

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ : ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ



**ΘΕΜΑ : ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Φ/Β
ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΕ ΟΙΚΙΑ (ΣΤΕΓΗ) ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗΣ
ΙΣΧΥΟΣ 10kWp**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΣ ΒΛΑΣΗΣ

ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΜΙΜΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΠΑΤΡΑ , ΙΟΥΝΙΟΣ 2014

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία αποτελεί την πτυχιακή μου εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο τμήμα Ηλεκτρολογίας , του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας , που έχει έδρα την Πάτρα , υπό την επίβλεψη του καθηγητή Μίμου Ευάγγελου. Στόχος αυτής της πτυχιακής είναι η μελέτη Αδειοδότησης και Κατασκευής Φωτοβολταϊκού Σταθμού σε Οικία (Στέγη) Ονομαστικής Ισχύος 10kWp. Η επιλογή του θέματος της εργασίας, έγινε σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή Μίμο Ευάγγελο λαμβάνοντας υπόψη τη ραγδαία αύξηση των ιδιωτών- καταναλωτών που καταφεύγουν στη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων ως εναλλακτική μορφή ενέργειας και ταυτόχρονα στα ωφέλει που αυτά παρέχουν . Θα ήθελα να ευχαριστήσω πρωτίστως τον επιβλέποντα της εργασίας αυτής, Μίμο Ευάγγελο , καθώς και τους Β.Χαραλαμπίκο και Ν.Σχοινά , καθηγητές στο τμήμα Ηλεκτρολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας , για την αμέριστη βοήθεια και συμπαράσταση τους για την ολοκλήρωση της εργασίας .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία διαπραγματεύεται την αδειοδότηση και κατασκευή φ/β σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε οικία και συγκεκριμένα εγκατεστημένη σε στέγη ονομαστικής ισχύος 10kwp. Αρχικά θα γίνει ανάλυση του φ/β φαινομένου και της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Στη συνέχεια θα γίνει εμπειριστατωμένη παρουσίαση του νομοθετικού πλαισίου και της διαδικασίας αδειοδότησης σε όλα τα στάδια μέχρι τη σύνδεση στο Δίκτυο Χ.Τ. Θα αναλυθούν όλες οι παράμετροι μιας τέτοιας εγκατάστασης. Ιδιαίτερη προσοχή θα δοθεί στις παραμέτρους εκείνες που καθορίζουν την απόδοση του συστήματος και επηρεάζουν σημαντικά τα αναμενόμενα οικονομικά οφέλη. Σημαντικό ρόλο στη μελέτη της απόδοσης και της επιλογής εξοπλισμού θα δοθεί μέσω εξειδικευμένων λογισμικών όπως το PVSOL και το PVSYST. Τέλος θα γίνει αναλυτική μελέτη ενός φ/β σταθμού εγκατεστημένο σε στέγη, επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού και πρόβλεψη της απόδοσης του. Συγκεκριμένα θα αναπτύχθουν πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο και τους τομείς εφαρμογής του σήμερα. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναπτυχθούν όλα τα τμήματα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε οικία (στέγη). Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναλυθεί η ηλεκτρομηχανολογική μελέτη της εγκατάστασης χρησιμοποιώντας τα εξειδικευμένα λογισμικά PVSOL και PVSYST. Στο τέταρτο κεφάλαιο θα παρουσιάζεται το ελληνικό και ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο για φωτοβολταϊκές εγκατάστασης και θα δοθεί διεξοδική παρουσίαση της αδειοδοτικής διαδικασίας. Τέλος, στο πέμπτο κεφαλαίο θα δειχθεί ένας εγκατεστημένος φ/β σταθμός ισχύος 10kwp, ο οποίος κατασκευάστηκε με βάση της ηλεκτρολογικομηχανολογικής μελέτης του κεφαλαίου τρία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	1
Περίληψη	2
Περιεχόμενα	3
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στην Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία	5
1.1 Ηλιακή Ενέργεια	5
1.2 Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία	6
1.3 Μοντελοποίηση Πινάκων	11
1.4 Επίδραση Έντασης Ακτινοβολίας και Θερμοκρασίας	15
1.5 Από τα Φωτοβολταϊκά Κελιά στα Φωτοβολταϊκά Πάνελ	18
1.6 Η Επίδραση της Σκίασης	20
Κεφάλαιο 2 : Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Συστήματος σε Στέγη.....	24
2.1 Πρακτικοί Κανόνες Χωροθέτησης-Ενεργειακή Απολαβή Πάνελ στον Ελληνικό Χώρο..	24
2.2 Τρόποι Στήριξης Φωτοβολταϊκού Πάνελ.....	29
2.3 Αντιστροφείς (inverters).....	32
2.4 Καλωδιώσεις.....	44
2.5 Γειώσεις	46
Κεφάλαιο 3 : Αδειοδοτική Διαδικασία	47
3.1 Αδειοδότηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	47
3.2 Συστήματα έως 10 KWP σε Στέγες Κτηρίων	48
3.3 Οικιακή Παραγωγή	50
3.4 Μικρές Επιχειρήσεις	50
3.5 Φωτοβολταϊκά Συστήματα σε Βιομηχανικές Στέγες (>10 KWP).....	51
3.6 Φωτοβολταϊκά Συστήματα επί Εδάφους	52
3.7 Παλιές Αιτήσεις (N.3468)	53
3.8 Γενικά Αδειοδοτικά	54
3.9 Περί Κατασκευής Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Γαίες Υψηλής Παραγωγικότητας....	56

3.10 Περί Συμβάσεως Αγοραπωλησίας	57
3.11 Παραδείγματα Αιτήσεων και Σχεδίων Αδειοδότησης	58
Κεφάλαιο 4 : Εγκατάσταση σε Στέγη Ισχύος 9,84 KWP	68
4.1 Εισαγωγή	68
4.2 Δεδομένα Έργου	68
4.3 Προκαταρτικές Μελέτες	73
4.4 Εγκατάσταση Έργου	83
Κεφάλαιο 5 : Γενικά Συμπεράσματα	100
5.1 Εισαγωγή	100
5.2 Αποτελέσματα Λειτουργίας	100
5.3 Αναφορά Συμβάντων και Αστοχία Υλικών	101
5.4 Τελικά Συμπεράσματα	102
Βιβλιογραφία	103

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

1.1 Ηλιακή Ενέργεια

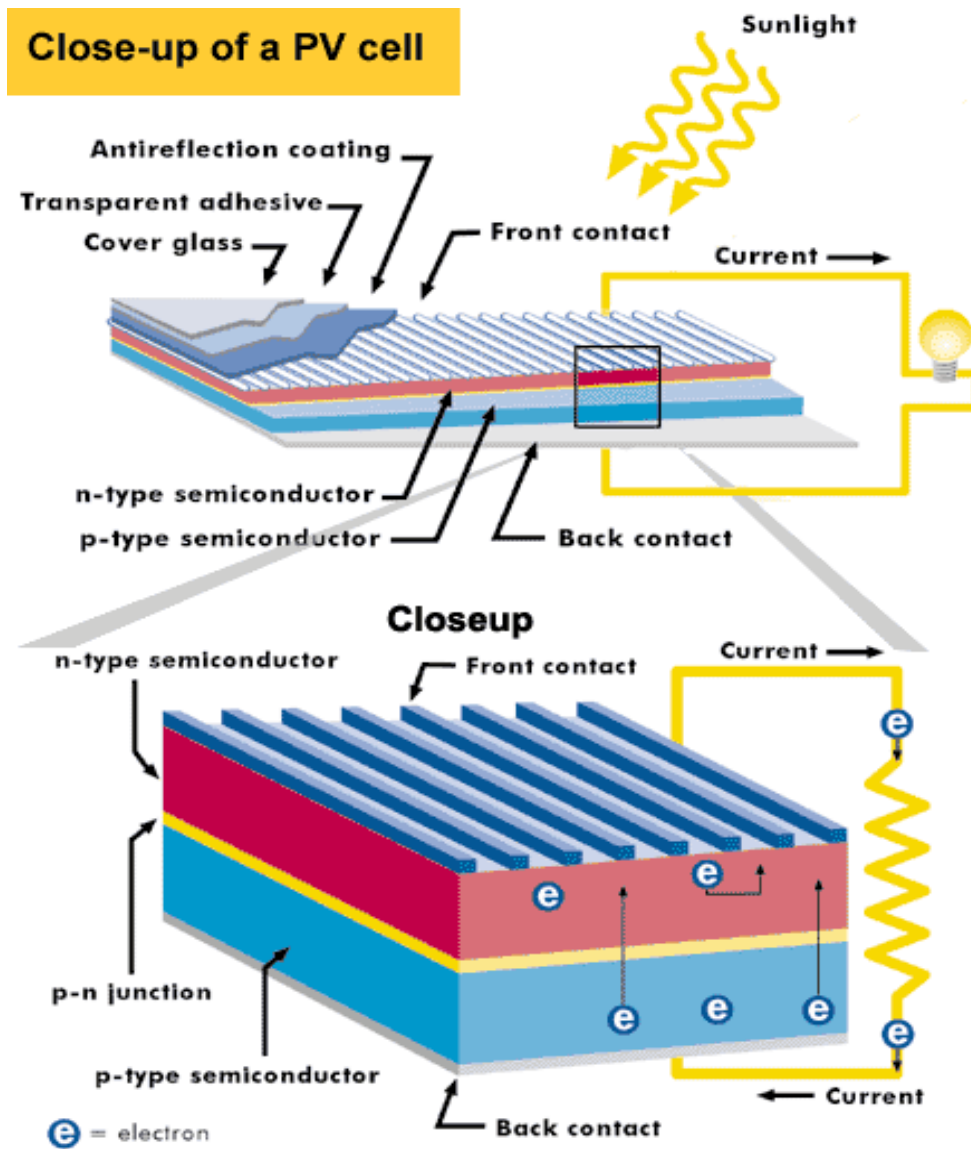
Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μία ανεξάντλητη μορφή ενέργειας. Έτσι όταν υλοποιηθεί ένα σύστημα εκμετάλλευσης της για την παραγωγή χρήσιμης ενέργειας (ηλεκτρική ή θερμική για παράδειγμα), η πρώτη ύλη-καύσιμο είναι δωρεάν και δεν υποβάλλεται ποτέ στις διακυμάνσεις των αγορών ενέργειας. Επιπλέον, η ηλιακή ενέργεια αντιπροσωπεύει μία «καθαρή» μορφή ενέργειας εν συγκρίσει με την ενέργεια που προέρχεται από ορυκτά καύσιμα, οι ρύποι από τη χρήση της οποίας συμβάλλουν στην ανάπτυξη του φαινομένου του θερμοκηπίου. Έτσι η ηλιακή ενέργεια μπορεί εν δυνάμει να αποτελέσει μία σημαντική μορφή ενέργειας προς εκμετάλλευση. Με τον όρο «ηλιακή ενέργεια» αναφερόμαστε συνήθως στην ενέργεια του ήλιου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για την παραγωγή κυρίως θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

Το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης είναι πραγματικά τεράστιο - όλη η ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη στα παγκόσμια κοιτάσματα άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου αντιστοιχεί σε ποσότητα ενέργειας που προκύπτει από μόλις 20 ημέρες ηλιοφάνειας. Πέρα από τη γήινα ατμόσφαιρα, η ενέργεια του ήλιου είναι περίπου 1,3kW/Τ.μ. Περίπου ένα τρίτο (1/3) αυτής της ενέργειας ανακλάται πίσω στο διάστημα και μία ποσότητα της απορροφάται από την ατμόσφαιρα. Όταν η ηλιακή ενέργεια φτάσει στην ατμόσφαιρα, η ισχύς της μειώνεται κατά τις μεσημβρινές ώρες σε καθαρό ουρανό. Κατά μέσο όρο, λαμβάνοντας υπόψη όλη την επιφάνεια του πλανήτη, κάθε τ.μ. δέχεται περίπου 4,2kWh την ημέρα ενώ τα ποσοστά ενέργειας είναι υψηλότερα σε επιφάνειες όπως έρημοι .

1.2 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία

Το 1839, ο Γάλλος φυσικός Edmund Becquerel ανακάλυψε ότι ορισμένα υλικά μπορούσαν να παράγουν σπινθήρες ηλεκτρισμού όταν υποβάλλονταν σε ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό το φαινόμενο, γνωστό και ως φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, χρησιμοποιήθηκε σε «πρωτόγονα» ηλιακά κελιά από σελήνιο στα τέλη του 18ου αιώνα. Τη δεκαετία του 1950, επιστήμονες στα Bell Labs, αναπροσάρμοσαν την τεχνολογία και, χρησιμοποιώντας ως βάση το πυρίτιο, κατασκεύασαν ηλιακά κελιά τα οποία μπορούσαν να μετατρέψουν ποσοστό περίπου 4% της ηλιακής ενέργειας απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Με απλά λόγια, τα σημαντικότερα στοιχεία ενός ηλιακού κελιού (solar cell) είναι δύο στρώματα ημιαγωγού υλικού τα οποία γενικά αποτελούνται από κρυστάλλους πυριτίου. Το κρυσταλλικό πυρίτιο, αυτό καθ' αυτό δεν είναι ένας πολύ καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, αλλά όταν προστίθενται σ' αυτό προσμίξεις, δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Στο κάτω στρώμα του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως βόριο, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο οδηγώντας στην ανάπτυξη θετικού φορτίου (ρ). Στο πάνω μέρος του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως φώσφορος, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο οδηγώντας στην ανάπτυξη αρνητικού φορτίου (η). Η επιφάνεια μεταξύ των ημιαγωγών τύπου ρ και τύπου η που δημιουργούνται ονομάζεται ρ-η επαφή (P-N junction).



Σχήμα 1 : Βασική δομή ενός κελιού

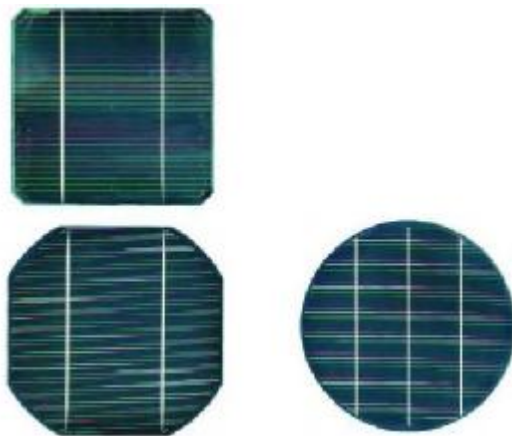
Όταν το ηλιακό φως εισέρχεται στο κελί (Βλ. Σχήμα 1), η ενέργεια του ελευθερώνει ηλεκτρόνια και στα δύο στρώματα. Τα ηλεκτρόνια αυτά, γνωστά και ως ελεύθερα ηλεκτρόνια, προσπαθούν, λόγω των διαφορετικών φορτίσεων των δύο στρωμάτων, να μετακινηθούν από το στρώμα τύπου-η στο στρώμα τύπου-ρ, αλλά εμποδίζονται από το ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή ρ-η. Ωστόσο, η παρουσία ενός εξωτερικού κυκλώματος δημιουργεί την απαραίτητη διαδρομή για τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το στρώμα τύπου-η στο στρώμα τύπου-ρ. Εξαιρετικά λεπτά καλώδια κατά μήκος του στρώματος τύπου-η επιτρέπουν τη διέλευση ηλεκτρονίων και η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων προκαλεί τη δημιουργία ρεύματος.

Τα ηλιακά κελιά έχουν συνήθως τετράγωνο σχήμα πλευράς περίπου 10 εκατοστών. Ένα ηλιακό κελί παράγει πολύ μικρή ισχύ (συνήθως λιγότερο από 2W) και έτσι ενώνονται ηλεκτρικά εν σειρά ή εν παραλλήλω, όπως θα αναλυθεί παρακάτω για να δημιουργηθούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ.

Η απόδοση των ηλιακών κελιών, εκφραζόμενη ως το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική, εξαρτάται από την τεχνολογία των υλικών που χρησιμοποιούνται. Σε ερευνητικό επίπεδο έχουν αναφερθεί (Σχήμα 2) αποδόσεις έως και 40%. Ωστόσο η πλειονότητα των ηλιακών κελιών και των δημιουργούμενων φωτοβολταϊκών πάνελ που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο έχουν μία μέγιστη απόδοση της τάξης του 17-19%. Οι κυριότεροι τύποι ηλιακών κελιών είναι οι παρακάτω:

A. Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

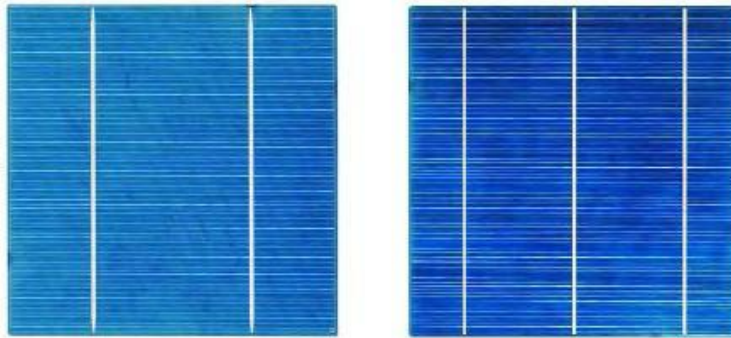
Τα κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από έναν μεγάλο κρυσταλλικό δίσκο (wafer) πυριτίου. Τα κελιά αυτά κατασκευάζονται με μία διαδικασία γνωστή ως διαδικασία “Czochralski”. Χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση, της τάξης του 15-18% αλλά και υψηλότερο κόστος. Τα ηλιακά κελιά κατασκευάζονται σε σχήμα κύκλου, ή σχεδόν κύκλου καθώς και τετράγωνα. Τα κυκλικά ηλιακά κελιά είναι φθηνότερα από τα υπόλοιπα επειδή είναι λιγότερα τα υπολείμματα κατά την κατασκευή τους. Ωστόσο δε χρησιμοποιούνται συχνά στην κατασκευή φωτοβολταϊκών πάνελ επειδή δεν χρησιμοποιείται αποδοτικά μία επιφάνεια, λόγω των κενών μεταξύ τους όταν τοποθετούνται δίπλα το ένα στο άλλο. Αποτελούν όμως μία καλή προοπτική για ενσωμάτωση σε κτίρια όταν απαιτείται μερική διαπερατότητα στο φως. Το χρώμα τους είναι συνήθως βαθύ μπλε έως μαύρο όταν διαθέτουν αντί-ανακλαστική (AR) επίστρωση ή γκρι (χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση).



Σχήμα 2 : Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

B. Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

Τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι φθηνότερα από αυτά του μονοκρυσταλλικού πυριτίου αλλά και λιγότερο αποδοτικά. Όπως προκύπτει και από τον όρο, κατασκευάζονται από δίσκους (wafers) πυριτίου που κόβονται από τετραγωνισμένους ράβδους πυριτίου. Η μέθοδος κατασκευής ενός πολυκρυσταλλικού κελιού απαιτεί πολύ μικρότερη ακρίβεια και κόστος σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά κελιά. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 13% έως 16% και κατασκευάζονται συνήθως σε τετράγωνο σχήμα. Το χρώμα τους είναι συνήθως μπλε (με αντί-ανακλαστική επίστρωση) ή γκρι-ασημί (χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση).



Σχήμα 3 : Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

Γ. Τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin-film)

Αρκετή έρευνα έχει διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια για την τελειοποίηση μεθόδων κατασκευής ηλιακών κελιών με ημιαγωγούς πάχους μόλις μερικών μικρομέτρων, με στόχο την επίτευξη μίας εύλογης απόδοσης με τη χρήση μικρής ποσότητας πυριτίου. Τα κελιά αυτά έχουν μικρότερη απόδοση από τα κελιά κρυσταλλικού πυριτίου (της τάξης του 5-7%) αλλά με αρκετά χαμηλότερο κόστος, ώστε να τα καθιστά ανταγωνιστικά. Συνήθως χαρακτηρίζονται από το έντονα σκούρο (σχεδόν μαύρο) χρώμα τους. Κυριότεροι αντιπρόσωποι της κατηγορίας αυτής αποτελούν τα παρακάτω:

Γα. Κελιά άμορφου πυριτίου (amorphous-Si)

Αποτελούν την πιο συνηθισμένη μορφή και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε ηλεκτρονικά προϊόντα ευρείας κατανάλωσης (π.χ. υπολογιστές τσέπης). Το άμορφο πυρίτιο, η μη-κρυσταλλική μορφή του πυριτίου, μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα αγώγιμο υπόστρωμα σε ένα στρώμα πάχους μερικών μικρομέτρων δημιουργώντας ένα κελί τεχνολογίας λεπτού υμενίου. Η διαδικασία τοποθέτησης επιτρέπει στο άμορφο πυρίτιο να έχει λιγότερο από 1% του πάχους ενός κρυσταλλικού κελιού. Επιπλέον, τα κελιά άμορφου πυριτίου δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής εύκαμπτων φωτοβολταϊκών πάνελ.

Γβ. Κελιά καδμίου-τελλουρίου (CdTe)

Η κρυσταλλική ένωση καδμίου-τελλουρίου (CdTe) είναι ένα αποτελεσματικό υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών κελιών. Για τη δημιουργία μίας ένωσης **p-n** σε ένα ηλιακό κελί, ένα στρώμα σουλφιδίου του καδμίου προστίθεται στο CdTe. Λόγω της αποτελεσματικότητας ένα κελί CdTe χρησιμοποιεί περίπου το 1% του ημιαγωγού υλικού σε σχέση με ένα κρυσταλλικό κελί. Μειονέκτημα τους αποτελεί το γεγονός της χρήσης του σπάνιου μετάλλου τελλουρίου. Επιπλέον, η χρήση του καδμίου επιβάλλει την αναγκαστική ανακύκλωση τους μετά το πέρας της ζωής τους.

Γγ. Κελιά χαλκού-Ινδίου / Γαλλίου - Δισεληνιούχου

Αποτελεί μία από τις περισσότερο υποσχόμενες τεχνολογίες, όπου κελιά λεπτού υμενίου κατασκευάζονται από έναν συνδυασμό χαλκού-ινδίου-δισεληνιούχου και χαλκού-γαλλίου-δισεληνιούχου (κελιά CIGS). Τα κελιά αυτά έχουν επιδείξει αποδόσεις της τάξης του 19,9%, που αποτελεί την υψηλότερη για κελιά λεπτού υμενίου.

Δ. Άλλοι τύποι κελιών

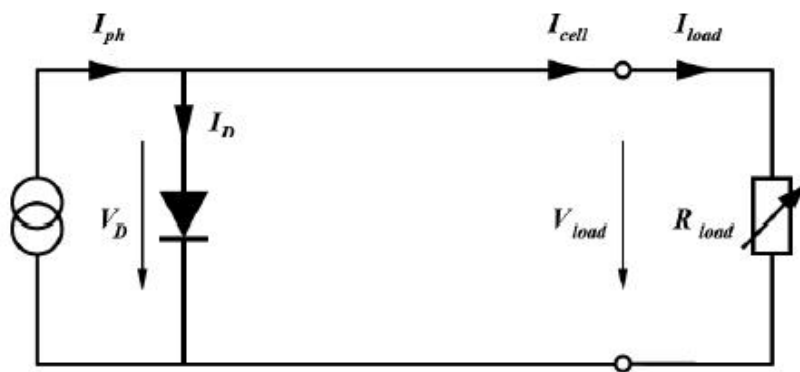
Εκτός των παραπάνω συναντά κανείς και τους παρακάτω τύπους κελιών σε μικρό βαθμό ή σε εργαστηριακό επίπεδο:

Κελιά Γαλλίου-Αρσενικούχου (GaAs): Αποτελούν κελιά υψηλής απόδοσης (έως και 36%), ωστόσο ιδιαίτερα ακριβά.

Οργανικά/ πολυμερή κελιά: Αποτελούν μία σχετικά νέα τεχνολογία. Τα οργανικά κελιά λειτουργούν με έναν λίγο διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες: αντί για ημιαγώγιμες **p-n** επαφές, τα οργανικά κελιά χρησιμοποιούν οργανικά υλικά που λειτουργούν ως δότες και δέκτες ηλεκτρονίων. Το μεγάλο πλεονέκτημα χρήσης οργανικών υλικών είναι ότι επιτρέπουν την μεγάλης-κλίμακας, χαμηλής-θερμοκρασίας κατασκευή εύκαμπτων ηλιακών κελιών σε υποστρώματα πλαστικών. Η απόδοση των οργανικών κελιών είναι σήμερα της τάξης του 5-6%, ωστόσο η αύξηση της πρόκειται να μειώσει σημαντικά το κόστος παραγωγής ηλιακών κελιών.

1.3 Μοντελοποίηση ηλιακών κελιών

Το απλούστερο μοντέλο ηλιακού κελιού παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 4 : Μοντελοποίηση ηλιακού κελιού

Στο μοντέλο αυτό το ρεύμα κελιού προκύπτει από το συνδυασμό του φωτορεύματος I_{ph} , δηλαδή του ρεύματος που παράγεται από την έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία και είναι ανάλογο αυτής και του ρεύματος της διόδου που δημιουργείται λόγω της ύπαρξης της επαφής $p-n$. Έτσι ισχύει η παρακάτω εξίσωση:

$$I_{cell} = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_0 \left(e^{qV/kT} - 1 \right) \quad (1)$$

όπου:

I_{cell} : ρεύμα κελιού

I_{ph} : φωτορεύμα, ανάλογο της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας

I_D : ρεύμα διόδου

I_0 : ρεύμα διαρροής της διόδου

q : φορτίο ηλεκτρονίου

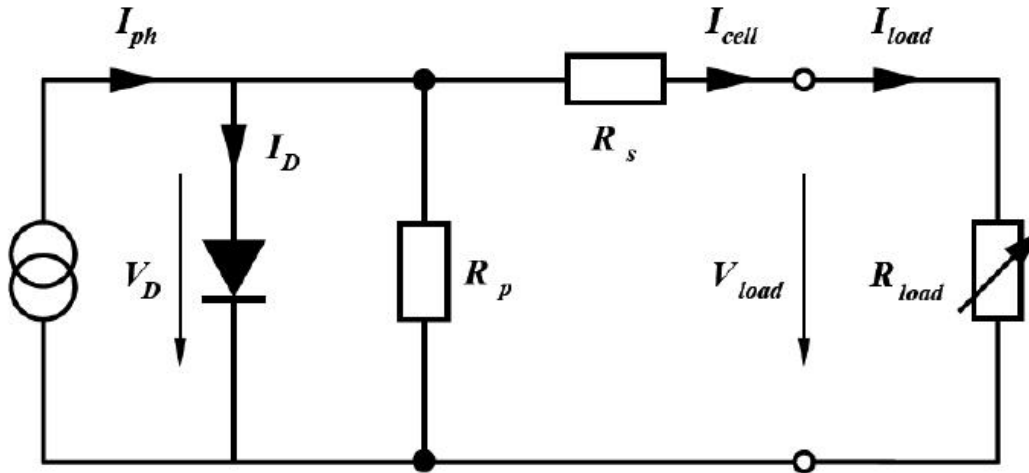
V : τάση στα άκρα της διόδου

k : σταθερά Boltzmann

T : θερμοκρασία (K)

Από την παραπάνω εξίσωση γίνεται φανερό ότι οι

Κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή ρεύματος σε ένα ηλιακό κελί είναι η ένταση της ακτινοβολίας και η θεοκρασία. Ωστόσο, ένα ακριβέστερο μοντέλο ενός ηλιακού κελιού πρέπει να περιέχει και τις ηλεκτρικές αντιστάσεις των υλικών, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



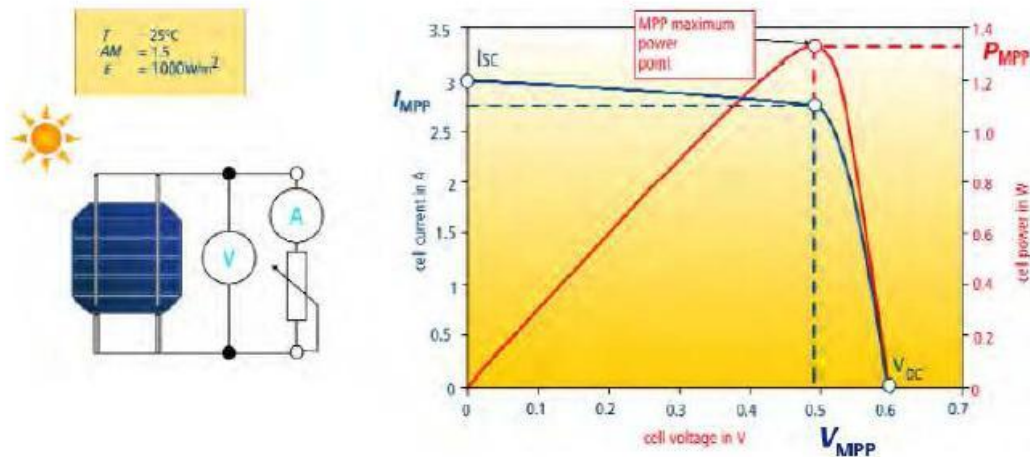
Σχήμα 5: Μοντέλο ηλιακού κελιού με αντιστάσεις

Στην περίπτωση αυτή η εξίσωση που περιγράφει το ηλιακό κελί είναι η παρακάτω:

$$I_{cell} = I_{ph} - I_0 \cdot \left(e^{\frac{q}{k \cdot T} (V_{load} + I_{cell} \cdot R_s)} - 1 \right) - \frac{V_{load} + I_{cell} \cdot R_s}{R_p} \quad (2)$$

όπου R_s, R_p είναι εν σειρά και εν παραλλήλω ηλεκτρικές αντιστάσεις.

