειας ισχύος. Συνήθως θεωρείται ότι η απώλεια ισχύος στο συνολικό μήκος των Σ.Ρ. καλωδίων υπό ονομαστικές τιμές λειτουργίας δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% της ονομαστικής ισχύος του Φ/Β συστήματος. Το κριτήριο αυτό συνήθως οδηγεί σε επιλογή μεγαλύτερης διατομής.

Στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να εγκαθίσταται διακόπτης (όταν αυτός δεν εμπεριέχεται στον αντιστροφέα) ο οποίος θα απομονώνει τον αντιστροφέα από τη Φ/Β συστοιχία. Ο διακόπτης θα πρέπει να έχει την ικανότητα να απομονώνει τον αντιστροφέα υπό φορτίο (συνεπώς οι ταχυσύνδεσμοι δεν καλύπτουν την απαίτηση αυτή σαν μέσο απομόνωσης). Ο διακόπτης πρέπει να είναι σχεδιασμένος για συνεχές ρεύμα και να απομονώνει και τους δύο πόλους (αγειώτο σύστημα).

5.6.2 Πλευρά E.P.

Στην πλευρά E.P. γενικά θα πρέπει να ακολουθούνται οι συνήθεις πρακτικές που απορρέουν από τον HD384.

Η έξοδος του αντιστροφέα συνδέεται σε ξεχωριστό ηλεκτρικό πίνακα, όπου εγκαθίστανται τα μέσα προστασίας και χειρισμού. Η τροφοδοσία του ηλεκτρικού πίνακα θα πρέπει να προέρχεται κατευθείαν από την παροχή που έχει προμηθεύσει ο Διαχειριστής του Δικτύου στο κτήριο.

Οι ηλεκτρονικοί αντιστροφείς θα πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα απομόνωσης της εξόδου τους από το δίκτυο E.P.

Η εγκατάσταση ρελαί διαφυγής στην έξοδο του αντιστροφέα (πλευρά EP) πραγματοποιείται με βάση τις απαιτήσεις του προτύπου HD384. Ειδικότερα, στην περίπτωση που ο αντιστροφέας δεν εμπεριέχει γαλβανική απομόνωση ή εμπεριέχει υψίσυχνο M/Σ, θα πρέπει να παρέχεται προστασία μέσω ρελαί διαφυγής τύπου B (σύμφωνα με το πρότυπο IEC 364-7-712). Ο επιλεγμένος αντιστροφέας καλό είναι να διαθέτει αυτή τη δυνατότητα χωρίς να είναι απαραίτητη η εγκατάσταση επιπλέον ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Οι αντιστροφείς που υπάγονται σε αυτές τις κατηγορίες μπορεί να φέρουν πιστοποιητικό μετρήσεων για τη μη έγχυση Σ.Ρ, οπότε μπορεί να εγκατασταθεί ρελαί διαφυγής τύπου A. Για την επιλογή του ρεύματος $I_{\Delta n}$, εκτός από τις απαιτήσεις της οδηγίας HD384, λαμβάνεται υπόψη ότι σε Φ/Β εγκαταστάσεις με αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή υπάρχει ρεύμα διαρροής στην κανονική λειτουργία του συστήματος, η τιμή του οποίου δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια (εξαρτάται από τον τύπο των πλαισίων, του αντιστροφέα και τις καιρικές συνθήκες). Στις περιπτώσεις αυτές, η εγκατάσταση ρελαί διαφυγής με ρεύμα διέγερσης 30 mA μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες διακοπές στη λειτουργία του Φ/Β συστήματος. Είναι λοιπόν σκόπιμο, ο μελετητής να ακολουθήσει τις οδηγίες του κατασκευαστή του αντιστροφέα για την επιλογή του κατάλληλου ρελέ διαφυγής.

5.7 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις τόσο λόγω της θέσης τους (στις στέγες των σπιτιών, στις προσόψεις των κτιρίων ή σαν ανεξάρτητες μονάδες) καθώς επίσης και εξαιτίας της μεγάλης έκτασης που αυτές καλύπτουν είναι περισσότερο ευάλωτες στα άμεσα κεραύνια πλήγματα και στις εισερχόμενες υπερτάσεις από τις συμβατικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για το λόγο αυτό και η μελέτη της αντικεραυνικής προστασίας στις εγκαταστάσεις αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Οι ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις των κεραυνών σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες. Οι βλάβες χωρίζονται στους τρεις παρακάτω τύπους. Τραυματισμός ζωντανών οργανισμών, υλική βλάβη και σφάλματα στα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα.

Όσον αφορά στην προέλευση τους οι βλάβες εξαιτίας κεραυνίου πλήγματος μπορούν να χωριστούν στις ακόλουθες κατηγορίες: πλήγμα μέσα στη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, πλήγμα κοντά στη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, πλήγμα στις υπηρεσίες που συνδέονται στην εγκατάσταση και πλήγμα στις κοντινές υπηρεσίες που συνδέονται στη Φ/Β εγκατάσταση.

Όλα τα σφάλματα στην DC πλευρά της εγκατάστασης (φωτοβολταϊκά πάνελ) πρέπει να εκκαθαρίζονται όσο το δυνατό γρηγορότερα. Οι υπερτάσεις λόγω πλήγματος κεραυνού επηρεάζουν με ποικίλους τρόπους την πλευρά αυτή. Κατά την ανάλυση των υπερτάσεων αυτών τα βασικά μοντέλα σύζευξης που εμφανίζονται είναι τα ακόλουθα:

1. Γαλβανική σύζευξη: άμεσο πλήγμα κεραυνού σε εκτεθειμένα αγωγίμα τμήματα του φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να προκαλέσει καταστροφή της μόνωσης του Φ/Β εξοπλισμού.
2. Επαγωγική σύζευξη: η ηλεκτρική εκκένωση προκαλεί ένα μαγνητικό πεδίο τόσο γύρω από το κανάλι της εκκένωσης όσο και από τους αγωγούς της εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας. Αυτή η αλλαγή του πεδίου προκαλεί υπερτάσεις σε όλους τους βρόχους των καλωδίων του συστήματος. Όχι μόνο τα άμεσα αλλά και τα έμμεσα πλήγματα στην εγκατάσταση επάγουν υπερτάσεις.
3. Χωρητική σύζευξη: Το ηλεκτρικό πεδίο ενός σύννεφου που προκαλεί καταιγίδα δημιουργεί ένα διαχωρισμό φορτίου στα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη και στους ημιαγωγούς της εγκατάστασης. Τη στιγμή της εκκένωσης το ηλεκτρικό πεδίο καταρρέει και μια νέα μεταφορά φορτίου εμφανίζεται. Το φορτίο διαρρέει όλους τους αγωγούς που συνδέονται με τη γη σαν μεταβατική υπέρταση.

Από τα ανωτέρω γίνεται φανερή η αναγκαιότητα της ύπαρξης και σωστής συντήρησης της αντικεραυνικής προστασίας σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

5.7.1 Το εξωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας

Αποτελείται από:

Το συλλεκτήριο σύστημα που σκοπό έχει να συλλέξει το κεραυνικό ρεύμα και να το διοχετεύσει μέσω των αγωγών καθόδου στο σύστημα γείωσης με ασφάλεια. Αποτελείται από ράβδους (ακίδες), τεταμένα σύρματα, πλέγμα αγωγών (βρόχοι), μεμονωμένα ή σε συνδυασμό.

Τους αγωγούς καθόδου που σκοπό έχουν να οδηγήσουν το κεραυνικό ρεύμα από το συλλεκτήριο, με ασφάλεια στο σύστημα γείωσης. Αποτελείται από αγωγούς διατεταγμένους συνήθως περιμετρικά της κατασκευής ορατούς ή μη.

Το σύστημα γείωσης που σκοπός του είναι να επιτευχθεί η διάχυση του κεραυνικού ρεύματος μέσα στη γη, με ασφάλεια χωρίς να δημιουργούνται επικίνδυνες υπερτάσεις. Αποτελείται από οριζόντια ή κατακόρυφα ηλεκτρόδια γείωσης, τοποθετημένα εντός του εδάφους ή εγκιβωτισμένα σε σκυρόδεμα.

5.7.2 Το εσωτερικό σύστημα

Αποτελείται από:

Τις ισοδυναμικές συνδέσεις

Ο σκοπός των ισοδυναμικών συνδέσεων είναι να μειώσουν τις διαφορές δυναμικού μεταξύ των μεταλλικών μερών του υπό αντικεραυνική προστασία χώρου και να μειώσουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που δημιουργείται κατά την άμεση ή έμμεση κεραυνοπληξία, εντός αυτού.

Τους απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων

Με τον όρο Κρουστικές Υπερτάσεις εννοούμε τις απότομες αυξήσεις της απόλυτης τιμής του δυναμικού, η διάρκεια των οποίων κυμαίνεται από μ seconds μέχρι κάποια m seconds. Η αύξηση της απόλυτης τιμής δυναμικού, κυμαίνεται από μερικά Volts, μέχρι χιλιάδες Volts.

Οι πηγές των Κρουστικών Υπερτάσεων μπορεί να είναι φυσικές, όπως :

- Κεραυνοί (LEMP).
- Αστραπές .
- Ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις (DSD) .

ή τεχνητές, όπως :

- Χειρισμοί διακοπών .
- Βραχυκυκλώματα (SEMP) κλπ.
- Αλλά και η έναυση των ημιαγωγικών στοιχείων όπως π.χ. των thyristors τα οποία με τη σειρά τους δημιουργούν αρμονικές οι οποίες καταπονούν τα διηλεκτρικά των ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών.

5.7.3 Απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων

Οι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων (Εικ.5.13) είναι συσκευές που σε ονομαστικές τάσεις του δικτύου ή σε μικρές υπερτάσεις αυτού, παρουσιάζουν εσωτερική αντίσταση σχεδόν άπειρη ενώ όταν η τιμή της τάσης του δικτύου υπερβεί κάποια τιμή, όπως συμβαίνει στην περίπτωση διέλευσης κρουστικής τάσης, τότε η εσωτερική αντίσταση μικραίνει ακαριαία και τείνει στο μηδέν, οδηγώντας την επικίνδυνη υπέρταση στη γείωση καθ' όλη την χρονική διάρκεια που εφαρμόζεται στο δίκτυο.

Μετά την παρέλευση του φαινομένου και επαναφορά της τάσης του δικτύου στα φυσιολογικά επίπεδα, ο απαγωγός ανακτά την αρχική του άπειρη αντίσταση προστατεύοντας την εγκατάσταση από το καταστροφικό κεραυνικό ρεύμα ενώ παράλληλα εξασφαλίζει την αδιάλειπτη λειτουργία της εγκατάστασης.

Τα βασικά χαρακτηριστικά για την επιλογή ενός απαγωγού Κρουστικών Υπερτάσεων είναι :

Up: Παραμένουσα τάση ή τάση διάσπασης που πρέπει να είναι χαμηλότερη από την στάθμη μόνωσης της συσκευής.

UN: Ονομαστική τάση συνεχούς λειτουργίας που πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τάση του δικτύου.

IN : Κρουστικό ονομαστικό ρεύμα διέλευσης.

Iimp ή **I_{max}**: Το μέγιστο κρουστικό ρεύμα διέλευσης που εξαρτάται από το αναμενόμενο κρουστικό ρεύμα διέλευσης στην θέση εγκατάστασης του Απαγωγού το οποίο υπολογίζεται με βάση το Διεθνές Πρότυπο IEC1312-1 και το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 1412.(Με το 1412 υπολογίζουμε την στάθμη και το αναμενόμενο κεραυνικό ρεύμα στην κατασκευή και με το 1312 την τιμή του ρεύματος που θα διαρρεύσει τους αγωγούς κλπ)



Εικόνα 5.13: Απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων(surge protector)

Επιλογή και τοποθέτηση των απαγωγών.

Οι απαγωγοί επιλέγονται σύμφωνα με το IEC 61312 λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχει καταμερισμός του κεραυνικού ρεύματος και ότι ένα μικρό ποσοστό αυτού τελικά οδεύει μέσα από καλωδιώσεις. Συγκεκριμένα σύμφωνα με το παραπάνω Πρότυπο το 50% του κεραυνικού ρεύματος οδεύει στη γείωση και το υπόλοιπο καταμερίζεται σε καλωδιώσεις και μεταλλικές σωληνώσεις που υπάρχουν. Η τοποθέτησή τους πρέπει να γίνεται όσο δυνατόν πλησιέστερα στην υπό προστασία συσκευή. Η γείωση των απαγωγών που λαμβάνουν μέρος στην προστασία κάποιας συσκευής θα πρέπει να είναι κοινή. Η καλωδίωση της γείωσης θα πρέπει να ακολουθεί την συντομότερη διαδρομή και να είναι όσο το δυνατό πιο ευθύγραμμη από τον απαγωγό προς τη γείωση.

5.8 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Σε αντίθεση με τις περισσότερες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες, όπου η παραγωγή ηλεκτρισμού μπορεί να διακοπεί με τη βοήθεια ενός γενικού μέσου απόξευξης, τα Φ/Β πλαίσια παράγουν τάση στους ακροδέκτες τους μόλις εκτεθούν στο ηλιακό φως. Συνεπώς, η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος πραγματοποιείται συνήθως υπό συνθήκες τάσεως προς την πλευρά των πλαισίων.

Επίσης, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η μέγιστη τιμή του ρεύματος ενός Φ/Β πλαισίου είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από την τιμή του ονομαστικού ρεύματος του πλαισίου, τεκμαίρεται ότι η χρήση ασφαλειών δεν εγγυάται τη διακοπή του συστήματος σε περίπτωση σφάλματος (βραχυκύκλωμα πλαισίου). Αυτό συνεπάγεται ότι ένα σφάλμα βραχυκύκλωσης στην πλευρά του Σ.Ρ. μπορεί να εξακολουθεί να υφίσταται ανεξαρτήτως της χρήσης ασφαλειών.

Η καλή σχεδίαση και η σωστή επιλογή των υλικών καλωδίωσης είναι απαραίτητη για την ασφάλεια έναντι ηλεκτροπληξίας όχι μόνο του εγκαταστάτη αλλά και όλων των προσώπων που έρχονται σε επαφή με το σύστημα.

Επιπρόσθετα, η επιλογή καλωδίων κατάλληλης διατομής εγγυάται την αποφυγή πυρκαγιάς λόγω υπερθέρμανσης των καλωδίων σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.

Τα πλαίσια που θα επιλεγούν θα πρέπει να πληρούν, είτε τις τεχνικές προδιαγραφές του κανονισμού EN-IEC 61215 (Φ/Β κρυσταλλικού πυριτίου), είτε του κανονισμού EN-IEC 61646 (Φ/Β τεχνολογίας λεπτών υμενίων).

5.8.1 Μέτρα για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας

Κατά τη σύνδεση των Φ/Β πλαισίων, ο εγκαταστάτης έρχεται σε επαφή με τους ακροδέκτες των πλαισίων στους οποίους εμφανίζεται συνεχής τάση. Συνήθως η τιμή αυτή δεν υπερβαίνει τα όρια ασφαλείας συνεχούς επαφής, βάση του κανονισμού IEC 364-4-41. Οι ενδεικτικές τιμές των τάσεων των πλαισίων του εμπορίου κυμαίνονται μεταξύ 17 και 100V (ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των κελιών). Παρά ταύτα, οι ηλεκτρονικοί αντιστροφείς που χρησιμοποιούνται στα Φ/Β συστήματα συνήθως απαιτούν την εν σειρά σύνδεση περισσοτέρων των δύο πλαισίων, με αποτέλεσμα η τάση της στοιχειοσειράς να υπερβαίνει συχνά τα όρια ασφαλείας. Η τάση της στοιχειοσειράς είναι το γινόμενο του αριθμού των εν σειρά πλαισίων επί τη μέγιστη τάση του ενός.

Συνεπώς, η εγκατάσταση του συστήματος πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό και σύμφωνα με τα ακόλουθα μέτρα:

- **Προτεινόμενη μεθοδολογία εγκατάστασης:**

Σημαντικό μέρος της καλωδίωσης μπορεί να γίνει πριν την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων. Ενδεικτικά, πρώτα τοποθετούμε το γενικό μέσο απόζευξης της πλευράς Σ.Ρ. και τα κιβώτια συνδέσεων. Στη συνέχεια συνδέουμε το θετικό και αρνητικό πόλο της όλης συστοιχίας με το γενικό μέσο απόζευξης χωρίς να έχουμε υλοποιήσει τις ενδιάμεσες συνδέσεις 37 των πλαισίων. Κατόπιν ακολουθεί η εν σειρά σύνδεση των πλαισίων της στοιχειοσειράς, ενώ τέλος το γενικό μέσο απόζευξης συνδέεται στην είσοδο του ηλεκτρονικού αντιστροφέα. Η προτεινόμενη μεθοδολογία αποσκοπεί στην αποφυγή επικίνδυνων τάσεων κατά την εγκατάσταση.

- **Εγκατάσταση με μηδενική ηλιοφάνεια:**

Για την αποφυγή εμφάνισης υψηλών τάσεων η εγκατάσταση του συστήματος μπορεί να γίνει είτε καλύπτοντας πλήρως τα πλαίσια είτε κατά τις νυχτερινές ώρες όπου αυτό είναι δυνατό. Επίσης συνιστάται η χρήση ειδικών γαντιών και μονωμένων εργαλείων.

- **Προειδοποιητική σήμανση:**

Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να χρησιμοποιείται ειδική σήμανση που να προειδοποιεί για τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

- **Επιλογή μόνωσης καλωδίων και κιβωτίων σύνδεσης:**

Η χρήση καλωδίων και κιβωτίων σύνδεσης διπλής μόνωσης ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Για το λόγο αυτό συνιστάται η χρήση υλικών και πλαισίων κλάσης II (Class II construction). Επειδή η κλάση των υλικών και των πλαισίων μπορεί να μην είναι εμφανής, ο εγκαταστάτης οφείλει να την επιβεβαιώνει επικοινωνώντας με τον κατασκευαστή.

- **Επιλογή Φ/Β πλαισίων με προεγκατεστημένο σύστημα σύνδεσης:**

Τα Φ/Β πλαίσια που διαθέτουν μονωμένους ακροδέκτες σύνδεσης ελαχιστοποιούν την πιθανότητα έκθεσης του εγκαταστάτη σε επικίνδυνες τιμές τάσης. Η επιλογή αυτή

είναι απαραίτητη στην περίπτωση που η εγκατάσταση γίνεται από μη εξειδικευμένο προσωπικό.

• **Αποφυγή γείωσης της πλευράς Σ.Ρ. κατά την εγκατάσταση:**

Ένα σύστημα στο οποίο κανένας από τους δύο πόλους δεν είναι γειωμένος εγκυμονεί λιγότερους κινδύνους (συγκριτικά με ένα γειωμένο σύστημα) επειδή ελαχιστοποιείται ο αριθμός πιθανών διαδρομών για το ρεύμα ηλεκτροπληξίας. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι σε ένα σύστημα με γειωμένο τον αρνητικό πόλο ο εγκαταστάτης έρθει σε επαφή με οποιοδήποτε σημείο της στοιχειοσειράς - και βρίσκεται σε επαφή με τη γη - δημιουργείται δρόμος ρεύματος μέσω αυτού και της γης. Σε αυτή την περίπτωση η τάση στην οποία θα εκτεθεί ο εγκαταστάτης ισούται με το άθροισμα των τάσεων των εν σειρά συνδεδεμένων πλαισίων μεταξύ του σημείου επαφής και του αρνητικού πόλου της στοιχειοσειράς.

5.9 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Για να κυκλοφορήσει ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο στην ευρωπαϊκή αγορά πρέπει να πληροί κάποιες προδιαγραφές ανάλογα με την τεχνολογία του. Συγκεκριμένα, τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές CEC 503 ή EN 61215 ή IEC 61215 ή ισοδύναμες, ενώ τα thin-film την προδιαγραφή IEC 61646 ή ισοδύναμες. Αντιστοίχως, οι αντιστροφείς πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές του προτύπου DIN EN 60529. Καλό είναι το προϊόν να φέρει το σήμα που φαίνεται στη εικόνα 5.14.



Εικόνα 5.14: Σήμα πιστοποίησης προδιαγραφών

Μεταξύ των άλλων, οι προδιαγραφές αυτές προβλέπουν μια σειρά από τεστ που εγγυώνται την αντοχή και καλή λειτουργία των πλαισίων. Τα τεστ αυτά περιλαμβάνουν δοκιμές σε εξειδικευμένα εργαστήρια για αντοχή των πλαισίων σε ακραίες συνθήκες, υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, υψηλή υγρασία, χαλαζόπτωση, πιέσεις, ελκυσμούς και ταλαντώσεις. Για παράδειγμα, το τεστ αντοχής σε χαλαζόπτωση περιλαμβάνει 'βομβαρδισμό' του πλαισίου με κομμάτια πάγου διαμέτρου 2,5 εκατοστών και με ταχύτητα 23 m/s υπό 11 διαφορετικές γωνίες πρόσκρουσης. Αν το πλαίσιο δεν περάσει τα τεστ, το προϊόν αυτό δεν παίρνει πιστοποίηση και δεν πρόκειται να έχει εμπορικό μέλλον.

6. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

6.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ

Από τον Ιούλιο του 2009 ισχύει στην Ελλάδα το επιδοτούμενο πρόγραμμα οικιακών φωτοβολταϊκών σε στέγες το οποίο απευθύνεται σε ιδιώτες και πολύ μικρές επιχειρήσεις.

Η επιδότηση δίδεται με την μορφή ενίσχυσης αγοράς της παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα και έχει σκοπό τη γρήγορη απόσβεση του συστήματος και την εξασφάλιση ενός σταθερού μηνιαίου εισοδήματος για τον καταναλωτή ως επιβράβευση για την παραγωγή και διάθεση πράσινης ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας.

Ορισμένες βασικές πληροφορίες για το πρόγραμμα:

1. Αφορά ιδιώτες και πολύ μικρές επιχειρήσεις και για εγκαταστάσεις έως 10Kw
2. Το πρόγραμμα ισχύει προς το παρόν για όλη την Ηπειρωτική Ελλάδα και τα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο νησιά (Ευβοία, Αργοσαρωνικός, Ιόνιο ,Σποράδες).Από τις αρχές του 2011 θα επεκταθεί και στα υπόλοιπα νησιά.
3. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα τοποθετούνται σε ταράτσες,στέγες ή στέγαστρα βεραντών των κτιρίων καθώς και σε προσόψεις κτιρίων ,σκίαστρα και βοηθητικούς χώρους κτιρίων (αποθήκες-χώροι στάθμευσης).
4. Η ενέργεια που παράγεται πωλείται στην ΔΕΗ σε συγκεκριμένη τιμή για 25 χρόνια.
5. Τα έσοδα από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας είναι αφορολόγητα.
6. Δεν χρειάζονται άδειες και άλλες πολύπλοκες γραφειοκρατικές διαδικασίες.
7. Η απόσβεση επιτυγχάνεται σε 5,5-7,5 χρόνια και τα υπόλοιπα 17,5-19,5 χρόνια είναι καθαρό κέρδος.

6.1.1 Προϋποθέσεις ένταξης στο πρόγραμμα

Τρεις είναι οι προϋποθέσεις ένταξης στο πρόγραμμα

- 1.Ο ιδιοκτήτης να έχει μετρητή της ΔΕΗ στο όνομά του(ή στον κοινόχρηστο λογαριασμό της πολυκατοικίας αν επιλεγεί η συλλογική εγκατάσταση).
2. Αν είναι οικιακός καταναλωτής, να καλύπτει μέρος των αναγκών του σε ζεστό νερό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας(π.χ. ηλιακό θερμοσίφωνα,βιομάζα, γεωθερμική αντλία θερμότητας).
3. Αν είναι ιδιοκτήτης επιχείρησης, να μην έχει πάρει κάποια άλλη επιδότηση για το φωτοβολταϊκό από εθνικά ή κοινοτικά προγράμματα.

6.1.2 Διαδικασία εγκατάστασης σε στέγη

Βήμα 1

Ενημέρωση του ενδιαφερόμενου και έρευνα αγοράς για αναζήτηση τεχνικής εταιρείας που θα αναλάβει τη μελέτη και εγκατάσταση.