Μακροσκοπικά, ένα ηλιακό κελί μοντελοποιείται με την βοήθεια της χαρακτηριστικής του καμπύλης έντασης-τάσης I-V (I-V curve) ή ισχύος-τάσης P-V (P-V curve). Τυπικές καμπύλες παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 6: Καμπύλες I-V και P-V ενός ηλιακού κελιού

Χαρακτηριστικά μεγέθη αποτελούν:

- 1) Η τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} : είναι η τάση που επικρατεί en-ην έξοδο ενός ηλιακού κελιού όταν τα δύο άκρα του είναι ανοικτά
- 2) Το ρεύμα βραχυκύκλωσης: I_{sc} : είναι το ρεύμα που διαρρέει το ηλιακό κελί όταν τα δύο άκρα του βραχυκυκλωθούν.
- 3) Η μέγιστη ισχύς του κελιού P_{mpp} (maximum power point): είναι η μέγιστη ισχύς του ηλιακού κελιού που αντιστοιχεί σε τάση V_{mpp} και ένταση I_{mpp} .

Με στόχο τη δυνατότητα σύγκρισης διαφορετικών κελιών ή και πάνελ υπό κοινές συνθήκες, έχουν οριστεί οι λεγόμενες Πρότυπες Συνθήκες Ελέγχου, περισσότερο γνωστές ως STC συνθήκες από τα αρχικά των λέξεων Standard Test Conditions. Οι συνθήκες αυτές αντιστοιχούν σε :

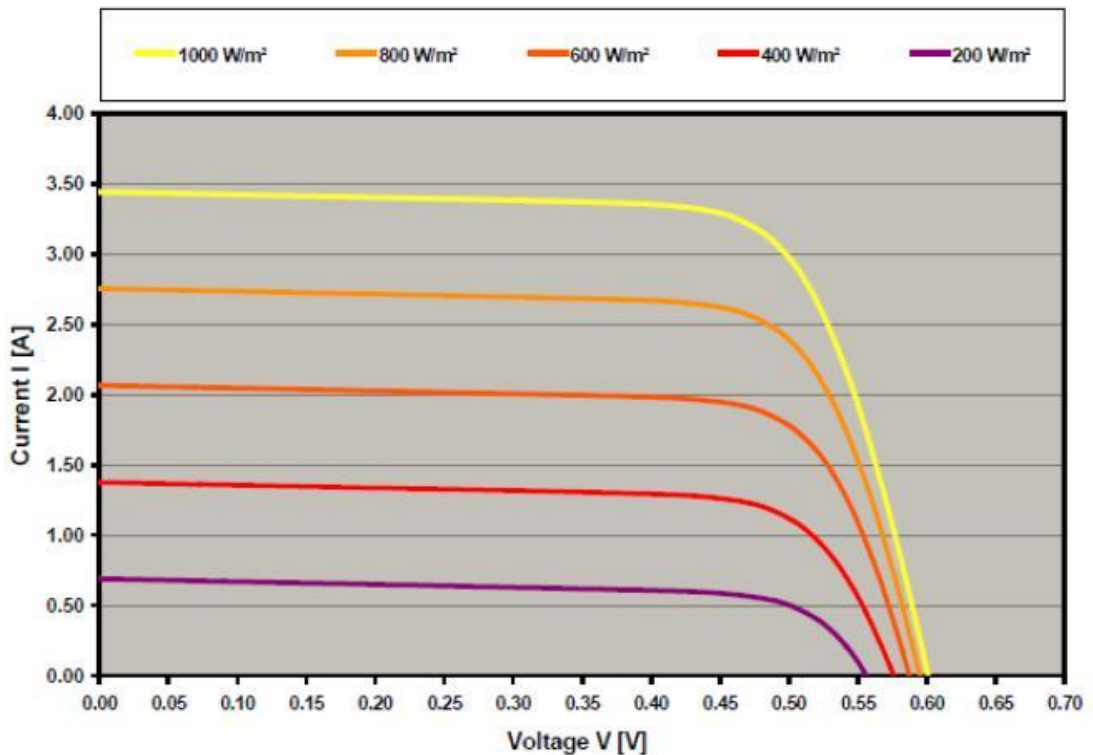
- 1) Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ίσης προς $1000\text{W}/\text{m}^2$.
- 2) Θερμοκρασία κελιού ίση προς 25°C .
- 3) Μάζα αέρα (air mass) ίση προς 1.5 Η μάζα αέρα είναι μία παράμετρος που πρακτικά σχετίζεται με τη διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας διαμέσου της ατμόσφαιρας. Έτσι όταν ο ήλιος βρίσκεται κάθετα στην επιφάνεια της γης, η ηλιακή ακτινοβολία περνάει μόνο μία φορά διαμέσου του ατμοσφαιρικού αέρα, γεγονός που δηλώνεται ως $AM = 1$. Ο παράγων $AM = 1.5$, που χρησιμοποιείται ως πρότυπη συνθήκη για τον χαρακτηρισμό των ηλιακών κελιών αντιστοιχεί σε γωνία του ήλιου ίση προς 41.8° ως προς τον ορίζοντα.

Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στον παράγοντα της θερμοκρασίας κελιού, η οποία είναι συνήθως κατά $25\text{-}30^\circ\text{C}$ υψηλότερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έτσι συνήθως οι κατασκευαστές παρέχουν και τα δεδομένα ισχύος στις λεγόμενες NOCT συνθήκες (Normal Operating Cell Temperature), οι οποίες αντιστοιχούν σε θερμοκρασία κελιού περί τους $45\text{-}48^\circ\text{C}$ για θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C , ένταση ακτινοβολίας $800\text{W}/\text{m}^2$ $AM = 1.5$ και ταχύτητα ανέμου $1\text{m}/\text{sec}$. Τα δεδομένα αυτά παρέχουν μία περισσότερο ρεαλιστική εικόνα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα ηλιακά κελιά, αναφορικά με τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες.

1.4 Επίδραση έντασης ακτινοβολίας και θερμοκρασίας

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία αποτελούν τους δύο κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας από ένα ηλιακό κελί .

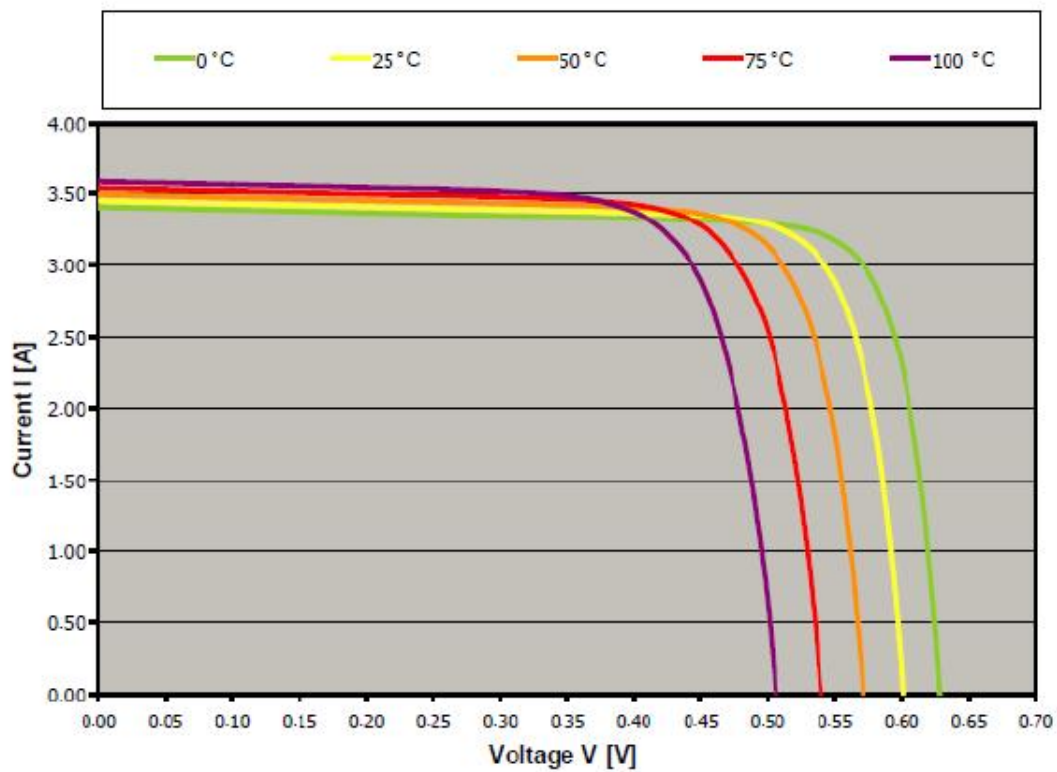
Το παρακάτω Σχήμα παρουσιάζει τη μεταβολή της I-V χαρακτηριστικής ενός ηλιακού κελιού με μεταβολή της έντασης ακτινοβολίας:



Σχήμα 7: Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην καμπύλη I-V ενός ηλιακού κελιού

Όπως προκύπτει από το Σχήμα 9, η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας επιδρά (σχεδόν ανάλογα) στο ρεύμα βραχυκύκλωσης του κελιού ενώ η τάση ανοικτού κυκλώματος αυξάνεται ελαφρά με την αύξηση της έντασης. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η σχεδόν αναλογική σχέση ανάμεσα στην ισχύ του κελιού και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, για σταθερές φυσικά θερμοκρασίες κελιού.

Το Σχήμα 8 παρουσιάζει την επίδραση της θερμοκρασίας κελιού στην I-V χαρακτηριστική του κελιού:



Σχήμα 8: Επίδραση της θερμοκρασίας στην I-V χαρακτηριστική ενός ηλιακού κελιού.

Όπως προκύπτει από το Σχήμα 10, η θερμοκρασία επιδρά κυρίως στην τάση του ηλιακού κελιού. Ειδικότερα, η τάση ανοικτού κυκλώματος αυξάνεται σημαντικά με μείωση της θερμοκρασίας, γεγονός που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος, ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης μειώνεται ελαφρά. Συνολικά, η ισχύς του ηλιακού κελιού μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Συνήθως οι κατασκευαστές των ηλιακών κελιών και πάνελ αναφέρουν ενδεικτικούς συντελεστές μεταβολής των παρακάτω μεγεθών με τη θερμοκρασία:

- Ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} , με τυπικές τιμές της τάξης του 0,04-0,07% ανά βαθμό Kelvin (ή Κελσίου)
 - * Τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} με τυπικές τιμές της τάξης του -0,3 έως -0,4% ανά βαθμό Kelvin (ή Κελσίου).
 - * Μέγιστη ισχύς P_{mpp} με τυπικές τιμές της τάξης του -0,4 έως -0,5% ανά βαθμό Kelvin (ή Κελσίου).

Οι παραπάνω τιμές είναι ενδεικτικές για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου. Για πάνελ άμορφου πυριτίου, η μείωση στις τιμές της τάσης και κυρίως της ισχύος (που είναι και το μέγεθος με το άμεσο ενδιαφέρον) είναι μικρότερη με ενδεικτικές τιμές της τάξης του -0,3% ανά βαθμό Kelvin για την τάση του ανοικτού κυκλώματος και -0,3 έως -0,4% ανά βαθμό Kelvin για την ισχύ του κελιού.

Το γεγονός αυτό φανερώνει ένα σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας του άμορφου πυριτίου που είναι η μικρότερη μείωση ισχύος σε υψηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο κατά τη σχεδίαση ενός συστήματος και την επιλογή τεχνολογιών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο σημαντικά μικρότερο βαθμός απόδοσης (δηλαδή ποσοστού της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρικής ενέργεια, 6-7% έναντι 15-17% για κρυσταλλικά κελιά) γεγονός που αυξάνει τις απαιτήσεις χώρου και συναφών εγκαταστάσεων σταθμών με πάνελ άμορφου πυριτίου έναντι αντίστοιχων σταθμών με κρυσταλλικά πάνελ.

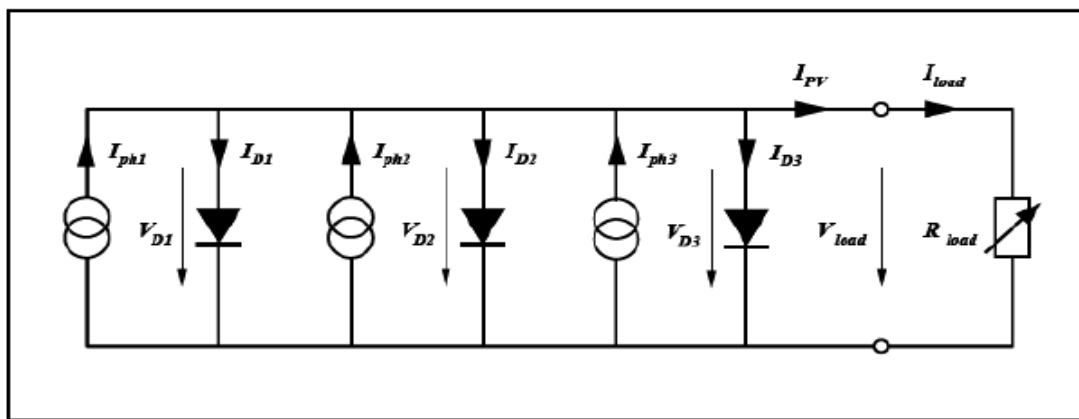
1.5 Από τα φωτοβολταϊκά κελιά στα φωτοβολταϊκά πάνελ

Τα ηλιακά κελιά χρησιμοποιούνται σπάνια μόνα τους. Συνήθως, κελιά με τα ίδια χαρακτηριστικά συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους ώστε να προκύψει μεγαλύτερη ισχύς με τη μορφή ενός φωτοβολταϊκού πάνελ. Τα πάνελ στη συνέχεια συνδυάζονται μεταξύ τους ώστε να προκύψουν οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί.

Τα ηλιακά κελιά μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα.

Παράλληλη σύνδεση κελιών

Η παράλληλη σύνδεση κελιών αυξάνει την ένταση ρεύματος, η τάση στα άκρα του συνδυασμού παραμένει η ίδια με την τάση του κάθε κελιού. Έτσι η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από την άθροιση των τιμών ρεύματος για την ίδια τιμή τάσης.

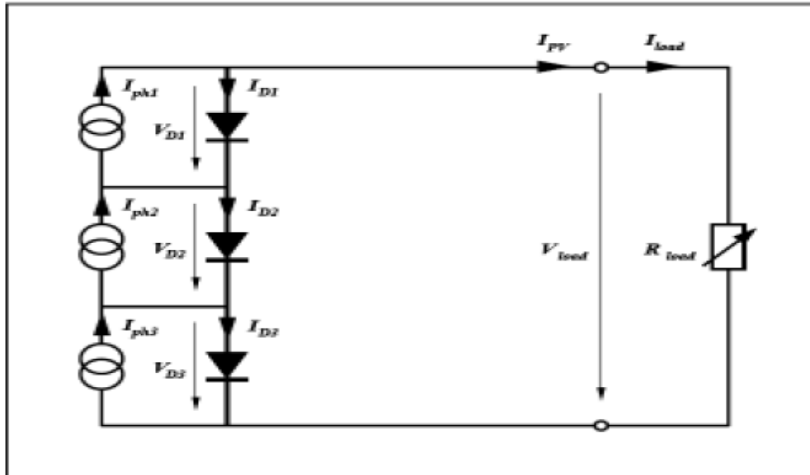


Σχήμα 9: Παράλληλη σύνδεση κελιών

Η παράλληλη σύνδεση κελιών δεν χρησιμοποιείται συνήθως καθώς η μεγαλύτερη ένταση ρεύματος απαιτεί και μεγαλύτερες διατομές αγωγών, ενώ και οι απώλειες αυξάνονται με τη μείωση της τάσης. Για τους παραπάνω λόγους, η σύνδεση των κελιών γίνεται συνήθως εν σειρά.

Σύνδεση κελιών σε σειρά

Στη σύνδεση κελιών σε σειρά υπάρχει η ίδια ροή ρεύματος ανά κελί ενώ η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των κελιών. Αντίστοιχα, η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από το άθροισμα των τιμών τάσεων των κελιών για την ίδια τιμή έντασης ρεύματος.



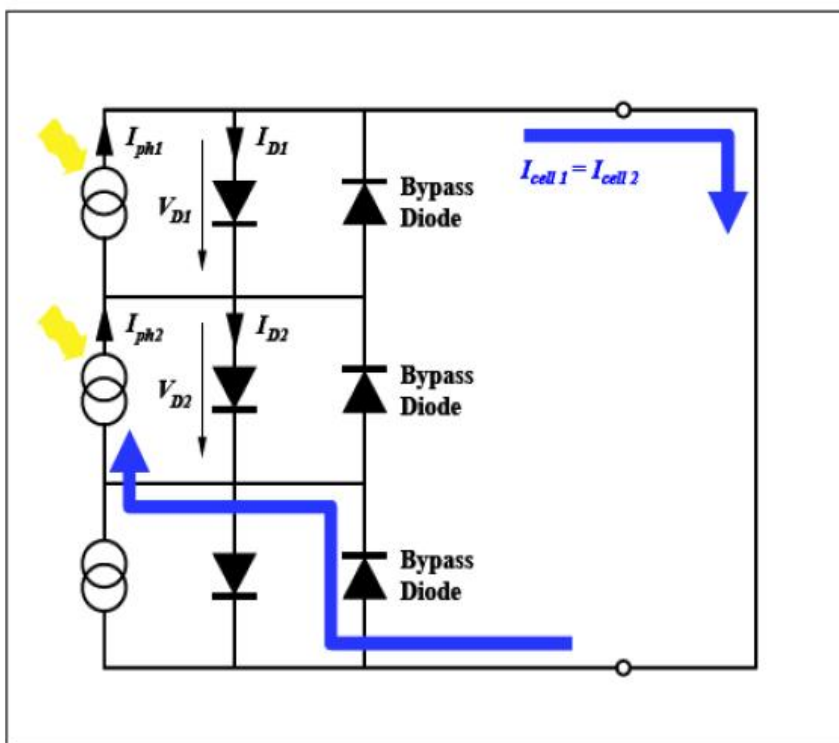
Σχήμα 10: Σε σειρά σύνδεση κελιών

1.6 Η επίδραση της σκίασης

Η επίδραση της σκίασης, της έλλειψης δηλαδή ηλιακού φωτός, ανάγεται στην μερική ή ολική απώλεια δημιουργίας φωτορεύματος. Η σκίαση δημιουργείται συνήθως από την παρουσία φυσικών εμποδίων (π.χ. δένδρα, κτίρια, στύλοι κτλ) ή από παροδικά (και μάλλον στοχαστικού χαρακτήρα) φαινόμενα (π.χ. σύννεφα).

Για παράδειγμα ας θεωρηθεί η περίπτωση των τριών ηλιακών κελιών συνδεδεμένων σε σειρά. Αν υποθεθεί ότι ένα κελί σκιάζεται πλήρως τότε η παραγωγή ρεύματος από αυτό θα είναι μηδενική και κατά συνέπεια θα συμπεριφέρεται ως ανοικτό κύκλωμα, μηδενίζοντας τη συνολική παραγωγή ενέργειας.

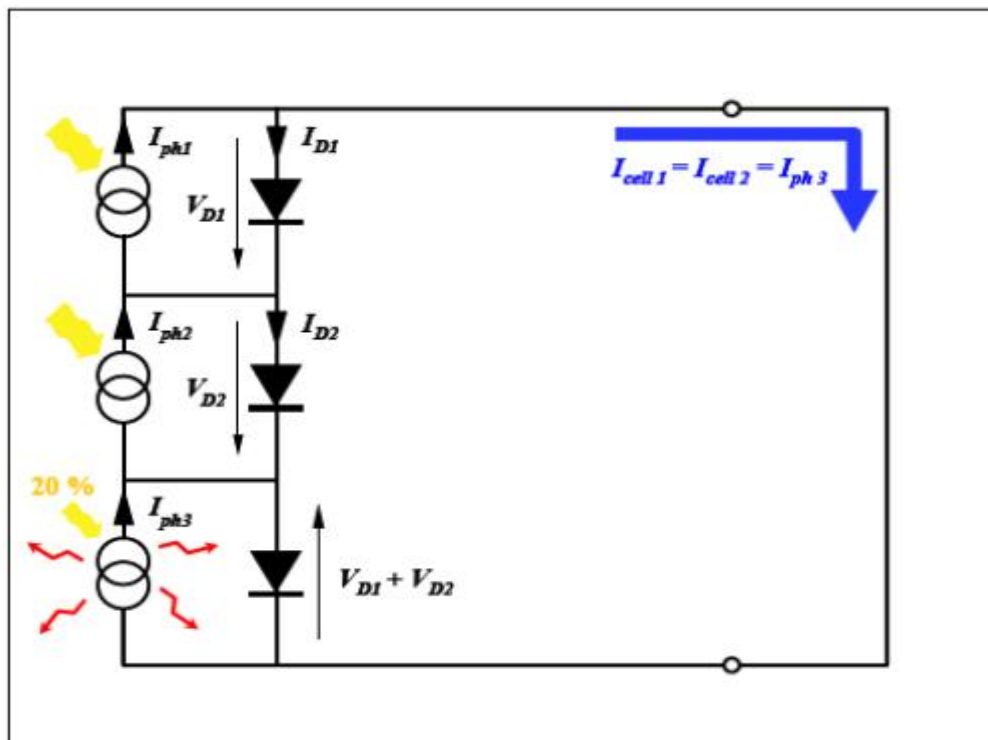
Μία λύση που εφαρμόζεται συνήθως είναι η προσθήκη διόδων παράκαμψης (bypass diodes) συνδεδεμένων αντιπαράλληλα προς τα ηλιακά κελιά. Σε κανονικές συνθήκες οι διόδοι αυτοί είναι πολωμένες ανάστροφα και δεν επιδρούν στην παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, όταν ένα κελί σκιαστεί πλήρως, τότε το ρεύμα των υπόλοιπων ηλιακών κελιών ρέει διαμέσου της διόδου αυτής, η οποία πολώνεται ορθά, διατηρώντας έτσι τη ροή ενέργειας. Η παραπάνω διαδικασία περιγράφεται σχηματικά παρακάτω:



Σχήμα 11: Δίοδος ρεύματος διαμέσου της διόδου παράκαμψης σε περίπτωση πλήρους σκίασης

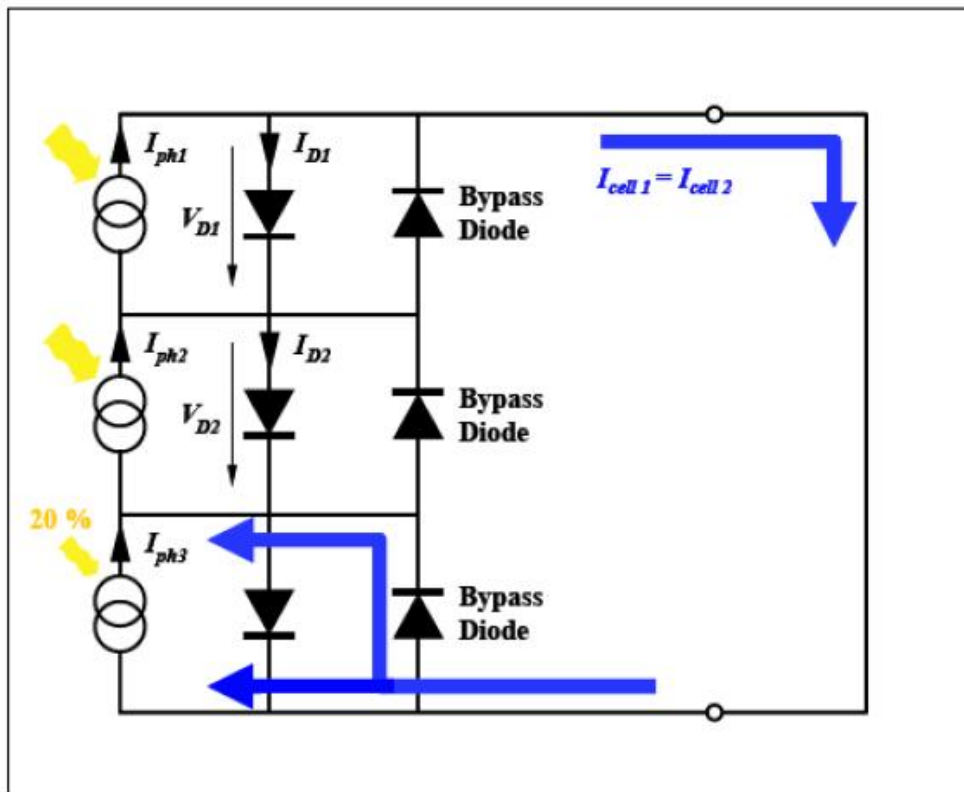
Ας θεωρηθεί τώρα η περίπτωση που ένα κελί είναι μερικώς σκιασμένο, π.χ. με μείωση της προσπίπτουσας έντασης ακτινοβολίας στο 20% σε σχέση με τα άλλα κελιά. Στην περίπτωση αυτή το συγκεκριμένο κελί θα παράγει περίπου το 20% του φωτορεύματος ενώ τα άλλα κελιά θα παράγουν το 100%. Λόγω της σύνδεσης σε σειρά, στο κύκλωμα θα ρέει μόνο το ρεύμα που θα παράγεται από το μερικώς σκιασμένο κελί. Αναφορικά με τα κελιά που δεν σκιάζονται το υπόλοιπο ρεύμα τους (δηλαδή το υπόλοιπο 80%) θα ρέει εσωτερικά σε αυτά, στις ενδογενείς διόδους τους.

Επιπλέον στο μερικώς σκιασμένο κελί θα υφίσταται απώλεια ενέργειας καθώς η διόδος του θα είναι ανάστροφα πολωμένη από την τάση που παράγεται στα άλλα κελιά, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα:



Σχήμα 12: Η περίπτωση μερικώς σκιασμένου κελιού

Πρακτικά, η περίπτωση αυτή οδηγεί στη δημιουργία «θερμών σημείων» (hot spots) τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε γρηγορότερη γήρανση και ενδεχόμενα καταστροφή του πάνελ. Ωστόσο, με τη βοήθεια των διόδων παράκαμψης αποφεύγονται τα προβλήματα των θερμών σημείων. Στην περίπτωση αυτή, η διαφορά των ρευμάτων μεταξύ των κελιών που δεν σκιάζονται και του μερικώς σκιασμένου κελιού ρέει διαμέσου της διόδου παράκαμψης, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα:



Σχήμα 13: Χρήση διόδου παράκαμψης σε μερικώς σκιασμένα κελιά

Ωστόσο, η χρήση μίας διόδου παράκαμψης ανά κελί είναι γενικά αρκετά δαπανηρή και στην πράξη, συνήθως χρησιμοποιείται μία δίοδος ανά 10-1 κελιά. Για παράδειγμα για ένα πάνελ αποτελούμενο από 36 εν σειρά συνδεδεμένα κελιά, χρειάζονται 3 διόδοι. Οι διόδοι αυτοί περιλαμβάνονται συνήθως στο κιβώτιο σύνδεσης στο πίσω μέρος κάθε πάνελ.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι διόδοι παράκαμψης δεν προκαλούν απώλειες σε κανονικές συνθήκες όταν δεν διαρρέονται από ρεύμα. Επιπρόσθετα της προστασίας ενός ή περισσοτέρων κελιών που σκιάζονται, οι διόδοι παράκαμψης επιτρέπουν τη ροή ρεύματος από ένα φωτοβολταϊκό πάνελ σε μειωμένη βέβαια τάση και ισχύ.

Όπως έχει γίνει φανερό για την εν σειρά σύνδεση τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός πάνελ και, κατ' επέκταση μίας συστοιχίας πάνελ, καθορίζονται από το χειρότερο (από πλευράς σκίασης) κελί ή πάνελ. Για το λόγο αυτό, πάνελ με διαφορετικούς τύπους ηλιακών κελιών ή από διαφορετικούς κατασκευαστές δε θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους. Σε ακόμη μεγαλύτερα συστήματα ίσως είναι σκόπιμο ότι τα πάνελ που συνδέονται μεταξύ τους προέρχονται από την ίδια γραμμή παραγωγής. Επιπλέον, πρέπει ο σχεδιαστής μηχανικός να λαμβάνει κάθε δυνατή μέριμνα ώστε να αποφεύγονται σκιάσεις από δένδρα, καλώδια και στύλους ή περιβάλλοντα κτίρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΤΕΓΗ

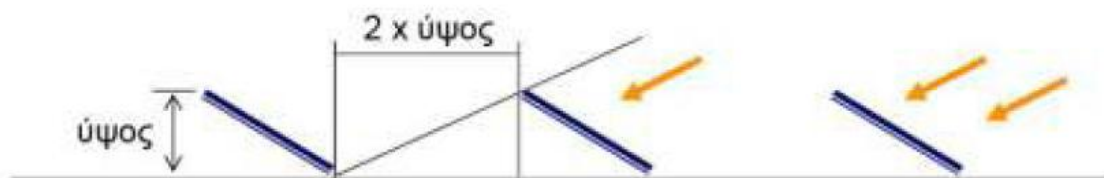
2.1 Πρακτικοί κανόνες χωροθέτησης - ενεργειακή απολαβή πάνελ στον Ελληνικό χώρο

Στις προηγούμενες παραγράφους έγινε μία ανασκόπηση της τεχνολογίας των ηλιακών κελιών και των κυριότερων χαρακτηριστικών τους. Αντικείμενο του εδαφίου αυτού αποτελεί η χρησιμοποίηση των παραπάνω γνώσεων για τους βασικούς υπολογισμούς χωροθέτησης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού.

Όπως έγινε φανερό, το πρώτο ζητούμενο αποτελεί η επίτευξη της μέγιστης δυνατής έντασης ακτινοβολίας σε κάθε πάνελ κατά τη διάρκεια του χρόνου. Όπως θα περίμενε κανείς, η ένταση της ακτινοβολίας είναι αρκετά μεγαλύτερη το καλοκαίρι απ' ό,τι το χειμώνα. Ωστόσο, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απολαβής θα πρέπει κανείς να λάβει υπόψη του και το γεγονός ότι οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού συντελούν αρνητικά στην παραγωγή ενέργειας.

Για την μέγιστη απολαβή ενέργειας, τα πάνελ είναι απαραίτητο να τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό με κλίση η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Για τα ελληνικά δεδομένα, μία τυπική μέση χαρακτηριστική κλίση είναι αυτή των 30 μοιρών. Ωστόσο όπως θα αναλυθεί περαιτέρω, είναι δυνατόν να αυξηθεί η ενεργειακή απολαβή αναγκάζοντας τα φωτοβολταϊκά πάνελ να ακολουθούν καθημερινώς την πορεία του ήλιου από ανατολή προς δύση με μεταβλητή κλίση, ώστε να λαμβάνεται υπόψη και η θέση του ήλιου στον ορίζοντα. Ωστόσο, τα προηγούμενα, δηλαδή η τοποθέτηση των πάνελ σε νότιο προσανατολισμό με περίπου 30 μοίρες κλίση ως προς την οριζόντιο, δίνουν έναν πρακτικό κανόνα τοποθέτησης των πάνελ.

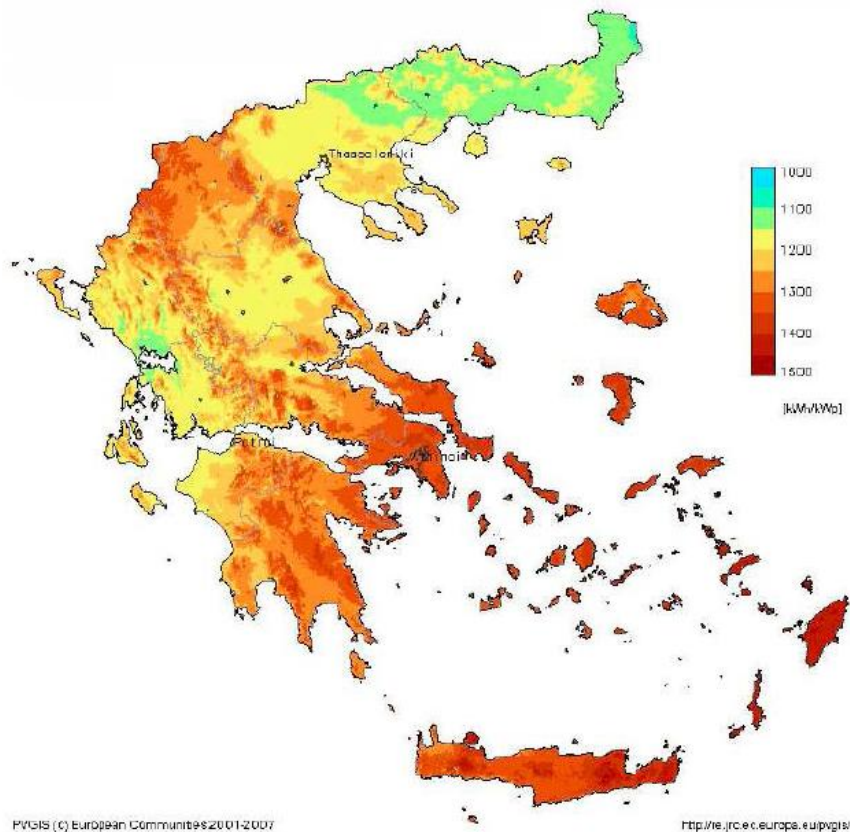
Αναφορικά με τη σκίαση, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η εγκατάσταση να βρίσκεται σε χώρο στον οποίο απουσιάζουν εμπόδια. Επιπλέον, για την αποφυγή σκιάσεων σειρών φωτοβολταϊκών πάνελ μεταξύ τους, ένας πρακτικός κανόνας τοποθέτησης είναι ότι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους της εγκατάστασης, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα:



Σχήμα 14 : Κλίση ηλιακών συλλεκτών

Η ενεργειακή απολαβή από τα φωτοβολταϊκά πάνελ εξαρτάται προφανώς και από τα κλιματολογικά δεδομένα του τόπου εγκατάστασης. Είναι προφανές ότι φωτοβολταϊκά πάνελ του ίδιου κατασκευαστή τοποθετημένα ακριβώς με τον ίδιο τρόπο θα δίνουν διαφορετική παραγωγή στη Βόρεια απ' ό τι στη Νότια Ελλάδα, όπου επικρατούν διαφορετικές συνθήκες ακτινοβολίας και θερμοκρασίας. Ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει πάντα να έχει υπόψη του ότι η αναγραφόμενη ισχύ κάθε πάνελ (peak power, W_p) αναφέρεται σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC) οι οποίες διαφέρουν σημαντικά από τις πραγματικά επικρατούσες συνθήκες.

Το παρακάτω Σχήμα παρουσιάζει ενδεικτικές παραγωγές ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος και ανά εγκατεστημένο kWp για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδος για πάνελ τοποθετημένα σε σταθερές βάσεις:

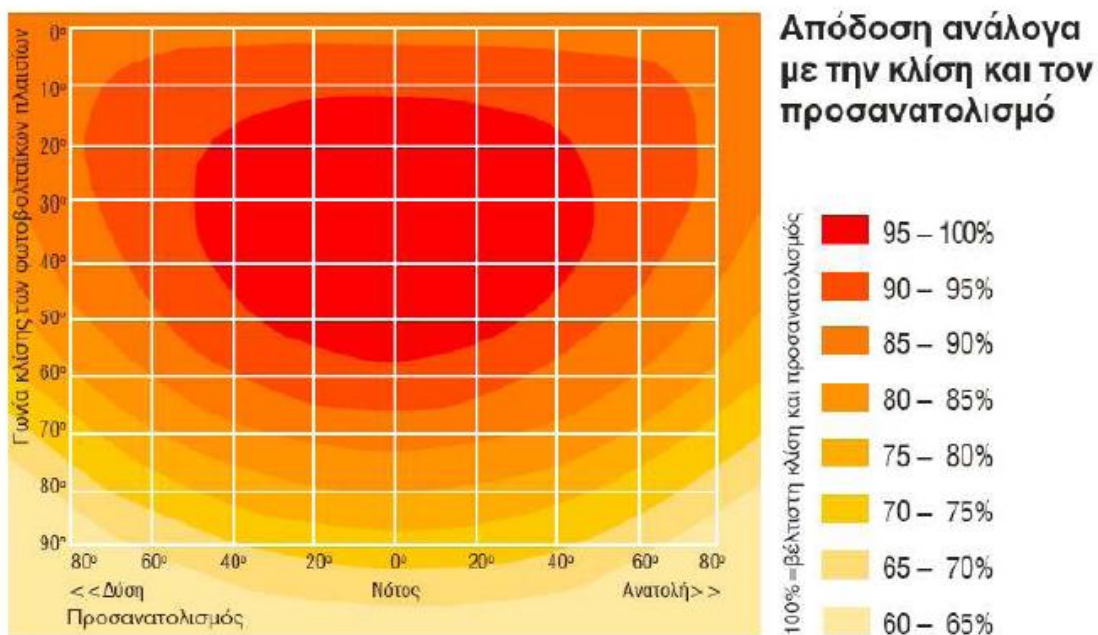


Σχήμα 15: Παραγωγή ενέργειας (kWh/έτος/kWp) για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας

(Πηγή ΣΕΦ, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>)

Όπως προκύπτει, μία μέση εκτίμηση της ενεργειακής απολαβής είναι 1150-1500kWh/kWp ετησίως, με τη μεγαλύτερες τιμές να σημειώνονται εν-ην Κρήτη και τα Δωδεκάνησα. Ο υπολογισμός αυτός προσαυξάνεται κατά περίπου 25-30% κατά μέσο όρο με τη χρησιμοποίηση συστημάτων ανίχνευσης της πορείας του ήλιου (trackers).


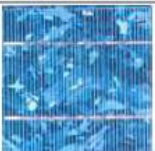

Ωστόσο, ένα συχνό θέμα αποτελεί υπολογισμός της απόδοσης όταν υπάρχει απόκλιση από τις ιδανικές συνθήκες προσανατολισμού και κλίσης. Το φαινόμενο αυτό συναντάται συνήθως σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών σε κτίρια όπου η επιφάνεια χωροθέτησης είναι δεδομένου προσανατολισμού και κλίσης. Αντίθετα, σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών επί εδάφους υπάρχει συνήθως αρκετός χώρος ώστε να επιτευχθούν οι βέλτιστες συνθήκες. Στις περιπτώσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω διαγράμματα:



Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	0 °	30 °	90 °
			
Ανατολικός - Δυτικός	90	85	50
Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός	90	95	60
Νότιος	90	100	60
Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός	90	67	30
Βόρειος	90	60	20

Σχήμα 16: Μεταβολή της παραγωγής ενέργειας για απόκλιση τοποθέτησης ως προς τις βέλτιστες συνθήκες. Πηγή ΣΕΦ

Τέλος, συγκεντρωτικά, είναι σκόπιμο να έχει κανείς υπόψη του τα γενικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών πάνελ. Ένας ενδεικτικός πίνακας δίνεται παρακάτω:

Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών (εξοπλισμός που κυκλοφορεί στην αγορά στις αρχές 2008)			
ΤΥΠΟΣ	'Λεπού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	a-Si: 4,2-6,6% μ-Si: 8,1-8,5% CIS-CIGS: 6-11% CdTe: 6-11,1%	11-14,8%	11-19,3%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	9-25 m ²	7-9 m ²	5,5-9 m ²
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότια προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	1.300-1.450	1.300	1.300
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m ²) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότια προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	50-160	145-185	145-235
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO ₂ ανά kWp)	1.300-1.450	1.300	1.300

Σχήμα 17: Σημαντικότερα χαρακτηριστικά τεχνολογιών πάνελ, Πηγή ΣΕΦ

2.2 Τρόποι στήριξης Φ/Β πάνελ

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πάνελ συνήθως εδράζονται επί εδάφους με δύο τρόπους:

1. Σε βάσεις σταθερής κλίσης ως προς την οριζόντιο, συνήθως αναφερόμενες ως «σταθερές βάσεις»
2. Σε βάσεις επί διατάξεων παρακολούθησης της πορείας του ήλιου, αναφερόμενες συνήθως ως συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου, ή ηλιοπαρακολουθητές ή τράκερς (trackers).

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ως σταθερών τρόπων έδρασης σε στέγη.

Σταθερές βάσεις

Οι σταθερές βάσεις αποτελούν τον απλούστερο και οικονομικότερο τρόπο έδρασης Φ/Β πάνελ. Η αρχή σχεδιασμού τους είναι απλή: οι ακτίνες του ήλιου θα πρέπει να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια των πάνελ κατά το μεσημέρι. Έτσι οι βάσεις κατασκευάζονται ώστε να επιτρέπουν την τοποθέτηση των πάνελ σε σταθερή κλίση, περί τις 30 μοίρες. Η κλίση αυτή θεωρείται ως μία ικανοποιητική μέση τιμή για τα Ελληνικά δεδομένα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η ιδανική κλίση είναι αρκετά μικρότερη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και αρκετά μεγαλύτερη κατά τους χειμερινούς μήνες.

Οι σταθερές βάσεις κατασκευάζονται συνήθως από αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα (χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ). Συνήθως κατασκευάζονται μετά από τεχνική μελέτη ώστε να διαπιστωθεί η στατική τους επάρκεια και η αντοχή τους σε ανεμοπιέσεις ή φορτία χιονιού.

Επιπλέον, ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να είναι προσεκτικός στη χρήση παρελκόμενων υλικών όπως βίδες ή σύνδεσμοι Φ/Β πάνελ, καθώς θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή οξειδώσεων ή ηλεκτρόλυσης. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται μέριμνα για τη δυνατότητα όδευσης καλωδίων καθώς και για τη στήριξη πινάκων ή αντιστροφών, σε περίπτωση που τεχνικά διαπιστωθεί ότι αυτή είναι η βέλτιστη λύση.

Οι σταθερές βάσεις επί στέγης ακολουθούν την κλίση αυτής και γίνονται με διάφορες παραλλαγές όπως φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες :



Εικόνα 1. Βάση στήριξης Πάνελ σε μεταλλική στέγη



Εικόνα 2. Βάση στήριξης Πάνελ σε στέγη με κεραμίδια



Εικόνα 3. Τοποθέτηση πάνελ σε βάση στήριξης

2.3 Αντιστροφείς (inverters)

Με τον όρο αντιστροφέα νοείται η διάταξη ηλεκτρονικών ισχύος η οποία μετατρέπει τη συνεχή τάση των Φ/Β πάνελ σε εναλλασσόμενη ονομαστικών τιμών 230V (ανά φάση) /50 Ηζ. Οι αντιστροφείς αποτελούν πάντα ένα κομβικό σημείο σε μία Φ/Β εγκατάσταση καθώς όλη η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται μέσω αυτών στο δίκτυο. Κατά συνέπεια έχει ιδιαίτερη σημασία να χαρακτηρίζονται από αξιοπιστία και υψηλή απόδοση.

Η ΔΕΗ, αναγνωρίζοντας το σημαντικό ρόλο των αντιστροφέων σε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα θέτει συγκεκριμένες προδιαγραφές για αυτούς απαιτώντας την ύπαρξης σχετικών πιστοποιητικών. Επιπλέον κατά τη φάση παραλαβής του έργου, οι αντιστροφείς υποβάλλονται σε έλεγχο για να διαπιστωθεί κατά πόσο τηρούνται αυτές οι προδιαγραφές. Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν:

1. Την τάση και τη συχνότητα των αντιστροφέων: οι προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων προστασιών ορίων τάσης και συχνότητας είναι από -20% έως +15% και +/-0,5Ηζ αντίστοιχα για σταθμούς στο διασυνδεδεμένο σύστημα και από -20% έως +15% και από 47,5Ηζ έως 51Ηζ για σταθμούς σε μη διασυνδεδεμένα νησιά. Σε περίπτωση ενεργοποίησης των παραπάνω προστασιών ο χρόνος αποσύνδεσης θα πρέπει να είναι μικρότερος από 0,5 sec και ο χρόνος επανασύζευξης τουλάχιστον 3 λεπτά.
2. Η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion-THD) του ρεύματος των αντιστροφέων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 5%. Ο συντελεστής THD ορίζεται ως:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

όπου I_1 είναι η ενεργός τιμή του ρεύματος στη θεμελιώδη συχνότητα και I_h η ενεργός τιμή της αρμονικής ρεύματος τάξης h και συχνότητας $50 \times h$ Hz.

3. Εφόσον οι αντιστροφείς δε διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης η έγχυση συνεχούς ρεύματος (dc injection current) δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 0,5% του ονομαστικού ρεύματος.
4. Προστασία έναντι του φαινομένου νησιδοποίησης κατά το πρότυπο VDE 0126. Το σημείο αυτό πρόκειται να αναλυθεί περαιτέρω στις επόμενες παραγράφους.

Οι αντιστροφείς των διασυνδεδεμένων συστημάτων διαχωρίζονται ανάλογα με το είδος της τάσης που παράγουν σε:

1. Μονοφασικούς αντιστροφείς, με τυπικά μεγέθη ισχύος έως 10-11kW.
2. Τριφασικούς αντιστροφείς, με μεγέθη ισχύος από 6-7kW έως και 1MW.

Τονίζεται ότι η ΔΕΗ επιβάλλει τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα για εγκαταστάσεις άνω των 5kW, ενώ εγκαταστάσεις άνω των 100kW συνδέονται υποχρεωτικά στο δίκτυο Μέσης Τάσης (MT) της ΔΕΗ.

Οι αντιστροφείς ανάλογα με το αν χρησιμοποιούν μετασχηματιστή για γαλβανική απομόνωση (χαμηλής ή υψηλής συχνότητας) ανάμεσα στην DC είσοδο και την AC έξοδο χωρίζονται σε :

1. Αντιστροφείς με μετασχηματιστή (inverters with transformer)
2. Αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή (transformerless (TL) inverters)

Επιπλέον, ανάλογα της τεχνολογίας διασύνδεσης των Φ/Β πάνελ που χρησιμοποιείται οι αντιστροφείς χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Κεντρικοί αντιστροφείς (central inverters)
2. Αντιστροφείς κλάδων (string inverters)
3. Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων (multi-string inverters)
4. Αντιστροφείς με ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ (module integrated inverters).

Η χρήση μετασχηματιστή στους αντιστροφείς

Ο κυριότερος λόγος της χρήσης μετασχηματιστή σε έναν αντιστροφέα είναι αυτός της απομόνωσης της DC πλευράς η οποία συνδέεται με τα φωτοβολταϊκά πάνελ με την AC πλευρά που συνδέεται στο δίκτυο. Οι μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι κατασκευασμένοι για συχνότητα 50Hz, ή για υψηλότερη συχνότητα (της τάξης των 10-15kHz) για μικρότερη ισχύ. Οι μετασχηματιστές χαμηλής συχνότητας εμφανίζουν μεγαλύτερες απώλειες, καταλαμβάνουν μεγαλύτερο όγκο και έχουν μεγαλύτερο βάρος. Αντιθέτως οι μετασχηματιστές υψηλής συχνότητας χαρακτηρίζονται από πιο εξειδικευμένη κατασκευή.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της χρήσης του μετασχηματιστή, πέραν του αυξημένου κόστους ανά μονάδα ισχύος, είναι αυτό της εισαγωγής επιπλέον απωλειών που κυμαίνονται μεταξύ 2-4%. Ωστόσο είναι πιθανόν και οι αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή να εμφανίζουν αυξημένες απώλειες αν χρησιμοποιούνται μετατροπείς ανύψωσης της DC τάσης των Φ/Β πάνελ (DC/DC μετατροπείς ανύψωσης). Επιπλέον, η έλλειψη γαλβανικής απομόνωσης στους αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή, δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις αναφορικά με την ασφάλεια και την εμφάνιση διαρροών και ασυμμετριών. Σε ορισμένες περιπτώσεις δε, επιβάλλεται η χρήση αντιστροφέων με μετασχηματιστή.

Μία τέτοια περίπτωση είναι αυτή των πάνελ άμορφου πυριτίου όπου υποχρεωτικά συνδέονται σε αντιστροφείς με μετασχηματιστή απομόνωσης.

Οικογένειες αντιστροφών

α Κεντρικοί αντιστροφείς (central inverters)

Οι κεντρικοί αντιστροφείς αποτελούν το είδος των αντιστροφών που εμφανίζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος, της τάξης από 30-50kW έως και 1-2MW. Για το λόγο αυτό, η χρήση τους είναι περισσότερο διαδεδομένη σε σταθμούς μεγάλης ισχύος. Σε ορισμένες περιπτώσεις και σε επίπεδα ισχύος των εκατοντάδων kW οι αντιστροφείς αυτοί συνοδεύονται από μετασχηματιστή ανύψωσης 0,4/20kV, ώστε να επιτρέπουν την απευθείας σύνδεση τους στο δίκτυο MT της ΔΕΗ.

Αρχικά στους κεντρικούς μετατροπείς χρησιμοποιήθηκαν θυρίστορ με χαμηλές συχνότητες μεταγωγής και αυξημένες ανάγκες χρήσης φίλτρων. Ωστόσο με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα θυρίστορ αντικαταστάθηκαν από τρανζίστορ IGBT με μεγαλύτερες συχνότητες μεταγωγής, τα οποία, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη εξελιγμένων τεχνικών διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM) υλοποιούμενων ψηφιακά, οδήγησαν τους κεντρικούς μετατροπείς στην δημιουργία σχεδόν ημιτονοειδών ρευμάτων εξόδου με χαμηλές απαιτήσεις χρήσης φίλτρων.

Οι κεντρικοί μετατροπείς χαρακτηρίζονται από το μικρό αριθμό εισόδων DC (συνήθως 1-2 εισόδους). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό πάνελ τα οποία πρέπει να συνδεθούν στην είσοδο τους, επιβάλλει την εκτεταμένη χρήση DC καλωδίων σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες αντιστροφών όπου η καλωδίωση μπορεί να γίνει με AC.

β Αντιστροφείς κλάδων ή στοιχειοσειρών (string inverters)

Αποτελούν αδιαμφισβήτητα την περισσότερο διαδεδομένη κατηγορία αντιστροφών σε σταθμούς μικρής έως και μέσης ισχύος. Η βασική αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού κλάδων (strings) σε αντίστοιχες εισόδους του αντιστροφέα (της τάξης των 2-8).

Οι αντιστροφείς αυτού του τύπου κυκλοφορούν στο εμπόριο με μετασχηματιστή ή χωρίς μετασχηματιστή καθώς επίσης και σε μονοφασική ή τριφασική σύνδεση (συνήθως πάνω από 10kW). Διαθέτουν αρκετή ευελιξία αναφορικά με τον αριθμό των πάνελ που μπορεί να συνδεθεί στις εισόδους τους, αρκεί φυσικά να μην παραβιάζονται οι μέγιστες ρυθμίσεις ασφαλείας τους. Επιπλέον είναι σκόπιμο να συνδέονται στις εισόδους τους με τον ίδιο τύπο και αριθμό πάνελ.

γ Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων ή στοιχειοσειρών (multi-string inverters)

Οι αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων χρησιμοποιούνται όταν σε έναν αντιστροφέα είναι απαραίτητο να συνδεθούν διαφορετικά πάνελ, όσον αφορά την ονομαστική ισχύ τους, τον αριθμό των πάνελ που αποτελούν τον κλάδο, τον κατασκευαστή κτλ. Στην περίπτωση αυτή στην ουσία κάθε είσοδος είναι ανεξάρτητη από τις άλλες και διαθέτει τους δικούς της ελεγκτές μέγιστης ισχύος και μετατροπείς.

Οι αντιστροφείς αυτοί χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου η διαθεσιμότητα πάνελ επιβάλλει τη σύνδεση διαφορετικών πάνελ ή σε περιπτώσεις όπου μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά εγκατάστασης που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας, όπως είναι η κλίση των πάνελ ή η ύπαρξη προβλημάτων σκίασης.

Λόγω του ειδικού χαρακτήρα της χρήσης τους, η διαθεσιμότητα μοντέλων multi-string είναι σαφώς πιο περιορισμένη απ' ό,τι σε συμβατικούς string inverters.

δ Σημαντικοί παράμετροι λειτουργίας

Στις επόμενες παραγράφους αναφέρονται τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της λειτουργίας των αντιστροφέων:

ι. Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα

Ο (συνολικός) βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα, σε συγκεκριμένες συνθήκες φόρτισης ορίζεται ως το πηλίκο της (AC) ισχύος εξόδου προς την (DC) ισχύ εισόδου, δηλαδή:

$$\eta(\%) = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

Ο βαθμός απόδοσης αντανακλά το ποσό της ισχύος που χάνεται ως απώλειες στον αντιστροφέα. Οι κυριότερες απώλειες εμφανίζονται στο ημιαγωγά στοιχεία ισχύος, ενώ άλλες πηγές απωλειών αποτελούν οι ωμικές αντιστάσεις των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, οι απώλειες αερισμού κτλ.

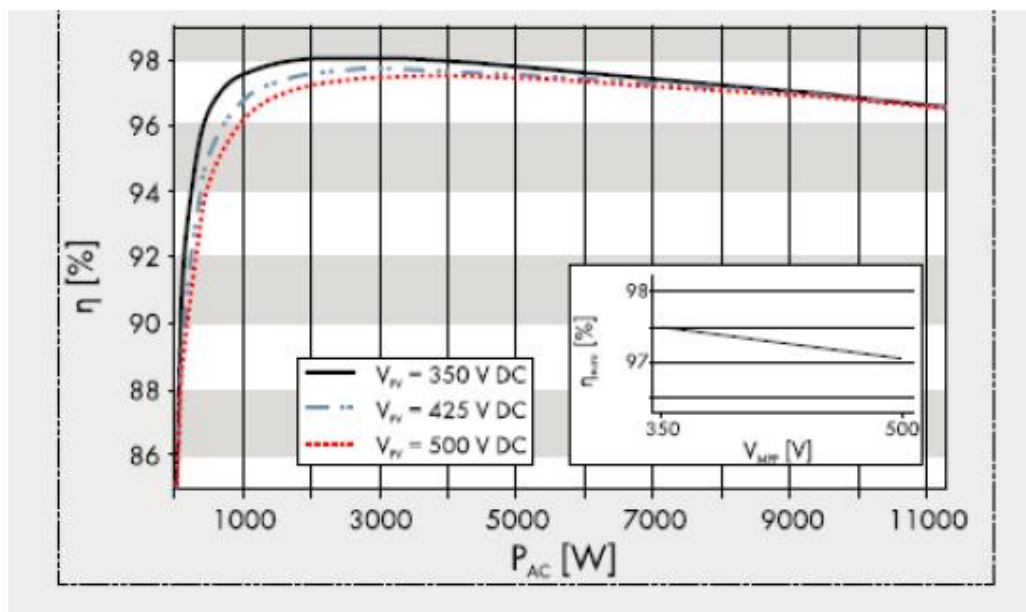
Ο βαθμός απόδοσης αποτελεί ίσως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό ενός αντιστροφέα και κάθε μελετητής μηχανικός θα πρέπει να εξετάζει το σημείο αυτό. Ο λόγος είναι προφανής: απώλειες ισχύος μεταφράζονται σε απώλειες εισοδήματος σε διασυνδεδεμένα συστήματα. Για παράδειγμα αν υποθεθεί ότι η μέση παραγωγή σε μία τοποθεσία είναι 1.300kWh/kWp το έτος τότε η μεταβολή κατά 1% (επί της ονομαστικής ισχύος) των απωλειών σε ένα Φ/Β σταθμό 100kWp, θα σήμαινε απώλειες εισόδων της τάξης των 585€έτος.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει το βαθμό απόδοσης, θεωρώντας ίδιο ποσό φόρτισης του αντιστροφέα, είναι η ύπαρξη ή μη μετασχηματιστή απομόνωσης.

Όπως αναφέρθηκε στην αγορά υπάρχουν οι τεχνολογίες αντιστροφέων με μετασχηματιστή ή χωρίς. Τυπικές τιμές απόδοσης αντιστροφέων με μετασχηματιστή είναι της τάξης του 92-94% με μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας (LF) και 94-96% με

μετασχηματιστή υψηλής συχνότητας (HF). Αντίθετα, σε αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται μεταξύ 96-98,5%.

Οι παραπάνω τιμές απόδοσης αναφέρονται στον καταγραφόμενο μέγιστο βαθμό απόδοσης (maximum efficiency). Η τιμή αυτή αναγράφεται πάντα στα τεχνικά φυλλάδια. Ωστόσο θα πρέπει να γνωρίζει κανείς ότι κάθε αντιστροφέας λειτουργεί λίγες φορές απολύτως μέγιστο βαθμό απόδοσης, καθώς αυτός εξαρτάται από το επίπεδο φόρτισης του αντιστροφέα και την DC τάση λειτουργίας. Ως βαθμός φόρτισης νοείται το ποσοστό της ισχύος εισόδου του αντιστροφέα, ως προς την ονομαστική ισχύ εισόδου ή η ισχύς εξόδου (ο ακριβής προσδιορισμός εξαρτάται από τον κατασκευαστή). Οι κατασκευαστές παρουσιάζουν τα στοιχεία αυτά με τη μορφή διαγραμμάτων, όπως για παράδειγμα στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 18: Παραδείγματα διαγραμμάτων βαθμού απόδοσης αντιστροφέων

Όπως παρατηρείται στα παραπάνω διαγράμματα, ο βαθμός απόδοσης των αντιστροφέων εμφανίζει μέγιστο σε μία περιοχή τιμών ισχύος και DC τάσεων. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαστασιολόγηση αντιστροφέων σε σχέση με την ονομαστική ισχύ των Φ/Β πάνελ, όπου ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να εξετάζει, ανάλογα με την περίπτωση, αν η λειτουργία του αντιστροφέα αντιστοιχεί σε περιοχές με υψηλό βαθμό απόδοσης.

Έτσι για υπέρ-διαστασιολογημένους αντιστροφείς (αναφορικά με τη συνολική ισχύ των Φ/Β πάνελ που συνδέονται στην είσοδο τους), είναι πιθανό να λειτουργούν σε σχετικά χαμηλά φορτία για τα οποία δεν εμφανίζουν το βέλτιστο βαθμό απόδοσης και επιπλέον στοιχίζουν περισσότερο. Από την άλλη πλευρά, αντιστροφείς που εμφανίζονται υπό-διαστασιολογημένοι σε σχέση με την ισχύ των Φ/Β πάνελ, είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε απώλειες ενέργειας λόγω υπερφόρτισης: κάθε αντιστροφέας χαρακτηρίζεται από μία μέγιστη ισχύ η οποία δεν μπορεί να ξεπεραστεί για λόγους ασφαλείας, οπότε είναι πιθανόν πλεονάσματα ενέργειας από τα Φ/Β πάνελ να χάνονται.