Βήμα 2

Εκπόνηση ηλεκτρολογικού σχεδίου, συμπλήρωση τεχνικών φυλλαδίων, αίτηση στη ΔΕΗ, εκπόνηση τεχνικής μελέτης. Το κόστος ανέρχεται από 500 έως 1000 € ανάλογα με την τεχνική εταιρεία

Βήμα3

Κατάθεση αίτησης για προσφορά σύνδεσης στην τοπική υπηρεσία δικτύου της ΔΕΗ. Η υπηρεσία πρέπει να απαντήσει μέσα σε 20 μέρες

Βήμα4

Έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία. Οι όροι θα οριστούν με εγκύκλιο του ΥΠΕΧΩΔΕ, ωστόσο η έκδοση της έγκρισης θα πρέπει να γίνεται σε 5 μέρες

Βήμα 5

Εξασφάλιση δανειοδότησης(αν χρειαστεί)

Βήμα 6

Αίτηση σύμβασης σύνδεσης στην τοπική υπηρεσία δικτύου της ΔΕΗ και υλοποίηση των έργων σύνδεσης μέσα σε χρονικό διάστημα 20 ημερών. Ο ενδιαφερόμενος θα πρέπει να πληρώσει για τα έργα σύνδεσης ποσό από 300 έως 500 ευρώ. Πρόκειται στην ουσία για το κόστος εγκατάστασης νέου ρολογιού με διπλό μετρητή για την κατανάλωση και την παραγωγή.

Βήμα 7

Ολοκλήρωση εγκατάστασης εξοπλισμού από την τεχνική εταιρεία. Το κόστος ανά KW φτάνει μάξιμουμ τις 5000€, ωστόσο μετά από καλή έρευνα αγοράς μπορεί να είναι έως και 20% χαμηλότερο.

Βήμα 8

Υπογραφή σύμβασης πώλησης με την τοπική υπηρεσία εμπορίας της ΔΕΗ, η οποία γίνεται μέσα σε 15 μέρες

Βήμα 9

Ενεργοποίησης της σύνδεσης από την τοπική υπηρεσία δικτύου της ΔΕΗ, το πολύ σε 10 ημέρες. Δηλαδή απαιτούνται 9 βήματα, το κόστος των διαδικασιών κυμαίνεται στα 300 έως 500 € (έργο σύνδεσης), το κόστος της μελέτης από τα 500 έως τα 100€, ενώ το κόστος της εγκατάστασης από 4000 έως 5000€/KW.

6.1.3 Έντυπο αίτησης σύμβασης με τη ΔΕΗ



ΔΕΗ/Περιοχή

Ημερομηνία παραλαβής αίτησης:
(συμπληρώνεται από την Περιοχή ΔΕΗ)

Αίτηση για τη σύνδεση Φωτοβολταϊκού Συστήματος ισχύος ≤ 10 kWp στο Δίκτυο ΧΤ
(στο πλαίσιο του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων
σε κτιριακές εγκαταστάσεις)

Στοιχεία Κυρίου του Φωτοβολταϊκού Συστήματος	
Ιδιότητα κυρίου του συστήματος	<input type="checkbox"/> Φυσικό πρόσωπο <input type="checkbox"/> Κύριοι οριζόντιων ιδιοκτησιών πολυκατοικίας <input type="checkbox"/> Πολύ μικρή επιχείρηση (ή φυσικό πρόσωπο επιτηδευματίας)
Όνομα/επωνυμία ουσικού/νομικού προσώπου (ή εκπροσώπου διαχειριστή)	
Κατοικία/έδρα ουσικού/νομικού προσώπου	
ΑΦΜ και ΔΟΥ ουσικού/νομικού προσώπου	
Εκπρόσωπος επικοινωνίας με τη ΔΕΗ	
Ταχυδρομική διεύθυνση	
Ηλεκτρονική διεύθυνση (E-mail)	
Τηλέφωνο	
Fax	
Στοιχεία Εγκατάστασης	
Θέση εγκατάστασης (οδός, αριθμός, Τ.Κ., Δήμος, Νομός)	<input type="checkbox"/> Δάμα <input type="checkbox"/> Στέγη <input type="checkbox"/> Στέγαστρο
Συνολική ισχύς (kWp)	
Αριθμός Παροχής του υφιστάμενου μετρητή κατανάλωσης στο ίδιο κτίριο (για τον οικονομικό συμψηφισμό)	

Στοιχεία του υπεύθυνου μελέτης και εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος (επωνυμία, ειδικότητα, διεύθυνση, τηλέφωνο)	
Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων	
Κατασκευαστής, προέλευση	
Τύπος - μοντέλο	
Ονομαστική ισχύς πλαισίου	
Αριθμός πλαισίων	
Πιστοποιήσεις	
Στοιχεία αντιστροφέων (inverters)	
Κατασκευαστής, προέλευση	
Τύπος - Μοντέλο	
Ονομαστική ισχύς εξόδου	
Μέγιστη ισχύς εξόδου	
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	
Συντελεστής ισχύος	
Διακύμανση τάσης εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)	(προεπιλεγμένη)
	(εύρος ρύθμισης)
Διακύμανση συχνότητας εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)	(προεπιλεγμένη)
	(εύρος ρύθμισης)

Ολική αρμονική παραμόρφωση ρεύματος (THD)	
Έγχυση DC	
Μετασχηματιστής απομόνωσης	Ναι / Όχι
Προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης (Islanding) κατά VDE 0126 ή ισοδύναμης μεθόδου	Ναι / Όχι
Πλήρης περιγραφή τρόπου προστασίας	
Πιστοποιήσεις	
Έγγραφα και στοιχεία που συνοποβάλλονται κατά την αρχική αίτηση	
1. Τεχνικά εγχειρίδια φωτοβολταϊκών στοιχείων	<input type="checkbox"/>
2. Τεχνικά εγχειρίδια και πιστοποιητικά αντιστροφών	<input type="checkbox"/>
3. Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο του φωτοβολταϊκού συστήματος (υπογεγραμμένο από μηχανικό κατάλληλης ειδικότητας)	<input type="checkbox"/>
4. Αντίγραφο πρόσφατου λογαριασμού κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος (για τον μετρητή κατανάλωσης του ακινήτου ή των κοινοχρήστων μέσω του οποίου θα διενεργείται ο οικονομικός συμψηφισμός)	<input type="checkbox"/>
5. Τοπογραφικό της θέσης εγκατάστασης (προκειμένου για κτιριακές εγκαταστάσεις εκτός σχεδίου πόλεως)	<input type="checkbox"/>
6. Αποδεικτικό δικαιώματος χρήσης του χώρου εγκατάστασης, κατά περίπτωση, ως ακολούθως:	
α) <u>για εγκατάσταση του συστήματος σε ιδιόκτητο χώρο από τον κύριο του χώρου αυτού:</u> Τίτλος κυριότητας (αντίγραφο συμβολαιογραφικής πράξης και πιστοποιητικού μεταγραφής της στο υποθηκοφυλακείο)	<input type="checkbox"/>
β) <u>για εγκατάσταση του συστήματος σε ιδιόκτητο χώρο από άλλον, πλην του ιδιοκτήτη, κύριο οριζόντιας ιδιοκτησίας στο ίδιο κτίριο:</u> Τίτλος κυριότητας ως ανωτέρω και έγγραφη συμφωνία του κυρίου του χώρου εγκατάστασης για την παραχώρησή του σε άλλο κύριο οριζόντιας ιδιοκτησίας του ίδιου κτιρίου, με ίδια ευθύνη των υπογραφόντων	<input type="checkbox"/>
γ) <u>για εγκατάσταση του συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο είτε από το σύνολο των κυρίων οριζόντιων ιδιοκτησιών του κτιρίου, είτε από έναν εκ των κυρίων οριζόντιων ιδιοκτησιών, μετά από παραχώρηση του χώρου αυτού:</u> Πρακτικό ομόφωνης απόφασης της γενικής συνέλευσης ή έγγραφη συμφωνία όλων των συνιδιοκτητών του κτιρίου με ευθύνη του διαχειριστή ή του κυρίου οριζόντιας ιδιοκτησίας που θα εγκαταστήσει το σύστημα, αντίστοιχα	<input type="checkbox"/>

7. Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 στην οποία ο αιτών θα δηλώνει ότι:	
α) Το έργο της εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν έχει ενταχθεί σε οποιοδήποτε πρόγραμμα χρηματοδότησης	<input type="checkbox"/>
β) Μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό του κτιρίου επί του οποίου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα καλύπτεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (με αναφορά στον τρόπο κάλυψης, όπως ηλιακός θερμοσίφωνας, ηλιοθερμικά, βιομάζα κλπ) <u>μόνο για την περίπτωση που ο συμφητισμός γίνεται με μετρητή ιδιόκτητης κατοικίας</u>	<input type="checkbox"/>
γ) Κατατάσσεται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις, όπως αυτές καθορίζονται στην Ε.Ε. <u>μόνο προκειμένου για φυσικά ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες</u>	<input type="checkbox"/>
δ) Όλοι ανεξαιρέτως οι συνιδιοκτήτες των οριζόντιων ιδιοκτησιών του κτιρίου έχουν υπογράψει το πρακτικό της γενικής συνέλευσης ή έχουν εγγράφως συμφωνήσει για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος	<input type="checkbox"/>
ε) Όλα τα στοιχεία που υποβάλλει με την αίτησή του είναι αληθή	<input type="checkbox"/>
Έγγραφα και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομιστούν προ της υπογραφής της Σύμβασης Σύνδεσης	
8. Έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος (ΦΕΚ1079/Β/04.06.2009, άρθρο 5, Υ.Α. ΥΠΕΧΩΔΕ 29107/07.07.2009, ΦΕΚ 344/ΑΑΠ/20.07.2009)	
Έγγραφα και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομιστούν προ της ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος με το Δίκτυο	
9. Αντίγραφο της Σύμβασης Συμφητισμού	
10. Υπεύθυνη Δήλωση μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας για τη συνολική εγκατάσταση, με συνημμένα: μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης και τεχνική περιγραφή του τρόπου αποφυγής του φαινομένου της νησιδοποίησης στην οποία θα αναφέρονται οι ρυθμίσεις των ορίων τάσεως και συχνότητας στην έξοδο του αντιστροφέα που σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν για την τάση το +15% έως -20% της ονομαστικής τάσης, ενώ για την συχνότητα τα +/- 0,5 Hz καθώς επίσης και την πρόβλεψη ότι σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων ο αντιστροφέας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις : - Θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 δευτερόλεπτα, - Επανάζευξη του αντιστροφέα μετά από τρία λεπτά. Επίσης θα αναφέρεται ο χρόνος λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης	
11. Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86, στην οποία ο κύριος του φωτοβολταϊκού θα αναφέρει ότι καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν θα τροποποιηθούν οι ρυθμίσεις που δηλώθηκαν βάσει των απαιτήσεων της ανωτέρω Υπεύθυνης Δήλωσης μηχανικού.	

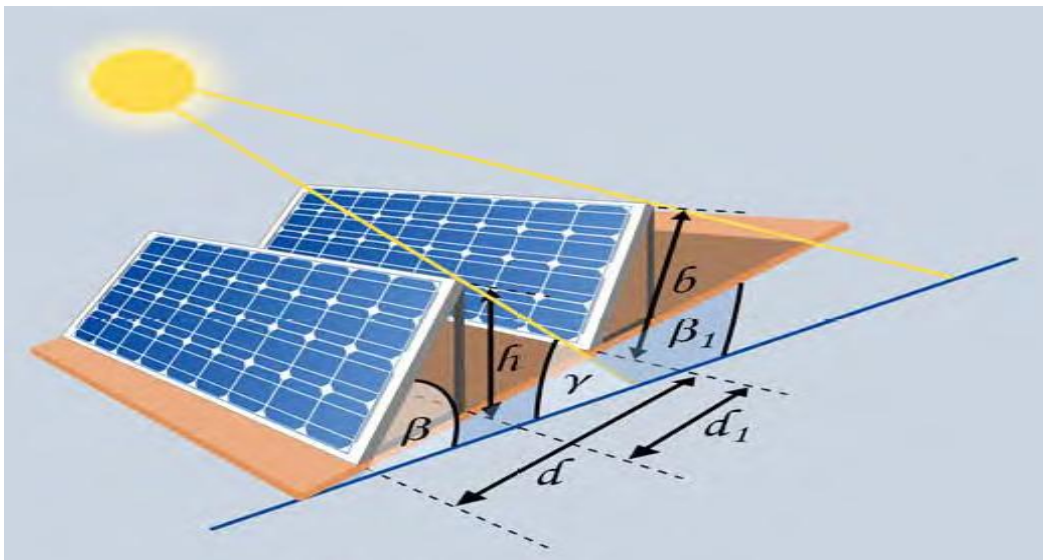
6.2 ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Τα περισσότερα κτίρια είναι κατάλληλα. Αρκεί να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

1. Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Ως ένα πρόχειρο κανόνα υπολογίζουμε πως χρειαζόμαστε περίπου 1-1,5 τετραγωνικό μέτρο για κάθε 100 Watt (αν χρησιμοποιήσουμε τα συνηθισμένα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά του εμπορίου). Χρειάζονται περίπου 7-10 τ.μ/kWp για κεραμοσκεπή και 15 τ.μ/kWp για δώμα ή οικόπεδο. Αν πάλι τοποθετήσουμε άμορφα φωτοβολταϊκά, το συνολικό κόστος θα είναι περίπου το ίδιο ή και μικρότερο, θα απαιτηθεί όμως περίπου διπλάσια επιφάνεια. Ιδιαίτερη προσοχή θέλει ο χώρος να είναι κατά το δυνατόν 100% ασκίαστος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Διαφορετικά, το σύστημα θα λειτουργεί με μικρότερη απόδοση.

Ένας χοντρικός κανόνας για να βεβαιωθούμε ότι το σύστημά μας δεν θα αποδίδει λιγότερο λόγω σκιάσεων, είναι ο εξής: η απόσταση από το τυχόν εμπόδιο (κτίριο, δέντρο, κ.λπ) πρέπει να είναι διπλάσια του ύψους του εμποδίου όπως φαίνεται στην εικόνα 6.1, όπου στη περίπτωση αυτή το εμπόδιο είναι το πρώτο φ/β πλαίσιο.






Εικόνα 6.1: $d_1 > 2h$ ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων

2. Τα φωτοβολταϊκά έχουν τη μέγιστη απόδοση όταν έχουν νότιο προσανατολισμό. Αποκλίσεις από το Νότο είναι επιτρεπτές, μειώνουν όμως την απόδοση.

3. Η σωστή κλίση του φωτοβολταϊκού σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Συνήθως επιλέγεται μια κλίση που να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στην Ελλάδα, η βέλτιστη κλίση είναι γύρω στις 25°-30°. Τη σωστή κλίση θα τη βρεί ο τεχνικός που θα κάνει την εγκατάσταση. Στον πίνακα 6.1 παρουσιάζεται η διακύμανση της απόδοσης ανάλογα με την κλίση και τον προσανατολισμό.

Το πόσα τετραγωνικά μέτρα θα χρειαστούν, εξαρτάται από το χώρο εγκατάστασης (δώμα ή κεκλιμένη στέγη) και από την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών που θα επιλέξουμε (κρυσταλλικά ή thin-film). Σε ένα δώμα, για παράδειγμα, θα χρειαστούμε χοντρικά περί τα 15 τετραγωνικά μέτρα για κάθε κιλοβάτ, ενώ σε μια κεραμοσκεπή 7-10 τ.μ. (για κρυσταλλικά πλαίσια). Η εταιρία που θα μας προμηθεύσει τον εξοπλισμό θα υπολογίσει ακριβώς το χώρο που χρειαζόμαστε.

Πίνακας 6.1:Ενδεικτική απόδοση ανάλογα με την κλίση και τον προσανατολισμό

Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο	Προσανατολισμός		
	Νότιος	Νοτιοανατολικός Νοτιοδυτικός	Ανατολικός Δυτικός
<p>0 °</p> 	90%	90%	90%
<p>15 °</p> 	98%	95%	88%
<p>30 °</p> 	100%	95%	85%
<p>90 °</p> 	60%	60%	50%

6.3 ΣΤΗΡΙΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

Η έδραση των Φ/Β πλαισίων επί του κτηρίου μπορεί να υλοποιηθεί είτε πάνω σε πρόσθετη μεταλλική κατασκευή(Εικ.6.2), είτε επί της επιφάνειας του δώματος (Εικ.6.3), ή ακόμα και με την ενσωμάτωση των πλαισίων στο δομικό κέλυφος του κτηρίου. Αν και το βάρος της ίδιας της Φ/Β συστοιχίας και της βάσης στήριξης δεν αναμένεται να επηρεάσει την στατική αντοχή του κτηρίου, καλό είναι όταν η τοποθέτηση των πλαισίων γίνεται σε στέγαστρα ή σκεπές να διενεργείται στατικός έλεγχος (ή ακόμα και ειδική μελέτη όπου απαιτείται) ώστε να διερευνάται η μηχανική καταπόνηση και η ανεμοπίεση της επιφάνειας έδρασης των πλαισίων.



Εικόνα 6.2: Τοποθέτηση πλαισίων σε μεταλλική κατασκευή



Εικόνα 6.3: Τοποθέτηση πλαισίων σε δώμα

Τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται σε ένα σύστημα στήριξης, εξασφαλίζοντας την λειτουργία και την ασφάλεια της εγκατάστασης σε ακραίες συνθήκες ανέμου, χιονόπτωσης, σεισμού και θερμοκρασιακών μεταβολών.

Για τη στατική επάρκεια του συστήματος στήριξης, μπορεί να ζητείται αντίστοιχο πιστοποιητικό από τον προμηθευτή.

Το σύστημα στήριξης μπορεί να είναι μέρος υαλοπετάσματος, να αποτελεί σύνδεσμο με τους φορείς μίας στέγης ή να αποτελεί ένα αυτοτελές σύστημα τοποθετημένο στο δώμα ή με τρόπο που να δημιουργεί σκίαστρο. Το σύστημα στήριξης μπορεί να είναι είτε μεταλλικό, από αλουμίνιο ή εν θερμώ γαλβανισμένο χάλυβα, είτε από πλαστικό.

Θα πρέπει ο τρόπος σύσφιξης των Φ/Β πλαισίων να είναι σύμφωνος με τις προδιαγραφές του συγκεκριμένου Φ/Β πλαισίου και επιπλέον οι διαστάσεις του πλαισίου να είναι αντίστοιχες (ή μικρότερες) με αυτές που έχουν θεωρηθεί στην στατική μελέτη για την έκδοση του πιστοποιητικού στατικής επάρκειας.

6.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΝΕΟΑΝΑΓΕΙΡΟΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ

Η φωτοβολταϊκή συστοιχία, είτε πλαίσια είτε κεραμίδια, μπορεί να είναι ενσωματωμένα ή να είναι εγκατεστημένα στην οροφή του κτίσματος. Σε σύγχρονες κατασκευές η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών μπορεί να ληφθεί υπ' όψιν από τα πολύ πρώιμα στάδια του έργου και ενσωματωθεί στην κτιριακή δομή κατά το στάδιο του σχεδιασμού σε αυτό. Το ίδιο ισχύει και για συναφή και άμεσα συνδεδεμένα χαρακτηριστικά του κτιρίου όπως κάποιος επιπλέον εξαερισμός που μπορεί να γίνει εξ αρχής.

Η πρόσβαση στον χώρο αρχικά δεν είναι θέμα, μέχρι τουλάχιστον το οικόπεδο ή το κτίριο να κατοικείται, αν και θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα σε περίπτωση βανδαλισμού σε μη κατοικημένα κτίσματα – οικόπεδα. Σε κάποια περίπτωση που υπήρχε τέτοιος κίνδυνος τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σκεπάστηκαν κατά το στάδιο της εγκατάστασης με προστατευτικά πλέγματα. Όταν αργότερα το κτίριο κατοικήθηκε δεν υπήρχε πλέον κίνδυνος βανδαλισμού και τα πλέγματα αφαιρέθηκαν.

Η μεγαλύτερη ανησυχία με τις νεώχτιστες κατασκευές είναι η πιθανότητα η κατασκευή να βγει εκτός του χρονοδιαγράμματος, πράγμα το οποίο δεν συνδέεται άμεσα με την συμπερίληψη των φωτοβολταϊκών στο έργο αλλά έχει επιπρόσθετες επιπλοκές και απρόσμενα κόστη. Γενικά όμως η καλή επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας αποτελεί το κλειδί για την διασφάλιση της καλής πορείας του έργου.

6.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΙΡΙΑ (RETROFIT SYSTEMS)

Με τον όρο retrofit systems αναφερόμαστε σε περιπτώσεις όπου το σύστημα έχει τοποθετηθεί σε μια ήδη υπάρχουσα οροφή. Μπορεί να είναι ενσωματωμένο αλλά συνήθως είναι εγκατεστημένο επάνω στην κατασκευή. Γενικά όμως δεν αφαιρείται κομμάτι μιας σκεπής για να ενσωματωθεί σε αυτήν ένα φωτοβολταϊκό σύστημα λόγω στατικών επιπλοκών.

Σε όλα τα μετακατασκευαστικά συστήματα θα πρέπει να έχει γίνει από την αρχή του έργου οικονομοτεχνική ή στατική μελέτη για να εκτιμηθεί η καταλληλότητα του κτιρίου ή της κατασκευής να δεχθεί ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Ένας σημαντικός δομικός παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί είναι το φορτίο της υπάρχουσας οροφής και η διάρθρωση της. Επίσης κατά τη διάρκεια μιας επίσκεψης στο χώρο πρέπει να εξετασθούν οι ενδεχόμενες πηγές σκίασης προκειμένου να σχεδιασθεί το σύστημα με την βέλτιστη απόδοση.

6.6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ

Στην περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο κτιρίου(Εικ.6.4), 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 η κοινόκτητου χώρου από τους λοιπούς 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.

Ενιαίο και αναπόσπαστο κομμάτι του έργου θα πρέπει να είναι η εμπλοκή των κατοίκων της οικοδομής όσο πιο νωρίς και όσο πιο συχνά γίνεται. Σπιτονοικοκύρηδες ή ένοικοι πολλές φορές είναι σε άγνοια σχετικά με τις εργασίες που θα γίνουν αλλά και την συχνότητα πρόσβασης που είναι αναγκαία από το εργοτάξιο κατά την εγκατάσταση του έργου. Η ρύθμιση τέτοιου είδους «προβλημάτων» θα εξοικονομήσει πολύτιμο χρόνο και αν δεν γίνει μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές καθυστερήσεις, επανειλημμένες επισκέψεις και επιπρόσθετα κόστη. Ο διαχειριστής του έργου ή κύριος ανάδοχος θα πρέπει να ενημερώσει τους κατοίκους σχετικά με τα οφέλη που θα έχουν από το έργο, μιας και αυτό θα οδηγήσει σε ένα θετικό κλίμα υποστήριξης και αλληλοκατανόησης και από τις δύο πλευρές. Ακόμα και σε περιπτώσεις όπου δεν χρειάζεται η πρόσβαση σε ιδιοκτησίες κατοίκων της οικοδομής, π.χ. όταν ο εξοπλισμός θα τοποθετηθεί σε κοινόχρηστους χώρους, είναι σημαντικό να ενημερωθούν οι κάτοικοι για την έκταση και την διάρκεια του έργου.

Πολλές φορές θα χρειαστεί να δοθούν πληροφορίες στους κατοίκους σχετικά με την τρόπο λειτουργίας του συστήματος για να διασφαλιστεί τουλάχιστον η κατανόηση των βασικών λειτουργικών αρχών του.



Εικόνα 6.4: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε πολυκατοικία

6.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΕ ΟΡΟΦΗ

Τα ενσωματωμένα σε οροφή συστήματα (Εικ.6.5) αποτελούνται από Φ/Β πλαίσια ενωμένα μεταξύ τους ή Φ/Β κεραμίδια αντικαθιστώντας μέρος ή ολόκληρη την κανονική οροφή. Όταν ενσωματώνονται στην οροφή όμως αυξάνεται πολύ η θερμοκρασία τους, πράγμα το οποίο επηρεάζει την απόδοσή τους. Προκειμένου να μειωθεί η θερμοκρασία σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται κεραμίδια με οπές, τα οποία μειώνουν σημαντικά την θερμοκρασία των Φ/Β. Εναλλακτικά μπορούν να τοποθετηθούν επάνω σε σανίδες ή δοκάρια για περισσότερο εξαερισμό.

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα όσον αφορά τους τεχνικούς είναι ότι τα φωτοβολταϊκά κεραμίδια πρέπει να τοποθετούνται σε οριζόντια σειρά και όχι διαγώνια όπως τα παραδοσιακά κεραμίδια. Σε αυτή τη φάση θα πρέπει να βρίσκεται ο ηλεκτρολόγος ή ο κατάλληλα εκπαιδευμένος τεχνικός καθώς η κάθε σειρά θα πρέπει να ελέγχεται προκειμένου να τοποθετηθεί η επόμενη. Σε περίπτωση που έχουν αναλάβει τις συνδέσεις τεχνικοί χωρίς ηλεκτρολογική εκπαίδευση ένα καλό μέτρο ασφαλείας θα ήταν να κρατηθεί η τάση της κάθε σειράς κάτω από τα 120 V.



Εικόνα 6.5: Εγκατάσταση ενσωματωμένη σε οροφή

6.8 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗ

Ο προμηθευτής / εγκαταστάτης του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να έχει κάνει μια εκτίμηση κινδύνου για την διαδικασία της εγκατάστασης το οποίο θα βοηθήσει στην αποτροπή τυχόν καθυστερήσεων αλλά και ατυχημάτων. Σοβαρά ατυχήματα μπορεί να οδηγήσουν τον αρμόδιο φορέα Υγιεινής και Ασφάλειας στην διεξαγωγή έρευνας, πράγμα το οποίο κοστίζει στις εταιρείες εργατοώρες, χρήματα, δικαστικούς αγώνες, απώλεια μελλοντικών έργων λόγω κακής δημόσιας εικόνας της εταιρείας. Ζητήματα που πρέπει να επιμεληθούν αφορούν την λήψη προληπτικών μέτρων για την ηλεκτροπληξία, τις εργασίες σε σκαλωσιές και άλλα ύψη, μεταφορά βαρέων αντικειμένων, ζημιές από σπάσιμο στον εξοπλισμό πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την εγκατάσταση.

Η θέση μερών του συστήματος όπως ο αντιστροφέας (inverter) και οι διακόπτες πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα όποια προβλήματα πρόσβασης. Θα πρέπει η θέση τους να επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση για την εγκατάσταση και συντήρηση αλλά θα πρέπει να βρίσκεται μέσα στην ιδιοκτησία που έχει τοποθετηθεί το σύστημα και σε ασφαλές μέρος. Επίσης οι αντιστροφείς ρεύματος παράγουν έναν «ελαφρύ» θόρυβο, το οποίο πιθανόν να επηρεάσει την θέση τους. Π.χ. σε κάποιο έργο έπρεπε το κάθε διαμέρισμα να έχει τον δικό του μετρητή. Αντί για αυτό έγινε ένα ντουλάπι με όλους τους μετρητές στον προθάλαμο του κτιρίου προσβάσιμο από τους ιδιοκτήτες. Ως αποτέλεσμα αυτού του επανασχεδιασμού είχαμε εξοικονόμηση πόρων από καθυστερήσεις λόγω δυσκολίας στην πρόσβαση στους μετρητές.

6.8.1 Ηλεκτρολογική εγκατάσταση

Σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να διασφαλιστεί η εναρμόνιση της εγκατάστασης με το ηλεκτρολογικό σχέδιο που έχει εκπονηθεί, το οποίο είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις της Δ.Ε.Η. Όσον αφορά την γενικότερη καλή εικόνα του έργου μια καλή διαχείριση έργου θα έχει φροντίσει ώστε να υπάρχουν τακτοποιημένες καλωδιώσεις(Εικ.6.6).



Εικόνα 6.6 :Καλωδιώσεις Φ/Β εγκατάστασης σε στέγη

Τα διασυνδεδεμένα Φ/β συστήματα βρίσκονται σε κτίρια παράλληλα με την παροχή ρεύματος από την ΔΕΗ, πράγμα το οποίο γεννάει κινδύνους που δεν υπάρχουν σε άλλες κτιριακές εγκαταστάσεις. Μια σημαντική λοιπόν πτυχή σε κάθε Φ/β εγκατάσταση είναι η ξεκάθαρη και ακριβής σήμανση όπως: Προειδοποιητικές ετικέτες(Εικ.6.7) επάνω στους ηλεκτρολογικούς πίνακες, στους μετρητές, συνοπτικές οδηγίες ασφαλείας και πληροφορίες επικοινωνίας με την εταιρεία.

Επίσης η εμπειρία δείχνει ότι καλό είναι να τεστάρονται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια όσο είναι εύκολα προσβάσιμα π.χ. είναι σημμένες οι σκαλωσιές καθώς συχνά εμφανίζονται προβλήματα με τις ηλεκτρικές συνδέσεις και πιο σπάνια με τα ίδια τα πλαίσια. Αν λοιπόν είναι άμεσα προσβάσιμα είναι φανερό ότι η βλάβη αποκαθίσταται ευκολότερα.



Εικόνα 6.7:Αναγραφή προειδοποιητικών σημάνσεων σε πίνακα και inverter

7.ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΗ ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

7.1.ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της μελέτης είναι η εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου φ/β σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα έχει ονομαστική ισχύ 148,5kWp στην Νέα Μάκρη Αττικής(Εικ.7.1).Θα γίνει ανάλυση των εξαρτημάτων που θα χρησιμοποιηθούν για την εγκατάσταση καθώς και ενεργειακή μελέτη της απόδοσης της εν λόγω εγκατάστασης με κλιματολογικά στοιχεία της περιοχή.Επιπρόσθετα,για την μελέτη θα χρησιμοποιηθεί και το σχεδιαστικό πρόγραμμα Sunny Design της εταιρίας SMA.



Εικόνα 7.1:Φ/Β σταθμός στη Νέα Μάκρη

7.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

7.2.1 Υπολογισμός Ηλεκτρικής Ενέργειας

Λαμβάνοντας υπόψιν τους συντελεστές μείωσης της απόδοσης,η μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια, που παράγουν N φ/β πλαίσια επί ένα χρονικό διάστημα δίνεται από τη σχέση:

$$E_{m\Pi} = E_{HA} \cdot N \cdot S_{\Pi} \cdot \eta_{\Pi} \cdot \sigma_{\alpha} \cdot \sigma_{\kappa} \cdot \sigma_{\mu} \quad (7.1)$$

Όπου,

E_{HA} :Ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

S_{Π} :Επιφάνεια Φ/Β πλαισίου

η_{Π} :Βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίου όπου, $\eta_{\Pi} = \eta_{STC} \cdot \sigma_{\gamma} \cdot \sigma_{\delta} \cdot \sigma_{\theta} \cdot \sigma_{\rho}$ (7.2)

η_{STC} :Βαθμός απόδοσης πλαισίου σε πρότυπες συνθήκες STC

$\sigma_{\gamma} / \sigma_{\rho} / \sigma_{\theta} / \sigma_{\delta}$: συντελεστής γήρανσης/ρύπανσης/θερμοκρασίας/διόδου

$\sigma_{\alpha} / \sigma_{\kappa} / \sigma_{\mu}$: συντελεστής ανομοιογένειας/καλωδιώσεων/απωλειών μεταφοράς ενέργειας

7.2.2 Επίδραση της θερμοκρασίας

Η απόδοση των Φ/Β πλαισίων επηρεάζεται σημαντικά από την θερμοκρασία.Ο συντελεστής απόδοσης που δίδεται για τα ηλιακά στοιχεία ή για τα Φ/Β πλαίσια αντιστοιχεί σε μια συμβατική θερμοκρασία 20⁰ C , που συχνά,τους καλοκαιριούς μήνες διαφέρει από την πραγματική θερμοκρασία του στοιχείου.Εχει μετρηθεί ότι λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται πάνω τους ,τα ηλιακά στοιχεία κατά τη λειτουργία τους αποκτούν θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα κατά 25 έως 30⁰ C.Για τη διόρθωση του παραπάνω σφάλματος χρησιμοποιείται ο αδιάστατος συντελεστής s_{θ} που ορίζεται ως εξής:

$$s_{\theta} = 1 - ((t_a + 30) - 25) * 0.005 \quad (7.3)$$

Όπου ,

t_a : η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα

7.2.3 Βαθμός απόδοσης Φ/Β πλαισίου

Το πηλίκο της μέγιστης αποδιδόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς προσπίπτουσα ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας ονομάζεται βαθμός απόδοσης του πλαισίου και δίνεται από τη σχέση :

$$\eta_{\Pi} = \frac{P_{m\Pi}}{P_{HA}} \quad (7.4)$$

όπου $P_{m\Pi}$: Μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς Φ/Β πλαισίου(W)

P_{HA} : Ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας(W)

Αν η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας δίνεται ανά μονάδα επιφάνειας δηλαδή σε W/m^2 η σχέση του βαθμού απόδοσης γίνεται :

$$\eta_{\pi} = \frac{P_{m\pi}}{P_{HA} \cdot S_{\pi}} \quad (7.5)$$

Ο βαθμός απόδοσης του πλαισίου επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

1. Γήρανση

Η απόδοση μειώνεται λόγω της αλλοίωσης των υλικών κατασκευής των Φ/Β στοιχείων. Για τη μείωση της απόδοσης λαμβάνουμε το συντελεστή γήρανσης $\sigma_{\gamma} = 0,08$.

2. Ρύπανση επιφάνειας

Η απόδοση του Φ/Β πλαισίου μειώνεται λόγω της ρύπανσης της επιφάνειας του από την επικάλυψη σκόνης, φύλλων, χιονιού, αλατιού από τη θάλασσα, εντόμων, ακαθαρσιών κλπ. Γι' αυτό λαμβάνουμε ένα συντελεστή ρύπανσης $\sigma_{\rho} = 0,06$.

3. Δίοδος αντεπιστροφής

Η δίοδος αντεπιστροφής που εμποδίζει την εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή διαμέσου του Φ/Β πλαισίου, όταν αυτό δεν φωτίζεται, προκαλεί απώλειες ενέργειας της τάξης του 1%. Οι απώλειες αυτές λαμβάνονται υπόψιν με τον συντελεστή απωλειών διόδου $\sigma_{\delta} = 0,09$.

7.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η μονάδα θα αποτελείται από 22 μετατροπείς συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (inverters) της εταιρίας SMA, τύπου SMC 7000 TL, γερμανικής προέλευσης καθώς και από 660 φωτοβολταϊκά πλαίσια (modules) της εταιρίας IBC Solar, τύπου 225 TE, επίσης γερμανικής προέλευσης. Η ονομαστική ισχύς της μονάδας είναι $148,5 kW_p$ και αναφέρεται στην ισχύ που μπορεί να αποδώσει αυτή σε πρότυπες συνθήκες STC (standard test conditions). Οι συνθήκες αυτές ορίζονται ως:

- Η θερμοκρασία του ΦΒ πλαισίου να είναι $25^{\circ}C$.

- Η ακτινοβολία, προερχόμενη από φυσική ή από τεχνητή πηγή, να προσπίπτει κάθετα στον συλλέκτη και να έχει τα εξής χαρακτηριστικά: πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας ίση με $1 kW/m^2$, φάσμα ακτινοβολίας που να αντιστοιχεί σε AM 1,5 (Air mass - μάζα αέρος). Η έκφραση "Air mass" περιγράφει τη μείωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διέλευσή της από την ατμόσφαιρα της γης, λόγω του μήκους της διαδρομής των ηλιακών ακτίνων μέσα στην ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα, προσδιορίζει το ιδιαίτερο φάσμα της συγκεκριμένης ακτινοβολίας, λόγω της ιδιότητας των διαφόρων αερίων που απαρτίζουν την ατμόσφαιρα να απορροφούν συγκεκριμένα μήκη κύματος ακτινοβολίας.

Η ονομαστική ισχύς της μονάδας η οποία αναφέρεται σε πρότυπες συνθήκες STC είναι ενδεικτική μονάχα της ισχύος της μονάδας και της ικανότητάς της να παράγει ενέργεια. Αυτό διότι οι πραγματικές συνθήκες στις οποίες τα ΦΒ πλαίσια παράγουν ηλεκτρική ενέργεια είναι σημαντικά διαφορετικές από τις πρότυπες συνθήκες. Ωστόσο είναι δυνατό να υπολογισθεί με σημαντική ακρίβεια η πραγματική

ικανότητα της μονάδας στην παραγωγή ενέργειας βάσει μετρήσεων και εμπειρικών συντελεστών, όπως θα δούμε στην συνέχεια.

7.3.1 Φ/Β πλαίσια

Ο Φωτοβολταϊκός Σταθμός θα αποτελείται από 660 panels IBC 225 TE γερμανικής κατασκευής, ονομαστικής ισχύος 225 Watt έκαστο σε πρότυπες συνθήκες STC, συνολική ισχύς 148,5 kW_p(παράρτημα σελ. 116-117). Έχουν εγγυημένη ελάχιστη απόδοση ισχύος ίση με το 90% της ονομαστικής τους ισχύος για τα πρώτα 12 χρόνια λειτουργίας τους και ίση με το 80% της ονομαστικής τους ισχύος για σύνολο λειτουργίας 25 χρόνων. Αποτελούνται από 60 πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία των 6". Είναι σχεδιασμένα για φωτοβολταϊκές μονάδες παραγωγής ρεύματος συνδεδεμένες με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η τάση του συστήματος στο οποίο είναι συνδεδεμένα επιτρέπεται να φτάσει έως και την τιμή των 930 V (safety class II). Παραδίδονται έτοιμα προς σύνδεση με προ-συναρμολογημένα τα καλώδια σύνδεσής τους, ενώ χρησιμοποιούν βύσματα ταχείας σύνδεσης (Multi-Contact plug-in connectors). Εντός του εσωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος του ΦΒ πλαισίου υπάρχουν κατάλληλα συνδεδεμένες εν σειρά διόδους παράκαμψης, οι οποίες επιτρέπουν σε κάθε ΦΒ πλαίσιο να μην χάνει την ισχύ του σε περίπτωση μερικής σκίασής του αλλά να αποδίδει έστω μέρος της ισχύος του στην συστοιχία. Αφετέρου, οι διόδους παράκαμψης επιτρέπουν στην συστοιχία να συνεχίζει να αποδίδει την ισχύ της στον μετατροπέα όταν για οποιοδήποτε λόγο κάποιο ΦΒ πλαίσιο εντός αυτής πάψει να παράγει ενέργεια, οπότε αυτό λειτουργεί ως δίοδος αντιθέτου φοράς.

Στην οπίσθια μεριά του πλαισίου βρίσκονται τα καλώδια (βύσματα) σύνδεσης, τα οποία είναι ανθεκτικά στο νερό, στην UV ακτινοβολία καθώς και πολύ ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες (συνήθως το τμήμα του ΦΒ πλαισίου στο οποίο είναι τοποθετημένο το κιβώτιο σύνδεσης είναι αυτό που αναπτύσσει και τις υψηλότερες θερμοκρασίες).

Ο συντελεστής απόδοσης των ΦΒ πλαισίων ισούται με 13.69% (συντελεστής μετατροπής της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια), γεγονός το οποίο τοποθετεί τα IBC 225 TE στην ανώτερη κλίμακα απόδοσης μεταξύ των πολυκρυσταλλικών ΦΒ πλαισίων. Η τάση ανοικτού κυκλώματος ισούται με 36,7V ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι 8,13A. Αντίστοιχα, η τάση και το ρεύμα στο σημείο μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος ισούνται με 30,3V και 7,44A. Ο συντελεστής μείωσης της τάσης με την άνοδο της θερμοκρασίας του πλαισίου είναι 127 mV/K, ενώ το ρεύμα αυξάνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας του πλαισίου με ρυθμό 0.029 %/K. Συνολικά, το ΦΒ πλαίσιο υφίσταται μια γραμμική μείωση της παραγόμενης ισχύος με την άνοδο της θερμοκρασίας του, με ρυθμό 0,4 %/K.

Στον παρακάτω πίνακα 7.1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ΦΒ πλαισίου:

Πίνακας 7.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά πλαισίων IBC 225 TE

Ονομαστική ισχύς	225,0 W
Ονομαστική τάση λειτουργίας	30,3 V
Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας	7, 44 A
Τάση ανοικτού κυκλώματος	36,7 V
Ρεύμα βραχυκυκλώματος	8,13 A
Συντελεστής μεταβολής εντάσεως ρεύματος με την άνοδο της θερμοκρασίας	+0,029 %/K
Συντελεστής μεταβολής τάσης με την άνοδο της θερμοκρασίας	-127 mV/K
Συντελεστής μεταβολής ισχύος με την άνοδο της θερμοκρασίας	-0,4 %/K

7.3.2 Μετατροπείς(inverters)

Το έργο θα υλοποιηθεί με τη χρήση 22 inverter τύπου SMA SMC 7000 TL(παράρτημα σελ.106-107), ονομαστικής ισχύος 7 kW έκαστος. Η μέγιστη απόδοσή τους είναι 98%, η οποία είναι η υψηλότερη που έχει σημειωθεί παγκοσμίως. Αυτή μπορεί να διατηρηθεί σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος ακόμη και 40 °C, χάρη στο σύστημα ψύξης διπλού διαμερίσματος που διαθέτουν οι μετατροπείς. Η εγγύησή τους είναι 5 έτη με δυνατότητα επέκτασης στα 10 έτη. Σημειώνεται ότι ο τύπος inverter που θα χρησιμοποιηθεί ενσωματώνει πλήθος λειτουργιών υπέρ της προστασίας του συστήματος πέρα από τις απαιτούμενες (προστασία από νησιδοποίηση κ.α.). Τέτοιες λειτουργίες είναι για παράδειγμα η προστασία από υπερτάσεις με ενσωματωμένους βαρύστορες, προστασία από υπερθέρμανση του inverter, έλεγχος του ρεύματος διαφυγής, δυνατότητα διακοπής και απομόνωσης των κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος (strings) με αποφυγή δημιουργίας τόξου. Επιπλέον οι inverters έρχονται στην Ελλάδα προρυθμισμένοι ώστε να βρίσκονται εντός των προδιαγραφών που τίθενται για την διασύνδεση των Φ/Β σταθμών στην Ελλάδα. Οι inverters δεν διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης.

Η σύνδεση των μετατροπέων με τα ΦΒ πλαίσια γίνεται ως εξής:

- Στους 22 μετατροπείς, συνδέονται συνολικά 30 ΦΒ πλαίσια ανά μετατροπέα σε δύο στοιχειοσειρές των 15 ΦΒ πλαισίων έκαστη. Συνολικά δηλαδή στους 22 αυτούς μετατροπείς συνδέονται 660 modules των 225 Watt έκαστο, και η συνολική ισχύς τους προκύπτει ίση με 148,5 kW. Η τάση στα άκρα των συστοιχιών είναι ίση με 474 V για θερμοκρασία στοιχείων ίση με 15 °C και ίση με 407 V, για θερμοκρασία στοιχείων ίση με 50 °C (η οποία προσεγγίζει και την πραγματική θερμοκρασία λειτουργίας τους σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας). Η τάση ανοικτού κυκλώματος στη θερμοκρασία των -10 °C, περίπτωση που αντικατοπτρίζει την χειρίστη κατάσταση από πλευράς τάσης μιας και η τάση αυξάνεται με πτώση της θερμοκρασίας των στοιχείων, προκύπτει ίση με 618 V. Η τάση αυτή είναι μικρότερη από την μέγιστη τάση συνεχούς ρεύματος που επιτρέπεται να εφαρμόζεται στα άκρα του μετατροπέα, η οποία είναι 700 V.

Στην ανωτέρω περίπτωση, το μέγιστο ρεύμα κανονικής λειτουργίας είναι ίσο με 14,9 A και είναι εντός των ορίων του μετατροπέα (22 A). Η κλάση προστασίας των inverter είναι IP65. Αυτοί τοποθετούνται εξωτερικά σε ειδική κατασκευή υπό σκιά, έκαστος πλησίον των συστοιχιών εκ των οποίων τροφοδοτείται για ελαχιστοποίηση της πτώσης τάσης και των απωλειών ισχύος. Οι απώλειες ισχύος έκαστου inverter δεν θα ξεπερνούν το 1% τόσο στην μεριά συνεχούς όσο και σε αυτή του εναλλασσόμενου ρεύματος.

Η συνολική ισχύς της εγκατάστασης προκύπτει ίση με 148,5kW. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μετατροπέων συνοψίζονται στους κατωτέρω πίνακες 7.2, 7.3, 7.4:

Πίνακας 7.2: Τιμές εισόδου inverter τύπου SMA SMC 7000 TL

Μέγιστη ισχύς DC	7200 W
Εύρος τάσης DC	335 V - 700 V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	22 A
Κυμάτωση τάσης	< 10%
Μέγιστος αριθμός παράλληλων συστοιχιών (string)	4
Διάταξη επιτήρησης γείωσης	Ναι
Προστασία από ανάστροφη τάση	Δίοδος βραχυκύκλωσης

Πίνακας 7.3: Τιμές εξόδου inverter τύπου SMA SMC 7000 TL

Μέγιστη ισχύς AC	7000W στους 40 °C
Ονομαστική τάση AC	220 V - 240 V
Ονομαστική συχνότητα AC	50 Hz
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	31 A
Συντελεστής παραμόρφωσης ρεύματος δικτύου	< 4%
Συντελεστής ισχύος (cosφ)	1
Σύνδεση δικτύου	Ακροδέκτης εναλλασσόμενου ρεύματος

Πίνακας 7.4: Λοιπά χαρακτηριστικά inverter τύπου SMA SMC 7000 TL

Μέγιστη απόδοση	98%
Σχεδίαση συνδέσεων	H5 γέφυρα(χωρίς μετασχηματιστή απομόνωσης)
Επιτήρηση δικτύου	Κατά DIN VDE 0126-1-1(SMA grid guard 2)
Αριθμός φάσεων τροφοδοσίας	1
Προστασία περιβάλλοντος	IP65
Επιτρεπόμενη θερμοκρασία περιβάλλοντος	-25 ⁰ εως +60 ⁰
Επικοινωνία	RS232/RS485/ ασύρματη

7.3.3 Βάσεις στήριξης

Στο έργο θα γίνει χρήση του συστήματος στήριξης των συλλεκτών της εταιρίας SolarWorld με την ονομασία Sunfix FreiFeld(παράρτημα σελ. 118-125) . Το υλικό κατασκευής τους είναι το αλουμίνιο. Με το σύστημα αυτό, οι συλλέκτες τοποθετούνται σε διπλή σειρά ανά συστοιχία. Το ύψος των στηριγμάτων είναι μεταβλητό, με τα εμπρόσθια να έχουν εύρος ρύθμισης συνολικά 72cm και τα οπίσθια στηρίγματα εύρος ρύθμισης 52cm. Αυτές οι ρυθμίσεις επιτρέπουν την προσαρμογή των βάσεων σε ανώμαλο έδαφος καθώς και την βέλτιστη ρύθμιση της κλίσης των συλλεκτών (στην περίπτωση μας η κλίση αυτή είναι 29⁰ όπως θα εξηγηθεί στην ενεργειακή μελέτη). Αυτές οι δυνατότητες υποβοηθούνται και από την δυνατότητα ρύθμισης του μήκους του εγκάρσιου βραχίονα (μεταξύ εμπρόσθιων και οπίσθιων στηριγμάτων), με συνέπεια να είναι δυνατή η τοποθέτησή τους σε ποικίλες εδαφικές κλίσεις και ανομοιομορφίες.

Τα στηρίγματα των συλλεκτών μπορούν να τοποθετηθούν λαμβάνοντας υπόψιν το έδαφος (σαθρότητα κλπ) με τρεις τρόπους:

1. Με στερέωση σε πλάκες σκυροδέματος το οποίο να βρίσκεται εντός του εδάφους,
2. Με στερέωση σε πλάκες σκυροδέματος τοποθετημένες πάνω στο έδαφος και τέλος,
3. Με τους τελευταίας τεχνολογίας κοχλίες απευθείας στερέωσης στο έδαφος (πρόκειται για κοχλίες μεγάλης διαμέτρου που τοποθετούνται σε ικανές αποστάσεις εντός του εδάφους, άνω του 1 μέτρου).