Συνήθως, ανάλογα και με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής εγκατάστασης, το είδος των πάνελ, της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας στήριξης (σταθερές βάσεις ή τράκερ) και της καμπύλης απόδοσης του κάθε αντιστροφέα, η σχέση μεταξύ της ονομαστικής ισχύος εξόδου του αντιστροφέα και της ισχύος των Φ/Β πάνελ κυμαίνεται μεταξύ 90% και 115%.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι ο μέγιστος βαθμός απόδοσης δεν επαρκεί για να χαρακτηρίσει τη λειτουργία ενός αντιστροφέα αναφορικά με τις απώλειες του. Μία καλύτερη προσέγγιση παρέχει ο Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης (euro efficiency), ο οποίος αποτελεί έναν μεσοσταθμισμένο βαθμό απόδοσης, βάσει αποδόσεων σε μερικά φορτία, εκφρασμένα σε ποσοστά της ονομαστικής ισχύος εξόδου. Ο βαθμός αυτός ορίζεται ως:

$$\eta_E = 0.03\eta_{5\%} + 0.06\eta_{10\%} + 0.13\eta_{20\%} + 0.1\eta_{30\%} + 0.48\eta_{50\%} + 0.2\eta_{100\%}$$

όπου λαμβάνονται οι βαθμοί απόδοσης στο 5%, 10%, 20%, 30%, 50% και 100% της ονομαστικής ισχύος εξόδου με συντελεστές βαρών 3%, 6%, 13%, 10%, 48% και 20% αντίστοιχα. Ο Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης διαφέρει συνήθως από το μέγιστο βαθμό απόδοσης κατά 1-2% και δίνεται επίσης από τους κατασκευαστές.

ii. Βέλτιστο σημείο λειτουργίας των Φ/Β πάνελ

Η παρακολούθηση του σημείου βέλτιστης λειτουργίας γνωστή και ως MPPT (Maximum Power Point Tracking) αναφέρεται στην τεχνική που χρησιμοποιείται ώστε να μεταβάλλεται το σημείο λειτουργίας (τάση-ρεύμα) των Φ/Β πάνελ ώστε να ανταποκρίνεται κάθε φορά στο σημείο που αντιστοιχεί στη μέγιστη ισχύ.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ισχύς ενός Φ/Β πάνελ, η οποία προκύπτει από το γινόμενο της τάσης με την ένταση ρεύματος, δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται σε σχέση με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (irradiance, G) και της θερμοκρασίας. Οι κατασκευαστές των πάνελ δίνουν στα τεχνικά φυλλάδια τη μέγιστη ισχύ (Maximum Power Point, MPP) στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC) οι οποίες αντιστοιχούν σε ένταση ηλιακής ακτινοβολίας ίση προς $G=1000\text{W/m}^2$, και θερμοκρασία πάνελ ίση προς 25 βαθμούς Κελσίου. Σε οποιαδήποτε άλλες συνθήκες, η μέγιστη ισχύς μεταβάλλεται και μειώνεται με τη μείωση της ακτινοβολίας και την αύξηση της θερμοκρασίας.

Κατά συνέπεια είναι απαραίτητο κάθε αντιστροφέας να διαθέτει διατάξεις οι οποίες παρακολουθούν συνεχώς το σημείο λειτουργίας των πάνελ και το μεταβάλλουν, ώστε να αντιστοιχεί κάθε φορά στο σημείο της μέγιστης ισχύος.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται διάφοροι αλγόριθμοι MPPT. Ένας απλός και διαδεδομένος αλγόριθμος είναι αυτός της μεθόδου P&O (perturbation and observe, διαταραχή και παρατήρηση). Στον αλγόριθμο αυτό το σημείο λειτουργίας μεταβάλλεται ελαφρά και παρατηρείται η μεταβολή στην ισχύ: αν η μεταβολή οδηγεί σε αύξηση της ισχύος (θετική παράγωγος), τότε επιβάλλεται νέα μεταβολή, έως το σημείο που η μεταβολή της ισχύος οδηγήσει σε μείωση ισχύος (αρνητική παράγωγος).

Τότε το τελικό σημείο λειτουργίας ταλαντώνεται μεταξύ αυτών των δύο σημείων θετικής και αρνητικής παραγωγού, που αντιστοιχεί σε μέγιστο.

Τα τεχνικά φυλλάδια των αντιστροφέων αναφέρονται στο εύρος της DC τάσης εισόδου στο οποίο μπορεί να επιτευχθεί έλεγχος της μέγιστης ισχύος. Είναι υποχρέωση του μελετητή να εξασφαλίζει ότι σε όλο το δυνατό εύρος λειτουργίας, η DC τάση των Φ/Β πάνελ κείται εντός των ορίων ελέγχου μέγιστης τάσης, ώστε να εξασφαλίζεται η αποδοτική λειτουργία του αντιστροφέα.

Επίσης, συχνά τα φυλλάδια των κατασκευαστών αναφέρονται στο βαθμό απόδοσης της παρακολούθησης του σημείου μέγιστης ισχύος (MPPT efficiency). Ο βαθμός απόδοσης ορίζεται ως το ποσό της ενέργειας που λαμβάνει ο αντιστροφέας από τα Φ/Β πάνελ προς το (θεωρητικό) ποσό της μέγιστης ενέργειας που μπορεί να λάβει για μία προκαθορισμένη χρονική περίοδο. Δηλαδή ισχύει :

$$\eta_{MPPT} = \frac{\int_0^t P_{DC}(t) dt}{\int_0^t P_{MAX}(t) dt}$$

iii. Το φαινόμενο της νησιδοποίησης

Το φαινόμενο της νησιδοποίησης (islanding) αναφέρεται σε ένα τμήμα του δικτύου με φωτοβολταϊκά συστήματα που έχει αποκοπεί από την κεντρική τροφοδοσία (δηλαδή αυτή του δικτύου της ΔΕΗ).

Στην περίπτωση αυτή, ο φωτοβολταϊκός σταθμός λειτουργεί ως νησίδα παραγωγής ενέργειας και αν οι αντιστροφείς παραμένουν συνδεδεμένοι ελλοχεύουν κίνδυνοι για την ασφάλεια του προσωπικού που πιθανόν να εκτελεί εργασίες στο σημείο σύνδεσης ή και για τον ίδιο τον εξοπλισμό από μεταβατικά φαινόμενα κατά την αυτόματη ή χειροκίνητη επαναφορά του δικτύου.

Το φαινόμενο της νησιδοποίησης χρήζει ειδικού χειρισμού από τον αντιστροφέα, ο οποίος πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίσει μέσω κατάλληλων μετρήσεων την ύπαρξη του. Συνήθως για τον προσδιορισμό της κατάστασης νησιδοποίησης χρησιμοποιείται το πρότυπο VDE 0126-1-1 (Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid) η συμμόρφωση προς το οποίο (ή αντίστοιχο ισοδύναμο του κατά τα πρότυπα άλλων χωρών πλην Γερμανίας ή χωρών που υιοθετούν τους Γερμανικούς κανονισμούς) είναι υποχρεωτική. Η ανίχνευση της κατάστασης νησιδοποίησης γίνεται συνήθως με παρακολούθηση της κατάστασης του δικτύου μέσω μετρήσεων τάσης, συχνότητας και σύνθετης αντίστασης και αν προσδιοριστεί τότε ο αντιστροφέας αποσυνδέεται αυτόματα από το δίκτυο. Ωστόσο, μετά την επαναφορά του δικτύου, ο αντιστροφέας για λόγους προστασίας δε θα πρέπει να επανα-συνδέεται αυτόματα αλλά να αφήνει την πάροδο χρόνου τουλάχιστον 3 λεπτών.

Το φαινόμενο της νησιδοποίησης είναι αρκετά σοβαρό και η ΔΕΗ ζητά την προσκόμιση πιστοποιητικών συμμόρφωσης προς το πρότυπο VDE 0126-1-1 από τις εταιρείες κατασκευής των αντιστροφέων. Επιπλέον, αποτελεί έναν από τους κυριότερους ελέγχους της ΔΕΗ κατά τη δοκιμή ηλέκτρισης του σταθμού και την παραλαβή του.

iv. Αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος και συντελεστής ισχύος

Η αρμονική παραμόρφωση του παραγόμενου ρεύματος και ο συντελεστής ισχύος συνδέονται άμεσα με την ποιότητα της παρεχόμενης προς το δίκτυο ισχύος. Ιδανικά, η ισχύς θα πρέπει να μεταφέρεται με συντελεστή ισχύος ίσο προς τη μονάδα, ώστε η άεργος ισχύς του σταθμού να είναι μηδενική και επιπλέον οι κυματομορφές τάσης και ρεύματος θα πρέπει να είναι σχεδόν ημιτονοειδούς μορφής, ώστε να μην εγχέονται ανεπιθύμητες αρμονικές στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Ως μέτρο της ποιότητας του ρεύματος αναφορικά με τις αρμονικές του χρησιμοποιείται ο ευρέως διαδεδομένος δείκτης της «ολικής αρμονικής παραμόρφωσης» περισσότερο γνωστός ως THD, από τα αρχικά των λέξεων Total Harmonic Distortion. Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως :

$$THD_i = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots}}{I_1} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

Όπου I_h , $h= 2,3,4,\dots$ είναι η ενεργός τιμή (rms) ή πλάτος της αρμονικής τάξης h (δηλαδή συχνότητας $50 \times h$) και I_1 είναι η ενεργός τιμή (rms) ή πλάτος της αρμονικής τάξης 1, δηλαδή της θεμελιώδους των 50Hz.

Από τον παραπάνω τύπο προκύπτει ότι για μία αμιγώς ημιτονοειδή κυματομορφή ο συντελεστής THD είναι ίσος με το μηδέν ενώ όσο μεγαλύτερα είναι τα πλάτη των αρμονικών τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του συντελεστή. Ο παραπάνω ορισμός έχει το μειονέκτημα ότι δεν ποσοτικοποιεί την επίδραση της συχνότητας της κάθε αρμονικής, παραμένει ωστόσο ένα διεθνώς αναγνωρισμένος δείκτης για την παρουσία αρμονικών. Ο συντελεστής THD του ρεύματος που παράγεται από έναν αντιστροφέα φωτοβολταϊκών συστημάτων προσδιορίζεται στο πρότυπο IEC 61000-3-2. Θεωρώντας το φάσμα αρμονικών έως την αρμονική τάξης 49, ο συντελεστής THD του ρεύματος θα πρέπει να είναι μικρότερος από 5%. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι λόγω της υψηλής συχνότητας μεταγωγής των διακοπών ηλεκτρονικών ισχύος (τεχνολογίας IGBT) που χρησιμοποιούνται στις γέφυρες του αντιστροφέα και της χρησιμοποίησης της τεχνικής διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM) οι κυριότερες αρμονικές εμφανίζονται σε πολλαπλάσια της συχνότητας αυτής, σε τάξεις συνήθως μεγαλύτερες από την τάξη 50. Η AC ισχύς για την οποία πρέπει να ισχύει η προδιαγραφή της αρμονικής παραμόρφωσης δεν αναφέρεται και έτσι συνήθως νοείται η ονομαστική ισχύς. Η ολική αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος αυξάνεται σημαντικά σε φορτία πολύ μικρότερα του ονομαστικού. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει ενδεικτικά τη μεταβολή του THD και του συντελεστή ισχύος με το φορτίο του αντιστροφέα, όπου φαίνεται ότι η συντελεστής THD είναι κάτω από 5% στο 50% του φορτίου και πάνω.

Επιπλέον, παρατηρείται ότι ο συντελεστής ισχύος διατηρείται σχεδόν ίσος προς τη μονάδα (>0,999) για φορτία του αντιστροφέα από 20% και πάνω.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στη Γερμανία ισχύει από 1^η Ιουλίου 2010 ότι οι αντιστροφείς που τροφοδοτούν ενέργεια στο δίκτυο μέσης τάσης, θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα υποστήριξης του με την παραγωγή ή κατανάλωση αέργου ισχύος. Έτσι εμφανίζονται στην αγορά εκδόσεις αντιστροφέων που έχουν τη δυνατότητα μεταβολής της αέργου ισχύος και εμφανίζουν συντελεστή ισχύος μικρότερο της μονάδας.

v. Έγχυση DC ρεύματος

Μία σημαντική προδιαγραφή που τίθεται για τους αντιστροφείς που συνδέονται στο δίκτυο είναι αυτή της έγχυσης DC ρεύματος στο δίκτυο, γεγονός που σχετίζεται και με την ολική αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος εξόδου. Το δυσμενές αποτέλεσμα της έγχυσης DC ρεύματος στο δίκτυο είναι η μεταβολή του σημείου λειτουργίας των μετασχηματιστών του δικτύου προς τον κορεσμό, το οποίο οδηγεί σε υψηλό ρεύμα πρωτεύοντος το οποίο μπορεί να ενεργοποιήσει μέσα προστασίας. Επιπλέον επηρεάζεται αρνητικά ο χρόνος ζωής και ο βαθμός απόδοσης των μετασχηματιστών, ενώ καταπονούνται επίσης και οι καλωδιώσεις.

Το θέμα της έγχυσης DC ρεύματος αποκτά σημασία σε αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή. Οι αντιστροφείς που διαθέτουν μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας (50Hz) πετυχαίνουν γαλβανική απομόνωση μεταξύ της DC και της AC πλευράς και έτσι αποφεύγεται η έγχυση DC ρεύματος. Αντίθετα, σε αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή, όπου το πρόβλημα μπορεί να εμφανιστεί, εφαρμόζονται εξελιγμένες τεχνικές για μέτρηση ρεύματος και ηλεκτρονικό έλεγχο. Οι αντιστροφείς που διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης σε υψηλή συχνότητα, αποτελούν μία ενδιάμεση κατάσταση στο βαθμό που επηρεάζεται ο τύπος του μέσου προστασίας που χρησιμοποιείται για έμμεσες επαφές στην DC πλευρά.

Σήμερα για τη σύνδεση ενός Φ/Β πάρκου η ΔΕΗ θέτει ως απαραίτητο όρο η έγχυση DC να είναι μικρότερη του 0,5% του ονομαστικού ρεύματος και πρέπει να προσκομιστούν τα ανάλογα πιστοποιητικά.

vi. Λειτουργία με περιορισμό ισχύος

Η διαφορά ανάμεσα στην ονομαστική ισχύ και την ισχύ λειτουργίας από τα Φ/Β πάνελ προϋποθέτει ότι οι αντιστροφείς θα πρέπει να προστατευτούν από τη λειτουργία υπερφόρτισης, για παράδειγμα όταν η ισχύς που παράγεται από τα Φ/Β πάνελ είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη DC εισόδου του αντιστροφέα. Στην περίπτωση αυτή οι εσωτερικοί αλγόριθμοι ελέγχου μετατοπίζουν το σημείο λειτουργίας από το μέγιστο (MPP) ώστε να προστατευτεί ο αντιστροφέας από υπερθέρμανση. Δυστυχώς, στην περίπτωση αυτή η επιπλέον αυτή ενέργεια των Φ/Β πάνελ δεν αξιοποιείται.

Υπάρχουν επίσης αντιστροφείς στους οποίους δεν εκτελείται η παραπάνω διαδικασία, αλλά απλά ο αντιστροφέας σταματά τη λειτουργία του και προσπαθεί να επανασυνδεθεί μετά από μικρό χρονικό διάστημα.

Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητο να γίνεται σωστή διαστασιολόγηση των αντιστροφών και να ληφθεί υπόψη μία μέση εκτίμηση της πραγματικά παραγόμενης ενέργειας από τα Φ/Β πάνελ. Το θέμα αυτό είναι σημαντικότερο σε Φ/Β πάρκα με τράκερ καθώς εμφανίζουν σημαντικά αυξημένη παραγωγή ενέργειας που επιφέρει τη λειτουργία αντιστροφών σε υψηλότερα φορτία απ' ό,τι για παράδειγμα σε συστήματα σταθερών βάσεων.

vii. Άλλα χαρακτηριστικά

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή και τοποθέτηση των αντιστροφών είναι ο βαθμός προστασίας του (IP class). Αν και αντιστροφείς με υψηλό δείκτη προστασίας (π.χ. IP 65) μπορούν να τοποθετηθούν στον εξωτερικό χώρο, γενικά συνιστάται να αποφεύγεται η απευθείας έκθεση τους στον ήλιο και να τοποθετούνται στο πίσω μέρος των σταθερών βάσεων ή στη βάση των τράκερ.

Αντιστροφείς με μικρότερο δείκτη προστασίας IP (π.χ. IP44) μπορούν να τοποθετηθούν σε εξωτερικό χώρο με πρόβλεψη κάποιου καλύμματος προστασίας από καιρικές συνθήκες. Αντίθετα αντιστροφείς με ακόμη μικρότερο δείκτη (π.χ. IP 21-23) θα πρέπει οπωσδήποτε να τοποθετούνται σε εσωτερικό χώρο. Στην περίπτωση αυτή μέριμνα πρέπει να ληφθεί για τον επαρκή αερισμό του χώρου ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του αντιστροφέα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, σε ορισμένες περιπτώσεις αν θεωρείται σκόπιμο θα πρέπει να προβλεφθεί και η τοποθέτηση κλιματιστικού μηχανήματος.

Αναφορικά με την αξιοπιστία των αντιστροφών, οι περισσότεροι κατασκευαστές εγγυώνται μία περίοδο της τάξης των 5 ετών. Είναι ωστόσο δυνατόν, με αντίστοιχη αύξηση του κόστους η περίοδος εγγύησης να επεκταθεί αρκετά, σε διάστημα ακόμη και 20 ετών. Το γεγονός ότι οι αντιστροφείς εμφανίζουν σημαντικά μειωμένους χρόνους εγγύησης σε σχέση με τα υπόλοιπα βασικά τμήματα της Φ/Β εγκατάστασης (π.χ. πάνελ, βάσεις, καλώδια κτλ), λόγω της ηλεκτρονικής φύσης τους, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τους χρηματοοικονομικούς υπολογισμούς καθώς είναι πολύ πιθανόν στο διάστημα της 20ετίας που προβλέπεται η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας από το ΔΕΣΜΗΕ να χρειαστεί να γίνει αντικατάσταση τους επί πληρωμή.

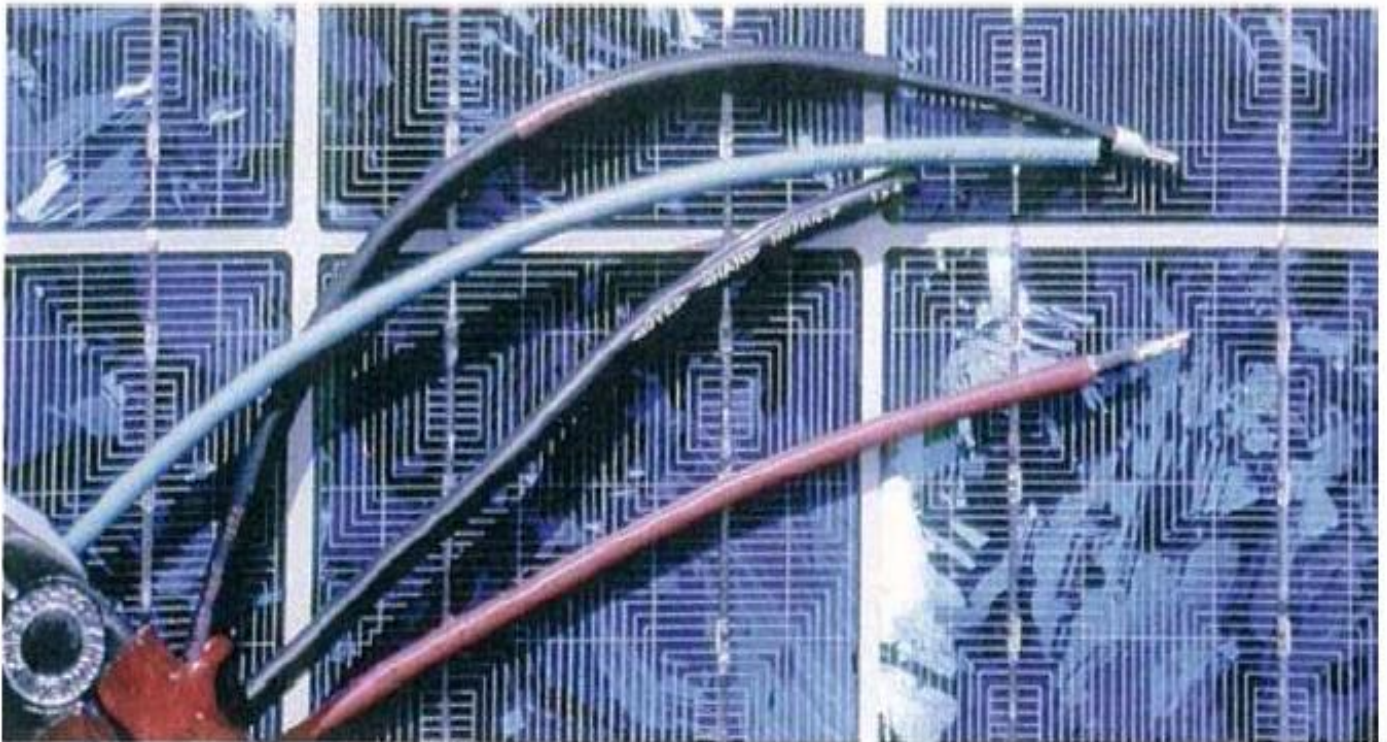
Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι όλοι οι αντιστροφείς της αγοράς είναι εξοπλισμένοι με συστήματα που επιτρέπουν την παρακολούθηση της λειτουργίας τους, την καταγραφή των δεδομένων και της δυνατότητα επικοινωνίας ώστε να καταστεί δυνατή η τοπική και απομακρυσμένη παρακολούθηση της πραγματικής παραγωγής του Φ/Β σταθμού. Ειδικά στην απομακρυσμένη παρακολούθηση, σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές αντιστροφών δίνουν τη δυνατότητα παρακολούθησης μέσω διαδικτύου, μέσω αντίστοιχων ιστοσελίδων, ώστε να είναι δυνατή η επισκόπηση της λειτουργίας από απόσταση και η αναφορά σφαλμάτων.

2.4 Καλωδιώσεις

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σε στέγη απαιτεί τη χρήση καλωδίων DC και AC. DC καλώδια χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των πάνελ

μεταξύ τους και για τη σύνδεση των κλάδων/στοιχειοσειρών (string) με τις εισόδους του αντιστροφέα ενώ AC καλώδια ισχύος, συμβατικού τύπου, χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα και την τελική σύνδεση με τη ΔΕΗ.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση εν σειρά των Φ/Β πάνελ είναι συνήθως κατασκευασμένα για χρήση στον εξωτερικό χώρο. Η διατομή τους είναι συνήθως 4mm^2 για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου και ακόμη μικρότερη (της τάξης του $1,5\text{mm}^2$) για πάνελ άμορφου πυριτίου, λόγω του σημαντικά μικρότερου ρεύματος τους. Τα καλώδια αυτά είναι συνήθως μονοπολικά και με διπλή μόνωση, ώστε να αποφεύγονται σφάλματα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου των Φ/Β πάνελ ή σφάλματα γης. Κατασκευάζονται επίσης πολύκλινα ώστε να διαθέτουν την απαραίτητη ευελιξία για τη σύνδεση τους, ενώ το μήκος τους κυμαίνεται γύρω στο 1 μέτρο.



Εικόνα 4: Τυπικά καλώδια φωτοβολταϊκών πλαισίων

Το συχνά χρησιμοποιούμενο καλώδιο με μόνωση λάστιχο και *μανδύα* από νεοπρένιο τύπου H07 RN-F, στην τυπική (standard) έκδοση του επιτρέπεται σε θερμοκρασίες έως 60°C και έτσι είναι κατάλληλο για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα σε περιορισμένο εύρος. Για το σκοπό αυτό οι κατασκευαστές προχώρησαν στη δημιουργία ειδικών καλωδίων για φωτοβολταϊκές εφαρμογές (solar cables). Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι ότι είναι

ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες και σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία με μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών (της τάξης από -55°C έως 125°C). Επιπλέον κάποιοι κατασκευαστές προσφέρουν καλώδια με μεταλλικό πλέγμα για μεγαλύτερη προστασία από τα τρωκτικά και καλύτερη προστασία από υπερτάσεις.

Οι διατομές των DC καλωδίων που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των Φ/Β πάνελ με τους αντιστροφείς κυμαίνονται συνήθως από $4\text{-}16\text{mm}^2$. Ο ακριβής προσδιορισμός της διατομής εξαρτάται κυρίως από τις απώλειες του καλωδίου και όχι ιδιαίτερα από τη θερμική φόρτιση η οποία είναι μικρή, λόγω του μικρού σχετικά ρεύματος λειτουργίας των Φ/Β πάνελ. Έτσι, με δεδομένη την γραμμική αύξηση των απωλειών με το μήκος των καλωδίων, είναι σκόπιμο ο κάθε μελετητής να προβαίνει σε υπολογισμούς απωλειών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις αποστάσεων αρκετών δεκάδων μέτρων, λαμβάνοντας υπόψη και την αντίσταση των καλωδίων. Είναι επίσης σκόπιμο να χρησιμοποιούνται διαφορετικοί χρωματισμοί καλωδίων για το θετικό και αρνητικό, συνήθως κόκκινο και μαύρο.

Επιπρόσθετα, κατά τη φάση κατασκευής του έργου, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την προσεκτική όδευση των καλωδίων κατά τις συνήθεις πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η γειτνίαση των καλωδίων, η χρήση σωλήνων και η ανάγκη προστασίας από τα τρωκτικά. Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τη σωστή διασύνδεση των καλωδίων τόσο μεταξύ των πάνελ (δηλαδή από το (+) ενός πάνελ στο (-) του επόμενου κτλ) όσο και μεταξύ των κλάδων των πάνελ και των εισόδων του αντιστροφέα. Σε περίπτωση χαλαρής σύνδεσης είναι πιθανόν να εμφανιστεί τόξο αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Επιπλέον, η ύπαρξη υψηλής σχετικά DC τάσης επιβάλλει ώστε η σύνδεση των καλωδίων να πραγματοποιείται από εξειδικευμένο προσωπικό με τη δέουσα προσοχή.

Έτσι οι παραπάνω απαιτήσεις οδήγησαν στην επικράτηση στην αγορά λύσεων τύπου “plug and play” με συνδέσμους καλωδίων που εξασφαλίζουν την απουσία επαφής με γυμνό αγωγό και τη μικρή ωμική αντίσταση (της τάξης των $5m\Omega$ και μικρότερη). Η παρακάτω Εικόνα παρουσιάζει παραδείγματα συνδέσμων καλωδίων:



Εικόνα 5 : Παραδείγματα Συνδέσμων Καλωδίων

Αναφορικά με τα καλώδια του εναλλασσομένου ρεύματος (AC) χρησιμοποιούνται οι συμβατικοί τύπου καλωδίων (π.χ. NYΥ, NYM, NYCWY) εφαρμόζοντας τις συνήθειες πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας αναφορικά με τον υπολογισμό της διατομής τους, τον τρόπο τοποθέτησης και την προστασία τους.

2.5 Γειώσεις

Η γείωση είναι ένα από τα σημαντικότερα τμήματα και βασικός ρόλος της γείωσης σε έναν είναι η προστασία των ανθρώπων από τάσεις επαφής. Τάση επαφής είναι η τάση μεταξύ δύο μεταλλικών σημείων ή ενός μεταλλικού σημείου και του εδάφους που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια ενός σφάλματος. Καλύτερη γείωση σε μία εγκατάσταση θεωρείται η γείωση κατά μήκος των θεμελίων (θεμελιακή γείωση). Η διατομή του αγωγού γείωσης καθορίζεται από την αντοχή του αγωγού αυτού στο προσδοκώμενο ρεύμα κατά τη διάρκεια μονοφασικού βραχυκυκλώματος και για όσο χρόνο διαρκεί αυτό το βραχυκύκλωμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις η θεμελιακή γείωση λόγω της έκτασής της εξασφαλίζει συνολική αντίσταση γείωσης μικρότερη του 1Ω . Όταν δεν είναι εφικτή η υλοποίηση θεμελιακής γείωσης τότε κατασκευάζονται τρίγωνα γείωσης. Στα επόμενα κεφάλαια θα παρουσιαστεί λεπτομερώς εγκατάσταση σε στέγη οικίας, ισχύος $10kW$ με πραγματικά στοιχεία εξοπλισμού που υφίσταται στην αγορά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

3.1. Αδειοδότηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύνοψη των αδειοδοτικών σταδίων και καταγράφονται ορισμένα κομβικά σημεία της διαδικασίας αδειοδότησης.

Ορίζεται, ως εθνικός στόχος, η κάλυψη με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) του 40% τουλάχιστον της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ως το 2020. Σε σχέση με την συνδρομή των ΦΒ συστημάτων στην επίτευξη του στόχου αυτού είναι συνολικά 2,200 MWp ως το 2020. Να σημειώσουμε εδώ ότι, από την κοινοτική νομοθεσία προβλέπεται η δυνατότητα αναθεώρησης των ενδεικτικών στόχων για κάθε τεχνολογία ανά διετία ή και νωρίτερα αν χρειαστεί, και επομένως μπορεί μελλοντικά να υπάρξουν διορθωτικές κινήσεις προς αυτή την κατεύθυνση.

Οι επενδύσεις σε Φωτοβολταϊκά συστήματα δεν επιδοτούνται πλέον ως προς το αρχικό κόστος εγκατάστασης και διασύνδεσης και ως εκ τούτου ο δυνητικός επενδυτής θα πρέπει προτού εκκινήσει την διαδικασία αδειοδότησης να έχει διερευνήσει το κόστος της επένδυσης και την δυνατότητα χρηματοδότησης είτε από το τραπεζικό σύστημα είτε από ίδια κεφάλαια.

Στην παρούσα φάση διακρίνονται οι εξής κατηγορίες αδειοδότησης ανάλογα με την θέση εγκατάστασης και την ισχύ ενός Φωτοβολταϊκού συστήματος.