Λόγω του βραχύδου εδάφους και της ανομοιόμορφης κλίσης του, θα γίνει συνδυασμός της χρήσης επιφανειακών πλακών τσιμέντου και κοχλιών (2^{0ς} και 3^{0ς} τρόπος στήριξης). Τονίζεται ότι το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί μελλοντικά κατά τη λήξη ζωής του Φ/Β σταθμού να αποσυναρμολογηθεί χωρίς να προκαλέσει αλλοιώσεις του φυσικού περιβάλλοντος

7.3.4 Καλωδιώσεις-προστασία-συνδέσεις

Για την προστασία της μονάδας θα ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα που προβλέπονται σύμφωνα με το νέο πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384. Συγκεκριμένα προβλέπονται διακόπτες απομόνωσης και διακοπής των κυκλωμάτων συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος, αυτόματοι διακόπτες προστασίας των κυκλωμάτων σε υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα, γενικός διακόπτης και διακόπτης ισχύος της εγκατάστασης. Επιπλέον θα υπάρχει κατάλληλη προστασία από υπερτάσεις προκαλούμενες από πτώση κεραυνού πλησίον της εγκατάστασης.

Κάθε inverter και κάθε επιμέρους κύκλωμα θα είναι δυνατόν να απομονωθεί όποτε αυτό κριθεί απαραίτητο, για λόγους συντήρησης είτε για λόγους επισκευής. Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων είναι η ουδετέρωση (TN-S), με τις βάσεις και τα ΦΒ πλαίσια να είναι γειωμένα, όπως όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη. Ο τύπος γείωσης που έχει επιλεγεί είναι περιμετρική με ταινία γείωσης, ώστε αφενός να διευκολύνεται η σύνδεση των επιμέρους εκτεθειμένων αγωγίμων μερών και αφετέρου να δημιουργηθεί ένα ισοδυναμικό πεδίο στο έδαφος κάτωθεν της εγκατάστασης. Το ισοδυναμικό αυτό πεδίο αυξάνει την ασφάλεια της εγκατάστασης, διότι η βηματική τάση μηδενίζεται και η τυχόν διοχέτευση ισχυρών ρευμάτων σε τμήμα της εγκατάστασης διασπείρεται με ομοιογενή τρόπο.

Η σύνδεση των inverters με τα φωτοβολταϊκά module θα γίνει με καλώδια διαμέτρου 4 mm²(παράρτημα σελ. 112-113), ενώ το interface σύνδεσης είναι βύσματα τύπου MC 4 (Multi contact plug connector system, type 4 παράρτημα σελ 114-115). Τα καλώδια αυτά θα είναι της εταιρίας IBC Solar. Είναι ειδικά καλώδια βιομηχανικής χρήσης, κατάλληλα για εξωτερικούς χώρους καθώς και αγροτικές περιοχές. Η μόνωσή τους είναι διπλή (protection class II) και για τον λόγο αυτό είναι συμβατά με άλλες συσκευές διπλής μόνωσης, ενώ η μέγιστη τάση που μπορούν να αντέξουν συνεχώς είναι 1000 V. Αποτελούνται από λεπτοπολύκλωνους αγωγούς και για το λόγο αυτό είναι ιδανικά τόσο για κινητές όσο και για σταθερές εγκαταστάσεις. Το θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας τους είναι από -40 °C έως +120 °C, ενώ εάν η μέγιστη θερμοκρασία τους δεν ξεπερνά τους 90 °C η διάρκεια ζωής τους υπερβαίνει τα 30 χρόνια. Έχουν επιπρόσθετη αντοχή στην φωτιά, ενώ σε μια τέτοια περίπτωση δεν παράγουν καπνό σε μεγάλη ποσότητα. Ακόμη είναι ανθεκτικά στην UV ακτινοβολία. Έχουν αντοχή σε μηχανική καταπόνηση και είναι δοκιμασμένα κατά VDE, TÜV.

Η A/C πλευρά(παράρτημα σελ.108-110) θα συνδέεται με τον πίνακα σύνδεσης με καλώδια διαμέτρου 10 mm² ώστε οι απώλειες ισχύος λόγω πτώσης τάσης να μην υπερβαίνουν τις απώλειες που ζητά ο κατασκευαστής, για να μπορούν οι inverter να ακολουθούν τη φάση του δικτύου και να βρίσκονται εντός των περιορισμών που έχει θέσει ο διαχειριστής αυτού. Τα καλώδια είναι τύπου H07RNF, με εξωτερικό μανδύα ανθεκτικό στην ηλιακή ακτινοβολία, στην διείσδυση της υγρασίας και μόνωση ανθεκτική στις αναπτυσσόμενες τάσεις, ενώ έχουν αντοχή και σε μηχανικές καταπονήσεις. Όπου κρίνεται ωφέλιμο θα γίνει χρήση υπόγειων καλωδίων σε βάθος τουλάχιστον 70 εκατοστών, για την ασφαλέστερη μεταφορά της ενέργειας. Η παραγόμενη ενέργεια από τους inverters θα καταλήγει σε γενικό πίνακα με τις κατάλληλες διατάξεις ασφάλειας, ενώ διακόπτες απομόνωσης θα υπάρχουν και πλησίον των inverter ώστε να απομονώνεται ανεξάρτητα κάθε ένας.

7.3.5 Τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός, σύστημα καταγραφής

Στην εγκατάσταση θα τοποθετηθεί επίσης ημερολογιακός καταγραφέας δεδομένων ο οποίος θα επιτηρεί την εγκατάσταση, θα συγκεντρώνει αδιαλείπτως όλα τα δεδομένα των μετατροπών της εγκατάστασης (συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής απόδοσης αυτών) και θα τα αρχειοθετεί ώστε να είναι δυνατή η μετέπειτα αξιολόγησή τους και τυχόν περαιτέρω επεξεργασία τους. Ο καταγραφέας παρέχει επίσης δυνατότητες έγκαιρης διάγνωσης λειτουργικών βλαβών και γνώσης της κατάστασης του συστήματος ανά πάσα στιγμή. Η παρακολούθηση της κατάστασης του συστήματος μπορεί να γίνεται και μέσω του διαδικτύου. Για το λόγω αυτό θα γίνει χρήση κατάλληλου τερματικού VSat.

Πρόσθετα, θα τοποθετηθεί συσκευή καταγραφής της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας των δομοστοιχείων. Η μέτρηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας επιτυγχάνεται μέσω ενσωματωμένου ηλιακού κυττάρου, ενώ η θερμοκρασία των δομοστοιχείων με αισθητήρα θερμοκρασίας. Με βάση τη στιγμιαία τιμή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας των δομοστοιχείων μπορεί να υπολογιστεί η θεωρητική απόδοση και να συγκριθεί με τη μετρηθείσα πραγματική απόδοση των μετατροπών. Για την επίτευξη των ανωτέρω θα χρησιμοποιηθούν τα Sunny WebBox(παράρτημα σελ. 128-129) και Sunny SensorBox(παράρτημα σελ. 126-127), απόλυτα συμβατά με τους SMA Inverters, σε συνδυασμό με το λογισμικό Sunny Data. Τα δεδομένα επίσης θα αποθηκεύονται σε ειδική κάρτα μνήμης με χωρητικότητα τουλάχιστον για τρία έτη.

Όλα τα ανωτέρω στοιχεία θα είναι διαθέσιμα προς τις αρμόδιες αρχές σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.

7.4 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ

Η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων δεν αντιμετωπίζει προβλήματα σκιάσεων ή παντός είδους άλλων εμποδίων. Γίνεται κατά βέλτιστο τρόπο λαμβάνοντας υπόψη, κατά κύριο λόγο, τη σκίαση που θα προκαλέσει η νοτιότερη συστοιχία στην αμέσως επόμενη αν η απόσταση μεταξύ τους γίνει μικρότερη μιας χαρακτηριστικής. Η βέλτιστη απόσταση μεταξύ των συστοιχιών επιλέγεται έτσι ώστε, παρότι κάποιο χρονικό διάστημα μετά την ανατολή και αντίστοιχα πριν τη δύση η πίσω συστοιχία σκιάζεται από την αμέσως νοτιότερη, το ποσοστό μείωσης της εκμετάλλευσης της ημερήσιας ενέργειας ηλιακής ακτινοβολίας, που αντιστοιχεί στη συστοιχία, να μη ξεπερνά την τιμή του 5%.

Το διάκενο μεταξύ διαδοχικών συστοιχιών που προκύπτει εφαρμόζοντας τις ανωτέρω συνθήκες εξαρτάται άμεσα από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου εγκατάστασης, όπως άλλωστε και η βέλτιστη κλίση των ΦΒ συλλεκτών. Για γεωγραφικό πλάτος 38° και λαμβάνοντας υπόψιν τις διαστάσεις των module που χρησιμοποιούμε, αλλά και την κλίση των 30° στην οποία αυτά θα είναι τοποθετημένα, η χαρακτηριστική απόσταση προκύπτει ίση με 5,63 m για συστοιχίες διπλών σειρών ΦΒ πλαισίων με τη μεγαλύτερη διάσταση σε προσανατολισμό βορρά - νότου (διαστάσεις ΦΒ πλαισίου: 1,66m * 0,99m). Οι απώλειες αυτές της τάξης του 5% συμψηφίζονται με τις απώλειες των συλλεκτών λόγω χαμηλών τιμών ακτινοβολίας,

διότι οι πρώτες πραγματοποιούνται τις πρώτες πρωινές ώρες και τις τελευταίες απογευματινές, όπου οι τιμές ακτινοβολίας είναι επίσης χαμηλές.

Σημειώνεται ότι λόγω της τροχιάς που διαγράφει ο ήλιος στον ουράνιο θόλο, οι απώλειες λόγω σκίασης συστοιχιών από τις αμέσως νοτιότερες τους μειώνονται σημαντικά εάν τοποθετηθούν όσο το δυνατόν περισσότερες συστοιχίες η μία πίσω από την άλλη κατά τη διεύθυνση βορρά - νότου και όχι η μια πλάι στην άλλη κατά τη διεύθυνση ανατολής - δύσης. Αυτό συμβαίνει διότι στην πράξη μια συστοιχία δεν σκιάζει ποτέ την συστοιχία που βρίσκεται ακριβώς πίσω της, παρά αυτές που βρίσκονται κάθετα πίσω της και μετατοπισμένες δυτικά (τις πρωινές ώρες) ή κάθετα πίσω της και μετατοπισμένες ανατολικά (τις απογευματινές ώρες). Το γεγονός αυτό έχει ληφθεί υπόψιν στη χωροθέτηση των συστοιχιών.

Ο προσανατολισμός των συλλεκτών είναι κατά τον αληθή γεωγραφικό νότο (προσδιοριζόμενο με σύστημα GPS).

7.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Αφετηρία των υπολογισμών είναι τα δεδομένα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας για την πόλη της Νέας Μάκρης, από τα οποία προκύπτει η ολική ενέργεια ακτινοβολίας που προσλαμβάνεται από οριζόντια τοποθετημένη επιφάνεια κάθε μήνα. Τα δεδομένα αυτά απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα 7.5:

Πίνακας 7.5: Ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα σε οριζόντια επιφάνεια στην περιοχή της Νέας μάκρης

ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ(°C)	ΗΛ.ΑΚΤΙΝ. ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ (kW / m ²)	ΗΛ.ΑΚΤΙΝ. ΑΝΑ ΜΗΝΑ (kW / m ²)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	10,3	2,04	63,24
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	10,6	2,65	74,2
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	12,3	3,87	119,97
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	16	5,29	158,7
ΜΑΙΟΣ	31	20,7	6,24	193,44
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	25,4	7,01	210,3
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	28,1	6,99	216,69
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	31	28	6,17	191,27
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	24,3	4,96	148,8
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	19,6	3,46	107,26
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	15,4	2,19	65,7
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	12	1,76	54,56
ΣΥΝΟΛΟ			4.39	1604,13

Το γεωγραφικό πλάτος της Νέας Μάκρης είναι 38°18'30", ενώ το γεωγραφικό μήκος της είναι 24°11'35". Βέλτιστη κλίση συλλέκτη για την περιοχή είναι 30°.

7.5.1 Υπολογισμός ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένη επιφάνεια

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένες επιφάνειες με σταθερό ή τυχαίο προσανατολισμό υπολογίζεται με θεωρητικά και εμπειρικά μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί και βασίζονται κυρίως σε μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο της υπό μελέτη περιοχής.

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια επιφάνεια είναι συνάρτηση της κλίσης της επιφάνειας, του προσανατολισμού της και της περιοχής εγκατάστασης (γεωγραφικό πλάτος και μήκος). Σημαντική επίσης παράμετρος είναι η καθαρότητα του οριζόντιου και τα τυχόν φυσικά ή τεχνητά εμπόδια που υπάρχουν γύρω από την επιφάνεια πρόσπτωσης.

Η μέση ολική μηνιαία H_T ηλιακή ακτινοβολία ($kWh/(m^2 \cdot mo)$) σε κεκλιμένο επίπεδο με νότιο προσανατολισμό, υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$H_T = R \cdot H \quad (7.6)$$

όπου,

H : η μέση μηνιαία ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο για την υπό μελέτη περιοχή

R : ο συντελεστής μετατροπής που δίνεται από τον τύπο:

$$R = \left(1 - \frac{H_d}{H}\right) R_b + \frac{H_d}{H} \frac{1 + \cos\beta}{2} + r \frac{1 - \cos\beta}{2} \quad (7.7)$$

Όπου H_d : η μέση μηνιαία διάχυτη ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια

R_b : ο λόγος της μέσης μηνιαίας άμεσης ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο προς αυτή σε οριζόντιο επίπεδο

β : η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο

r : ο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους που στην περίπτωση μας λαμβάνεται ίσος με 0,175 (επιφάνεια βραχώδης με φυτά)

Στον πίνακα 7.6 που ακολουθεί διακρίνουμε τις μηνιαίες τιμές που παίρνει ο συντελεστής μετατροπής R στην περιοχή της Νέας Μάκρης ανάλογα με την κλίση του συλλέκτη ως προς την επιφάνεια του εδάφους.

Πίνακας 7.6 : Τιμές συντελεστή μετατροπής R για κλίση 30° στην περιοχή της Νέας Μάκρης

ΚΛΙΣΗ	30°
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1,49
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1,32
ΜΑΡΤΙΟΣ	1,16
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1,02
ΜΑΙΟΣ	0,93
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,89
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,91
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,99
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1,12
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1,29
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1,49
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1,53

Το R_b υπολογίζεται από την ακολουθη σχέση:

$$R_b = \frac{[\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_{ss}) + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{ss} \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin(\delta)]}{[\cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_{ss}) + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{ss} \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta)]} \quad (7.8)$$

όπου,
ω_{ss} υπολογίζεται από την σχέση:

$$\omega_{ss} = \min\{\cos^{-1}(-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta)), \cos^{-1}(-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta))\} \quad (7.9)$$

όπου
φ: το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής,
δ: η ηλιακή απόκλιση την μέση αντιπροσωπευτική μέρα του μήνα

Η μέση μηνιαία διάχυτη ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, υπολογίζεται από την σχέση των Collares-Pereira & Rabl, η οποία αναφέρεται στον λόγο της διάχυτης προς την ολική μηνιαία ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο. Ο λόγος αυτός περιγράφεται από την σχέση 7.10. Στον πίνακα 7.8 δίνονται τιμές της μέση μηνιαίας διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας όπως υπολογίστηκαν από την σχέση 7.10 και βάσει των τιμών της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας όπως αναφέρονται στον πίνακα 7.5.

$$\frac{H_d}{H} = 0.755 + 0,00653 \cdot (\omega_{ss} - 90) - [0,505 + 0,004555 \cdot (\omega_{ss} - 90)] \cdot \cos(115 \cdot k_t - 103) \quad (7.10)$$

όπου,

ω_{ss} : η ωριαία γωνία δύσης για τη μέση αντιπροσωπευτική ημέρα του μήνα στην υπό μελέτη περιοχή,
 k_t : ο μέσος μηνιαίος συντελεστής αιθριότητας της περιοχής τον οποίο βρίσκουμε από τον πίνακα 7.7

Πίνακας 7.7 : Μέσος μηνιαίος συντελεστής αιθριότητας k_t

ΜΗΝΑΣ/ΠΕΡΙΟΧΗ	ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0,44
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,47
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,48
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,53
ΜΑΙΟΣ	0,57
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,62
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,63
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,64
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,60
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,54
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,49
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0,44

Πίνακας 7.8: Μέση μηνιαία διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/(m2.)]

ΜΗΝΑΣ/ΠΕΡΙΟΧΗ	ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	25,1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	32,2
ΜΑΡΤΙΟΣ	50,3
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	65,7
ΜΑΙΟΣ	81,9
ΙΟΥΝΙΟΣ	85,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	85,3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	73,7
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	55,5
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	40,1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	26,5
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	22,0

Έχοντας υπολογίσει το R από τη σχέση 7.7 , με χρήση των σχέσεων 7.8,7.9,7.10 ανατρέχουμε στη σχέση 7.6 και υπολογίζουμε την μηνιαία ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο H_T για την υπό μελέτη περιοχή. Τα αποτελέσματα φαίνονται στη στήλη 1 του πίνακα 7.9 και αποτελεί τη συνολική ηλιακή ενέργεια που φτάνει στους συλλέκτες με κλίση 30^0 .

Η ενέργεια αυτή πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια, ο οποίος για τα 225 ΤΕ είναι ίσος με 0,1369. Το αποτέλεσμα είναι η αρχική ηλεκτρική ενέργεια της εγκατάστασης ανά μήνα του έτους, και φαίνεται στην στήλη 2 του πίνακα 7.9.

Για να προκύψει η ηλεκτρική ενέργεια η οποία αποδίδεται από τους συλλέκτες κάθε μήνα στην υπόλοιπη εγκατάσταση, λαμβάνονται υπόψη οι συντελεστές απωλειών που αναφέρθηκαν στη υποενότητα 7.2.3 και συμπληρώνοντας ότι:

$$\sigma_{\alpha} = 0.01$$

$$\sigma_{\kappa} = 0.02$$

$$\sigma_{\mu} = 0.09$$

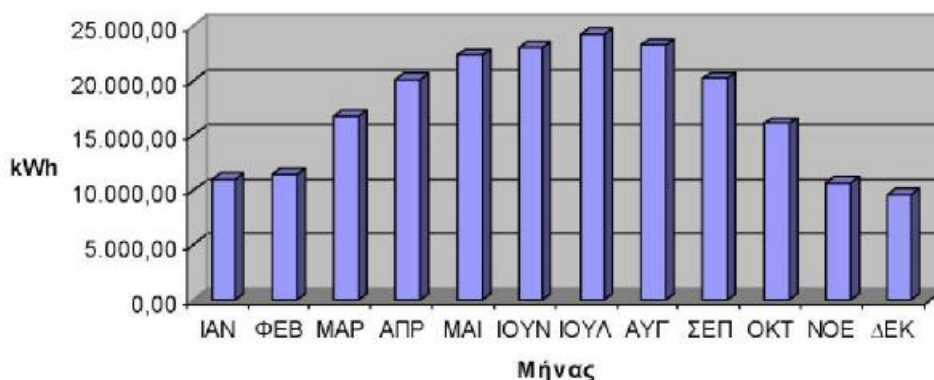
$$\sigma_{\theta} = 0.06$$

Χρησιμοποιώντας τη σχέση 7.1 και αντικαθιστώντας τις τιμές των αντίστοιχων συντελεστών απόδοσης προκύπτει η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η εγκατάσταση ανά μήνα η οποία απεικονίζονται στην στήλη 3 του πίνακα 7.9.

Πίνακας 7.9: Πίνακας υπολογισμών παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	H_T kWh/(m²) (1)	ΑΡΧΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ kWh/(m²) (2)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (kWh) (3)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	103.575,17	14.179,44	10.959,48
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	108.109,40	14.800,18	11.439,26
ΜΑΡΤΙΟΣ	159.013,34	21.768,93	16.825,50
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	190.604,93	26.093,81	20.168,26
ΜΑΙΟΣ	211.245,30	28.919,48	22.352,26
ΙΟΥΝΙΟΣ	217.890,65	29.829,23	23.055,41
ΙΟΥΛΙΟΣ	229.058,58	31.358,12	24.237,11
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	220.089,91	30.130,31	23.288,12
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	191.039,84	26.153,35	20.214,28
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	152.016,09	20.811,00	16.085,10
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	100.447,81	13.751,31	10.628,57
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	90.269,96	12.357,96	9.551,63
ΣΥΝΟΛΟ	1.973.360,98	270.153,12	208.804,99

Στο παρακάτω γράφημα 7.1 απεικονίζεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο σύνολο της εγκατάστασης ανά μήνα.

**Γράφημα 7.1 :** Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα, η αρχική ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τους συλλέκτες σε πρότυπες συνθήκες STC είναι ίση με 270.153,12 kWh, ενώ η τελική ηλεκτρική ενέργεια στο σύνολο του χρόνου που φτάνει προς πώληση ισοδυναμεί με 208.804,99 kWh. Η διαφορά οφείλεται όπως αναλύθηκε σε επιμέρους συντελεστές απωλειών οι τιμές των οποίων έχουν ληφθεί για την χειρότερη περίπτωση (worst case scenario). Συνεπώς ο συντελεστής του

συστήματος αναμένεται πρακτικά μεγαλύτερος όπως και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

7.5.2 Λοιποί υπολογισμοί για τον σχεδιασμό της εγκατάστασης

1)Επιθυμητή ισχύς αιχμής Φ/Β συστοιχίας :

$$P_{\rho\Sigma} = 148,5 \text{kw}$$

2)Γωνία κλίσης πλαισίων 30°.

3)Αριθμός συλλεκτών:

Η επιλογή του συλλέκτη τύπου IBC 225 TE μας δίνει ονομαστική ισχύ αιχμής $P_{\rho\Pi} = 0,225 \text{kw}$. Επομένως

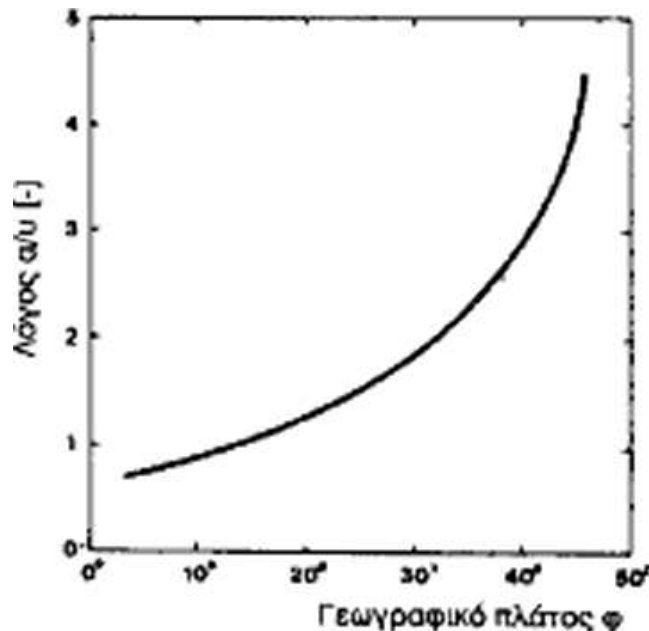
$$N = P_{\rho\Sigma} / P_{\rho\Pi} = 660 \text{ πάνελς θα χρησιμοποιηθούν.}$$

4)Συνδεσμολογία Φ/Β συστοιχίας-απαιτούμενη απόσταση μεταξύ συλλεκτών

Κατά την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων της συστοιχίας απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή ,γιατί δεν πρέπει η μια σειρά πλαισίων να σκιάζει την επόμενη.

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών σειρών Φ/Β πλαισίων υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο :

$$\varepsilon = \alpha + \gamma \cdot \text{συν}\beta = 3,41(\text{m}) \quad (7.11)$$



Διάγραμμα 7.1: Διάγραμμα Monegon

Η ελεύθερη απόσταση α προκύπτει απ τον λόγο α/υ που υπολογίζεται από το διάγραμμα 7.1 με βάση το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 38. Άρα προκύπτει ότι ο λόγος α/υ ισούται με 2,4.

Ο υπολογισμός της επικάλυψης του ύψους της κατασκευής στήριξης γίνεται από την σχέση :

$$v = \gamma \cdot \eta \mu \beta - \delta = 0,83(\text{m}) \quad (7.12)$$

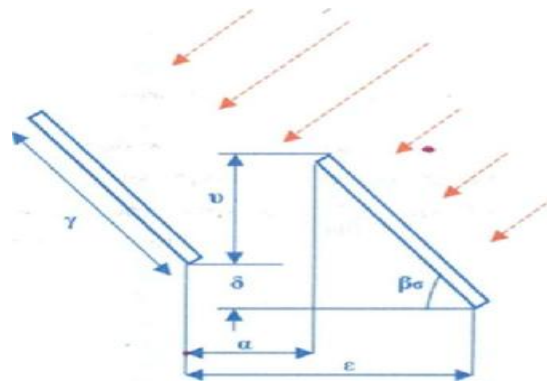
Όπου,

γ : 1,66 το μήκος πλαισίων σε m

β : 30 μοίρες γωνία κλίσης

δ : υψομετρική διαφορά ανάμεσα στα στηρίγματα δύο σειρών Φ/Β πλαισίων ($\delta=0$ για στήριξη στο ίδιο επίπεδο)

Στο σχήμα 7.1 απεικονίζονται τα παραπάνω μεγέθη.



Σχήμα 7.1: Απεικόνιση μεγεθών για τη συνδεσμολογία συστοιχίας

5) Ισχύς αιχμής εγκατάστασης

Η υπολογιζόμενη ισχύς αιχμής της εγκατάστασης είναι το γινόμενο της ισχύος αιχμής του συλλέκτη επί τον αριθμό των συλλεκτών της εγκατάστασης.

$$P = 660 \cdot 0,225 = 148,5 \text{kw}$$

7.6 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SUNNY DESIGN(SMA)

Ένας εναλλακτικός και σύγχρονος τρόπος διαστασιολόγησης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού μιας Φ/Β εγκατάστασης είναι με χρήση του κατάλληλου ηλεκτρονικού εργαλείου. Εμείς θα χρησιμοποιήσουμε το Sunny Design της γερμανικής εταιρίας SMA.

Αφού εκκινήσουμε το πρόγραμμα, συμπληρώνουμε το όνομα της εργασίας στο κατάλληλο κενό. Όπως φαίνεται στην εικόνα 7.2 επιλέγουμε την τοποθεσία της εγκατάστασης, τις θερμοκρασίες στις οποίες θα λειτουργούν οι Φ/Β κυψέλες των πλαισίων, την κλίση αυτών και τη τάση του δικτύου (στην Ελλάδα και στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες ανέρχεται στα 230V) που θα τροφοδοτεί η εγκατάσταση.

Δεδομένα εργασίας
Επισκόπηση αποτελεσμάτων
Διαστασιολόγηση αγωγών

Δεδομένα εργασίας

Όνομα εργασίας:* Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Πελάτης: -

Αριθμός εργασίας: 1

Τοποθεσία

Περιοχή:* Southern Europe

Χώρα:* Greece

Πόλη:* Νέα Μάκρη

Σύνδεση με το δίκτυο

Τάση δικτύου (δηλ. τάση στο σημείο τροφοδοσίας):* 230V (230V / 400V)

Τριφασική τροφοδοσία

Όριο για το μη αντισταθμισμένο φορτίο: 5,00 kVA

Η επιλεγμένη τάση δικτύου επηρεάζει την επιλογή των διαθέσιμων μετατροπών!

Θερμοκρασίες

Θερμοκρασία κυψέλης Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Ελάχιστη θερμοκρασία: -10 °C

Θερμοκρασία σχεδιασμού: 15 °C

Μέγιστη θερμοκρασία: 50 °C

Σχόλιο

* Υποχρεωτικά πεδία

Διαμόρφωση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Εικόνα 7.2:Καταχώρηση βασικών στοιχείων

Κλικάροντας στην επιλογή ‘Διαμόρφωση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης’ φτάνουμε στο σημείο που θα επιλέξουμε τον εξοπλισμό.Επιλέγουμε τον τύπο πλαισίων που θα χρησιμοποιήσουμε καθώς και τον αριθμό τους.Αυτόματα το πρόγραμμα παρουσιάζει τη μέγιστη ισχύ των πλαισίων.Στη συνέχεια επιλέγουμε τον τύπο των μετατροπών που θα χρησιμοποιήσουμε και τον αριθμό τους(22) .Το πρόγραμμα ελέγχει τη συμβατότητα των μετατροπών με τα πλαίσια και το δίκτυο και υπολογίζει το λόγο ονομαστικής ισχύος ο οποίος προκύπτει 107%(επιτρεπτα όρια 95-115%), όπως φαίνεται στην εικόνα 7.3.

Επόμενο βήμα είναι ο σχεδιασμός της καλωδίωσης της εγκατάστασης.Αυτός περιλαμβάνει την πλευρά DC(σύνδεση πλαισίων με μετατροπέα) , την AC1(σύνδεση μετατροπέα με κεντρικό πίνακα) και την AC2(σύνδεση πίνακα με το δίκτυο).Επιλέγοντας τη διατομή των καλωδίων και το μήκος τους, το πρόγραμμα υπολογίζει την ποσοστιαία απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία που όπως φαίνεται στην εικόνα 7.4 είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων.

Με την επιλογή ‘επισκόπηση αποτελεσμάτων’ το πρόγραμμα εμφανίζει μια γενική εικόνα των αριθμητικών στοιχείων της εγκατάστασης,όπως φαίνεται στον πίνακα 7.10 και καταλήγουμε στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην εικόνα 7.5.

Εργασία: Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
 Τοποθεσία: Νέα Μάκρη, Greece

Θερμοκρασία κοφίλης: -10 ... 50 °C

Όνομασία: Φ/β γεννήτρια 1
 Κατασκ.: BSC
 Φ/β όροσο: 225 TE

Μετατροπέας: SMC 7000TL
 Αριθμός μετατροπέων: 22

Μέγ. ισχύς DC: 7,20 kW
 Μέγ. ισχύς AC: 7,00 kW
 Σύνδεση AC: μονοφασική
 Μέγ. αποδοτικότητα: 98,0 %
 Τάση δικτύου (βηλ. τάση στο σημ.: 230V (230V / 400V))

Επιλογή μετατροπέων

	Φ/β γεννήτρια 1 660 / 660	Μέγιστη ισχύς	Λογος ονομ. ισχύος	Συντ. ενεργ. χρήσης
22 x SMC 7000TL	2 x 15 (A)	148,50 kWp	107,0 %	100,0 %

Επιλογή Φ/β ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΜΒΑΤΟΣ

Διαμόρφωση	Είσοδος A	
Μετατροπέας	SMC 7000TL	Φ/β γεννήτρια: Φ/β γεννήτρια 1
Ανεξάρτητες εισόδους	1	Αρ. φ/β μονάδων (εισοδός)
Μέγ. ισχύς DC:	7,20 kW	Μέγιστη ισχύς (εισοδός)
Ελάχ. τάση DC:	333 V	Χαρακτηριστική φ/β τάση
(Τάση δικτύου 230 V)		Ελάχ. φ/β τάση
Μέγ. τάση DC (Μετατροπέας)	700 V	Μέγ. φ/β τάση
Μέγ. ρεύμα DC:	22 A	Μέγ. ρεύμα φ/β γεννήτρια

Εικόνα 7.3:Επιλογή πλαισίων και μετατροπέων

Διαμόρφωση εργασιών

Διαστασιολόγηση αγωγών

Εργασία: Αγωγοί DC, Αγωγοί AC1, Αγωγοί AC2

Ρυθμίσεις

Να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες αγωγού στον υπολογισμό απόδοσης: DC AC

Συνολικές απώλειες	DC	AC	Συνολικά
Συνολικό μήκος αγωγού:	528,00 m	133,00 m	661,00 m
Διατομή αγωγού:	4 mm ²	10 mm ²	4 mm ² - 10 mm ²
Απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:	125,66 W	1,15 kW	1,27 kW
Σχετική απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:	0,08 %	0,77 %	0,85 %

Εικόνα 7.4: Σχεδιασμός καλωδίωσης

Πίνακας 7.10: Επισκόπηση αποτελεσμάτων

	Λικός αριθμός αβολοεικίων μονάδων	Μέγιστη ισχύς	Ετήσια απόδοση ενέργειας (κατά προσέγγιση)	Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)	Συντ.ενεργ. χρήση	Αριθμός μετατροπών	Αποδοτικότητα μετατροπεία	Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση)	Απώλειες κ (σε % τι φωτοβολτι ενέργεια)
✓ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	660	148,50 kWp	212,71 MWh	1432 kWh/kWp	100,0 %	22	97,1 %	86,1 %	0,20 %
✓ Τμηματική εργασία 1	660	148,50 kWp	212,71 MWh	1432 kWh/kWp	100,0 %	22	97,1 %	86,1 %	0,20 %
✓ 22 x SMC 7000TL	660	148,50 kWp	212,71 MWh	1432 kWh/kWp	100,0 %	22	97,1 %	86,1 %	0,20 %

Αξιολόγηση του σχεδιασμού

Όνομα εργασίας: Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
 Αριθμός εργασίας: 1
 Αρχείο έργου: Φ_Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.sdp2

Τοποθεσία: Greece / Νέα Μάκρη

Θερμοκρασία κυψέλης:
 Ελάχιστη θερμοκρασία: -10,00 °C
 Θερμοκρασία σχεδιασμού: 15,00 °C
 Μέγιστη θερμοκρασία: 50,00 °C

Τμηματική εργασία 1

Επιτήρηση συστήματος

Μετατροπέας: 22 x SMC 7000TL

Φ/Β δομοσ.:

A: (Φ/Β γεννήτρια 1)

IBC

225 TE

Αζιμούθιο: 0 °, Κλίση: με ιχνηλάτηση

Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη

τοποθέτηση

Τεχνικά χαρακτηριστικά

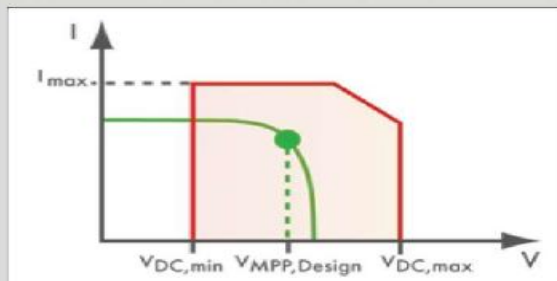
Μέγιστη ισχύς:	148,50 kWp
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	660
Αριθμός μετατροπέων:	22
Μέγ. ισχύς DC:	7,20 kW
Μέγ. ισχύς AC:	7,00 kW
Τάση δικτύου (δηλ. τάση στο σημείο τροφοδοσίας):	230 V
Λόγος ονομ. ισχύος:	107,0 % ✔

Φ/Β γεννήτρια:

Είσοδος A:

Φ/Β γεννήτρια 1

Αριθμός στοιχειοσειρών:	2
Αρ. φ/β μονάδων (είσοδος):	15
Μέγιστη ισχύς (είσοδος):	6,75 kWp
Ελάχ. φ/β τάση:	407 V ✔
Χαρακτηριστική φ/β τάση:	474 V ✔
Ελάχ. τάση DC (Τάση δικτύου 230 V):	333 V ✔
Μέγ. φ/β τάση:	618 V ✔
Μέγ. τάση DC (Μετατροπέας):	700 V ✔
Μεγ. ρεύμα φ/β γεννήτρ.:	14,9 A ✔
Μέγ. ρεύμα DC:	22,0 A



Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΜΒΑΤΟΣ

Συμβατότητα φωτοβολταϊκής γεννήτριας και τύπου μετατροπέα. Ο λόγος ονομαστικής ισχύος (μέγιστη ισχύς DC του μετατροπέα διαιρούμενη δια της μέγιστης ισχύος) βρίσκεται στο συνιστώμενο εύρος τιμών (95% - 115%).

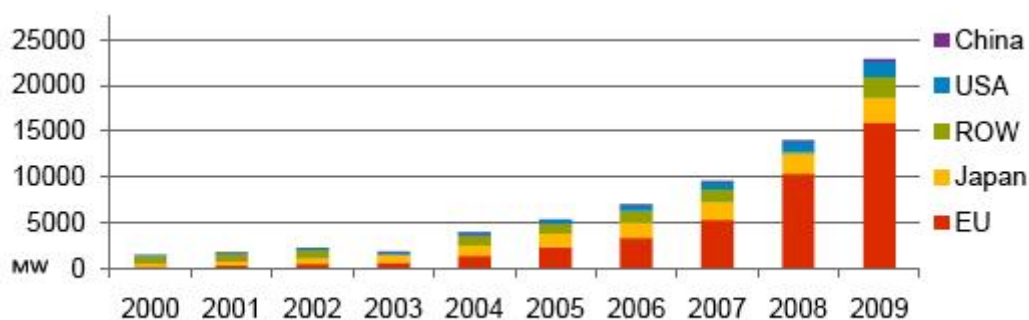
Εικόνα 7.5: Αξιολόγηση σχεδιασμού

8. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

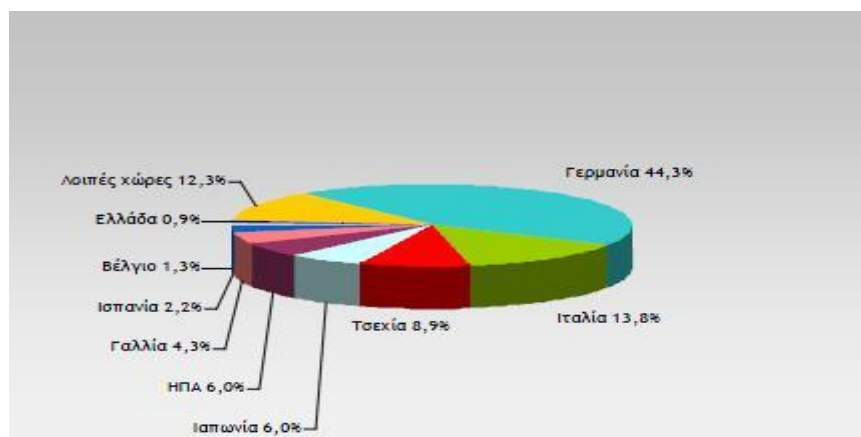
8.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΑΓΟΡΑΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε με γραφήματα τα στατιστικά της διεθνούς αγοράς φωτοβολταϊκών συστημάτων όπως προέκυψαν από έρευνα το 2010 που έγινε από το σύνδεσμο εταιριών φωτοβολταϊκών.

Η αγορά των φωτοβολταϊκών(Φ/Β) στον κόσμο σημειώνει χαρακτηριστική αύξηση τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της σταδιακής μείωσης του αρχικά υψηλού κόστους, καθώς και λόγω των κινήτρων που προσφέρονται σε εθνικό επίπεδο στις διάφορες χώρες. Το 1988 είχαν εγκατασταθεί Φ/Β συνολικής ισχύος 33 MWp και στο τέλος του 2009 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς έφτασε περίπου τα 24000 MWp όπως δείχνει και το γράφημα 8.1. Η τιμή αυτή έχει επιτευχθεί κυρίως λόγω της υψηλής ανάπτυξης των Φ/Β σε τρεις χώρες, Γερμανία, Ισπανία και Ιαπωνία, στις οποίες αντιστοιχεί το 52,5% της παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος όπως φαίνεται και στο γράφημα 8.2 για το 2010.



Γράφημα 8.1: Παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών 2000-2009



Γράφημα 8.2: Μερίδιο νέας εγκατεστημένης ισχύος το 2010

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται στοιχεία της ευρωπαϊκής αγοράς φωτοβολταϊκών ανά χώρα.

Πίνακας 8.1: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά χώρα σε Mwp

Γερμανία	9.959	17.370
Ισπανία	3.438	3.808
Ιταλία	1.157	3.478
Τσεχία	465,9	1.953
Γαλλία	335	1.054
Βέλγιο	574	787
Ελλάδα	55	205,4
Σλοβακία	0,2	143,8
Πορτογαλία	102,2	130,8
Αυστρία	52,6	102,6
Ολλανδία	67,5	96,9
Βρετανία	29,6	74,8
Σλοβενία	9,0	36,3
Λουξεμβούργο	26,3	27,3
Βουλγαρία	5,7	17,2
Σουηδία	8,7	10,1
Φινλανδία	7,7	9,7
Δανία	4,6	7,1
Κύπρος	3,3	6,3
Ρουμανία	0,6	1,9
Πολωνία	1,4	1,8
Ουγγαρία	0,7	1,8
Μάλτα	1,5	1,7
Ιρλανδία	0,6	0,6
Λιθουανία	0,1	0,1
Εσθονία	0,1	0,1
Λετονία	0,0	0,0
ΕΕ-27	16.304	29.328

Εφόσον το κόστος των Φ/Β συνεχίζει να μειώνεται και λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εναλλακτικών μεθόδων παραγωγής ηλεκτρισμού, η αγορά των Φ/Β αναμένεται να αναπτυχθεί με τον ίδιο ή και μεγαλύτερο βαθμό στο μέλλον. Αυτό ενισχύεται με την πολιτική των διεθνών φορέων και οργανισμών, με αποτέλεσμα η υποστήριξη, τα κίνητρα και οι επενδύσεις σε αυτή την τεχνολογία να είναι σημαντικές.

Στο παρακάτω γράφημα 8.3 παρουσιάζονται οι προσδοκόμενοι αριθμοί για την αγορά του 2011 ανά εταιρία.



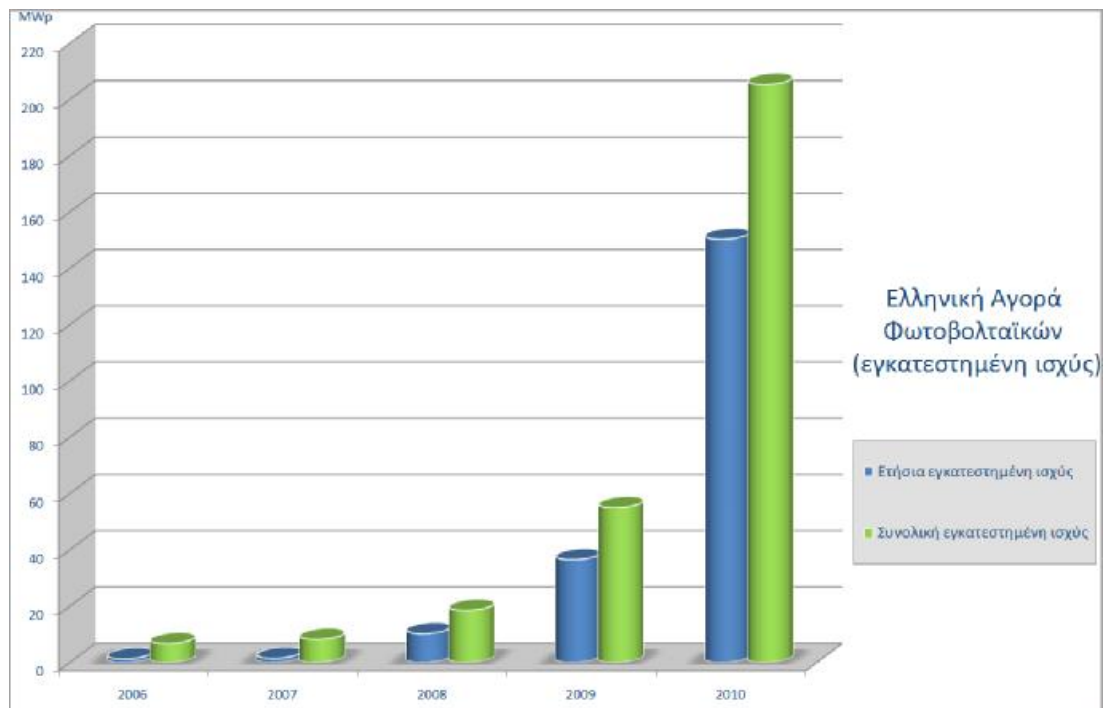
Γράφημα 8.3: Προβλέψεις για την αγορά φωτοβολταϊκών το 2011

8.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Εξετάζοντας την Ελληνική αγορά και την ανάπτυξη των Φ/Β, μπορεί να διαπιστωθεί το καθεστώς που διέπει εν γένει τον κλάδο των ΑΠΕ στη χώρα μας. Επιγραμματικά, η ανάπτυξή τους υπήρξε μηδαμινή (2.2 MWp το 2003) τουλάχιστον μέχρι το 2006, όπου οι εγκαταστάσεις Φ/Β περιορίζονταν σε αυτές της ΔΕΗ σε νησιά (Κύθνος, Αντικύθηρα κλπ) και σε εγκαταστάσεις ιδιωτών σε απομακρυσμένες κατοικίες. Μια τέτοια ανάπτυξη ήταν απογοητευτική, δεδομένου του εξαιρετικού ηλιακού δυναμικού της χώρας μας. Οι κύριοι λόγοι για την μικρή αυτή ανάπτυξη ήταν τα γραφειοκρατικά προβλήματα, η ελλιπής ενημέρωση των μικροεπενδυτών, τα μηδαμινά κίνητρα τα οποία καθιστούσαν ασύμφορη μια επένδυση σε Φ/Β και ο μονοπωλιακός χαρακτήρας του ενεργειακού τομέα μέχρι το 2001.

Το 2006, με το νόμο 3468/2006, δημιουργήθηκε ένα πιο συμφέρον νομοθετικό πλαίσιο σε σχέση με τα Φ/Β. Ταυτόχρονα με τις ευνοϊκές τιμολογιακές ρυθμίσεις και επιχορηγήσεις για τους ενδιαφερόμενους επενδυτές σε μικρομεσαία κλίμακα, θεσμοθετήθηκε ένα πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών (ΑΦΣ) με σκοπό την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών, για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ο νόμος αυτός σε συνδυασμό με επιδοτήσεις που είχαν δοθεί για το κόστος της επένδυσης, κίνησαν το ενδιαφέρον πολλών μικροεπενδυτών με αποτέλεσμα ο αριθμός των αιτήσεων για άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να ξεπερνάει κατά πολύ (2489 MWp) το στόχο του προγράμματος. Αυτό το γεγονός είχε ως αποτέλεσμα το Υπουργείο Ανάπτυξης να αναστείλει την αδειοδοτική διαδικασία στα τέλη του 2007. Συγκεκριμένα, μέχρι το τέλος του 2007 η εγκατεστημένη ισχύς είχε φτάσει μόλις τα 8.2 MW με ετήσιες αυξήσεις της τάξης των 1-1.5 MW. Από το 2008 αρχικά και ακόμα περισσότερο μετά τα μέσα του 2009 με την ψήφιση του νόμου 3851/2010, ο οποίος εισήγαγε σημαντική αύξηση του ορίου ισχύος των Φ/Β πάρκων που απαλλάσσονται από την ανάγκη λήψης άδειας παραγωγής και από την ανάγκη λήψης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, η αύξηση στο ενδιαφέρον για τα φωτοβολταϊκά και αντίστοιχα η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος ήταν κατακόρυφη. Μέχρι το τέλος του 2010 οι αιτήσεις για άδεια παραγωγής ή εξαίρεση από άδεια για Φ/Β αντιστοιχούσαν σε ισχύ ίση με 9437MW. Συνολικά, στο τέλος του 2010 η

εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β ήταν 205,4 MW ενώ η ετήσια αύξηση άγγιξε το 274%. Στο φράγμα 8.4 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διακήμανση της εγκατεστημένης ισχύος στην ελληνική αγορά από το 2006 έως το 2010.