- * Συστήματα ως 10kWp σε στέγες κτιρίων.
- * Φωτοβολταϊκά Συστήματα σε Βιομηχανικές Στέγες.
- * Φωτοβολταϊκά Συστήματα σε Αγροτεμάχια.

3.2 Συστήματα έως 10 kWp σε στέγες κτιρίων

Από 1η Ιουλίου 2009 ισχύει ένα πρόγραμμα για την εγκατάσταση μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων στον οικιακό-κτιριακό τομέα. Με το πρόγραμμα αυτό δίνονται κίνητρα με τη μορφή ενίσχυσης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας, ώστε ο οικιακός καταναλωτής να κάνει απόσβεση του συστήματος που εγκατέστησε και να έχει και ένα λογικό κέρδος.

Αφορά οικιακούς καταναλωτές ή πολύ μικρές επιχειρήσεις που επιθυμούν να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκά ισχύος έως 10 κιλοβάτ (kWp) στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφισταμένου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης. Σε σχέση με τις μικρές επιχειρήσεις αυτές θα πρέπει να είναι ως 10 άτομα και να έχουν κύκλο εργασιών και σύνολο ενεργητικού ως 2 εκ.€ετησίως.

Για να ενταχθούν στο πρόγραμμα, θα πρέπει να έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Από τον Σεπτέμβριο του 2010, το Πρόγραμμα αφορά όλη την Επικράτεια.

Ως μέγιστη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο πλαίσιο του Προγράμματος ορίζεται:

- * για την ηπειρωτική χώρα, τα Διασυνδεδεμένα με το Σύστημα Νησιά, την Κρήτη τα 10 kWp.
- * τα λοιπά Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά τα 5 kWp.

Για τις πολυκατοικίες θα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω όροι. Είτε να συμφωνήσουν εγγράφως οι υπόλοιποι ιδιοκτήτες, είτε το φωτοβολταϊκό να εγκατασταθεί εξ ονόματος όλων των ιδιοκτητών (τους οποίους στην περίπτωση αυτή εκπροσωπεί ο διαχειριστής). Σε κάθε πολυκατοικία (αλλά και κτίριο) μπορεί να μπει ένα μόνο σύστημα. Αν η ταράτσα είναι κοινόκτητη και οι κύριοι του χώρου αυτού θέλουν να την παραχωρήσουν σε κάποιον άλλο ιδιοκτήτη του κτιρίου που δεν έχει δικαιώματα στην ταράτσα, μπορούν να το κάνουν. Αν το σύστημα μπει σε στέγαστρο βεράντας διαμερίσματος, προφανώς μπορούν να μπουν περισσότερα του ενός συστήματα σε μια πολυκατοικία.

Όλη η παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ και ο οικιακός μικροπαραγωγός ενέργειας πληρώνεται γι' αυτή σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.1), τιμή που είναι εγγυημένη για 25 χρόνια. Ο οικιακός μικροπαραγωγός ενέργειας συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από τη ΔΕΗ και να το πληρώνει στην τιμή που το πληρώνει και σήμερα (περίπου 10-12 λεπτά την κιλοβατώρα). Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι η ΔΕΗ θα εγκαταστήσει ένα νέο μετρητή για να καταγράφει την παραγόμενη ενέργεια. Αν, για παράδειγμα, στο δίμηνο το φωτοβολταϊκό παράγει ηλεκτρική ενέργεια αξίας 300 € και στο κτίριο καταναλώνεται ενέργεια αξίας 100 € θα έρθει πιστωτικός λογαριασμός 200 € ποσό που θα καταθέσει η ΔΕΗ στον τραπεζικό λογαριασμό του ιδιοκτήτη του φωτοβολταϊκού.

Για την εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών, δεν απαιτείται πλέον καμία άδεια (με εξαίρεση διατηρητέα κτίρια και παραδοσιακούς οικισμούς όπου απαιτείται η έγκριση της Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου [ΕΠΑΕ]) κατά περίπτωση. Σύμφωνα με την ΥΑ36720/25-8-2010 “Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς” (ΦΕΚ 376/6-9-2010) δεν χρειάζεται πλέον ούτε η άδεια εργασιών μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, όπως ίσχυε μέχρι πρότινος. Απλώς γνωστοποιεί κανείς την έναρξη εργασιών στη ΔΕΗ όταν καταθέτει εκεί φάκελο για σύνδεση του συστήματος με το δίκτυο.

Μήνας / Έτος	Τιμή (ευρώ/MWh)
Αύγουστος 2012	250,00
Φεβρουάριος 2013	238,75
Αύγουστος 2013	228,01
Φεβρουάριος 2014	217,75
Αύγουστος 2014	207,95
Φεβρουάριος 2015	198,59
Αύγουστος 2015	189,65
Φεβρουάριος 2016	181,12
Αύγουστος 2016	172,97
Φεβρουάριος 2017	165,18
Αύγουστος 2017	157,75
Φεβρουάριος 2018	150,65
Αύγουστος 2018	143,87

Πίνακας 1 : Τιμή Πώλησης kWh σε συστήματα επί κτιρίου

Στη συνέχεια με μία σειρά τροποποιήσεων με το ΦΕΚ Β' 2317/10.08.2012 προκύπτει ο παραπάνω πίνακας 3.1 ο οποίος ισχύει για τα έργα που θα συνδεθούν στο Δίκτυο από τον Αύγουστο του 2012 και έπειτα. Σημειώνεται ότι στην παρούσα εργασία η εγκατάσταση που μελετήθηκε αφορούσε έργο που συνδέθηκε με τιμή 0,55 ευρώ/kWh.

Τέλος με το νόμο 4152/2013 ορίστηκαν νέες τιμές των οικιακών φωτοβολταϊκών ,όπως φαίνεται στον πίνακα 3.1.2

Έτος	Διασυνδεδεμένο		Μη Διασυνδεδεμένο
	A	B	Γ
	> 100kW	≤100kW	(ανεξαρτήτως ισχύος)
2013 Φεβρουάριος	9,5	12,0	10,0
2013 Αύγουστος	9,5	12,0	10,0
2014 Φεβρουάριος	9,0	11,5	9,5
2014 Αύγουστος	9,0	11,5	9,5
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά	$1,1 \times \mu\text{OT}_{\Sigma_{\nu-1}}$	$1,2 \times \mu\text{OT}_{\Sigma_{\nu-1}}$	$1,1 \times \mu\text{OT}_{\Sigma_{\nu-1}}$
μOT _{Σν-1} : Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν-1			

Πίνακας 2: Νεες Τιμές Πώλησης kWh σε συστήματα επί κτιρίου

3.3 Οικιακοί Παραγωγοί

Δύο είναι οι προϋποθέσεις για να ενταχθεί κανείς στο πρόγραμμα:

- * Να έχει μετρητή της ΔΕΗ στο όνομά του (ή στον κοινόχρηστο λογαριασμό της πολυκατοικίας αν επιλεγεί η συλλογική εγκατάσταση).
- * Να καλύπτει μέρος των αναγκών σε ζεστό νερό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. ηλιακό θερμοσίφωνα, βιομάζα, γεωθερμική αντλία θερμότητας).

Μια ιδιαίτερα σημαντική ρύθμιση είναι ότι ο οικιακός παραγωγός ηλιακού ηλεκτρισμού δεν θεωρείται πια επιτηδευματίας, με άλλα λόγια απαλλάσσεται από το άνοιγμα βιβλίων στην εφορία. Όπως αναφέρει η σχετική κοινή υπουργική απόφαση, “δεν υφίστανται για τον κύριο του φωτοβολταϊκού συστήματος φορολογικές υποχρεώσεις για τη διάθεση της ενέργειας αυτής στο δίκτυο”. Με άλλα λόγια, τα όποια έσοδα έχει ο οικιακός μικροπαραγωγός από την πώληση της ενέργειας δεν φορολογούνται.

3.4 Μικρές Επιχειρήσεις

Προκειμένου να ενταχθούν οι πολύ μικρές επιχειρήσεις στο πρόγραμμα θα πρέπει πρωτίτερα να μην έχουν πάρει κάποια άλλη επιδότηση για το φωτοβολταϊκό από εθνικά ή κοινοτικά προγράμματα. Τα όποια έσοδα έχει η επιχείρηση από την πώληση της ενέργειας δεν φορολογούνται, με την προϋπόθεση ότι τα κέρδη εμφανίζονται σε ειδικό λογαριασμό αφορολόγητου αποθεματικού. Σε περίπτωση διανομής ή κεφαλαιοποίησής τους, ισχύει η τρέχουσα φορολογία για τα κέρδη που διανέμονται.

Σημειώνουμε ότι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ισχύος άνω των 10 kWp σε εμπορικές-βιομηχανικές στέγες, διέπεται από άλλους κανόνες και ισχύουν γι’ αυτά τα συστήματα άλλα κίνητρα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με το ΦΕΚ Β' 2317/10.08.2012 ορίστηκε αναστολή αιτήσεων για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μικρών επιχειρήσεων.

3.5 Φωτοβολταικά Συστήματα σε Βιομηχανικές Στέγες (>10kWp)

Ο Ν.3851/2010 και η ΥΑ 36720/25-8-2010 (ΦΕΚ 376/6-9-2010) επιτρέπουν την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων κάθε ισχύος στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφισταμένου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης.

Για τα συστήματα αυτά δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση, ενώ για συστήματα ισχύος έως 1 MWp δεν απαιτείται και άδεια παραγωγής ή άλλη διαπιστωτική απόφαση. Για συστήματα >1 MWp απαιτείται άδεια παραγωγής από τη ΡΑΕ (η οποία συνοδεύεται και από δύο ακόμη άδειες: την άδεια εγκατάστασης και την άδεια λειτουργίας τις οποίες εκδίδει η αρμόδια Περιφέρεια).

Για συστήματα με ισχύ από 10 kWp έως 100 kWp τα μόνα βήματα που απαιτούνται είναι :

- * Η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και
- * η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Για συστήματα με ισχύ από 100 kWp έως 1.000 kWp (1 MWp) τα βήματα που απαιτούνται είναι :

- * η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
- * η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ
- * η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Για συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MWp τα βήματα που απαιτούνται είναι:

- * η έκδοση άδειας παραγωγής από τη ΡΑΕ
- * η άδεια εγκατάστασης από την Περιφέρεια
- * η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία

- η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και

- η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ και τελικά έκδοση άδειας λειτουργίας από την Περιφέρεια.

Τα παραπάνω ισχύουν μόνο για το ηπειρωτικό δίκτυο, αφού τα αυτόνομα νησιωτικά δίκτυα θεωρούνται κορεσμένα και θα υπάρχουν κατά διαστήματα ειδικές ρυθμίσεις γι' αυτά. Σε κάθε περίπτωση πάντως, στο μη διασυνδεδεμένα νησιά, μιλάμε πάντα για συστήματα με ισχύ μικρότερη των 100 kWp.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με το ΦΕΚ Β' 2317/10.08.2012 ορίστηκε αναστολή αιτήσεων για τις παραπάνω φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

3.6 Φωτοβολταικά Συστήματα επί εδάφους

Για συστήματα με ισχύ έως 500 kWp τα βήματα που απαιτούνται είναι:

Η βεβαίωση απαλλαγής από Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) η οποία χορηγείται από την Περιφέρεια (από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται τα έργα εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων)

- * η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
- * η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και
- * η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Για συστήματα με ισχύ έως 500 kWp έως 1.000 kWp (1 MWp) τα βήματα που απαιτούνται είναι:

- * η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) η οποία χορηγείται από την Περιφέρεια (από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται τα έργα εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων)
- * η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία,
- * η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και
- * η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ

Για συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MWp τα βήματα που απαιτούνται είναι:

- * η έκδοση άδειας παραγωγής από τη ΡΑΕ
- * στη συνέχεια άδειας εγκατάστασης από την Περιφέρεια (που προϋποθέτει και έγκριση ΕΠΟ όπου αυτή απαιτείται),
- * η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία,
- * προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ,
- * υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ
- * και τελικά έκδοση άδειας λειτουργίας από την Περιφέρεια.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με το ΦΕΚ Β' 2317/10.08.2012 ορίστηκε αναστολή αιτήσεων για τις παραπάνω φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις

3.7 Παλιές Αιτήσεις (N.3468)

Ο νέος νόμος επιταχύνει τις διαδικασίες για τις παλιές αιτήσεις που είχαν κατατεθεί στη ΡΑΕ για έκδοση άδειας παραγωγής. Κι αυτό γιατί με το νέο νόμο καταργείται η διαδικασία της Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) και η περιβαλλοντική αδειοδότηση θα γίνεται πλέον σε ένα ενιαίο στάδιο, αυτό της Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Έτσι, όσες αιτήσεις για άδεια παραγωγής βρίσκονταν στο στάδιο της ΠΠΕΑ, έχοντας περάσει θετικά τα υπόλοιπα κριτήρια αξιολόγησης της ΡΑΕ, έλαβαν άδεια παραγωγής.

Όσοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί (κυρίως “εξαιρέσεις”) βρίσκονταν στο στάδιο της ΕΠΟ και δεν συνεχίζουν να έχουν τέτοια υποχρέωση με βάση τη νέα νομοθεσία, θα πρέπει να λάβουν τώρα μόνο τη βεβαίωση απαλλαγής από την Περιφέρεια και να προχωρήσουν στο επόμενο στάδιο (προσφορά όρων σύνδεσης). Σημειωτέον ότι η βεβαίωση αυτή πρέπει να δοθεί εντός αποκλειστικής προθεσμίας είκοσι (20) ημερών από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας Περιφέρειας, μετά την άπρακτη παρέλευση της οποίας θεωρείται αυτή χορηγηθείσα. Ο κάτοχος άδειας παραγωγής μπορεί, μετά από σχετική απόφαση της ΡΑΕ, να μεταβιβάσει την άδειά του σε άλλα φυσικά ή νομικά πρόσωπα. Αντίθετα, οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί που απαλλάσσονται από άδεια παραγωγής, δεν επιτρέπεται να μεταβιβάζονται πριν από την έναρξη της λειτουργίας τους. Κατ’ εξαίρεση, επιτρέπεται η μεταβίβασή τους σε νομικά πρόσωπα, εφόσον το εταιρικό κεφάλαιο της εταιρίας προς την οποία γίνεται η μεταβίβαση κατέχεται εξ ολοκλήρου από το μεταβιβάζον φυσικό ή νομικό πρόσωπο. Ειδικά για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς που εγκαθίστανται από κατ’ επάγγελμα αγρότες, δεν επιτρέπεται η μεταβίβασή τους πριν από την πάροδο πενταετίας από την έναρξη λειτουργίας τους, εκτός αν πρόκειται για μεταβίβαση λόγω κληρονομικής διαδοχής.

3.8 Γενικά Αδειοδοτικά

Ο νέος νόμος (Ν.3851) απλοποιεί κάποιες από τις παλιές διαδικασίες αδειοδότησης. Συγκεκριμένα:

- * δεν απαιτείται πλέον άδεια παραγωγής ή άλλη διαπιστωτική απόφαση (γνωστή και ως “εξαίρεση”) για φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος έως 1 MWp.
- * Για φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος μεγαλύτερης του 1 MWp απαιτείται η έκδοση άδειας παραγωγής η οποία εκδίδεται από τη ΡΑΕ (και όχι από τον υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής όπως ίσχυε μέχρι σήμερα).
- * Για τα συστήματα που απαιτείται άδεια παραγωγής απαιτείται επίσης η έκδοση άδειας εγκατάστασης και άδειας λειτουργίας (οι οποίες εκδίδονται από την αρμόδια Περιφέρεια) όπως και στο παρελθόν.
- * Επίσης, δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια και οργανωμένους υποδοχείς βιομηχανικών δραστηριοτήτων.
- * Για συστήματα που εγκαθίστανται σε γήπεδα (οικόπεδα και αγροτεμάχια), δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για συστήματα έως 500 kWp εφόσον πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις. Για τα συστήματα αυτά, απαιτείται ειδική περιβαλλοντική εξαίρεση (“βεβαίωση απαλλαγής από ΕΠΟ”) από την αρμόδια Περιφέρεια, η οποία, σύμφωνα με το νόμο, δίνεται σε 20 μέρες από την υποβολή της σχετικής αίτησης.
- * Απαιτείται ΕΠΟ για όσα συστήματα εγκαθίστανται σε γήπεδα, εφόσον εγκαθίστανται σε περιοχές Natura, παράκτιες ζώνες (100μ από οριογραμμή αιγιαλού) και σε γήπεδα που γειτνιάζουν σε απόσταση μικρότερη από εκατόν πενήντα (150) μέτρα, με άλλο γήπεδο για το οποίο έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής ή απόφαση ΕΠΟ ή Προσφορά Σύνδεσης φωτοβολταϊκού σταθμού και η συνολική ισχύς των σταθμών υπερβαίνει τα 500 kWp.
- * Για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, αλλά έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την αρμόδια Διεύθυνση Πολεοδομίας.
- * Για φωτοβολταϊκά συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια και έχουν ισχύ έως 100 kWp, δεν απαιτείται ούτε αυτή η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, αλλά αρκεί πλέον μια απλή γνωστοποίηση προς τη ΔΕΗ ότι ξεκινά η εγκατάσταση. Η ευνοϊκή αυτή ρύθμιση αφορά τον οικιακό τομέα καθώς και τα μικρά και μεσαία συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια επιχειρήσεων.

- * Στις συμβάσεις σύνδεσης που συνάπτει ο αρμόδιος Διαχειριστής με τους φορείς φωτοβολταϊκών σταθμών που εξαιρούνται από τη λήψη άδειας παραγωγής, καθορίζεται προθεσμία σύνδεσης στο Σύστημα ή Δίκτυο, η οποία είναι αποκλειστική, και ορίζεται εγγύηση ή ποινική ρήτρα που καταπίπτει αν ο φορέας δεν υλοποιήσει τη σύνδεση εντός της καθορισθείσας προθεσμίας. Το ύψος της εγγύησης καθορίζεται με υπουργική απόφαση. Από την εγγύηση αυτή απαλλάσσονται όσα έργα αφορούν εγκαταστάσεις σε κτίρια και όσοι σταθμοί έχουν υπογράψει σύμβαση σύνδεσης πριν τις 4-6-2010 (ημερομηνία ισχύος του νέου νόμου 3851/2010).

3.9 Περί κατασκευής Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Γαίες Υψηλής Παραγωγικότητας

* Απαγορεύεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς σε αγροτεμάχια της Αττικής που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, καθώς και σε περιοχές της Επικράτειας που έχουν ήδη καθοριστεί ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας από εγκεκριμένα Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (Γ.Π.Σ.) ή Σχέδια Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης (Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π.) του Ν.2508/1997 (ΦΕΚ 124 Α'), καθώς και Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου (Ζ.Ο.Ε.) του άρθρου 29 του Ν.1337/1983 (ΦΕΚ 33 Α'), εκτός αν διαφορετικά προβλέπεται στα εγκεκριμένα αυτά σχέδια.

* Με την επιφύλαξη του προηγούμενου εδαφίου, επιτρέπεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας. Στην περίπτωση αυτή η άδεια χορηγείται μόνον αν οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί για τους οποίους έχουν ήδη εκδοθεί άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή, σε περίπτωση απαλλαγής, δεσμευτικές προσφορές σύνδεσης από τον αρμόδιο Διαχειριστή, καλύπτουν εδαφικές εκτάσεις που δεν υπερβαίνουν το 1% του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων του συγκεκριμένου νομού. Για την εφαρμογή της διάταξης του προηγούμενου εδαφίου χρησιμοποιούνται τα στοιχεία της Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας του έτους 2008 της Γενικής Γραμματείας της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας. Για τον υπολογισμό της κάλυψης λαμβάνεται υπόψη η οριζόντια προβολή επί του εδάφους των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

* Με κοινή απόφαση των Υπουργών Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής είναι δυνατόν να ορίζονται όροι και προϋποθέσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, περιλαμβανομένων της μέγιστης κάλυψης εδάφους ανά σταθμό, των ελάχιστων αποστάσεων από τα όρια του γηπέδου του σταθμού, περιορισμών στον τρόπο θεμελίωσης και υποχρεώσεων για την αποκατάσταση του γηπέδου μετά την αποξήλωση των φωτοβολταϊκών σταθμών.

3.10 Περί Συμβάσεως Αγοραπωλησίας

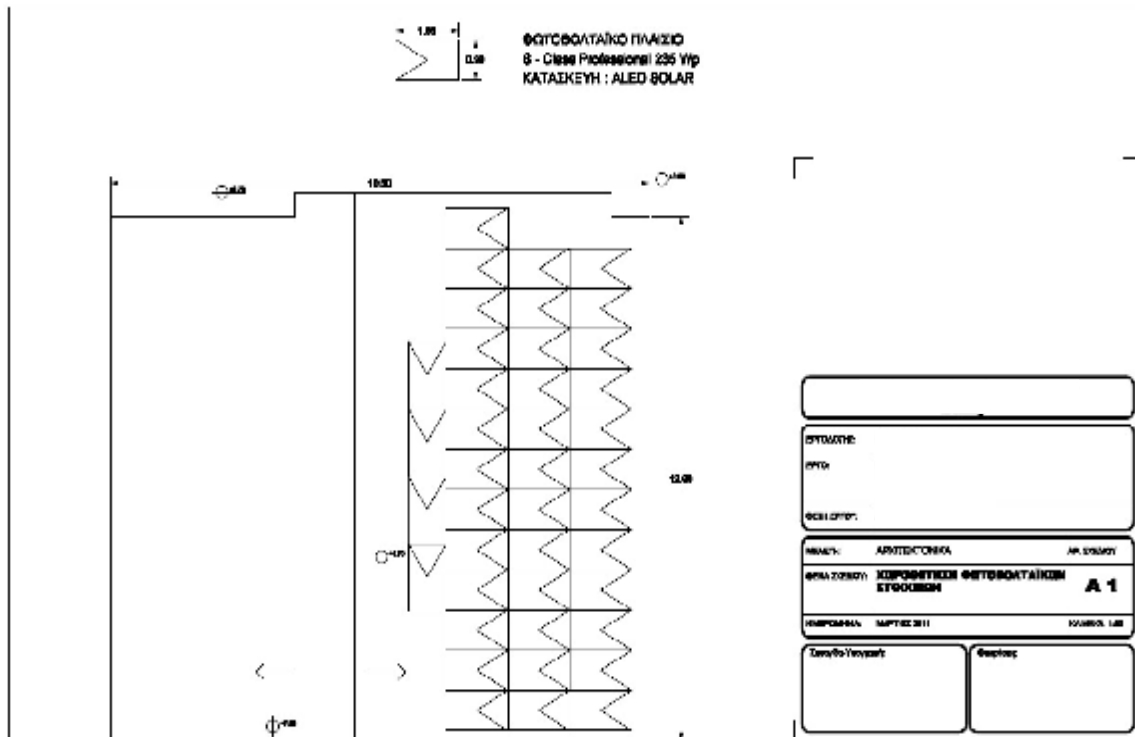
Ο επενδυτής υπογράφει σύμβαση πώλησης της παραχθείσας ενέργειας με:

- * ΛΑΓΗΕ προκειμένου για την Ηπειρωτική Ελλάδα και τα διασυνδεδεμένα νησιά.
- * Με την Δνση Δχσης Νήσων (ΔΕΗ) για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά.

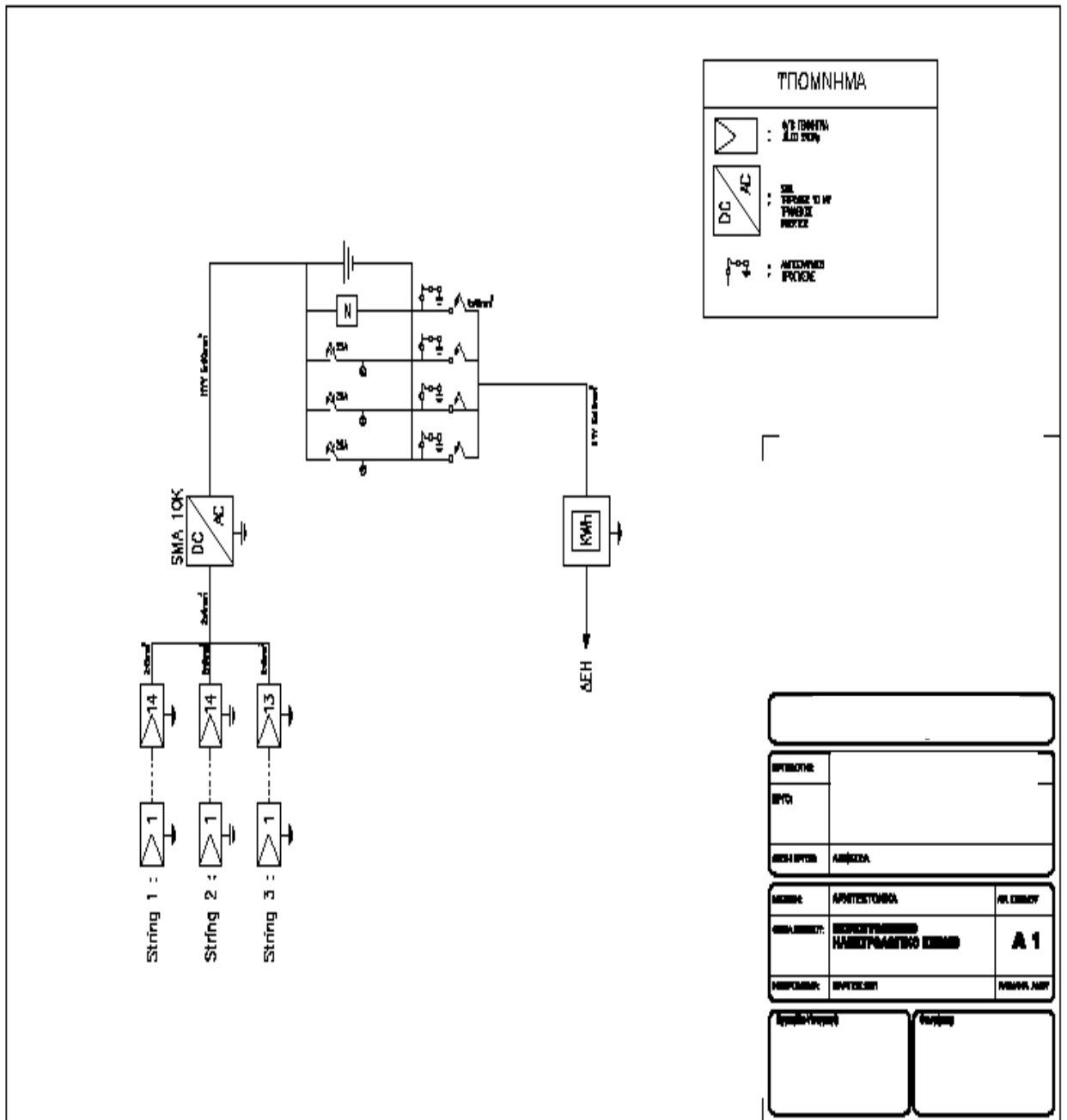
Η σύμβαση δύναται να ενεργοποιηθεί εντός 18 μηνών από την ημερομηνία υπογραφή της. Έπειτα από την πάροδο του διαστήματος ακυρώνεται η σύμβαση και ο επενδυτής εφόσον επιθυμεί δύναται να αιτηθεί την σύναψη σύμβασης όμως με τις τιμές και τους όρους που θα ισχύον την συγκεκριμένη περίοδο διαπραγμάτευσης.

Σημειώνεται ότι σύμφωνα με το ΦΕΚ Β' 2317/10.08.2012 πλέον υπάρχει αναστολή των αιτήσεων για συστήματα επί εδάφους καθώς και για κτιριακή πέρα των 10kW.

3.11 Παραδείγματα Αιτήσεων και Σχεδίων Αδειοδότησης



Κάτοψη Στέγης



Μονογραμμικό ηλεκτολογικό σχέδιο

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΑΔΕΙΟΥΧΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΤΗ
(Ν. 4483/1965 αρ. 2, Υ.Α. Φ.7.5/1816/88/77.2.2004, ΚΥΑ Φ.Α.50/12081/642/26.7.2006, Υ.Α. Φ.50/503/168/19.4.2011, όπως ισχύουν)

Αφορά: Νέα εγκατάσταση Τροποποίηση
 Επέκταση Επανελέγχο

Προς τη ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. Περιοχή/Πρακτορείο
 Ο μνημόνικος αδειούχος ηλεκτεολόγος εγκαταστάτης
 δηλώνω υπεύθυνα, με γνώση των συνεπειών του νόμου για ψευδή δήλωση, ότι:

1. Διαθέτω άδεια ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη, δεν έχει ανασταλεί η ισχύς της και δεν υπόκειμαι στους περιορισμούς της παραγράφου 3 του άρθρου 6 του Β.Δ. της 4/25 Νοεμβρίου 1949.

2. Η περιγραφόμενη ηλεκτρική εγκατάσταση, παραδίδεται από μένα σήμερα, σε ασφαλή λειτουργία όπως αναλύεται στο(α) ηλεκτρολογικό(ά) σχέδιο(α), στο πρωτόκολλο ελέγχου και περιγράφεται στην έκθεση παράδοσης.

3. Δίνο την εγγύηση σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν. 4483/1965, όπως ισχύει κάθε φορά, ότι αυτή η ηλεκτρική εγκατάσταση θα λειτουργήσει με ασφάλεια και απρόσκοπτα.

4. Έχει(ουν) τοποθετηθεί δέκα(ες) διαφορικού ρεύματος σε εφαρμογή της ΚΥΑ Φ.Α.50/12081/642/26.7.2006.