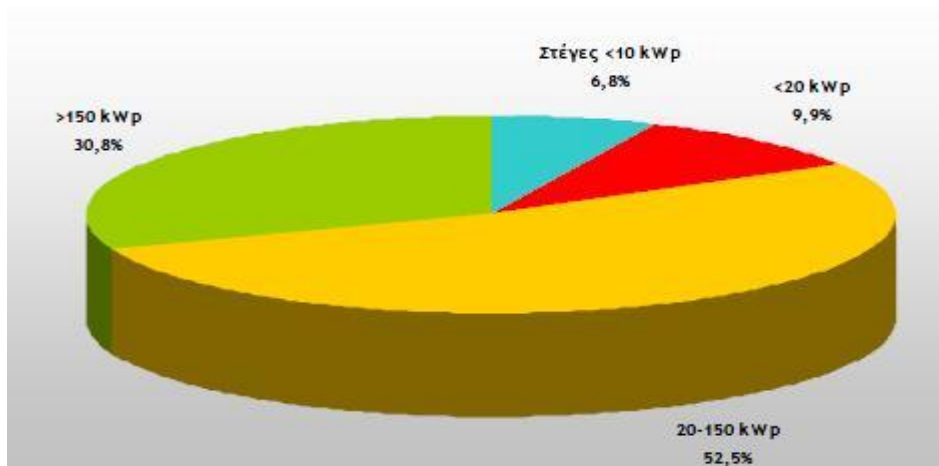
Γράφημα 8.4: Ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών

Στον παρακάτω πίνακα 8.2 παρουσιάζεται νέα εγκατεστημένη ισχύς για το πρώτο τρίμηνο του 2011.

Πίνακας 8.2: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς στον Ελλαδικό χώρο

Πρώτο τρίμηνο 2011		Σύνολο
Νέα εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών Ιαν-Μαρ 2011 (MWp)		75,7
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών διασυνδεδεμένων στο δίκτυο (MWp)		274,2
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών περιλαμβανομένων των αυτόνομων (MWp)		281,1

Το γράφημα 8.5 που ακολουθεί παρουσιάζει την κατανομή διασυνδεδεμένων συστημάτων ανά ισχύ.



Γράφημα 8.5: Κατανομή διασυνδεδεμένων συστημάτων ανά ισχύ

8.3 ΚΙΝΗΤΡΑ ΓΙΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ

Η ενημέρωση και μόνο ,δεν αρκεί για να κερδίσει την εμπιστοσύνη του μικροεπενδυτή να στραφεί στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

Γι'αυτό το λόγο έχουν θεσπιστεί ιδιαίτερα ελκυστικές τιμές πώλησης (ευρώ/KWh) της παραγόμενης ενέργειας, είτε αυτό παράγεται από οικιακό σύστημα είτε από φωτοβολταϊκό πάρκο.

Η αποδοχή όρων σύνδεσης εγγυάται την τιμή για χρονικό διάστημα είτε 25 ετών (οικιακό σύστημα) είτε 20 ετών (για φωτοβολταϊκό πάρκο).

Ειδικότερα, τα οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα μέχρι 10KWp εντάσσονται σε Ειδικό Πρόγραμμα, το οποίο ισχύει μέχρι 31.12.2019 και μεταξύ άλλων προβλέπει πλήρη φορολογική απαλλαγή του δημιουργηθέντος εισοδήματος. Σύμφωνα με Κοινή Υπουργική Απόφαση, επιτρέπεται από την 1η Ιουλίου του 2009 η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων ισχύος μέχρι 10 KWp σε στέγες και ταράτσες κτιριακών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται για ιδιωτικές κατοικίες ή για στέγαση πολύ μικρών επιχειρήσεων. Η φορολογική διευκόλυνση, καθώς επίσης και η ιδιαίτερα υψηλή τιμή πώλησης της κιλοβατώρας στη ΔΕΗ (0,55 ευρώ) αποτελούν ιδιαίτερα ελκυστικά κίνητρα προς τους ιδιοκτήτες ακινήτων οι οποίοι θελήσουν να αξιοποιήσουν έναν έως τώρα ανεκμετάλλευτο χώρο.

Τα επιτόκια των τραπεζών κυμαίνονται γύρω στο 8%-9% με ορισμένες τράπεζες να χρηματοδοτούν ακόμη και το 100% της επένδυσης (δηλαδή γύρω στα 40.000-45.000 ευρώ), ενώ η διάρκεια αποπληρωμής φθάνει μέχρι τα 25 χρόνια, μέχρι το τέλος δηλαδή του προγράμματος επιδότησης.

Εκτός βέβαια από τα οικονομικά κίνητρα που προσφέρουν οι επενδύσεις σε Φ/Β, η προώθησή τους συμβάλλει ακόμα στην απορρύπανση του περιβάλλοντος, βελτιώνοντας ταυτόχρονα την ποιότητα ζωής στη χώρα μας, καθώς και στην απεξάρτηση της οικονομίας από τα δαπανηρά και ρυπογόνα υγρά και στερεά καύσιμα. Δεν πρέπει να ξεχνάμε εξάλλου ότι η γεωγραφική θέση της χώρας μας ευνοεί τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας γενικότερα.

8.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Ένα κιλοβάτ φωτοβολταϊκών αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3 τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Χρειάζονται 2 στρέμματα δάσους ή περίπου 100 δέντρα για να απορροφήσουν αυτή την ποσότητα CO₂. Για να παραχθεί η ίδια ηλεκτρική ενέργεια με πετρέλαιο, απαιτούνται 2,2 βαρέλια πετρελαίου κάθε χρόνο. Από περιβαλλοντική άποψη, αποφεύγοντας 1.300 κιλά CO₂ ετησίως είναι σαν να κάνει ένα μέσο αυτοκίνητο 7.000 χιλιόμετρα λιγότερα κάθε χρόνο.

Επιπλέον, η υποκατάσταση ρυπογόνων καυσίμων από φωτοβολταϊκά συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). 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.

8.4.1 Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών

Η ισχύουσα σήμερα νομοθεσία δεν προβλέπει την υποχρεωτική συλλογή και ανακύκλωση των φωτοβολταϊκών (κάτι που σχεδιάζει και υλοποιεί εθελοντικά η βιομηχανία φωτοβολταϊκών μέχρι να γίνει υποχρεωτικό κάτι τέτοιο από τη νομοθεσία). Συγκεκριμένα, η ευρωπαϊκή βιομηχανία φωτοβολταϊκών έχει δεσμευτεί να συλλέγει το 65% κατ'ελάχιστον των φωτοβολταϊκών που έχουν εγκατασταθεί στην Ευρώπη από το 1990 και να ανακυκλώνει το 85% των υλικών (Πρωτοβουλία PVCYCLE).

Στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών τεχνολογίας CdTe η υποχρέωση ανακύκλωσης αποτελεί ήδη πάγια πρακτική. Με την προμήθεια των πλαισίων αυτών, ο τελικός χρήστης δεσμεύεται με συμβόλαιο να παραδώσει τα φωτοβολταϊκά στην κατασκευάστρια εταιρία μετά τον ωφέλιμο χρόνο ζωής τους, η δε κατασκευάστρια εταιρία δεσμεύεται να τα ανακυκλώσει και να ανακτήσει το CdTe. Στην αρχική τιμή των πλαισίων αυτών περιλαμβάνεται και το κόστος συλλογής και ανακύκλωσης, έστω κι αν κάτι τέτοιο θα συμβεί μετά από 20-30 χρόνια. Έχει δημιουργηθεί μάλιστα και ειδικό ασφαλιστικό ταμείο το οποίο διασφαλίζει τη συλλογή και ανακύκλωση των πλαισίων ακόμη κι αν εν τω μεταξύ εκλείψουν οι κατασκευάστριες εταιρίες. Στο σχήμα 8.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο κύκλος που ξεκινά από την κατασκευή και καταλήγει στην ανακύκλωση των Φ/Β πλαισίων.



Σχήμα 8.1: Κύκλος «ζωής» Φ/Β πλαισίων

8.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον: δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
2. Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα.
3. Με την κατάλληλη γεωγραφική κατανομή τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς να απαιτείται ενίσχυση του δικτύου διανομής.
4. Η λειτουργία του συστήματος είναι αθόρυβη.
5. Έχουν σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης.
6. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής: οι κατασκευαστές εγγυώνται τον εξοπλισμό για 20-30 χρόνια λειτουργίας.
7. Υπάρχει πάντα η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών.
8. Μπορούν να εγκατασταθούν πάνω σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, όπως είναι π.χ. η στέγη ενός σπιτιού ή η πρόσοψη ενός κτιρίου.
9. Διαθέτουν ευελιξία στις εφαρμογές: τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.
10. Επιπλέον, ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Φ/Β συστήματος είναι ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης (διασυνδεδεμένο σύστημα), καταργώντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πωλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου, όπως ήδη γίνεται στο Φράϊμπουργκ της Γερμανίας.

Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να θεωρηθεί το κόστος τους, το οποίο, παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 4000 ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kW) ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5 κιλοβάτ, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Το ποσό αυτό, ωστόσο, μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 25χρόνια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κ.Καγκαράκης, ' Ημιαγωγοί', Αθήνα 1985
2. M. Bouroushian, Z. Loizos, N. Spyrellis, 'Electrocrystallization of CdSe upon various substrates. Structural arrangement and photoelectrochemical performance', Applied Surface Science 2000 (125-134)
3. Μ.Μπουρουσιάν, 'Ηλεκτρολυτική Παρασκευή Ημιαγωγών Καδμίου- Σεληνίου- Τελλουρίου', Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα 1998
4. Μ.Παπαδόπουλος, 'Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές', Αθήνα 1997
5. Δερβος, 'Εισαγωγή στα Ημιαγώγιμα Υλικά και Βασικές Διατάξεις', Αθήνα 2000
6. Κ.Καγκαράκης, 'Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία', Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1992
7. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», ΚΑΠΕ, 2001
8. Μπαλαράς, Κ.,Α., «Συμβατικές και ήπιες μορφές ενέργειας», ΤΕΙ Πειραιά, 1999
9. Τσαβασάρος,Κ., «Ηλιακά Συστήματα στην Ελλάδα: Εμπειρίες και προοπτικές», Ένωση Βιομηχανιών Ηλιακής Ενέργειας 2000

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1. www.fotovoltaika.com
2. www.neonenergy.gr
3. www.selasenergy.gr
4. www.greenenergia.gr
5. www.dei.gr
6. www.cres.gr
7. www.pvresources.com
8. www.eurosolar.org
9. www.sma.de
10. www.polysilicon.com
11. www.solars.com.gr
12. www.solar-panels.gr
13. www.wind-generator.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1) INVERTERS SMC 7000TL

Υψηλή απόδοση

- > Βαθμός απόδοσης > 98 %
- > Βέλτιστος βαθμός απόδοσης προσαρμογής χάρη στην ρύθμιση σημείου μέγιστης ισχύος OptiTrac
- > Ιδιαίτερα αποτελεσματικό σύστημα ψύξης OptiCool
- > Χωρίς μετασχηματιστή

Ασφάλεια

- > Ενσωματωμένος διακόπτης απόζευξης DC ESS
- > Για εξωτερική και εσωτερική τοποθέτηση
- > Παγκόσμιο υπηρεσία εξυπηρέτησης της SMA που περιλαμβάνει και ειδική γραμμή επικοινωνίας
- > Ολοκληρωμένο πρόγραμμα εγγύησης SMA



SUNNY MINI CENTRAL

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ INVERTER

	SMC 6000TL	SMC 7000TL	SMC 8000TL
Είσοδος (DC)			
Μέγ. ισχύς DC	6200 W	7200 W	8250 W
Μέγ. τάση DC	700 V	700 V	700 V
Περιοχή φωτοβολταϊκής τάσης, σημείου μέγιστης ισχύος (μέσω ανιχνευτή MPP)	333 V - 500 V	333 V - 500 V	333 V - 500 V
Μέγ. ρεύμα εισόδου	19 A	22 A	25 A
Αριθμός των ανιχνευτών σημείου μέγιστης ισχύος	1	1	1
Μέγ. αριθμός στοιχειοσειρών (παράλληλη σύνδεση)	4	4	4
Εξόδος (AC)			
Ονομαστική ισχύς AC	6000 W	7000 W	8000 W
Μέγ. ισχύς AC	6000 W	7000 W	8000 W
Μέγ. ρεύμα εξόδου	27 A	31 A	35 A
Ονομαστική τάση / Περιοχή τάσεων AC	220V - 240V / 180V - 260V	220V - 240V / 180V - 260V	220V - 240V / 180V - 260V
Συχνότητα δικτύου AC (αυτορυθμιζόμενη) / Περιοχή	50 Hz / ± 4,5 Hz	50 Hz / ± 4,5 Hz	50 Hz / ± 4,5 Hz
Συντελεστής ισχύος (cos φ)	1	1	1
Σύνδεση AC / Ανιστάθμιση ισχύος	μονοφασικό / ●	μονοφασικό / ●	μονοφασικό / ●
Βαθμός απόδοσης			
Μέγ. βαθμός απόδοσης	98,0 %	98,0 %	98,0 %
Ευρο-ελα	97,7 %	97,7 %	97,7 %
Συστήματα προστασίας			
Προστασία αντιστροφής πόλων DC	●	●	●
Διακόπτης ESS απομόνωσης φορτίου DC	●	●	●
Αντοχή σε βραχυκύκλωμα AC	●	●	●
Επιτήρηση βραχυκυκλώματος γης	●	●	●
Επιτήρηση δικτύου (SMA grid guard)	●	●	●
Μονάδα επιτήρησης ρευμάτων διαρροής, ευαίσθητη σε όλα τα ρεύματα	●	●	●
Γενικά στοιχεία			
Διαστάσεις (Πλάτος / Ύψος / Βάθος) σε mm	468 / 613 / 242	468 / 613 / 242	468 / 613 / 242
Βάρος	31 kg	32 kg	33 kg
Περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Ίδια κατανάλωση: Λειτουργία (Αναμονής) / νυχτερινή	< 10 W / 0,25 W	< 10 W / 0,25 W	< 10 W / 0,25 W
Τοπολογικά στοιχεία	χωρίς μετασχηματιστή	χωρίς μετασχηματιστή	χωρίς μετασχηματιστή
Τρόπος ψύξης	OptiCool	OptiCool	OptiCool
Χώρος τοποθέτησης: εσωτερικά / εξωτερικά (Προστασία IP65)	● / ●	● / ●	● / ●
Εξοπλισμός			
Σύνδεση DC: MC3 / MC4 / Τυσο	○ / ● / ○	○ / ● / ○	○ / ● / ○
Σύνδεση AC: Βιδωτά βύσματα	●	●	●
Οθόνη LCD	●	●	●
Διεπαφή: RS485 / Ασύρματη	○ / ○	○ / ○	○ / ○
Εγγύηση: 5 έτη / 10 έτη	● / ○	● / ○	● / ○
Πιστοποιητικά και εγκρίσεις	www.SMA-Hellas.com	www.SMA-Hellas.com	www.SMA-Hellas.com
● Βασικός εξοπλισμός ○ Προαιρετικά	Στοιχεία στις ονομαστικές συνθήκες - Έκδοση Ιανουάριος 2009		
Καμπύλη βαθμού απόδοσης			

2) ΚΑΛΩΔΙΑ ΑΣ ΠΛΕΥΡΑΣ



ΕΙΔΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΒΙΟΜΗΧ. ΧΡΗΣΕΩΝ ΕΞΩΤ. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ : **H07RN-F** (Με χρήση κιτρινοπράσινου αγωγού).
 : **A07RN-F** (Χωρίς χρήση κιτρινοπράσινου αγωγού).
 ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ : **450/750 V**
 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ : **ΕΛΟΤ 623.4 , HD 22.4**



ΧΡΩΜΑΤΑ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΟΛΩΝ	A07RN-F	H07RN-F
2	—	ΜΠΛΕ - ΚΑΦΕ
3	ΜΑΥΡΟ-ΑΝΟΙΧΤΟ ΜΠΛΕ-ΚΑΦΕ	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ-ΜΠΛΕ-ΚΑΦΕ
4	ΜΑΥΡΟ-ΑΝΟΙΧΤΟ ΜΠΛΕ-ΚΑΦΕ-ΜΑΥΡΟ	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ-ΜΑΥΡΟ-ΜΠΛΕ-ΚΑΦΕ
5	ΜΑΥΡΟ-ΑΝΟΙΧΤΟ ΜΠΛΕ-ΚΑΦΕ-ΜΑΥΡΟ-ΜΑΥΡΟ	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ-ΜΑΥΡΟ-ΜΠΛΕ-ΚΑΦΕ-ΜΑΥΡΟ
6 ΚΑΙ ΑΝΩ	ΟΛΟΙ ΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΑΥΡΟΙ ΑΡΙΘΜΗΜΕΝΟΙ	ΕΝΑΣ ΑΓΩΓΟΣ ΚΙΤΡΙΝΟ / ΠΡΑΣΙΝΟΣ ΟΙ ΥΠΟΛΟΙΠΟΙ ΜΑΥΡΟΙ ΑΡΙΘΜΗΜΕΝΟΙ

ΧΡΗΣΕΙΣ:

Σε ξηρούς, υγρούς ή βρεγμένους χώρους, στο ύπαιθρο. Για μέσες μηχανικές καταπονήσεις στις βιομηχανίες, σε εργοτάξια και αγροτικά έργα, για κινητές ή σταθερές εγκαταστάσεις.

1. Λεπτοπολύκλωνος αγωγός.
2. Μόνωση ελαστικού.
3. Μανδύας ελαστικού.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΣΡ ΣΕ 20°C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	
					1 ΦΑΣΗ AC ή DC	3 ΦΑΣΕΙΣ AC
mm ²	mm	Kg/Km	Ω/Km	A	mV/Akm	mV/Akm
1X1.5	7.2	55	13.7	22	31	27
1X2.5	8.0	75	8.21	31	19	17
1X4	9.0	100	5.09	41	12	10
1X6	11.0	135	3.39	53	7.8	6.7
1X10	12.5	200	1.95	73	4.6	4
1X16	14.5	275	1.24	98	2.9	2.5
1X25	16.5	390	0.795	129	1.85	1.55
1X35	18.5	515	0.565	158	1.37	1.15
1X50	21.0	720	0.393	198	1.02	0.84
1X70	23.5	950	0.277	245	0.71	0.58
1X95	26.0	1220	0.210	292	0.53	0.44
1X120	28.5	1550	0.164	344	0.44	0.36
1X150	31.5	1900	0.132	391	0.37	0.30
1X185	34.5	2430	0.108	448	0.33	0.26
1X240	38.0	2960	0.0817	528	0.26	0.21
1X300	41.5	3715	0.0654	608	0.24	0.19
1X400	46.5	4630	0.0495	715	0.19	0.15
1X500	51.5	5700	0.0391	820	0.15	0.12
2X1	10.5	120	20.0	15	48	—
2X1.5	11.5	130	13.7	18	31	—
2X2.5	13.5	185	8.21	26	19	—
2X4	15.0	255	5.09	34	12	—
2X6	18.5	355	3.39	44	7.8	—
2X10	24.0	665	1.95	61	4.6	—
2X16	27.5	855	1.24	82	2.9	—
2X25	31.5	1230	0.795	108	1.85	—
3X1	11.5	140	20.0	15	48	42
3X1.5	12.5	155	13.7	18	31	27
3X2.5	14.5	225	8.21	26	19	17
3X4	16.0	310	5.09	34	12	10
3X6	20.0	430	3.39	44	7.8	6.7
3X10	25.5	800	1.95	61	4.6	4
3X16	29.5	1050	1.24	82	2.9	2.5
3X25	34.0	1510	0.795	108	1.85	1.55
3X35	38.0	1940	0.565	135	1.37	1.15
3X50	44.0	2700	0.393	168	1.02	0.84
3X70	49.5	3535	0.277	207	0.71	0.58
3X95	54.0	4575	0.210	250	0.53	0.44
3X120	59.0	6120	0.164	292	0.44	0.36
3X150	66.5	6970	0.132	335	0.37	0.30
3X185	71.5	9130	0.108	382	0.33	0.26
3X240	81.0	11370	0.0817	453	0.26	0.21
3X300	89.5	14205	0.0654	523	0.24	0.19

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΣΡ ΣΕ 20°C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ
mm ²	mm	Kg/Km	Ω/Km	A	mV/A/m
4X1	12.5	170	20.0	15	42
4X1.5	13.5	190	13.7	18	27
4X2.5	15.5	270	8.21	26	17
4X4	18.0	380	5.09	34	10
4X6	22.0	535	3.39	44	6.7
4X10	28.0	965	1.95	61	4
4X16	32.0	1275	1.24	82	2.5
4X25	37.5	1875	0.795	108	1.55
4X35	42.0	2415	0.565	135	1.15
4X50	48.0	3580	0.393	168	0.84
4X70	54.5	4435	0.277	207	0.58
4X95	60.5	5720	0.210	250	0.44
4X120	65.5	7600	0.164	292	0.36
4X150	74.0	8960	0.132	335	0.30
4X185	79.5	11480	0.108	382	0.26
4X240	90.0	14260	0.0817	453	0.21
4X300	99.5	17845	0.0654	523	0.19
5X1	13.5	190	20.0	15	42
5X1.5	15.0	215	13.7	18	27
5X2.5	17.5	315	8.21	26	17
5X4	19.5	445	5.09	34	10
5X6	24.5	630	3.39	44	6.7
5X10	30.5	1115	1.95	61	4
5X16	35.5	1520	1.24	82	2.5
5X25	41.5	2235	0.795	108	1.55
7X1.5	17.5	330	13.7	—	27
7X2.5	20.0	475	8.21	—	17
12X1.5	23.0	535	13.7	—	27
12X2.5	26.5	770	8.21	—	17
18X1.5	26.5	900	13.7	—	27
18X2.5	31.5	1180	8.21	—	17
27X1.5	31.5	1110	13.7	—	27
27X2.5	37.0	1590	8.21	—	17
36X1.5	36.0	1320	13.7	—	27
36X2.5	41.5	2000	8.21	—	17

Η επιτρεπόμενη ένταση φόρτισης των πολυπολικών καλωδίων εξαρτάται από τον αριθμό των φορτιζόμενων αγωγών

Αριθμός φορτιζόμενων αγωγών	5	7	10	12	14	16	19	21	24
Συντελεστής μείωσης	0.7	0.63	0.57	0.54	0.51	0.49	0.45	0.43	0.4

Λαμβανόμενη αρχική φόρτιση	
1.5mm ²	18A
2.5mm ²	25A

ΚΑΛΩΔΙΑ DC ΠΛΕΥΡΑΣ



for photovoltaic systems

may be used indoors, outdoors, in potentially explosive areas, for industrial purposes, in commercial and agricultural firms

can also be laid:

- => in cable conduits
- => on, in and under plaster
- => in electrical installation ducts
- => in devices

suitable for use in and on double-insulated devices and systems (protection class II)

protected against short circuits and ground leakages

VDE-tested (VDE Reg. no. 8026)

TÜV-tested (German Technical Supervisory Association, certificate R60014271)

for movable, freely suspended or fixed installation in photovoltaic systems within a temperature range between -40°C and +120°C

max. ambient temperature up to +120°C (movable and fixed installation) Rating according to IEC 60216: Continuous temperature 120°C = 20,000h (= 2.3 years), max. 90°C continuous temperature = 30 years

halogen free

improved fire-resistant performance

low smoke emission in the event of fire

ammonia-resistant

UV and ozone resistant



ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

electrical parameters

nominal voltage AC
 max. PV system voltage DC
 max. permissible operating voltage AC
 max. permissible operating voltage DC
 test voltage AC/DC
 current-carrying capacity

thermal parameters

ambient temperature

max. permissible temperature at conductor
 max. permissible short circuit temperature at conductor
 Resistance to cold

mechanical parameters

permissible tensile loading
 min. permissible bending radius
 abrasion

shore hardness

resistance against external influences:

mineral oil resistance
 ozone resistance

UV resistance

acid and alkali resistance

ammonia resistance

water absorption (gravimetric)

reaction to fire:

- flame propagation, single cable
- flame propagation, multiple cable
- smoke emission, light transmission >70%
- low corrosivity
- low toxicity

ecological safety measures:

design criteria:

conductor

insulation

jacket

identification mark

U₀/U 0.6/1.0 KV

2.0 KV

0./1.2 KV line-earth/line-line

0.9/1.8 KV line-earth/line-line

6 KV/10 KV (test duration 15 min)

of a cable lying on the surface during continuous operation using direct current, alternating or three-phase current with 50 to 60 Hz at an ambient temperature of 30°C (see selection table)

-40°C to +120°C (movable and fixed installation)

rating according to IEC60216: continuous temperature

120°C = 20,000 h (2.3 years), at max. 90°C

continuous temperature = 30 years

+120°C (20.000 h)

+250°C (at cable max. 5 sec.)

-40°C (cold bending and elongation test according to EN 60811-1-4, cold impact test according to EN 50305)

15 N/mm² in use, 50N/mm² during installation

see selection table

against sandpaper (according to DIN 53516), jacket against

jacket (int. test), jacket against metal (int. test)

85 (according to DIN 53505)

tested according to DIN EN 60811-2-1

tested according to DIN VDE 0282-2, HD 22.2 test type B

tested according to UL 1581 xeno test

according to EN 50264-1

internal testing

EN 60811-1-3

EN 60332-1-2

EN 50266-2-5

DIN EN 50268-2

EN 50264-1

EN 50305 (index ITC <3)

have been taken concerning recycling and disposal as well as energy-saving production (free of pollutants and halogen, no environmentally-harmful pollutants are created during thermal recycling)

copper, tin-plated, class 5 finely stranded wires according to DIN VDE 0295/HD 383/IEC 60228

free of halogen, heat and ozone resistant, special mixture of cross-linked HEPR-based (ethylene-propylene-rubber) elastomer according to EN 60502-1

free of halogen, heat- and ozone-resistant, special mixture of cross-linked EVA-based (ethylene-vinyl-acetate) elastomer ozone-, UV-, oil- and chemical-resistant according to HD 22.1 (mixture type EM4/EM8)

FlexiSun® (cross section) PV01 0.6/1KV VDE Reg. no. 8026/TÜV-certified R60014271

Subject to modifications that represent

In case of a deviating ambient temperature, the current load values in the selection table must be converted using the following factors:

°C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
f	1,15	1,15	1,08	1,04	1,00	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71	0,65	0,58	0,50	0,41

selection table

type FlexiSun®	1 x 2,5	1 x 4	1 x 6	1 x 10
nominal cross section	2,5	4	6	10
colour	black	black	black	black
cu number	24	38	58	96
conductor diameter (mm)	1,9	2,5	3,0	3,9
external diameter (minimum value) (mm)	5,0	5,1	6,6	7,0
external diameter (highest value) (mm)	5,5	5,9	7,3	7,9
weight of cable (kg/km)	46	58	90	127
min. bending radius (mm)	16,5	18,0	22,0	24,0
max. permissible tensile loading (N)	38	60	90	150
current load at 30°C (A)	49	65	82	116
item number	7000201003	7000201004	7000201006	7000201010



ΠΑΚΕΤΟ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Multi-Contact plug connector system MC 4



Quality

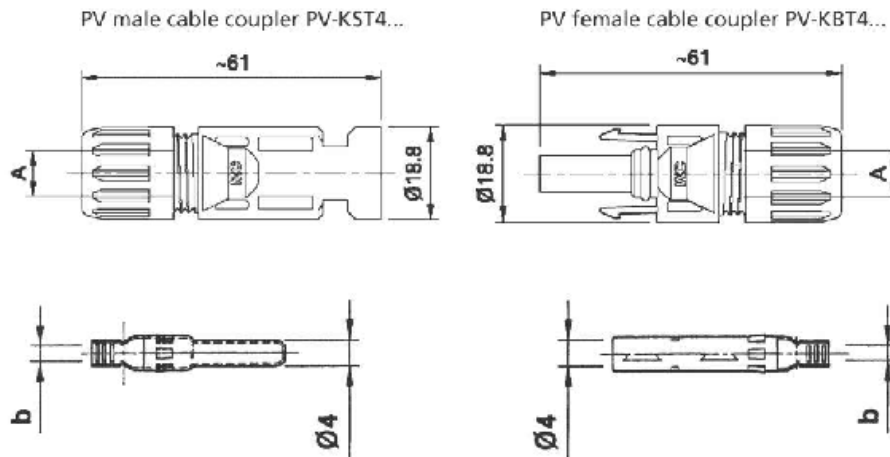
- Rated current max. 30 A^{III}
- System voltage max. 1000 V
- Protection mode, mated IP67

Flexibility

- Easy to install
- "Snap in" locking system

Safety

- Safety class II
- Temperature range -40°C ... +90°C



Type	A (Ø-range of cable gland)	b (Reference dimension)	(Cable cross- section)
PV-KST4/2,5I	3–6 mm	3 mm	1,5–2,5 mm ²
PV-KBT4/2,5I	3–6 mm	3 mm	1,5–2,5 mm ²
PV-KST4/2,5II	5,5–9 mm	3 mm	1,5–2,5 mm ²
PV-KBT4/2,5II	5,5–9 mm	3 mm	1,5–2,5 mm ²
PV-KST4/6I	3–6 mm	5 mm	4–6 mm ²
PV-KBT4/6I	3–6 mm	5 mm	4–6 mm ²
PV-KST4/6II	5,5–9 mm	5 mm	4–6 mm ²
PV-KBT4/6II	5,5–9 mm	5 mm	4–6 mm ²

Technical data

Rated current	max. 30 A ⁽¹⁾
Max. system voltage	1000V
Contact material	copper, tin-plated
Contact system	MC Multilams
Protection type	mated IP67
Locking system	Snap-in
Protection against accidental contact	unmated IP2X
Temperature range	-40°C...+90°C
safety class	II

Type

MC plug connector PV-KST 4/2,5I
 MC socket PV-KBT 4/2,5I
 MC plug connector PV-KST 4/2,5II
 MC socket PV-KBT 4/2,5II
 MC plug connector PV-KST 4/6I
 MC socket PV-KBT 4/6I
 MC plug connector PV-KST 4/6II
 MC socket PV-KBT 4/6II
 Branch plug PV-AZS4
 Branch socket PV-AZB4
 Crimping tool PV-CZM-19100 für 2,5/4/6 mm² cable cross section
 Stripping pliers PV-AZM für 1,5/2,5/4/6 mm² cross section
 Assembly tool set PV-MS
 PV-WZ4-SET (PV-CZM-19100 + PV-MS)
 PV-WZ-AD/GWD for MC4
 PV-WZ-AD4 for MC4

Article number

7200141201
 7200142201
 7200141202
 7200142202
 7200141501
 7200142501
 7200141502
 7200142502
 7200143005
 7200144005
 7200169010
 7200139040
 7200169025
 7200169030
 7200169035
 7200169040

3) ΠΛΑΙΣΙΑ

IBC-225TE



applicable for grid-connected systems

power warranties*
=> 25 years (80%)
=> 12 years (90%)

5 years product guarantee*

6-inch-cells "Made in Germany"
with acid texture

safety class II up to 930 V system
voltage (projected)

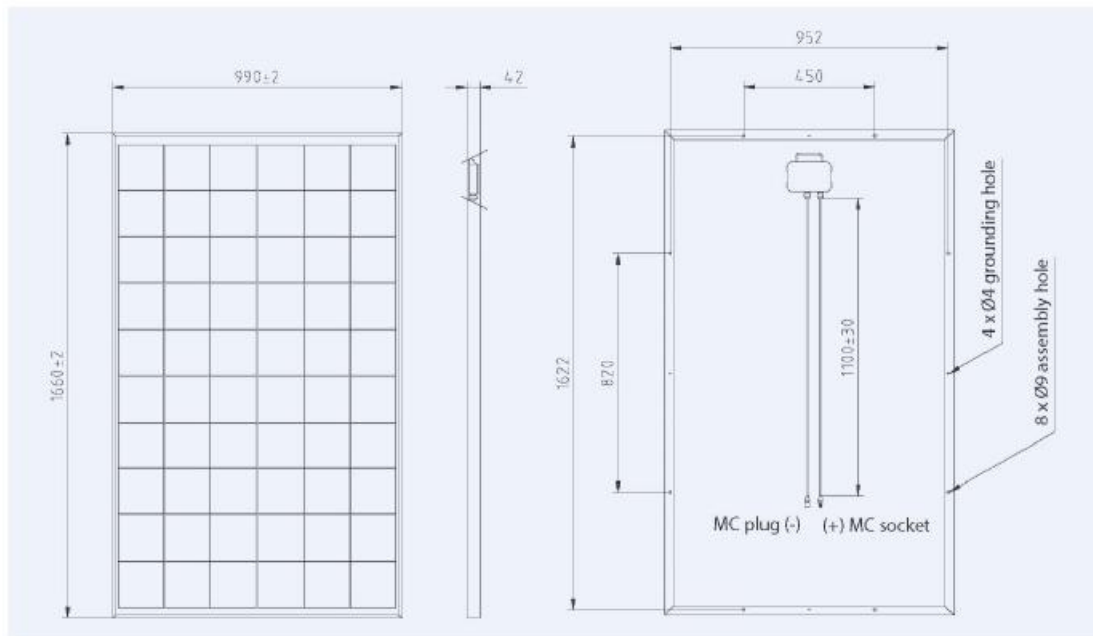
IEC61215 tested and certified
(projected)

due to minimum power tolerance
of $\pm 2,5\%$

fast and inexpensive mounting:
=> delivered ready for connection
=> pre-connection cables
=> Multi-Contact plug-in connectors
=> integrated bypass diodes

60 polycrystalline cells (156 mm x 156 mm)
configured geometrically for a 6 x 10
matrix connected in series

100% end control with individual
registration of the electrical characteristics



dimensioned drawing IBC-225TE

Technical data

Nominal peak power
 Guaranteed minimum power
 Nominal voltage
 Nominal current
 Open circuit voltage
 Short-circuit current
 Temperature coefficient I_{sc}
 Temperature coefficient U_{oc}
 Temperature coefficient P_{max}

Length
 Width
 Height
 Weight
 mounting holes \varnothing 6,5 mm

Article number

Wp	225,0
Wp	219,3
V	30,3
A	7,44
V	36,7
A	8,13
%/K	0,029
mV/K	-127
%/K	-0,4
mm	1660
mm	990
mm	42
kg	22,0
pieces	4

220060225TE

Electrical values under standard test conditions:
 1000W/m²; 25°C; AM 1.5.

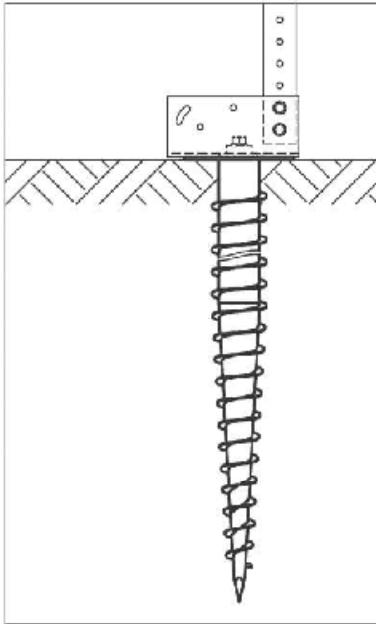
Subject to modifications that represent progress.

* The complete and individual valid guarantee conditions are relevant, which will be handed out by your IRC representative on request.

4) ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ SolarWorld Sunfix Freifield

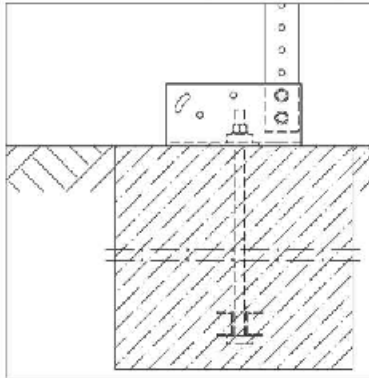
Για τη θεμελίωση των στηριγμάτων μπορούν να εφαρμοσθούν διάφορες διαδικασίες, αναλόγως των επί τόπου συνθηκών εδάφους.

► Αγκύρια



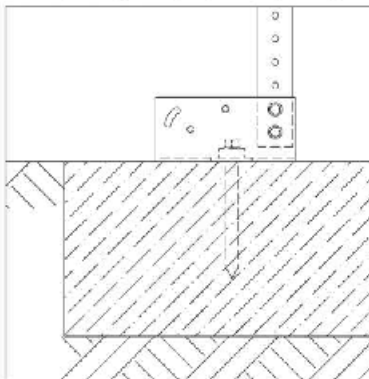
Αυτή η θεμελίωση ενδείκνυται για όλα τα εδάφη, που είναι κατάλληλα προς έγχυση. Τα αγκύρια μπορούν να προσαρμοστούν στις απαιτήσεις των διαφόρων ομάδων εδαφών και μεγεθών κόκκων.

► Επί τόπου έγχυση βάσης ή συνεχής βάση σε σκυρόδεμα με χυτευμένους κοχλίες με σπείρωμα M16 (κοχλίες αγκύρωσης)



Κατάλληλο για εδάφη με χαλίκια ή πετρώδη εδάφη.

► Στερέωση με κοχλίες σε έτοιμα κομμάτια θεμελίων



Κατάλληλο ως εναλλακτική στο παρασκευασμένο επί τόπου σκυρόδεμα ή για ήδη στερεωμένες επιφάνειες.

Το είδος και η διαστασιοποίηση των στοιχείων αγκύρωσης εξαρτάται από τις εκάστοτε επί τόπου συνθήκες εδάφους και πρέπει να προγραμματίζεται μεμονωμένα για κάθε έργο.

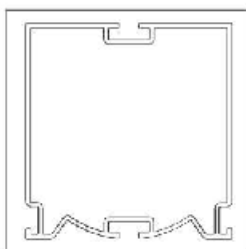
Εγκατάσταση των στηριγμάτων στα θεμέλια

Βιδώστε στο έδαφος τα στηρίγματα, στα ήδη εγκατεστημένα αγκύρια ή θεμέλια, με τη βοήθεια μιας πλάκας υποστήριξης, ενός κοχλία DIN 931M16x60 και μιας ροδέλας DIN 125-A 17 (Ροπή στρέψης: 50-60 Nm). Η απόσταση μεταξύ των στηριγμάτων πρέπει να ανέρχεται κάθε φορά σε 5,10m (SW200/210/220) ή 4,965m (SW155/165/175). Πρέπει να πραγματοποιείται ρύθμιση όλων των στηριγμάτων σε μια σειρά, ώστε να διασφαλίζεται η τοποθέτηση όλων των πλαισίων σε ενιαία γωνία. Οι κοχλίες των στηριγμάτων πρέπει να συσφίγγονται καλά μετά τη ρύθμιση (Ροπή στρέψης: 20 Nm).

Στερέωση των προφίλ

Μετά την εγκατάσταση των στηριγμάτων, τοποθετήστε τα προφίλ των τραβερσών. Συνιστάται η στερέωση αρχικά της μεσαίας τραβέρσας και στη συνέχεια η τοποθέτηση της κάτω και επάνω τραβέρσας σε απόσταση 1263mm (διάσταση μεταξύ αξόνων) από την μεσαία τραβέρσα.

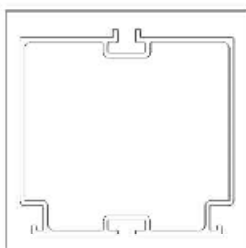
Τοποθέτηση τραβερσών:



Τραβέρσα εξωτερική

SW200/210/220:

Αναλόγως της προγραμματισμένης εφαρμογής, αλλάξτε το προφίλ τραβέρσας της 14άρας βάσης (7112mm) με αυτό του 6πλού αναρτήρα (3072mm) (για την κατασκευή των βάσεων, βλ. το δεύτερο μέρος των οδηγιών εγκατάστασης: Β Σχέδιο και διαστασιοποίηση του συστήματος εγκατάστασης). Στην αρχή και το τέλος μιας σειράς εφαρμόζονται και εναλλακτικές, εκτός της τυπικής κατασκευής με 14άρα βάση, 6πλό αναρτήρα: Εκτός της 14άρας βάσης μπορεί να επιλεγθεί και 16άρα, ενώ εκτός του 6πλού αναρτήρα μπορεί να εφαρμοσθεί και 10πλή προσάρτηση. Αναλόγως του επιλεγμένου σχεδίου σειράς, συνδέστε τα προφίλ τραβερσών για 10άρα βάση (5092mm) ή 16άρα βάση (8122mm) αντίστοιχα.

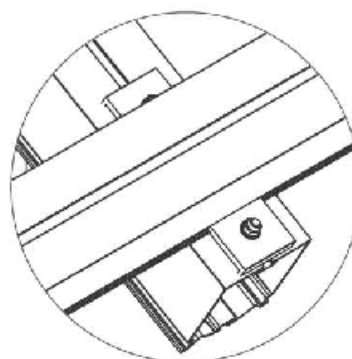
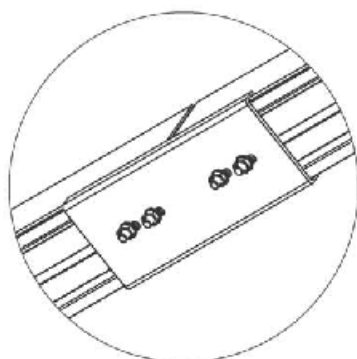


Τραβέρσα κέντρο

SW155/165/175:

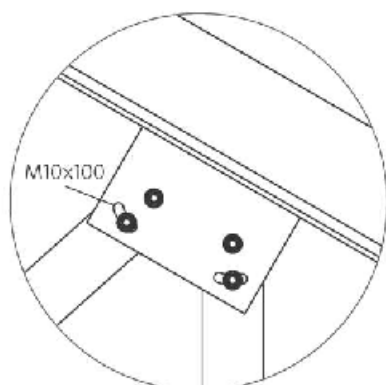
Αναλόγως της προγραμματισμένης εφαρμογής, αλλάξτε το προφίλ τραβερσών της 16άρας βάσης (6603mm) με αυτό του 8πλού αναρτήρα (3327mm). Εναλλακτικά, αντί της 16άρας βάσης μπορεί να επιλεγθεί 18άρα (7422mm) και αντί του 8πλού αναρτήρα μπορεί να εφαρμοσθεί 12πλή προσάρτηση (4965mm).

Τα προφίλ τραβερσών συνδέονται μεταξύ τους στην κάτω πλευρά με τη βοήθεια ενός περιτυλίγματος άκρου U, 4 κοχλιών με κεφαλή T M10x30 και 4 οδοντωτών κοχλιών σφράγισης M10 (Ροπή στρέψης: 30 Nm).



Στερεώστε καλά τα προφίλ τραβερσών με το προφίλ δοκού του στηρίγματος, χρησιμοποιώντας 4 κοχλίες με κεφαλή T M10x30 και 4 οδοντωτούς κοχλίες σφράγισης M10 με τα προφίλ στερέωσης (Ροπή στρέψης: 30 Nm). Συνιστάται ετήσιος έλεγχος των απαιτούμενων ροπών σύσφιξης όλων των κοχλιωτών συνδέσεων!

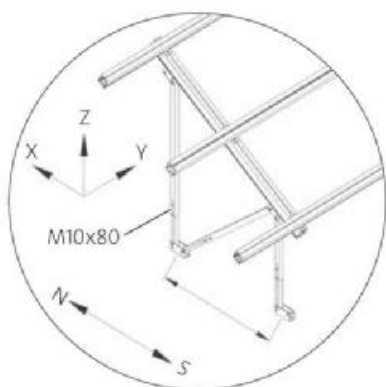
Προκαταρκτική τοποθέτηση των στηριγμάτων



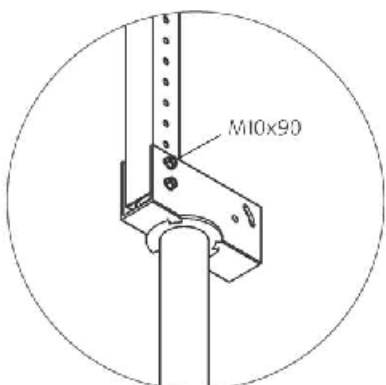
Τα στηρίγματα μπορούν να τοποθετηθούν αρχικά κεντρικά σε ένα μέρος. Τοποθετήστε αρχικά τους συνδέσμους U με δύο κοχλίες με κεφαλή T M10x30 και δύο οδοντωτούς κοχλίες σφράγισης M10 στο προφίλ δοκού (2757mm) (Ροπή στρέψης: 30 Nm). Εν συνεχεία, βιδώστε την πίσω (1860mm) και μπροστινή τηλεσκοπική ράβδο (880mm) στον σύνδεσμο U με δύο DIN 931M10x100.

Σε κάθε τηλεσκοπική ράβδο εισάγετε από ένα εσωτερικό τηλεσκόπιο (720mm) και βιδώστε καλά με δύο DIN 931M10x80. Συσφίξτε με το χέρι τους κοχλίες των τηλεσκοπικών ποδιών και του συνδέσμου U στα πόδια τόσο, ώστε, μετά την τοποθέτηση στο έδαφος, να είναι εφικτή η προσαρμογή σε αυτό και η ρύθμιση της επιθυμητής γωνίας εφαρμογής των πλαισίων.

Στη συνέχεια, βιδώστε τη μεσαία τηλεσκοπική ράβδο (1560mm) στον μπροστινό σύνδεσμο U με δύο DIN 931M10x100.



Βιδώστε το μπροστινό πόδι του συνδέσμου U με το άκρο της μπροστινής τηλεσκοπικής ράβδου με δύο DIN 931M10x90 (Ροπή στρέψης: 13 Nm). Βιδώστε κατά τον ίδιο τρόπο το πίσω πόδι του συνδέσμου U με την πίσω και μεσαία τηλεσκοπική ράβδο. Βιδώστε, παράλληλα, τις τηλεσκοπικές ράβδους στις πίσω/μπροστινές οπές των ποδιών των συνδέσμων U. Οι μεσαίες διαμήκειες οπές προβλέπονται για την αγκύρωση με τα θεμέλια.



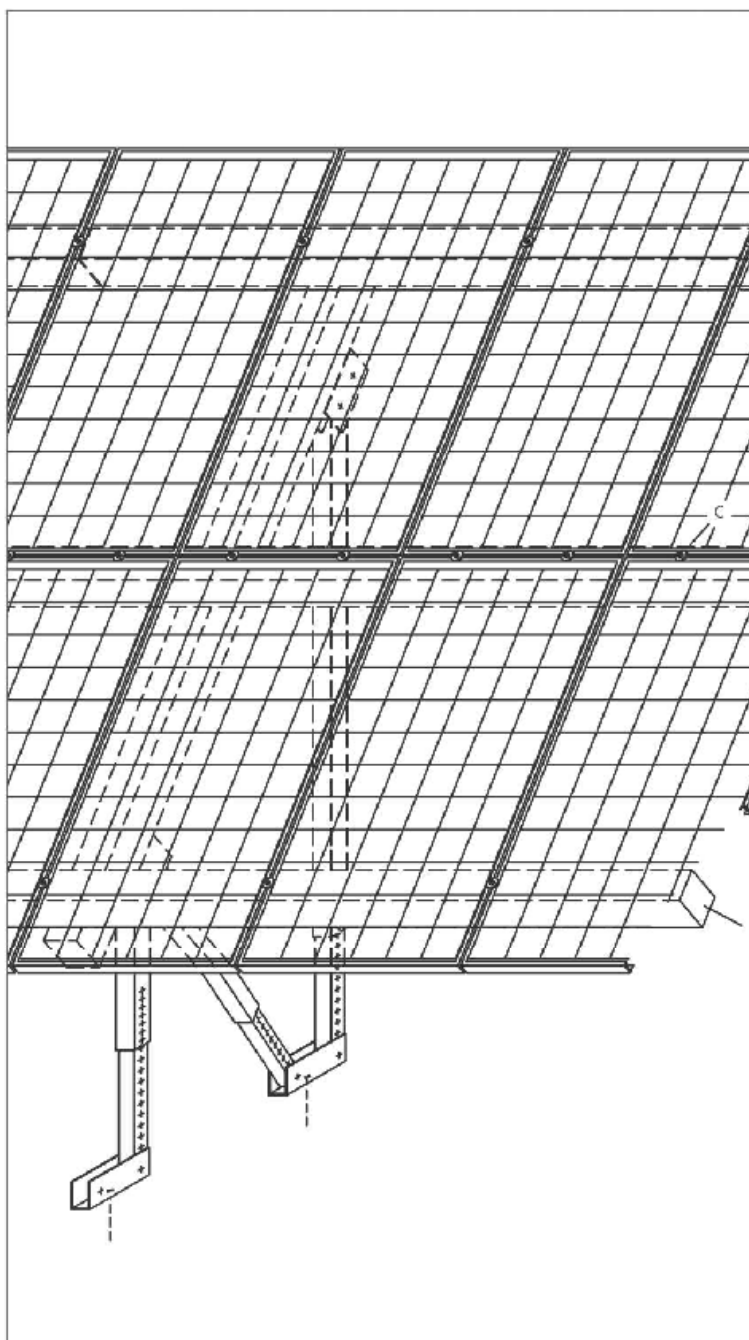
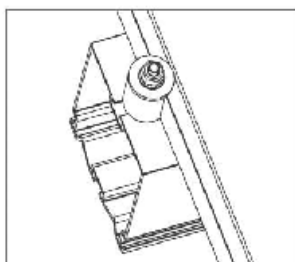
Αποκλίσεις έως και 20mm προς την κατεύθυνση X, 5mm προς την κατεύθυνση Y και +/-10° στο πεδίο X/Z μπορούν να αντισταθμιστούν με τη βοήθεια του ποδιού U.