5. Έχουν εκτελεστεί οι ηλεκτρικές εργασίες που περιγράφονται στη δήλωση αυτή με βάση την υφιστάμενη Νομοθεσία, έχω ελέγξει την ηλεκτρική εγκατάσταση με βάση την υφιστάμενη Νομοθεσία και την κρίνω ασφαλή και κατάλληλη για χρήση. Τα αποτελέσματα του ελέγχου και των μετρήσεων είναι σύμφωνα με την υφιστάμενη Νομοθεσία και αναλύονται στο(α) αντίστοιχο(α) πρωτόκολλο(α) ελέγχου.

6. Έχω ενημερώσει τον ιδιοκτήτη ή χρήστη της εγκατάστασης για την υποχρέωση επανελέγχου αυτής της ηλεκτρικής εγκατάστασης με βάση τις ισχύουσες σήμερα Υπουργικές Αποφάσεις.

7. Ένα ακριβές αντίγραφο της δήλωσης αυτής μαζί με το(α) ηλεκτρολογικό(ά) σχέδιο(α), το(α) πρωτόκολλο(α) ελέγχου και την έκθεση παράδοσης παραδίδονται στον παραπάνω ιδιοκτήτη ή χρήστη, καθώς και τα πρωτότυπα αυτών για τη ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. τα οποία πρέπει να κατατεθούν εντός ενός έτους από την έκδοσή τους και αναλαμβάνω την ευθύνη της φύλαξης ενός αντιγράφου των παραπάνω έως την ημερομηνία του επόμενου επανελέγχου.

Έγγραφο που συνοδεύουν την ΥΑΕ

1. Μονογραμμικό(ά) εγκατάστασης

2. Μονογραμμικό(ά) πίνακα(ων)

3. Πρωτόκολλο(α) ελέγχου (σελίδ. . . .)

4. Έκθεση παράδοσης (σελίδ. . . .)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΥΠΟΒΟΛΗΣ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ:
 Αριθ. παροχής εγκατάστασης:
 Ονοματ. αδειούχος εγκαταστάτης:
 Ονοματ. νομίτη εγκατάστασης:

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:
 Δήμος ή Κοινότη:
 Περιοχή/Διαμέρισμα:
 Οδός - Αριθ.: ..
 Τ.Κ. οφός: 2 Αρ. διαμερίσματος:
 Κατηγορία χώρου: ΟΙΚΙΑ
 Επόμενος επανελέγχος έως:
 Λόγος 3 της Υ.Α. Φ.7.5/1816/88 (ΦΕΚ Β' 4/9/2004)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΤΗ:
 Αριθμός άδειας:
 Ειδικότητα: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ Κατανομή: ΑΠΕΡΙΟΡΙΣΤΗ
 Ημερομηνία έκδοσης:
 Ημερομηνία λήξης ισχύος:
 Όριο ισχύος άδειας σε KW: ΑΠΕΡΙΟΡΙΣΤΟ
 Τύπος & Αριθ. Φορέα: στοιχεία (ΤΕΙΝΤ) ή ΑΠΥ

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
 Τύση (N/Φάσεις/η)/Συχνότη: φάσεις ή αε: 400/50
 Συν. εγκατ. ενεργός/φαινόμενη ισχύς: 9,84 KW/ 9,84 KVA
 Εγκατεστημένη ισχύς (KW):
 Φωτισμός Σκευών Κίνησης
 Συνολ. εγκατεσ/νη ισχύς παραγωγικής διαδικασίας: KW
 (μόνο για Ε.Π.Ε. που υπάγονται στο Ν. 1325/2005)
 Ισχύς μεγαλύτερου κινητήρα: KW (μόν. ενέργει)
 Ηλεκτροδότηση πίνακα ανακυστήρα: ΝΑΙ ΟΧΙ
 Γραμ. γενικ. πίν.-Μειρητή/αίθρας & διαμερισμάτων: 5.210 mm²
 Γεν. ασφάλεια ή Αυτόμ. διακόπτης ισχύος γεν. πίνακα: 25 A
 Συστ. σύνδεσης γείωσης: (Διμεση) ΤΤ, Χ (Ουδέτερη) ITN IT

ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ (Συμπληρώνεται οριστον υπόγειο)		
ΕΙΔΟΣ	Τύση (N)	Ισχύς (KW)
Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (ενοίκια χρήση)		
Μεταγωγικός δικτύωσης: ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>		
Φωτοβολταϊκή μονάδα	<u>400</u>	<u>9,84</u>
Προστ. έννευη υψοδοκοποίησης: ΝΑΙ <input checked="" type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>		
Κατά <u>ΝΟΕ, ΟΥΡΕ, Δ</u>		
Άλλος τύπος		
Προστασία απόβρυξης: ΝΑΙ <input checked="" type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>		

Θεωρήθηκε για το γνήσιο της υπογραφής
 Αριθ. πρωτοκόλλου βεβαίωσης **Ε.Ε.Τ.Ε.Μ.**
 (Λόγος 7 παρ. 2 του Ν.4483/1965, όπως ισχύει)

Ο δηλών αδειούχος ηλεκτεολόγος εγκαταστάτης

Τόπος: Ημερ/νία:

Αίτηση 1

Πρωτόκολλο Ελέγχου Ηλεκτρικής Εγκατάστασης κατά ΕΛΟΤ HD 384

Σελίδα 1 από

Πρωτόκολλο ελέγχου Νο 2... με βάση το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 & την Κ.Υ.Α. Φ.Α' 50/12081/642/26.07.2006		Ιδιοκτήτης <input checked="" type="checkbox"/> Χρήστης <input type="checkbox"/>		Αρ. παροχής: Διεύθυνση: 1									
Αρχικός έλεγχος <input checked="" type="checkbox"/> Επανελέγχος <input type="checkbox"/>		Αδειούχος ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης		Αρ. άδειας: . Κατηγορία: . Ειδικότητα:									
Κατηγορία Εγκατάστασης οικιακή φ.β.....		Αίτια ελέγχου: Τροποποίηση <input type="checkbox"/> Επέκταση <input type="checkbox"/> Αλλαγή κατηγορίας <input type="checkbox"/>											
Όνομαστική τάση: (V)		Δίκτυο τροφοδοσίας: TT-Σύστημα <input type="checkbox"/> TN-Σύστημα <input type="checkbox"/> IT-Σύστημα <input type="checkbox"/>											
1. Οπτικός έλεγχος:		καλά όχι		καλά όχι									
1.1. Μέτρα προστασίας από ηλεκτροπληξία <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1.5. Όργανα διακοπής & απομόνωσης <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1.9. Κύρια & συμπληρ. ισοδυναμικές συνδέσεις <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
1.2. Μέτρα προστασίας από πυρκαγιά <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1.6. Επιλογή υλικού βάσει εξωτερικών επιδράσεων <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1.10. Τεχνικά διαγράμματα, πινακίδα διακοπής RCC <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
1.3. Επιλογή διατεταμένων αγωγών <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1.7. Αναγνώριση αγωγών N & PE <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1.11. Επάρκεια συνδέσεων αγωγών <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
1.4. Επιλογή & ρύθμιση των διατάξεων προστασίας <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1.8. Δυνατότητα αναγνώρισης κυκλωμάτων <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1.12. Δυνατότητα πρόσβασης & χειρισμών <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
Παρατηρήσεις:													
2. Δοκιμές:		καλά όχι		καλά όχι									
2.1. Έλεγχος δοκιμής πολικότητας <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		2.3. Κατεύθυνση φοράς των 3φ κατηύθυντων <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		2.5. Δοκιμές λειτουργίας <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
2.2. Δοκιμές λειτουργίας διατάξεων διαφορικού ρεύματος <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		2.4. Κατεύθυνση πεδίου φοράς 3φ περσών <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		2.6. Δοκιμές διακοπής & απομόνωσης <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									
Παρατηρήσεις:													
3. Μετρήσεις:		καλά όχι		Παρατηρήσεις:									
3.1. Συνέχεια αγωγών προστασίας & συνδέσεις κύριας και συμπληρ. ισοδυναμικής συνδ. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>													
3.5. Αντίσταση γείωσης 0,1 Ω Είδος γείωσης: θεμελιακή <input type="checkbox"/> ράβδος ηλεκτρόδιο <input checked="" type="checkbox"/> (άλλο) <input type="checkbox"/>													
Παρατηρήσεις:													
Αρ. ηλεκτρικού κυκλώματος	Χώρος /Γήμινο εγκατάστασης Χρήση	Γραμμή τροφοδοσίας/ καλώδιο			Διάταξη προστασίας από υπερτάση		3.3 Διάταξη διαφορικού ρεύματος (RCD)			3.4 Βρόχος σφάλμ.	Από-κλιση		
		Τύπος καλωδίου	Αριθ. Αγωγών	Διατομή αγωγών (mm ²)	Μετρητική αντιστάθση	Χωρίς καταστάσεις	Είδος/ Χαρακτηριστική	I _n (A)	Όνομαστικό ρεύμα I _n (A) & τύπος	I _{ΔΝ} (mA)		I _{ΔΝ} (mA)	U _{ΔΝ} (V)
1	DC ΣΕΙΡΑ Α	OLFBX SOLAR	2	6	-	1000	ΤΑΚΥΜΕΝΗ	30	-	-	-	-	12A
2	DC ΣΕΙΡΑ Β	OLFBX SOLAR	2	6	-	1000	>>	30	-	-	-	-	12A
3	AC	OLFBX	5	10	-	1000	>>	30	-	-	-	-	12A
Χρησιμοποιηθέντα όργανα μετρήσεων		Όργανο	Τύπος	Σειριακός αριθμός	Όργανο	Τύπος	Σειριακός αριθμός						
		FLUX6	1659B	1792052	FLUX6	A9105	W7037672						
Αποτελέσματα: Δεν διαπιστώθηκαν ελλείψεις /σφάλματα Διαπιστώθηκαν ελλείψεις/ σφάλματα <input checked="" type="checkbox"/>		Ημερομηνία επικόλλησης επικεφαλής ελέγχου στον κεντρικό πίνακα διανομής 21/3/2011.....			Επόμενος επανέλεγχος έως 21/3/2011.....								
<p>Η ηλεκτρική εγκατάσταση αυτή ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ HD 384 & της Κ.Υ.Α. Φ.Α' 50/12081/642/26.07.2006</p> <p style="text-align: center;">Ο παραλαμβάνων το πρωτόκολλο ελέγχου ιδιοκτήτης ή χρήστης</p> <p style="text-align: center;">(Όνομα Υπογραφή)</p> <p style="text-align: center;">Τόπος..... Ημερ/νια.....</p>													

Αίτηση 2

Έκθεση Παράδοσης Ηλεκτρικής Εγκατάστασης

Σελίδα 1 από

Έκθεση παράδοσης Νο <u>1</u>		Ιδιοκτήτης <input checked="" type="checkbox"/> Χρήστης <input type="checkbox"/>	Αρ. παροχής:				
Πρωτόκολλο ελέγχου Νο <u>1</u>		Αδειούχος ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης		Αριθ. άδειας:			
Κατηγ. Εγκατ/σης: <u>Φ/Β</u>				Κατηγορία:			
				Ειδικότητα:			
Χώρος/ημέρα εγκατάστασης	Αριθμός ηλεκ. συσκευών & υλικών	<u>27571</u>	<u>ΚΑΙΜΑΚΕΙΟ</u>	Συνολικό	Βελημής Προστασίας IP	Εγκατεστημένη Ισχύς (KW)	
							Πίνακας διανομής
Ηλεκτρολογικό υλικό	Διακόπτης απλός						
	Διακόπτης διπλός						
	Διακόπτης αλλη-ρεταύρ εκκρίας						
	Διακόπτης κομμιτοτέρ						
	Ρυθμιστής έντασης φωτισμού						
	Μπουλόν						
	Αιχμηρούς κίνησης						
	Πρίζα σοκά	μικρή					
		άπλη					
		τριπλή					
	Θερμοστάτης χώρου						
	<u>Φ/Β Αλεο</u>	<u>14</u>			<u>14</u>	<u>6x</u>	<u>3,36</u>
	<u>Φ/Β Αλεο</u>	<u>14</u>			<u>14</u>	<u>6x</u>	<u>3,36</u>
<u>Φ/Β Αλεο</u>	<u>13</u>			<u>13</u>	<u>6x</u>	<u>3,12</u>	
Γραμμές σταθμών ηλεκτρικών συσκευών & επιτήριων	Κουζίνα						
	Θερμοσίφωνα						
	Πλυντήριο						
	<u>ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΣ</u>	<u>1</u>			<u>1</u>	<u>65</u>	
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΣ</u>	<u>1</u>			<u>1</u>	<u>65</u>		
<u>ΠΥΛΩΝΕΣ ΣΩΜΑ</u>	<u>1</u>			<u>1</u>	<u>65</u>		
Φωτιστικά σημεία	Απλό						
	Πολλαπλό						
	>0,5 KW						
					Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (KW)	<u>98,4</u>	
Η ηλεκτρική εγκατάσταση παραλήφθηκε έτοιμη προς χρήση σύμφωνα με την παρούσα έκθεση παράδοσης <input type="checkbox"/>				Παράδοση πρόσθετης τεκμηρίωσης (π.χ. σχέδια) <input type="checkbox"/>			
Ο παραλαμβάνων την έκθεση παράδοσης Ιδιοκτήτης ή χρήστης							
(Όνομα, Υπογραφή)							
T:	Τόπος..... Ημερ/νια.....						

Αίτηση 3



ΔΕΗ/Περιοχή

Ημερομηνία παραλαβής αίτησης
(συμπληρώνεται από την Περιοχή ΔΕΗ)

Αίτηση για τη σύνδεση Φωτοβολταϊκού Συστήματος ισχύος $\leq 10 \text{ kWp}$ στο Δίκτυο ΧΤ
(στο πλαίσιο του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων
σε κτιριακές εγκαταστάσεις)

Στοιχεία Κυρίου του Φωτοβολταϊκού Συστήματος	
Ιδιότητα κυρίου του συστήματος	<input checked="" type="checkbox"/> Φυσικό πρόσωπο <input type="checkbox"/> Κύριοι οριζόντιων ιδιοκτησιών πολυκατοικίας <input type="checkbox"/> Πολύ μικρή επιχείρηση (ή φυσικό πρόσωπο επιτηδευματίας) <input type="checkbox"/> Ν.Π.Δ.Δ. <input type="checkbox"/> Ν.Π.Ι.Δ. μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα
Όνομα/επωνυμία φυσικού/νομικού προσώπου (ή εκπροσώπου διαχειριστή)	
Κατοικία/έδρα φυσικού/νομικού προσώπου	
ΑΦΜ και ΔΟΥ φυσικού/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 checked="" type="checkbox"/> Στέγη <input type="checkbox"/> Στέγαστρο <input type="checkbox"/> Πρόσοψη <input type="checkbox"/> Σκίαστρο <input type="checkbox"/> Αποθήκη <input type="checkbox"/> Χώρος στάθμευσης
Συνολική ισχύς (kWp)	9.84 KW

Αριθμός Παροχής του υφιστάμενου μετρητή κατανάλωσης του κτιρίου (για τον οικονομικό συμψηφισμό)	
Στοιχεία του υπεύθυνου μελέτης και εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος (επωνυμία, ειδικότητα, διεύθυνση, τηλέφωνο)	
Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων	
Κατασκευαστής, προέλευση	ALEO SOLAR ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ
Τύπος - μοντέλο	Aleo 5_18 235
Ονομαστική ισχύς πλαισίου	235Wp
Αριθμός πλαισίων	41
Πιστοποιήσεις	IEC/EN 61215 . IEC/EN 61730 Κατηγορία προστασίας II
Στοιχεία αντιστροφέων (inverters)	
Κατασκευαστής, προέλευση	SMA . ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ
Τύπος - Μοντέλο	Sunny Boy TRIPOWER 10000 TL-10
Ονομαστική ισχύς εξόδου	10400w
Μέγιστη ισχύς εξόδου	10000w
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	97%
Συντελεστής ισχύος	1
Διακύμανση τάσης εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)	(προεπιλεγμένη) 184 – 264.5 Volt
	(εύρος ρύθμισης) > 184 έως < 264,5 volt
Διακύμανση συχνότητας εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)	(προεπιλεγμένη) 49,50 – 50,50 HZ
	(εύρος ρύθμισης) 45,50 – 54,50 HZ

Ολική αρμονική παραμόρφωση ρεύματος (THD)	< 4%
Έγχυση DC	<0,5% του ονομαστικού ρεύματος
Μετασηματιστής απομόνωσης	Ναι / Όχι
Προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης (Islanding) κατά VDE 0126 ή ισοδύναμης μεθόδου	Ναι /Όχι
Πλήρης περιγραφή τρόπου προστασίας SMA Grid Guard . επιτήρηση δικτύου active anti islanding Σύμφωνα με τηνDIN VDE 0126-1-1. με μέτρηση τάσης/ συχνότητας/ σύνθετης αντίστασης και με μέτρηση τάσης / συχνότητας / σύνθετης αντίστασης/LOM	
Πιστοποιήσεις	EN 6100-6-3 :2007 . EN 6100-6-4: 2007 , EN 55022:2006 EN 6100-3-3: 1995+A1:2001+A2: 2005,EN 6100-3-2:2006 EN 6100-6-1:2007, EN 6100-6-2:2005,EN 50178:199
Έγγραφα και στοιχεία που συνοποβάλλονται κατά την αρχική αίτηση	
1. Τεχνικά εγχειρίδια φωτοβολταϊκών στοιχείων	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Τεχνικά εγχειρίδια και πιστοποιητικά αντιστροφένων	<input checked="" type="checkbox"/>
3. Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο του φωτοβολταϊκού συστήματος (υπογεγραμμένο από μηχανικό κατάλληλης ειδικότητας)	<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>
5. Τοπογραφικό της θέσης εγκατάστασης (προκειμένου για κτιριακές εγκαταστάσεις εκτός σχεδίου πόλεως)	<input type="checkbox"/>
6. Κάτοψη του χώρου εγκατάστασης όπου θα αποτυπώνεται η ακριβής θέση τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών πλαισίων	<input checked="" type="checkbox"/>
7. 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 checked="" 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"/>

<p>δ) για εγκατάσταση του συστήματος σε ιδιόκτητο χώρο από ΝΠΔΔ</p> <p>Τίτλος κυριότητας (αντίγραφο συμβολαιογραφικής πράξης και πιστοποιητικού μεταγραφής της στο υποθηκοφυλακείο) <input type="checkbox"/></p> <p>Έγγραφο συναίνεση του κυρίου του χώρου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού (αν η αίτηση υποβάλλεται από διαχειριστή) <input type="checkbox"/></p>	
<p>ε) για εγκατάσταση του συστήματος σε ιδιόκτητο χώρο από μη κερδοσκοπικό ΝΠΔΔ</p> <p>Τίτλος κυριότητας (αντίγραφο συμβολαιογραφικής πράξης και πιστοποιητικού μεταγραφής της στο υποθηκοφυλακείο) <input type="checkbox"/></p>	
<p>8. Καταστατικό δημοσιευμένο σε ΦΕΚ από το οποίο να προκύπτει ο μη κερδοσκοπικός χαρακτήρας του ΝΠΔΔ. <u>μόνο προκειμένου για ΝΠΔΔ</u> <input type="checkbox"/></p>	
<p>9. Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 στην οποία ο αιτών θα δηλώνει ότι:</p> <p>α) Το έργο της εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν έχει ενταχθεί σε οποιοδήποτε πρόγραμμα χρηματοδότησης <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>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 θερμοσίφωνα, ηλιοθερμικά, βιομάζα κλπ) <u>μόνο για την περίπτωση που ο συμφητισμός γίνεται με μετρητή ιδιόκτητης κατοικίας</u> <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>γ) Κατατάσσεται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις, όπως αυτές καθορίζονται στην Ε.Ε. <u>μόνο προκειμένου για φυσικά ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες</u> <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>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 checked="" type="checkbox"/></p> <p>ε) Όλα τα στοιχεία που υποβάλλει με την αίτησή του είναι αληθή <input checked="" type="checkbox"/></p>	
<p>Έγγραφα και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομιστούν προ της υπογραφής της Σύμβασης Σύνδεσης</p>	
<p>10. Κατά περίπτωση:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας (για κτίρια σε παραδοσιακούς οικισμούς και ιστορικά τμήματα πόλεων καθώς και διατηρητέα κτίρια) <input type="checkbox"/> ή • Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 από τον κύριο του φωτοβολταϊκού, καθώς και Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 από τον υπεύθυνο για την εγκατάσταση μηχανικό (λοιπές περιπτώσεις) <input checked="" type="checkbox"/> 	
<p>Έγγραφα και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομιστούν προ της ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος με το Δίκτυο</p>	
<p>12. Αντίγραφο της Σύμβασης Συμφητισμού <input checked="" type="checkbox"/></p>	

<p>13. 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 $\pm 0,5$ Hz καθώς επίσης και την πρόβλεψη ότι σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων ο αντιστροφέας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόσβεση) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 δευτερόλεπτα, - Επανάλυσή του αντιστροφέα μετά από τρία λεπτά. <p>Επίσης θα αναφέρεται ο χρόνος λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης</p>	☑
<p>14. 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.</p>	☑

Ο/Η ΔΗΛΩΩΝ

Αίτηση 4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΣΤΕΓΗ ΙΣΧΥΟΣ 9,84kWp

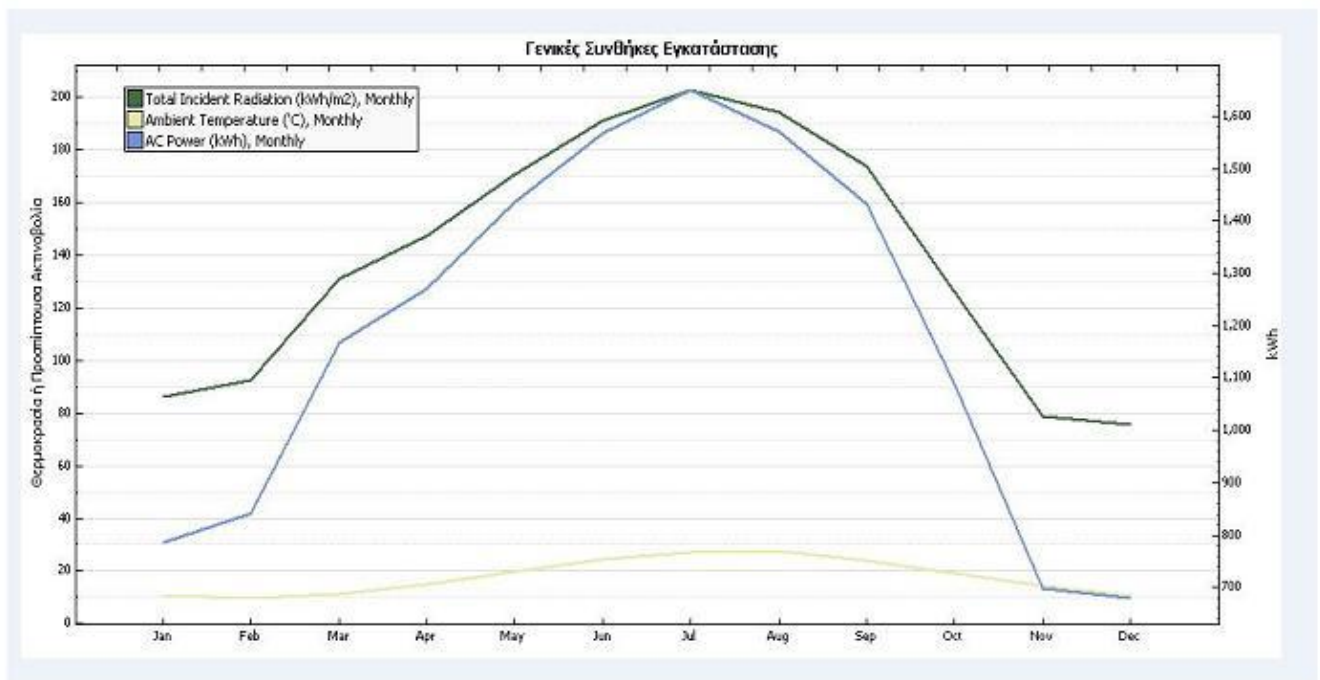
4.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια λεπτομερής αναφορά σε οικιακή εγκατάσταση ισχύος 9,84kWp σε στέγη. Το έργο βρίσκεται στην Άμφισσα Φωκίδας, οι εργασίες έγιναν τον Μάρτη του 2011 και στη συνέχεια θα παρατεθούν αναλυτικά τα στοιχεία αυτού.

4.2 Δεδομένα έργου

Το έργο το οποίο θα μελετήσουμε είναι ισχύος 9,84kWp βάσει της άδειας από την ΔΕΗ (ΔΕΔΔΗΕ) και η θέση εγκατάστασης είναι στην περιοχή της Άμφισσας. Η διαθέσιμη στέγη είναι ωφέλιμου εμβαδού περίπου 90τμ.

Η επιλογή της τεχνολογίας των υλικών έγινε από τον ιδιοκτήτη του φωτοβολταϊκού σταθμού και περιλαμβάνει τεχνολογία σταθερών βάσεων με Φ/Β πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου, λόγω της απόδοσής τους και των μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής. Σημειώνεται ότι το καλοκαίρι αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες οπότε πλαίσια μονοκρυσταλλικού τύπου θεωρήθηκε ότι δε θα είχαν υψηλή απόδοση.



Πίνακας 3 : Γενικές Συνθήκες Εγκατάστασης

Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες

Στη μονάδα έγινε εγκατάσταση σαράντα δύο (41) φωτοβολταϊκών πολυκρυσταλλικών συλλεκτών Aleo Solar S_19 (240w) ονομαστικής ισχύος 240 Wp έκαστος. Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία της aleo χαρακτηρίζονται από μια ενιαία μπλε ανακλαστική επιφάνεια και ενδείκνυνται για τη χρήση σε δικτυωμένα συστήματα. Οι διαστάσεις τους επιτρέπουν μια εύκολη συναρμολόγηση, είναι ανθεκτικά, αποδοτικά και με λεία επεξεργασία. Η υψηλή ποιότητα των φωτοβολταϊκών στοιχείων της aleo με πολυκρυσταλλικές κυψέλες επιβεβαιώνεται και από ανεξάρτητους φορείς.

Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες διαθέτουν όλα τα απαραίτητα πιστοποιητικά και καλύπτονται με δεκαετή (10) εγγύηση προϊόντος και με ελάχιστες εγγυήσεις απόδοσης 90% της ονομαστικής απόδοσης για τα πρώτα δέκα (10) έτη και 80 % της ονομαστικής απόδοσης για είκοσι πέντε (25) έτη.

Έτσι για το συγκεκριμένο έργο απαιτούνται 41 τεμάχια Φ/Β πλαισίων, διαστάσεων 1660X990 mm.

Αντιστροφέας

Για την επιλογή του αντιστροφέα αποφασίστηκε η επιλογή του SMA SUNNY Tripower 10kW. Ο Sunny Tripower είναι πλήρως εξοπλισμένος με την πλέον σύγχρονη τεχνολογία διακρίνεται για την εύκολη εγκατάσταση, την υψηλή απόδοση και την ασφαλή υποστήριξη του δικτύου. Χάρη στην τεχνολογία πολλαπλών στοιχειοσειρών και το μεγάλο εύρος τιμών τάσης εισόδου, ο τριφασικός μετατροπέας είναι κατάλληλος για τη διαστασιολόγηση του φωτοβολταϊκού συστήματος με κάθε τύπο φωτοβολταϊκού πλαισίου. Επιπλέον, εξασφαλίζει μέγιστη ευελιξία και ακρίβεια στο σχεδιασμό της εγκατάστασης – από 10 kW έως και κλίμακας Megawatt. Ο Sunny Tripower πληροί ήδη τις απαιτήσεις της οδηγίας BDEW για τη μέση τάση και συμμετέχει επομένως αξιόπιστα στη διαχείριση του δικτύου. Το ολοκληρωμένο σχέδιο ασφαλείας, το οποίο μεταξύ άλλων περιλαμβάνει σύστημα εντοπισμού βλάβης στοιχειοσειράς με ηλεκτρονικές ασφάλειες και ενσωματωμένη λειτουργία αντικεραυνικής προστασίας, παρέχει υψηλή τεχνική διαθεσιμότητα και περιορίζει το κόστος των εγκαταστάσεων.

Συγκεκριμένα διακρίνεται για τα εξής :

3. Μέγιστος βαθμός απόδοσης 98 %
4. Ιδιαίτερα αποδοτικός, χάρη στο OptiTrac και OptiCool
3. Ενσωματωμένος ηλεκτρονικός διακόπτης (ESS) απόζευξης DC
4. Εντοπισμός βλάβης στοιχειοσειράς με ηλεκτρονικές ασφάλειες
5. Επιτήρηση ρεύματος στοιχειοσειρών

- * Δυνατότητα ενσωμάτωσης επαγωγού υπέρτασης DC (Τύπος II)
 - * Τάση εισόδου DC έως 1.000 V
 - * Ευέλικτος σχεδιασμός φωτοβολταϊκού συστήματος
5. Τριφασική τροφοδοσία
 6. Σύνδεση καλωδιώσεων χωρίς εργαλεία
 7. Πρωτοποριακό σύστημα σύνδεσης DC
 8. Επικοινωνία με Bluetooth®

Με το σύστημα σύνδεσης DC SUNCLIX, την ενβυσματούμενη, προαιρετική γείωση γεννήτριας Plug-in Grounding και τη γρήγορα προσβάσιμη περιοχή διαμόρφωσης η εγκατάσταση καθίσταται ακόμα ευκολότερη χάρη ακόμα και στο μικρό βάρος του μετατροπέα. Το μεγάλο εύρος τάσης εισόδου από 175 έως 700 Volt διασφαλίζει έναν εξαιρετικά ευέλικτο σχεδιασμό εγκατάστασης. Επιπλέον, η μοντέρνα οθόνη γραφικών καθώς και η ασύρματη επικοινωνία μέσω Bluetooth® καθιστούν τις συσκευές αυτές εξαιρετικά εύκολες στη χρήση. Η ασύρματη επικοινωνία αυτή μας εξασφαλίζει ενημέρωση για την παραγωγή μας μέσω δωρεάν προγράμματος που παραδόθηκε στον ιδιοκτήτη. Η εγγύηση προϊόντος ισχύει για πέντε (5) έτη, με δυνατότητα επέκτασης έως τα είκοσι πέντε (25) έτη. Κατασκευασμένοι σύμφωνα με τα πρότυπα που απαιτεί το δίκτυο της ΔΕΗ και με δυνατότητα επί τόπου προσαρμογής ηλεκτρικών χαρακτηριστικών για την προσαρμογή στις ιδιαιτερότητες του δικτύου κάθε περιοχής.