Κατά την προκαταρκτική τοποθέτηση των στηριγμάτων συνυπολογίζετε οπωσδήποτε την επιθυμητή γωνία εφαρμογής των πλαισίων.

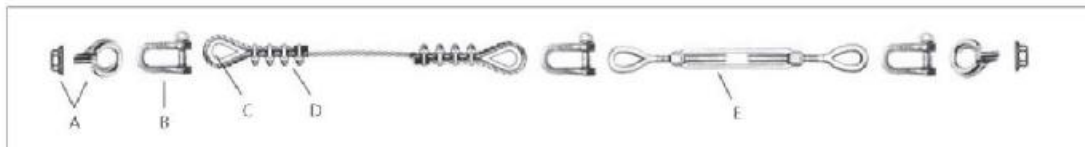
Στερέωση των πλαισίων

Τα πλαίσια στερεώνονται με περικόχλια θραύσης M8. Έτσι, διασφαλίζεται προστασία έναντι κλοπής. Παράλληλα, τα πλαίσια στερεώνονται στα προφίλ με κοχλία με κεφαλή T M8x53, δακτύλιο σύσφιξης και περικόχλιο θραύσης. Οι στενές πλευρές δύο πλαισίων, τοποθετημένων το ένα επάνω στο άλλο, στερεώνονται στο μεσαίο προφίλ τραβέρσας. Στις διαμήκειες πλευρές, τα παρακείμενα πλαίσια στερεώνονται στο επάνω ή κάτω προφίλ τραβέρσας. Στο τέλος μιας βάσης τοποθετείται από ένα στήριγμα απόστασης με κοχλία με κεφαλή T, δακτύλιο σύσφιξης και περικόχλιο θραύσης.

Η ροπή θραύσης των περικοχλίων κυμαίνεται μεταξύ 13-25Nm. Εάν υπάρξει απόκλιση από αυτό το εύρος τιμών, το περικόχλιο θραύσης πρέπει να αντικαθίσταται από καινούριο.

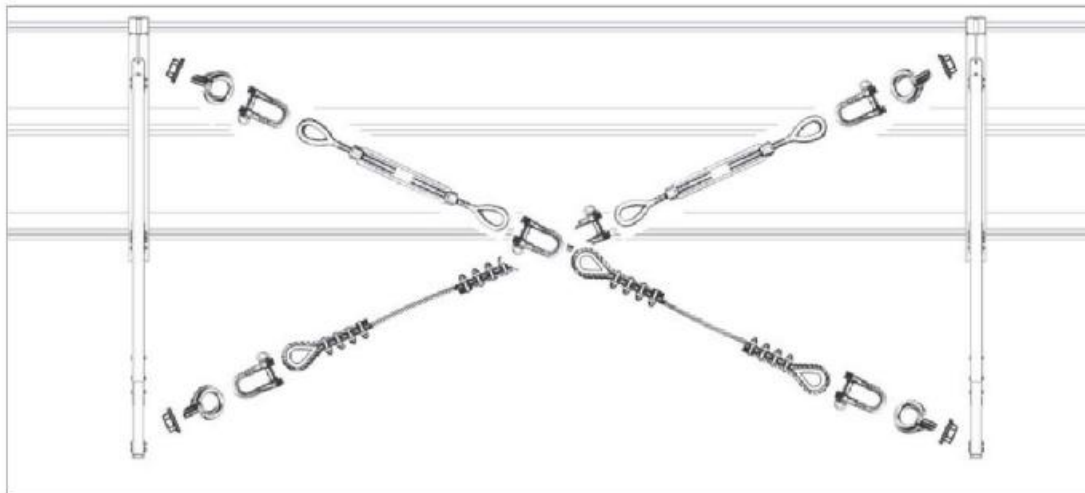


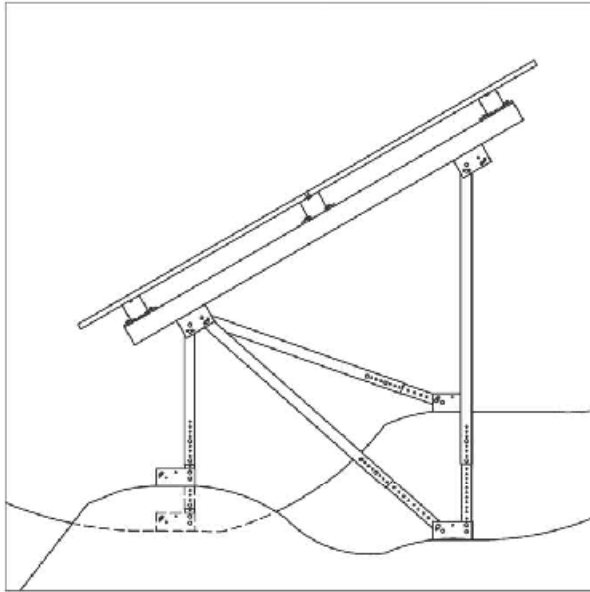
Η σειρά συναρμολόγησης των δομικών στοιχείων από το πόδι U προς την κατεύθυνση του συνδέσμου U έχει ως εξής: Αρχικά ο κοχλιοδακτύλιος με το περικόχλιο στερεώνεται στην κεντρική οπή του ποδιού U. Στη συνέχεια, το αγκύλιο τραβιέται μέσω του κοχλιοδακτυλίου και η θηλιά του συρματόσχοινου στερεώνεται με τον δακτύλιο και 4 σφιγκτήρες συρματόσχοινων. Στην οπή του συρματόσχοινου αναρτάται ένα αγκύλιο, στο οποίο στερεώνεται ο κοχλιωτός εντατήρας. Στην οπή του κοχλιωτού εντατήρα αναρτάται εκ νέου ένα αγκύλιο. Σε αυτό το αγκύλιο τοποθετείται ένας ακόμη κοχλιοδακτύλιος, ο οποίος, μαζί με το περικόχλιο, αποτελεί τη σύνδεση στην οπή του συνδέσμου U.



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| A Κοχλιοδακτύλιος με περικόχλιο | D Σφιγκτήρας συρματόσχοινου |
| B Αγκύλιο | E Κοχλιωτός εντατήρας |
| C Θηλιά συρματόσχοινου με δακτύλιο | |

Συσφίξτε καλά τους αντιανέμιους συνδέσμους με τη βοήθεια του κοχλιωτού εντατήρα. Προσέχετε, παράλληλα, ώστε ο σύνδεσμος να μην κρέμεται ούτε και να είναι σφιγμένος πολύ δυνατά, με αποτέλεσμα ο σκελετός να στραβώνει.

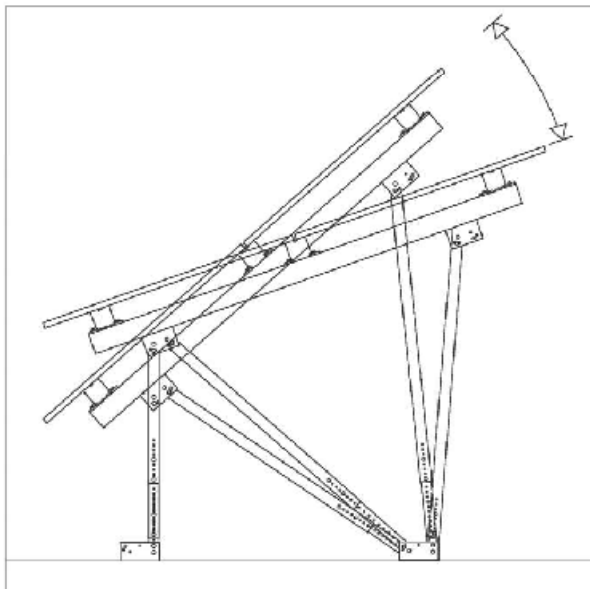




Οι σύνδεσμοι U καθιστούν εφικτή την εξισορρόπηση της κλίσης εδάφους στο πεδίο X/Z της τάξεως του $\pm 10^\circ$ και στο πεδίο Y/Z της τάξεως του $\pm 6^\circ$.

Γωνία κλίσης των πλαισίων

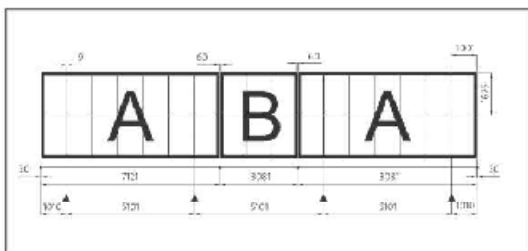
Η γωνία κλίσης των πλαισίων για την προσαρμογή στις τοπικές συνθήκες έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία και τις εκάστοτε απαιτήσεις μπορεί να διαφέρει από 20° έως 40° . Η βέλτιστη ρύθμιση εφαρμόζεται με τη βοήθεια των τηλεσκοπικών ράβδων.



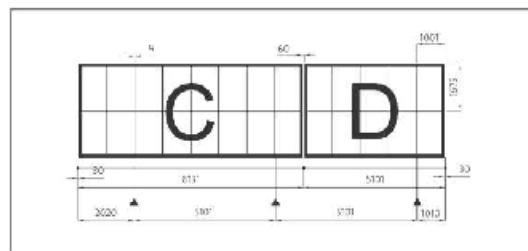
Κατασκευή μιας σειράς

SW200/210/220

Η τυπική κατασκευή μιας σειράς με πλαίσια SolarWorld® SW200/210/220 είναι βάσεις με 14 και 6 δομοστοιχεία. Ανάμεσα σε αυτές τις 14άρες βάσεις (A) τοποθετείται ένας αναρτήρας με 6 δομοστοιχεία (B). Αυτός ο αναρτήρας (B) δεν χρειάζεται χωριστό στήριγμα. Σε αυτήν την κατασκευή, η απόσταση μεταξύ δύο στηριγμάτων ανέρχεται πάντοτε σε 5,10m. Τα πλαίσια τοποθετούνται σε δύο σειρές.



- A Βάση με 14 δομοστοιχεία SW200/210/220
- B Αναρτήρας με 6 δομοστοιχεία SW200/210/220



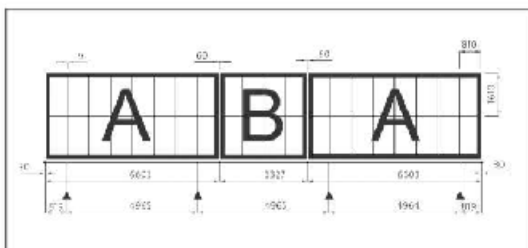
- C Βάση με 16 δομοστοιχεία SW200/210/220
- D Βάση με 10 δομοστοιχεία SW200/210/220

Για την αρχή και το τέλος μιας σειράς υπάρχουν διάφορες παραλλαγές βάσεων, προκειμένου για τη βέλτιστη εκμετάλλευση του υπάρχοντος χώρου.

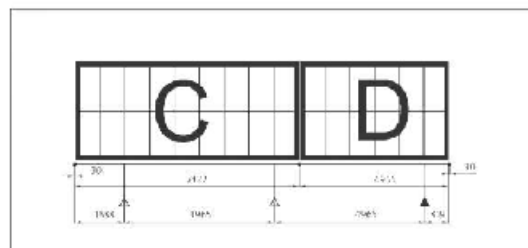
Εφικτή είναι, από τη μία, η προσάρτηση μιας 10άρας βάσης (D) σε 14άρα βάση. Για τον σκοπό αυτό, θα χρειαστεί ακόμη ένα στήριγμα σε απόσταση 5,1m. Άλλη εναλλακτική είναι η εφαρμογή στην αρχή ή το τέλος μιας σειράς, σε μια 14άρα βάση, μιας προεξοχής 2 δομοστοιχείων χωρίς πρόσθετο στήριγμα, ώστε να προκύψει 16άρα βάση (C).

SW155/165/175

Τα πλαίσια SolarWorld® SW155/165/175 τοποθετούνται με βάσεις των 16 και 8 δομοστοιχείων. Ανάμεσα σε αυτές τις 16άρες βάσεις (A) τοποθετείται ένας αναρτήρας με 8 δομοστοιχεία (B). Η απόσταση μεταξύ δύο στηριγμάτων ανέρχεται πάντοτε σε 4,965m.



- A Βάση με 16 δομοστοιχεία SW155/165/175
- B Αναρτήρας με 8 δομοστοιχεία SW155/165/175



- C Βάση με 18 δομοστοιχεία SW155/165/175
- D Βάση με 12 δομοστοιχεία SW155/165/175

Στην αρχή και το τέλος μιας σειράς υπάρχει η δυνατότητα προσάρτησης μιας 12άρας βάσης (D) σε 16άρα βάση. Για τον σκοπό αυτό, απαιτείται ακόμη ένα στήριγμα σε απόσταση 4,965m. Άλλη εναλλακτική είναι η εφαρμογή στην αρχή ή το τέλος μιας σειράς, σε μια 16άρα βάση, μιας προεξοχής 2 δομοστοιχείων χωρίς πρόσθετο στήριγμα, ώστε να προκύψει 18άρα βάση (C).

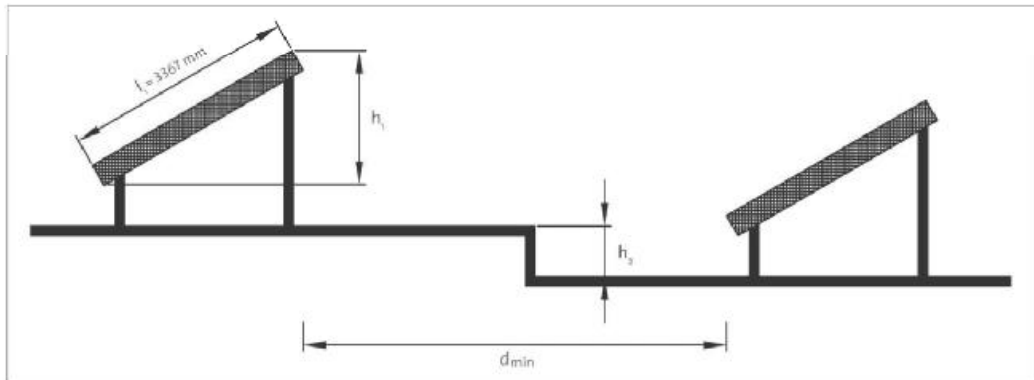
Απόσταση μεταξύ δύο σειρών

Μεταξύ δύο σειρών πρέπει να τηρείται συγκεκριμένη ελάχιστη απόσταση, ώστε να αποκλείεται αμοιβαία σκίαση των πλασιών καθ' όλο το έτος. Αυτή η απόσταση μεταξύ των σειρών εξαρτάται από τη γωνία ηλιακής ακτινοβολίας και υπολογίζεται με τη βοήθεια του γεωγραφικού πλάτους. Για τον σκοπό αυτό, εφαρμόζεται ο εξής τύπος:

Ελάχιστη απόσταση μεταξύ των σειρών: $d_{min} = h_{ok} / \tan(66,5^\circ - \text{γεωγραφικό πλάτος})$

Σε περίπτωση στερέωσης των πλασιών SW200/210/220 με γωνία εφαρμογής 30° , το ύψος (h_1) της άνω ακμής του πλασιού επάνω από αυτό της κάτω ακμής του πλασιού ανέρχεται σε $h_1 = 3367\text{mm} \cdot \sin 30^\circ = 1683,5\text{mm}$. Στα πλαίσια SW155/165/175, ανέρχεται σε $h_1 = 3237\text{mm} \cdot \sin 30^\circ = 1618,5\text{mm}$. Σε περίπτωση τοποθέτησης των πλασιών σε επίπεδο έδαφος, το ύψος ανέρχεται σε $h_1 = h_{ok}$.

Εάν, λόγω ανωμαλιών του εδάφους, υπάρχει διαφορά ύψους (h_2) μεταξύ των δύο σειρών, τότε το ολικό ύψος (h_{ok}) προκύπτει από $h_1 + h_2$, εφόσον η πίσω σειρά είναι χαμηλότερη από την μπροστινή, ή από $h_1 - h_2$, εφόσον η πίσω σειρά είναι υψηλότερη από την μπροστινή.



Παράδειγμα:

Η Φρανκφούρτη βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 50° . Τα πλαίσια είναι στερεωμένα σε γωνία 30° . Η απόσταση μεταξύ των σειρών για ένα έργο σε επιφάνεια στον χώρο της Φρανκφούρτης πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστον σε:

$$d_{min} = (3367\text{mm} \cdot \sin 30^\circ) / \tan(66,5^\circ - 50^\circ) \quad (\text{Πλαίσια SW200/210/220})$$

$$d_{min} = 1683,5 \text{ mm} / \tan(66,5^\circ - 50^\circ) = 5683\text{mm}$$

Η απόσταση μεταξύ των σειρών πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστον σε 5,7m, ώστε να ελαχιστοποιείται η αμοιβαία σκίαση των σειρών καθ' όλο το έτος.

5) ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ

Sunny SensorBox



ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ:

Εκτενής ανάλυση απόδοσης της Φ/Β εγκατάστασης

Καταγραφή προσπίπτουσας ακτινοβολίας, θερμοκρασίας πλαισίου, θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ταχύτητας ανέμου

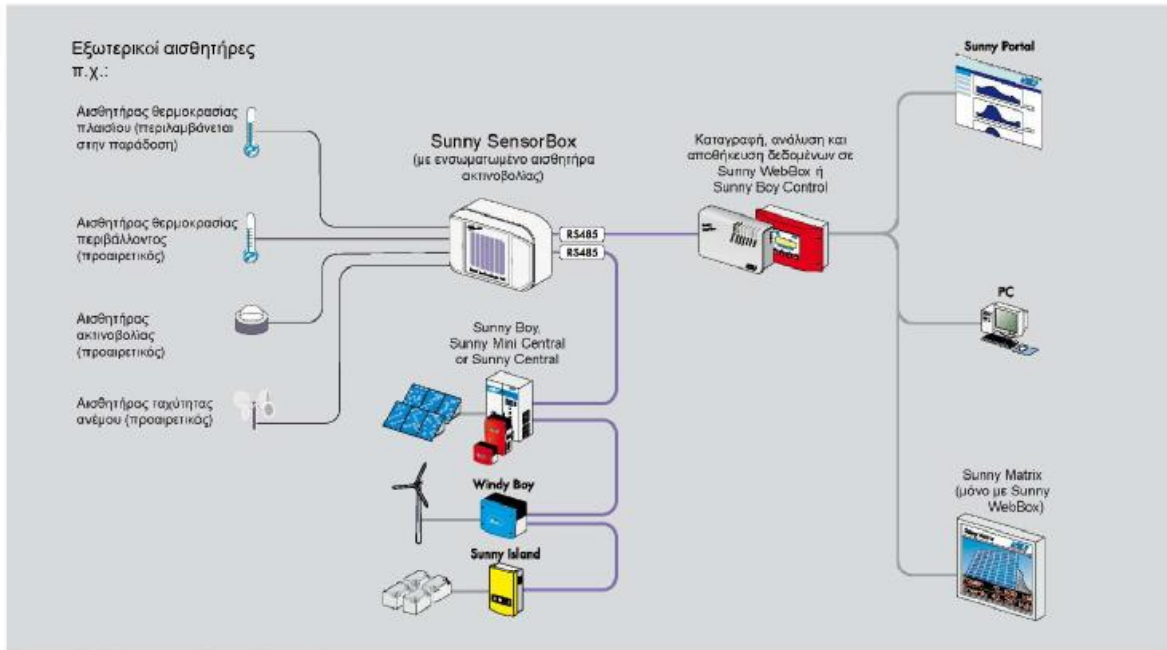
Ευκολία εγκατάστασης επί του ηλιακού πλαισίου

Ευκολία σύνδεσης σε υπάρχοντα συστήματα μέσω RS485

Συμβατό με Sunny WebBox

Ανάλυση δεδομένων σε Η/Υ ή σε Sunny Portal

Αυτόματος υπολογισμός συντελεστή απόδοσης μέσω Sunny Portal



Σχηματικό διάγραμμα του Sunny SensorBox

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Sunny SensorBox

Διεπαφές

Προς καταγραφέα δεδομένων

RS 485 για Sunny WebBox / Sunny Boy Control και Control Plus

Εσωτερικός αισθητήρας

Ηλιακή ακτινοβολία

Ηλιακό πλαίσιο ASI, ακρίβεια $\pm 8\%$

Πιθανοί εξωτερικοί αισθητήρες

Θερμοκρασίας

Αισθητήρας λευκόχρυσου (PT 100) μπορεί να τοποθετηθεί για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας πλαισίου, ακρίβεια $\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$
 Αισθητήρας λευκόχρυσου (PT 100) μπορεί να τοποθετηθεί για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, ακρίβεια $\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$;

Ηλιακής ακτινοβολίας

Mencke & Tegtmeier Si-01TC, ακρίβεια $\pm 5\%$;
 Αισθητήρας ISET, ακρίβεια $\pm 4\%$

Μέτρησης ανέμου

Sonfy SM 2000 εξωτερικός αισθητήρας ανέμου

Τροφοδοσία ισχύος

Μέσω γραμμής RS485

Μέσω προαιρετικού τροφοδοτικού

Βαθμός προστασίας

Σύμφωνα με DIN EN 60529

IP65

Μηχανικά χαρακτηριστικά

Πλάτος	mm	120
Ύψος	mm	90
Βάθος	mm	50
Βάρος	g	500

Τύπος

Τύπος	Κωδικός προϊόντος
Sunny Sensor Box με τροφοδοσία RS485	3400100336
Sunny Sensor Box χωρίς τροφοδοσία RS485	3400100337
Βάση στηριξης	3400100338
Στήριγμα οροφής	3400100340
PT100 (αισθητήρας θερμοκρασίας περιβάλλοντος)	3400100343
PT100 (αισθητήρας θερμοκρασίας πλαισίου, με συγκολλητικό υλικό)	3400100344
Αισθητήρας ανέμου	3400100346
Στήριγμα τοίχου για αισθητήρα ανέμου	3400100347



<p>Reliable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remote monitoring, diagnosis and configuration of the solar power system from anywhere in the world • Data logger for all key plant data 	<p>Responsive</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rapid detection of operation failures • Error notification via e-mail or text message 	<p>User-friendly</p> <ul style="list-style-type: none"> • Easy remote access via a web browser • Includes free standard access to the Sunny Portal for the entire service life of the system 	<p>Informative</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flexible display, evaluation, yield and event reports via the Sunny Portal
--	---	---	--

SUNNY WEBBOX

Remote monitoring and maintenance of large solar power plants

The Sunny WebBox is the ideal monitoring solution for large solar plants. It receives and stores current measurement values and transmits data via *Bluetooth®* or RS485, keeping you informed of system performance 24 hours per day. In the event of a problem, the Sunny WebBox allows you can react quickly. Parameters can be changed remotely and a variety of measured values can be depicted, analyzed and downloaded via a Web browser from anywhere in the world with an Internet connection. All data from the connected devices is stored and, if desired, automatically transmitted to the Sunny Portal. With the optional GSM modem, measurement data can even be transmitted to the Sunny Portal from remote locations.