Λοιπός εξοπλισμός

Στην Φωτοβολταϊκή γεννήτρια κατασκευάστηκε αντικεραυνική γείωση η οποία είναι ανεξάρτητη από την γείωση του κτιρίου . Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζουμε την γείωση της βάσης και των φωτοβολταϊκών κυψελών , την εκφόρτιση λόγω στατικού ηλεκτρισμού καθώς και αποφεύγουμε το φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης .

Για την προστασία των φωτοβολταϊκών κυψελών αλλά και του αντιστροφέα τοποθετήθηκε ηλεκτρικός πίνακας συνεχούς ρεύματος ο οποίος προστατεύει την είσοδο του αντιστροφέα έτσι ώστε η ένταση του ρεύματος να μην υπερβεί τα μέγιστα επιτρεπτά όρια & να μπορεί να γίνεται πλήρη αποκοπή του αντιστροφέα από το δίκτυο χαμηλής τάσης .Επίσης τοποθετήθηκε αντικεραυνικό κλάσης II ($I_{max}:40kA$ $1000VDC$ $U_p:2,65$ kV) για την προστασία του δικτύου χαμηλής τάσης αλλά και του αντιστροφέα.

Στην έξοδο του αντιστροφέα τοποθετήθηκε ηλεκτρικός πίνακας εναλλασσομένου ρεύματος κατάλληλος για την εγκατάσταση ο οποίος περιλαμβάνει αυτόματο διακόπτη με διακοπή και του ουδετέρου , αυτόματη ασφάλεια με βοηθητική επαφή ένδειξης σφάλματος κατάλληλης ισχύος και αντικεραυνική προστασία I_{max} $40kA$ ($8/20nsec$) , I_n $15kA$ ($8/20nsec$) , U_p $1.4kV$, U_c $340Vac$.Επίσης ο ηλεκτρικός πίνακας περιλαμβάνει συσκευή ηχητικής ειδοποίησης σφάλματος .

Συνολικός Πίνακας Ηλεκτρομηχανολογικού Εξοπλισμού

A/A	Περιγραφή	M/M	Ποσότητα
1.	Φωτοβολταϊκή κυψέλη Aleo S_19 (240 W)	Τεμ.	41
2.	Μετατροπέας (Inverter) SMA STP 10000TL-20	Τεμ.	1
3.	Ηλεκτρικός πίνακας συνεχούς ρεύματος 3 String	Τεμ.	1
4.	Πίνακας τηλεμετρίας	Τεμ.	1
5.	Ηλεκτρικό καλώδιο συνεχούς ρεύματος (από κυψέλες προς μετατροπέα και πίνακα συνεχούς ρεύματος)	κ.α	1
6.	Ηλεκτρικό καλώδιο εναλλασσομένου ρεύματος (από μετατροπέα προς πίνακα εναλλασσομένου ρεύματος και μετρητών Δ.Ε.Η)	κ.α	1
7.	Βάση στήριξης Φωτοβολταϊκής γεννήτριας	κ.α	1

Συνολικός Πίνακας εργασιών

A/A	Περιγραφή	M/M	Ποσότητα
1.	Τοποθέτηση βάσης φωτοβολταϊκής γεννήτριας	κ.α	1
2.	Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών κυψελών	κ.α	1
3.	Τοποθέτηση πίνακα συνεχούς ρεύματος	κ.α	1
4.	Τοποθέτηση πίνακα εναλλασσομένου ρεύματος	κ.α	1
5.	Τοποθέτηση Μετατροπέα	κ.α	1
6.	Σύνδεση φωτοβολταϊκών κυψελών (δημιουργία String) και σύνδεση τους με πίνακα συνεχούς ρεύματος και μετατροπέα	κ.α	1
7.	Τοποθέτηση ηλεκτρικής παροχής από μετατροπέα προς πίνακα εναλλασσομένου ρεύματος και μετρητές Δ.Ε.Η	κ.α	1
8.	Σύνδεση μετατροπέα με πίνακα εναλλασσομένου ρεύματος	κ.α	1
9.	Διενέργεια μετρήσεων εγκατάστασης (ωμική αντίσταση , μέτρηση μόνωσης , σύνθετη αντίσταση , έλεγχος διαρροής κ.λ.π)	κ.α	1
10.	Ρύθμιση μετατροπέα (για σύνδεση στο δίκτυο)	κ.α	1
11.	Διενέργεια εργασιών σύνδεσης και ελέγχου καλής λειτουργίας με το εθνικό δίκτυο μεταφοράς (σε συνεργασία με τον υπεύθυνο της Δ.Ε.Η)	κ.α	1

4.3 Προκαταρκτικές μελέτες

Για το συγκεκριμένο έργο το συνολικό κόστος ανήλθε στις 35.000 ευρώ (συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ). Δεδομένου ότι η τιμή πώλησης στη ΔΕΗ είναι 0,55ευρώ/kWh τότε προέκυψαν οι παρακάτω χρηματοροές (πίνακας 4). Όπως προκύπτει η απόσβεση του έργου θα ανέρθει στα 4 έτη, χρόνος ικανοποιητικός ενώ η χρηματοδότηση έγινε εξολοκλήρου με ίδια κεφάλαια του ιδιοκτήτη.

Οικονομική μελέτη

α Οικονομική μελέτη πραγματικής κατάστασης

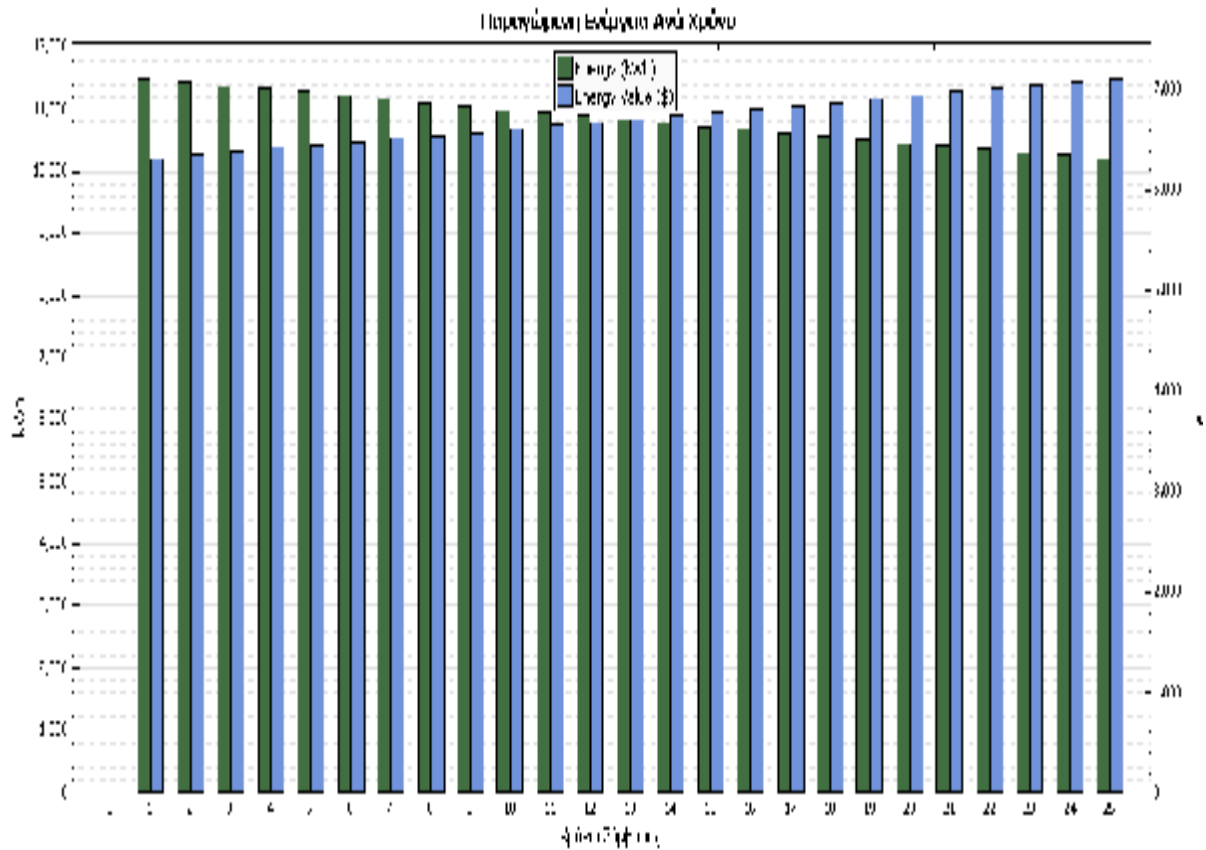
Έτος	Ιδίο κεφάλαιο	Πώληση Ηλ. ενέργειας	Συσσωρευμένο αποτέλεσμα
2011	-35.000 €	7.600 €	-27.400 €
2012	0.00 €	7.562 €	-19.838 €
2013	0.00 €	7.524 €	-12.314 €
2014	0.00 €	7.487 €	-4.827 €
2015	0.00 €	7.449 €	2.622 €
2016	0.00 €	7.412 €	10.034 €
2017	0.00 €	7.375 €	17.409 €
2018	0.00 €	7.338 €	24.747 €
2019	0.00 €	7.301 €	32.048 €
2020	0.00 €	7.265 €	39.313 €
2021	0.00 €	7.228 €	46.541 €
2022	0.00 €	7.192 €	53.733 €
2023	0.00 €	7.156 €	60.890 €
2024	0.00 €	7.121 €	68.010 €
2025	0.00 €	7.085 €	75.095 €
2026	0.00 €	7.050 €	82.145 €
2027	0.00 €	7.085 €	89.229 €
2028	0.00 €	7.120 €	96.350 €
2029	0.00 €	7.156 €	103.505 €
2030	0.00 €	7.192 €	110.697 €
2031	0.00 €	7.228 €	117.925 €
2032	0.00 €	7.264 €	125.188 €
2033	0.00 €	7.300 €	132.488 €
2034	0.00 €	7.336 €	139.825 €
2035	0.00 €	7.373 €	147.198 €

Πίνακας 4 : Οικονομική ανάλυση έργου

Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά η παραγωγή ενέργειας, οι ετήσιες αποδοχές και η απόσβεση της επένδυσης.

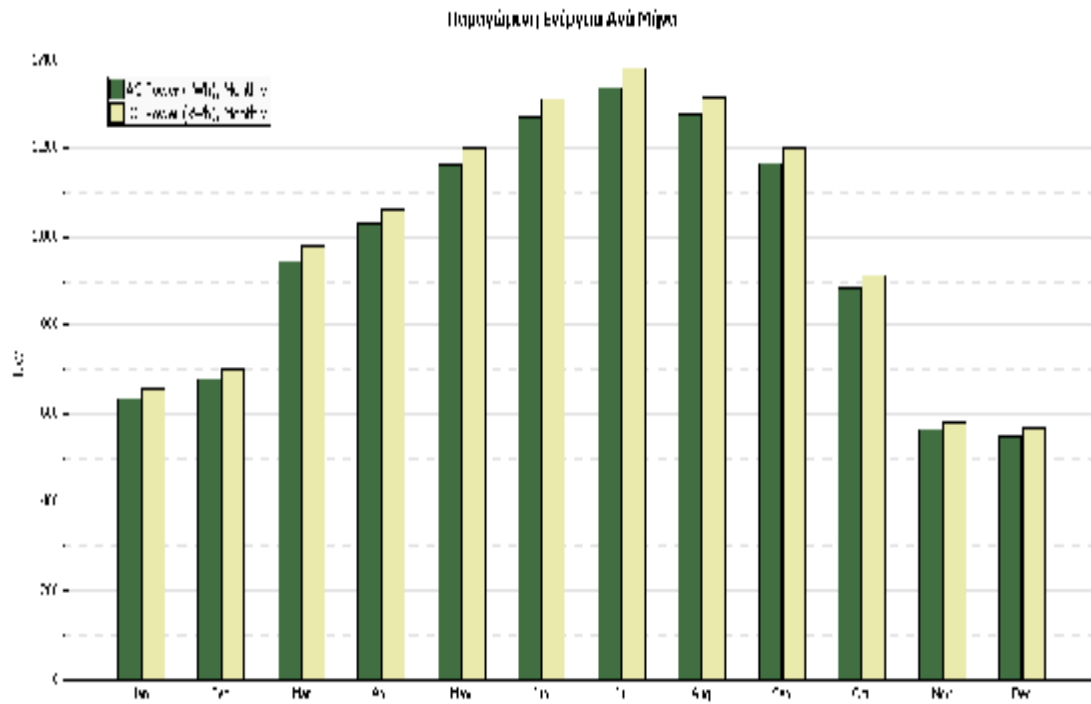
Ως δεδομένα έχουν θεωρηθεί:

1. Πάνελ: Aleo S19 240 Watt
2. Αντιστροφέας: SMA TP10000TL
3. Τιμή Αγοράς : 0,12 €
4. Τιμαριθμική προσαρμογή: 1%/χρόνο
5. Έτη Σύμβασης : 25 χρόνια
6. Περιοχή Εγκατάστασης: Άμφισσα
7. Κόστος εγκατάστασης : 35.000 €



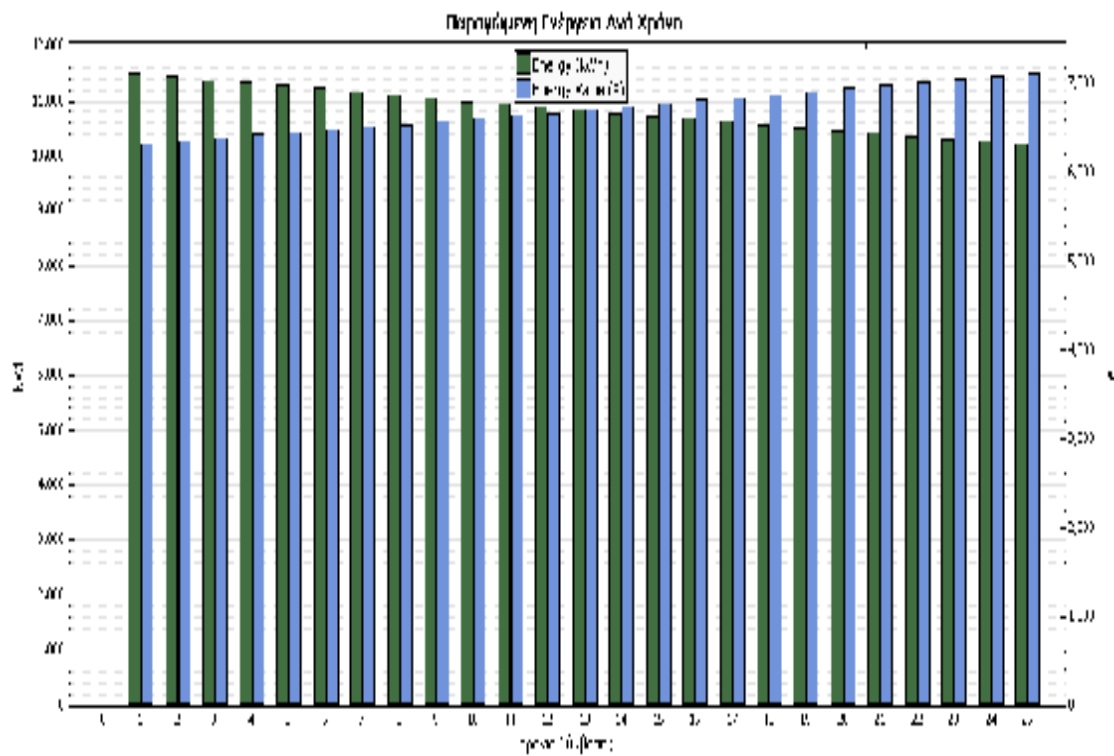
Διάγραμμα 1

Μηνιαία Παραγωγή και παράλληλη απεικόνιση των συνθηκών θερμοκρασίας (°C) και της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (kWh/m²)



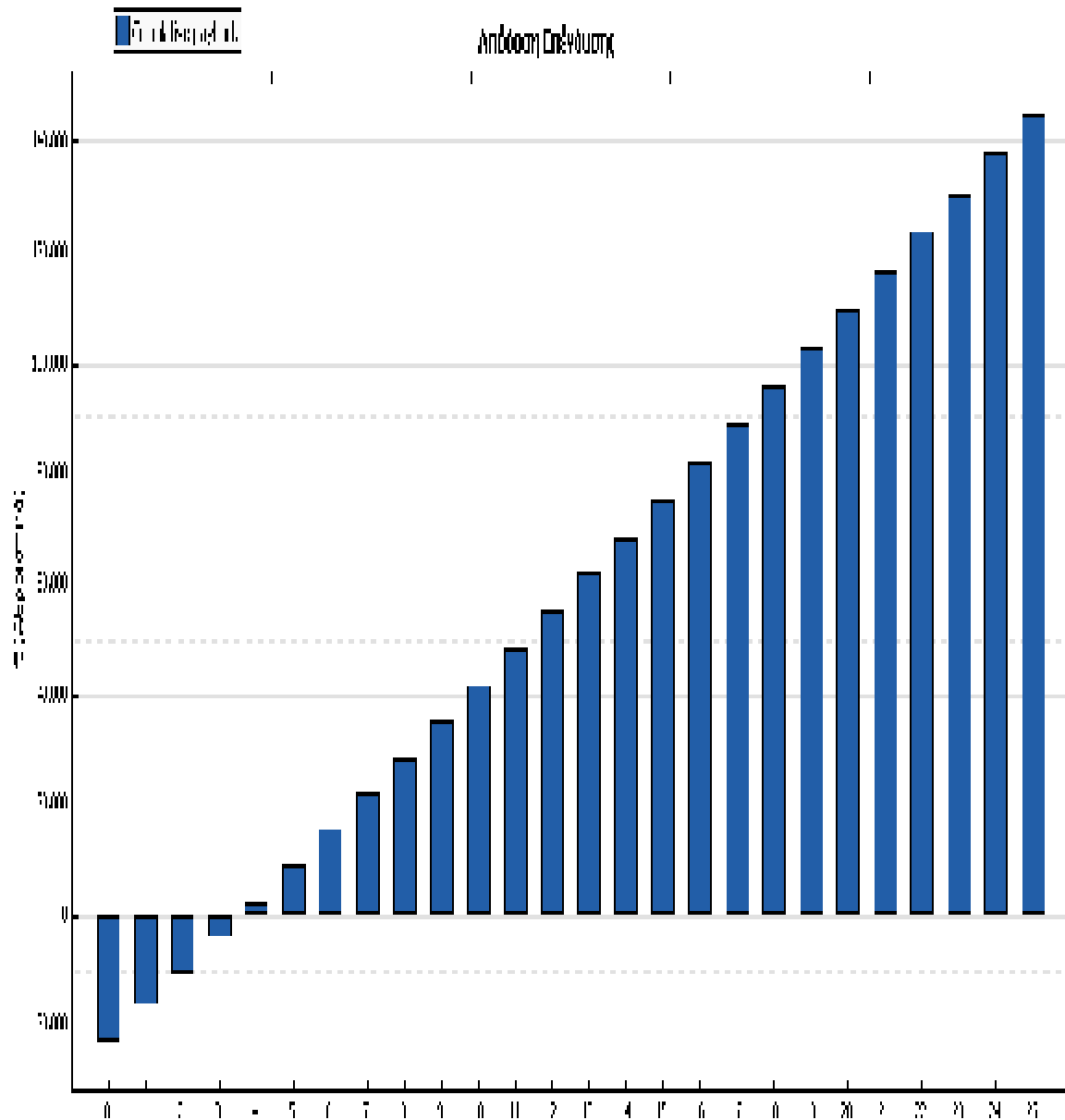
Διάγραμμα 2

Μηνιαία Παραγωγή συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος
(το εναλλασσόμενο πωλείται στη ΔΕΗ)



Διάγραμμα 3

Ετήσια Παραγωγή και ετήσιες αποδοχές
 Η τιμή πώλησης αυξάνεται κάθε χρόνο τιμαριθμικά (1%)



Διάγραμμα 4

Απόδοση της Επένδυσης

Η επένδυση αποσβένεται πλήρως εντός 4 χρόνων

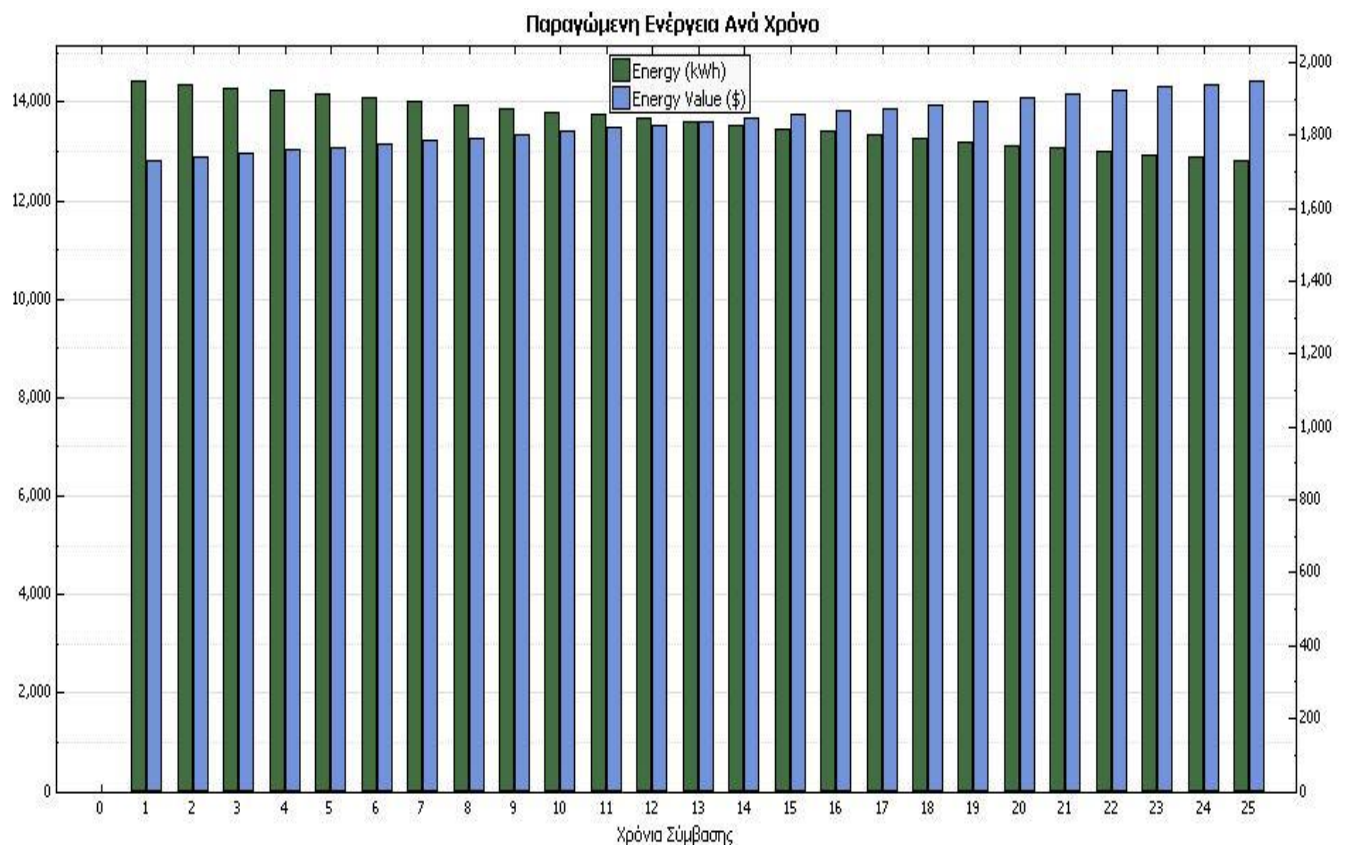
β Οικονομική μελέτη με σημερινά δεδομένα

Έτος	Ιδίο κεφάλαιο	Πώληση Ηλ. ενέργειας	Συσσωρευμένο αποτέλεσμα
2013	-10.000 €	1.700 €	-8.300 €
2014	0.00 €	1.692 €	-6.609 €
2015	0.00 €	1.683 €	-4.925 €
2016	0.00 €	1.675 €	-3.251 €
2017	0.00 €	1.666 €	-1.585 €
2018	0.00 €	1.658 €	73 €
2019	0.00 €	1.650 €	1.723 €
2020	0.00 €	1.641 €	3.364 €
2021	0.00 €	1.633 €	4.998 €
2022	0.00 €	1.625 €	6.623 €
2023	0.00 €	1.617 €	8.239 €
2024	0.00 €	1.609 €	9.848 €
2025	0.00 €	1.601 €	11.449 €
2026	0.00 €	1.593 €	13.042 €
2027	0.00 €	1.585 €	14.627 €
2028	0.00 €	1.577 €	16.203 €
2029	0.00 €	1.585 €	17.788 €
2030	0.00 €	1.593 €	19.381 €
2031	0.00 €	1.601 €	20.981 €
2032	0.00 €	1.609 €	22.590 €
2033	0.00 €	1.617 €	24.207 €

Πίνακας 5 : Οικονομική ανάλυση έργου-Σημερινά Δεδομένα

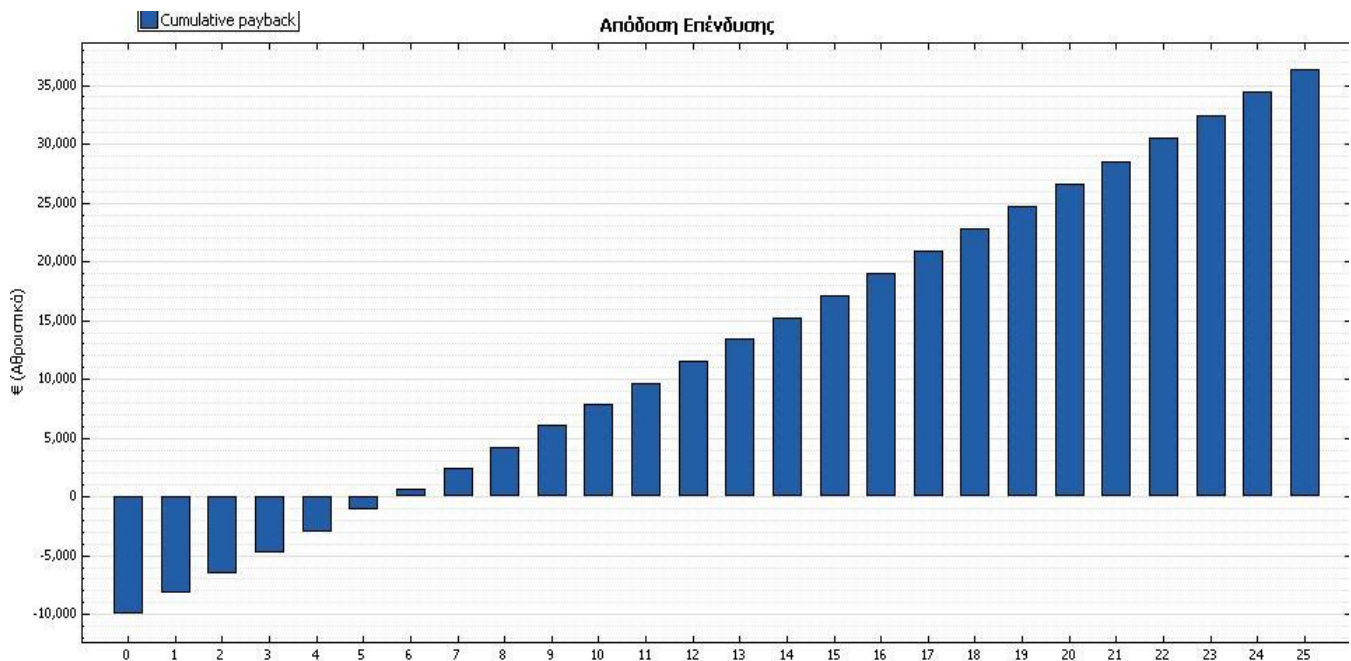
Στην περίπτωση που θα υλοποιούσαμε το έργο σήμερα τότε θα είχαμε τα εξής δεδομένα :

1. Πάνελ: Aleo S19 240 Watt
2. Αντιστροφέας: SMA TP10000TL
3. Τιμή Αγοράς : 0,12 €
4. Τιμαριθμική προσαρμογή: 1%/χρόνο
5. Έτη Σύμβασης : 25 χρόνια
6. Περιοχή Εγκατάστασης: Άμφισσα
7. Κόστος εγκατάστασης (2013) : 10.000 €



Διάγραμμα 5

Ετήσια Παραγωγή και ετήσιες αποδοχές
Η τιμή πώλησης αυξάνεται κάθε χρόνο τιμαριθμικά (1%)



Διάγραμμα 6

Απόδοση της Επένδυσης

Η επένδυση αποσβένεται πλήρως εντός 6 χρόνων

Παρατηρούμε ότι σε περίπτωση που η επένδυση υλοποιούταν σήμερα τότε το κόστος των υλικών θα ήταν κατά πολύ μικρότερο. Όμως λόγω της χαμηλής ταρίφας πώλησης, τα ετήσια έσοδα είναι εξίσου χαμηλά ενώ η επένδυση αποσβένεται σε λίγο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (από 4 έτη σε 6 έτη). Αν τεθεί θέμα σύγκρισης τότε σαφώς η επένδυση υλοποιήθηκε την καλύτερη δυνατή χρονική στιγμή, καθώς πλέον σε λίγο καιρό αποσβένεται πλήρως ενώ θα έχει σημαντικά έσοδα ο ιδιώτης. Από την άλλη πλευρά, ακόμη και σήμερα, θα ήταν μία καλή επένδυση που θα απέδιδε ένα μικρό ετήσιο συμπλήρωμα το οποίο αρκεί για εξοικονόμηση του ετήσιου κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μίας οικίας.

Μελέτη με PVSOL Expert 4.0

Στη συνέχεια εφαρμόσαμε το λογισμικό PVSOL Expert 4.0. Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι κατάλληλο για προσομοίωση και τρισδιάστατη απεικόνιση μελέτης σκίασης καθώς και της απόδοσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Η εγκατάσταση δεν σκιάζεται από πουθενά όσον αφορά το Νότο άρα αναμένουμε η απόδοση να είναι αρκετά μεγάλη. Επιπλέον καθώς η βιβλιοθήκη του προγράμματος δεν έχει ενημερωμένα τα μοντέλα των φωτοβολταϊκών πλαισίων τα οποία εγκαταστήσαμε και επειδή τα μετεωρολογικά δεδομένα είναι βασισμένα στη Λάρισα, περιμένουμε ότι η προσομοίωση θα δείξει πιο χαμηλή απόδοση από την πραγματικότητα. Παρ'όλα αυτά μας βοηθάει ώστε να εξασφαλίσουμε ότι η διαστασιολόγηση είναι σωστή και δεν υπάρχει κάποιο σφάλμα. Επομένως προέκυψαν τα εξής:

ABEC (Athens Business Engineering Consulting)
Companies' Mall "Ionia 2000"
Herakliou Ave. 350, Nea Ionia
T: (+30) 211 7705100 | F: (+30) 211 7705200
www.abec.gr - info@abec.gr

Project Name: Solar System Design
Variant Reference: System Variant



Location:	Larissa
Climate Data Record:	Larissa (1981-2000)
PV Output:	9.84 kWp
Gross/Active PV Surface Area:	67.38 / 67.41 m ²

PV Array Irradiation:	102,567 kWh
Energy Produced by PV Array (AC):	11,817 kWh
Grid Feed-in:	11,817 kWh
Yield Reduction Due to Shading	1 %

System Efficiency:	11.5 %
Performance Ratio:	78.8 %
Inverter Efficiency:	96.0 %
PV Array Efficiency:	12.0 %
Specific Annual Yield:	1,199 kWh/kWp
CO2 Emissions Avoided:	10,453 kg/a

The results are determined by a mathematical model calculation. The actual yields of the photovoltaic system can deviate from these values due to fluctuations in the weather, the efficiency of modules and inverters, and other factors. The System Diagram above does not represent and cannot replace a full technical drawing of the solar system.

Project Name: Solar System Design
 Variant Reference: System Variant

System in Grid Connected Operation

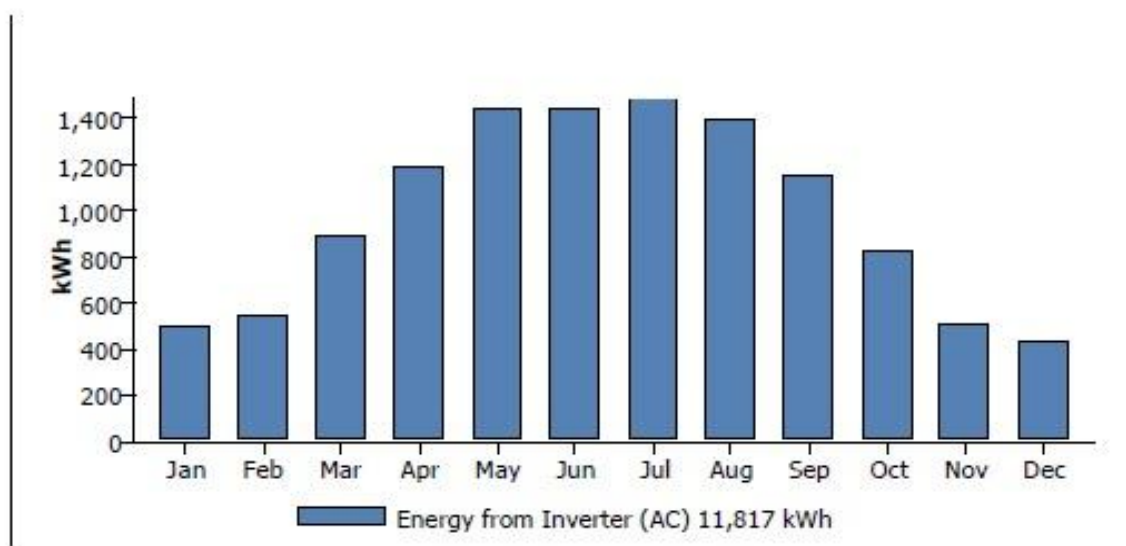
Location:	Larissa	PV Output:	9.84 kWp
Climate Data Record:	Larissa	Gross/Active PV Surface Area:	67.4 m ² / 67.4 m ²
Number of Arrays:	1		

Array Name

Output:	9.84 kW	Ground Reflection:	20.0 %
Gross/Active Solar Surface Area:	67.4 m ² / 67.4 m ²	Output Losses due to	
PV Module:	41 x	Deviation from AM 1.5:	1.0 %
Manufacturer:	aleo solar AG	Deviation from Manufacturer's Specification:	2.0 %
Type:	aleo S19 240Wp	In Diodes:	0.5 %
Nominal Output:	240 W	Due to Pollution:	0.0 %
Power Rating Deviation:	0 %	Inverter	1 x
Efficiency (STC):	14.6 %	Manufacturer:	
No. of Modules in Series:	11 19	Type:	PVI-10,0-OUTD-DE
MPP Voltage (STC):	328 567 V	Output:	10.00 kW
Orientation:	0.0 °	European Efficiency:	97.3 %
Inclination:	19.0 °	No. of MPP Trackers:	2
Mount:	With Ventilation	MPP Tracking:	200 V To 850 V
Shade:	Yes		

Simulation Results for Total System:

Irradiation onto Horizontal:	96,258 kWh	Own Use:	18.9 kWh
PV Array Irradiation:	102,567 kWh	Energy Produced by PV Array:	12,295 kWh
Irradiation minus Reflection:	97,935 kWh	System Efficiency:	11.5 %
Irradiation without Shade:	103,478 kWh	Performance Ratio:	78.8 %
Energy from Inverter (AC):	11,817 kWh	Final Yield:	3.3 h/d
Consumption Requirement:	0 kWh	Specific Annual Yield:	1,199 kWh/kWp
Energy from Grid:	19 kWh	Array Efficiency:	12.0 %



Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση του λογισμικού PVSOL δεν υπήρχαν καταχωρημένα μετεωρολογικά στοιχεία για τον τόπο της εγκατάστασης και χρησιμοποιήσαμε τα στατιστικά στοιχεία της Λάρισσας, με μία μικρή συνολική απόκλιση.

4.4 Εγκατάσταση έργου

Στη συνέχεια ακολουθεί εκτενής περιγραφή των εργασιών εγκατάστασης καθώς και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν ώστε να τεθεί το έργο σε λειτουργία.

Βάσεις στήριξης

Στο έργο έγινε εγκατάσταση βάσεων της εταιρείας Metaloumin για στέγη. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε το προφίλ SL10 με στήριξη σε ξύλινες δοκούς.

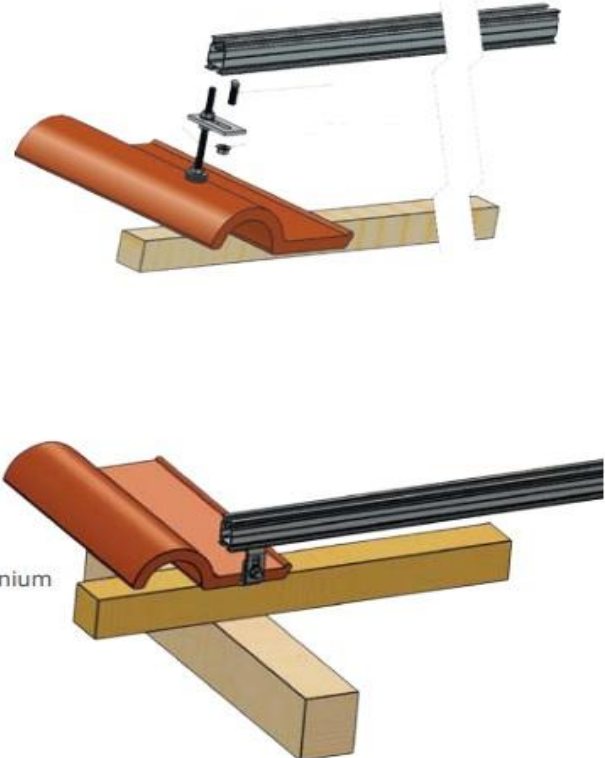
**MOUNTING SYSTEM WITH PV RAIL
SL10 FOR TILED ROOF**

In two different mounting types

- Hanger Bolt (M10*200, M10*250, M10*300)
- Hook (fixed or adjustable)

Advantages of System SL10:

- Very easy and quick assemblies
- Applicable in every kind of roof
- No maintenance required
- Vertical in house production beginning with aluminium as raw material and resulting in final ready-to-be-installed product
- Unbeatable combination of robustness and price
- Production process certified with EN ISO 9001, TÜV CERT Austria and EN ISO 14001 standards



Εικόνα 6 : Προφίλ SL10

Το συγκεκριμένο προφίλ αποτελείται από αλουμίνιο υψηλής ποιότητας, όλα τα παρελκόμενα υλικά είναι εξίσου από αλουμίνιο προκειμένου να αποφευχθούν διαβρώσεις και τυχόν ηλεκτρόλυση λόγω ανομοιομορφίας υλικών.

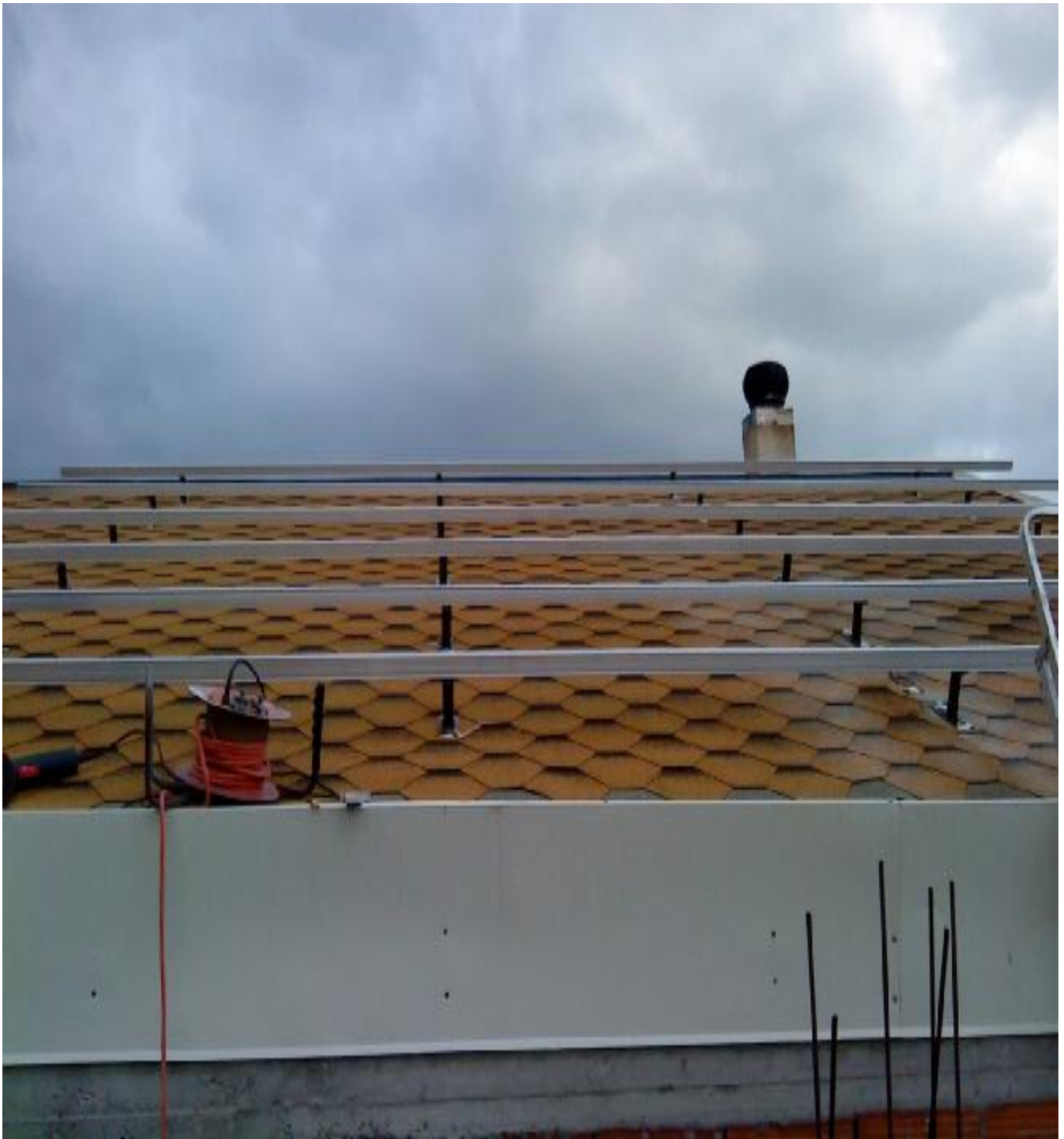
Η στέγη αποτελείται από ασφαλτόπανο και μονωτικό υλικό (δηλαδή δεν έχει εγκατασταθεί ακόμη κεραμίδι) και στηρίζεται σε ξύλινες δοκούς. Για το λόγο αυτό η στήριξη των βάσεων έγινε με αυτοδιάτρητες βίδες και μόνωση από πάνω με ειδική σιλικόνη. Με τον τρόπο αυτό προέκυψαν οι οδηγίες εγκατάστασης όπως φαίνεται στις παρακάτω φώτο.



Φωτογραφία 1 : Άποψη της στέγης



Φωτογραφία 2 : Στηρίγματα στη στέγη



Φωτογραφία 3 : Στήριξη οδηγών



Φωτογραφία 4 Ολοκλήρωση στηρίξης οδηγών

Η στηρίξη των οδηγών ολοκληρώθηκε βάσει σχεδίου ώστε να τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία της εταιρείας ALEO αριθμήθηκαν ώστε να επιβεβαιωθεί η παραλαβή και προέκυψαν 41 τεμάχια, όσα ακριβώς είχαν παραγγελθεί.



Φωτογραφία 5 Πίσω πλευρά φωτοβολταϊκού στοιχείου



Φωτογραφία 6: Πινακάκι φωτοβολταϊκού στοιχείου

Η εγκατάσταση έγινε με τοποθέτηση τριών στοιχειωσειρών (strings). Κάθε στοιχειοσειρά αποτελείται από 14 τεμάχια , έχει ίδιο προσανατολισμό και ίδια κλίση. Οι συνδέσεις των στοιχείων έγιναν με καλώδιο solar NYA 1x4 με κόκκινο χρώμα η θετική πολικότητα και μαύρο χρώμα η αρνητική πολικότητα. Επιπλέον γειώθηκαν τα μεταλλικά μέρη και κατέληξαν σε ηλεκτρόδιο γείωσης το οποίο καρφώθηκε στο χώμα και συνδέθηκε με καλώδιο NYA 1x16.



Φωτογραφία 7 : Τοποθέτηση φ/β στοιχείων



Φωτογραφία 8 : Τοποθέτηση φ/β στοιχείων



Φωτογραφία 9 : Τοποθέτηση φ/β στοιχείων



Φωτογραφία 10 : Όδευση καλωδίων προς τον αντιστροφέα. Προστασία σε σωλήνα ΚΟΥΒΙΔΗ για εξωτερική χρήση



Φωτογραφία 11 : Γείωση μεταλλικών μερών εγκατάστασης



Φωτογραφία 12 : Ολοκλήρωση Χωροθέτησης και Εγκατάστασης

Αντιστροφέας

Ο αντιστροφέας είναι ης εταιρείας SMA και το μοντέλο TRIPOWER 10000 TL. Η θέση εγκατάστασής του είναι στο κλιμακοστάσιο, κάτω από ανοιγόμενο κούφωμα ώστε να αερίζεται.

Όπως φαίνεται και στη φωτογραφία 4.13 δίπλα στον αντιστροφέα έχουν εγκατασταθεί τα αντικεραυνικά της εγκατάστασης ενώ όπως θα φανεί στη φωτογραφία 4.14 σε σημείο κοντινό στον μετρητή βρίσκεται ο πίνακας AC. Σημειώνεται ότι και στον πίνακα AC έχουν τοποθετηθεί αντικεραυνικά προστασίας ώστε η εγκατάσταση να πληροί όλες τις διατάξεις ασφαλείας καθώς και επιτηρητής τάσης.



Φωτογραφία 13 : Πίνακας DC και αντιστροφέας

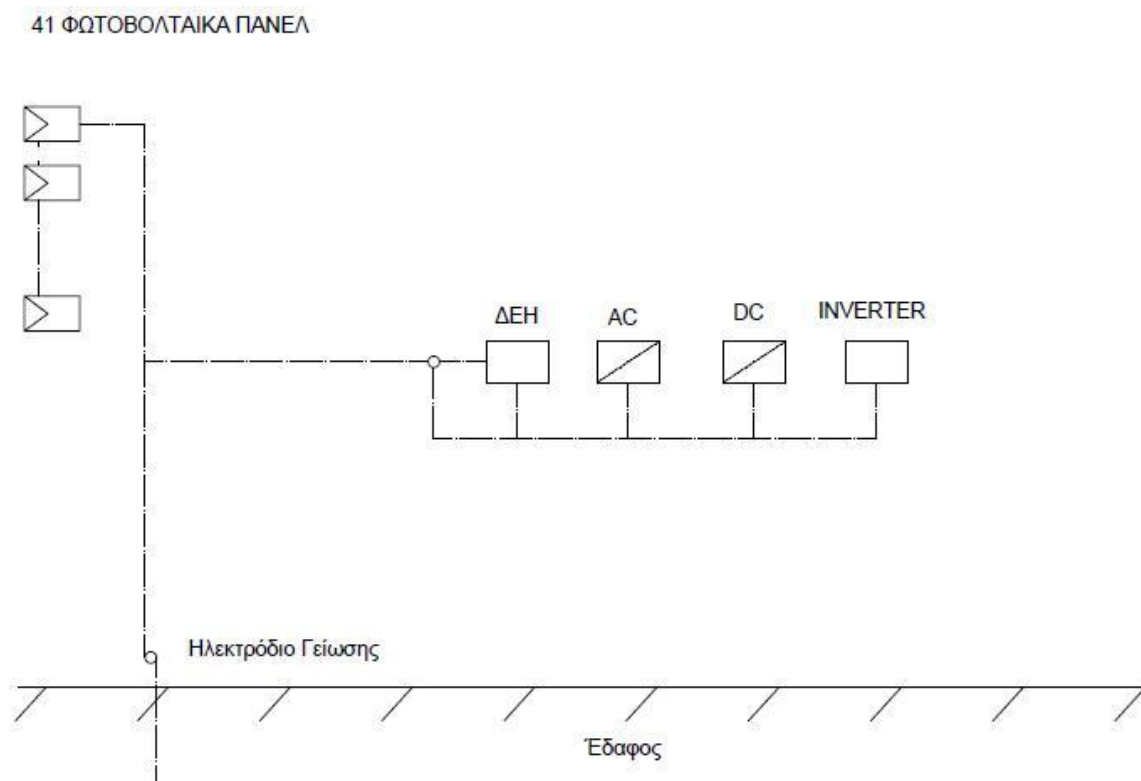


Φωτογραφία 14 : Πίνακας AC

Γείωση Εγκατάστασης

Προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή προστασία της εγκατάστασης και των χρηστών αυτής ενισχύθηκε το σύστημα γείωσης. Συγκεκριμένα θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τη γείωση του φέροντα οργανισμού αλλά δεδομένης της μεγάλης ηλικίας αυτού προτιμήσαμε να την ενισχύσουμε. Συγκεκριμένα τοποθετήσαμε ένα ηλεκτρόδιο γείωσης $\Phi 14\text{mm}$ ηλεκτρολυτικά επιχαλωμένο με χαλύβδινη καρδιά μήκους 1500mm το οποίο καρφώθηκε στο χώμα. Στη συνέχεια με καλώδιο γείωσης NYA $1 \times 16\text{mm}^2$ (H07V-R) συνδέθηκαν όλα τα μεταλλικά μέρη και οι πίνακες προκειμένου να επέλθει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Στη συνέχεια με ειδικό γειωσόμετρο της εταιρείας FLUKE μοντέλο 1653B μετρήθηκε η αντίσταση γείωσης ίσης με περίπου $0,1\Omega$, όριο το οποίο είναι μέσα στα όρια ασφαλείας.



Διάγραμμα 7 : Γείωσης

Σύνδεση Εγκατάστασης

Η εγκατάσταση συνδέθηκε από το εξειδικευμένο συνεργείο της ΔΕΗ (ΔΕΔΔΗΕ) και τέθηκε σε λειτουργία. Ο ιδιοκτήτης έλαβε ένα πλήρες εγχειρίδιο της εγκατάστασης με αναφορά στα υλικά, τις εγγυήσεις και την χωροθέτηση ώστε να είναι εύκολη ανιχνεύσιμη τυχόν βλάβη που δύναται να λάβει χώρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε πλήρης περιγραφή της εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού σταθμού και την επιτυχή σύνδεσή του στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Στο παρόν κεφάλαιο θα ακολουθήσει μία ανασκόπηση των αποτελεσμάτων χρήσης μετά από 1 έτος πλήρης λειτουργίας καθώς και το κατά πόσο συμβατά ήταν τα αποτελέσματα με τις μελέτες εφαρμογής που προηγήθηκαν. Επιπλέον θα γίνει αναφορά και σε τυχόν προβλήματα και αλλοιώσεις υλικού που παρουσιάστηκαν.

5.2 Αποτελέσματα λειτουργίας

Κατά τον πρώτο χρόνο λειτουργίας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης παρουσιάστηκαν οι παρακάτω αποδόσεις :

ΜΗΝΑΣ	kWh	Έσοδα
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2011	1339	736,45
ΜΑΪΟΣ 2011	1341	737,55
ΙΟΥΝΙΟΣ 2011	1598	878,9
ΙΟΥΛΙΟΣ 2011	1931	1062,05
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2011	1741	957,55
ΣΕΠΤΕΜΒΡΗΣ 2011	1434	788,7
ΟΚΤΩΒΡΗΣ 2011	1232	677,6
ΝΟΕΜΒΡΗΣ 2011	999	549,45
ΔΕΚΕΜΒΡΗΣ 2011	650	357,5
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2012	884	486,2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2012	660	363
ΜΑΡΤΙΟΣ 2012	1255	690,25
Σύνολο	15064	8285,2

Πίνακας 6 Έσοδα Φ/Β σταθμού κατά το 1^ο Έτος της λειτουργίας του.

Παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα υπερβαίνουν κατά πολύ τα αναμενόμενα. Το γεγονός αυτό εξηγείται διότι αφ'ενός οι μελέτες έχουν κάποιο συντελεστή ασφαλείας ώστε να παρουσιάζουν συγκρατημένες προβλέψεις και αφ'ετέρου η ποιότητα των υλικών επαληθεύτηκε κατά την πράξη. Οι στοιχειοσειρές κατανεμήθηκαν άρτια ώστε να αποδίδει ο αντιστροφέας το μέγιστο, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ορθώς έγιναν αποδεκτά κατά την παραλαβή και τον ποιοτικό έλεγχο ενώ και οι διατάξεις ασφαλείας των πινάκων λειτούργησαν άψογα προστατεύοντας τη εγκατάσταση όπως προβλέφθηκε. Ακόμη, η ενεργειακή μελέτη απόδοσης που εκπονήθηκε ορθώς ακολουθήθηκε ενώ ο προσανατολισμός των στοιχείων και η κλίση τους, παρ'ότι αποκλίνουν από τα ιδανικά μεγέθη εν τούτοις δεν παρουσίασαν σημαντικές αποκλίσεις ως προς την απόδοση του έργου.

5.3 Αναφορά συμβάντων και αστοχία υλικών

Κατά το πρώτο έτος λειτουργίας της εγκατάστασης υπήρξε ένα συμβάν διακοπής λειτουργίας του αντιστροφέα σε ημέρα με έντονα καιρικά φαινόμενα. Συγκεκριμένα οι διατάξεις ασφαλείας του επιτηρητή τάσης διέκοψαν τη λειτουργία του διότι ανιχνεύτηκε υπέρταση από το δίκτυο. Την ημέρα εκείνη παρατηρήθηκαν παρόμοια φαινόμενα σε όλη την πόλη της Άμφισσας, προφανώς από δυσλειτουργία του διασυνδεδεμένου δικτύου. Την επόμενη ημέρα η εγκατάσταση τέθηκε σε λειτουργία από εξειδικευμένο τεχνικό αφού ελέγχθηκαν οι τάσεις των στοιχειοσειρών και η ορθή λειτουργία του επιτηρητή τάσης καθώς και του αντιστροφέα.

Όσον αφορά την στατικότητα του έργου δεν παρατηρήθηκε κάποια ανωμαλία στον φορέα της στέγης, η μόνωση έχει λειτουργήσει ώστε να μην έχει παρυσφύσει νερό στα ξύλινα δοκάρια και οι συνδέσεις μεταξύ των κοχλίων σύσφιξης και μεταλλικών μερών δεν παρουσιάζουν αλλοιώσεις ούτε φαινόμενα διάβρωσης. Παρ'όλα αυτά, στα πλαίσια της συντήρησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, ενισχύθηκαν οι μονώσεις με ειδικό υλικό στεγανοποίησης και έγινε έλεγχος των ροπών σύσφιξης με ειδικό δυναμόκλειδο.

Παρ'όλα αυτά παρατηρήθηκε οξείδωση στο ηλεκτρόδιο γείωσης λόγω αστοχίας υλικού, το οποίο αντικαταστάθηκε άμεσα ενώ ένα τμήμα του εξωτερικού σωλήνα όδευσης καλωδίων είχε τρυπήσει, από εργασίες του ιδιοκτήτη και καλύφθηκε με ειδικό μονωτικό ελαστομερές, προτού παρουσιαστεί κάποιο βραχυκύκλωμα.

5.4 Τελικά συμπεράσματα

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε η ηλεκτρολογικομηχανολογική μελέτη φωτοβολταϊκού Σταθμού εγκατεστημένου σε στέγη κτιρίου. Παρουσιάστηκαν επίσης οι απαιτούμενες αδειοδοτικές αιτήσεις και τα ηλεκτρολογικά σχέδια που χρειάζονται για την υπογραφή σύμβασης σύνδεσης με το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ. Στην συνέχεια έγινε μια οικονομική εκτίμηση του κόστους του έργου καθώς επίσης και τα εκτιμώμενα ετήσια έσοδα του μέσω των εξελιγμένων προγραμμάτων PVSOL και PVSYST. Από τις μελέτες βγήκε το συμπέρασμα ότι η κατασκευή Φ/Β Σταθμού σε στέγη πληροί τα κριτήρια ως κερδοφόρας επένδυσης.

Η ηλεκτρολογικομηχανολογική μελέτη της παρούσας πτυχιακής εργασίας υλοποιήθηκε σε στέγη κτιρίου το 2010. Τα εκτιμώμενα ετήσια έσοδα συγκρίθηκαν με τα πραγματικά ετήσια έσοδα του υλοποιημένου Φ/Β Σταθμού όπου και βρέθηκαν μικρότερα από τα πραγματικά. Ο λόγος της παραπάνω θετικής απόκλισης από τις προβλέψεις απόδοσης του Φ/Β Σταθμού, εκτός της αρτιότητας της εγκατάστασης, είναι ο άνεμος. Το σημείο που βρίσκεται η εγκατάσταση χαρακτηρίζεται από “πυκνό πέρασμα ανέμου”, χαμηλής τύρβης και σταθερής έντασης όλες τις εποχές, γεγονός που δημιουργεί εστία ψύξης στα φωτοβολταϊκά στοιχεία και αποδίδουν σημαντικά ακόμη και υπό υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι δεν μειώνεται η απόδοσή τους και παράγουν σημαντικά υψηλά ακόμη και σε μη ιδανικές συνθήκες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ✓ «ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ» ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΕΤΡΟΣ ΑΘΗΝΑ 2005
- ✓ «ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ» ΜΙΛΤ.Μ.ΚΑΠΟΥ ΑΘΗΝΑ
2009

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- Ø www.deddie.gr
- Ø www.dei.gr
- Ø www.helapco.gr
- Ø www.pvsyst.com
- Ø www.sma-hellas.com
- Ø www.cres.gr
- Ø www.aleo-solar.gr