ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

« ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΤΗΣ ΕΘΝΙΚΗΣ ΤΡΑΠΕΖΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ»

Του Νικολάου Σ. Κεκάτου

Επιβλέπουσα

Σταυρούλα Δ. Καβατζά, Λέκτορας, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2012

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

« ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΤΗΣ ΕΘΝΙΚΗΣ ΤΡΑΠΕΖΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ»

Του *Νικολάου Σ. Κεκάτου*

Επιβλέπουσα

Σταυρούλα Δ. Καβατζά, Λέκτορας, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18η Ιουλίου 2012.

.....	.....	.....
Καβατζά Σταρούλα	Καραγιαννόπουλος	Τσαραμπάρης
Λέκτορας	Κωνσταντίνος	Παναγιώτης
Ε.Μ.Πολυτεχνείου	Καθηγητής	Λέκτορας
	Ε.Μ.Πολυτεχνείου	Ε.Μ.Πολυτεχνείου

Αθήνα, Ιούλιος 2012

.....

Νικόλαος Σ. Κεκάτος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Νικόλαος Σ. Κεκάτος

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Σταυρούλα Καβατζά για την αμέριστη βοήθειά της. Συντόνιζε όλες τις εργασίες που απαιτούνταν για την περαίωση της εργασίας, οι συμβουλές της ήταν πολύτιμες και η επικοινωνία μας ήταν άμεση και ευχάριστη.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την συμπαράστασή τους καθ’όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια ολοκληρωμένη μελέτη εγκατάστασης ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος, σε κτίριο της Εθνικής Τράπεζας στην Αθήνα. Παρουσιάζονται με ακρίβεια όλα τα βήματα που πρέπει να πραγματοποιηθούν από την έναρξη μέχρι την ολοκλήρωση των εργασιών της εγκατάστασης, στο δώμα του κτιρίου. Αναφέρονται ενδελεχώς τα στάδια της διερεύνησης, του σχεδιασμού, της υλοποίησης, της προσομοίωσης και της τεχνοοικονομικής εκτίμησης της βέλτιστης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, για δύο διαφορετικά σενάρια χωροθέτησης.

Αναλυτικότερα, το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στις ανανεώσιμες πηγές και στην φωτοβολταϊκή τεχνολογία, καλύπτοντας όλα τα είδη και συστατικά στοιχεία των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας, διασύνδεσης και προστασίας όλων των δυνατών υλοποιήσιμων συστημάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται πλήρως το ρυθμιστικό πλαίσιο που σχετίζεται με τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Στόχος του κεφαλαίου είναι η απλοποίηση και η μοντελοποίηση των οικονομικών, νομοθετικών, πολεοδομικών, φορολογικών διαδικασιών και αδειοδοτικών διατάξεων.

Το τρίτο κεφάλαιο αναλύει τα βασικά στοιχεία που πρέπει να λάβει υπόψη του ένας μηχανικός κατά τη φάση του σχεδιασμού της εγκατάστασης. Αρχικά αναλύονται οι βασικές διαδικασίες και στη συνέχεια προχωράμε σε πιο πολύπλοκες και εξειδικευμένες λεπτομέρειες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται έρευνα αγοράς προκειμένου να εκτιμηθούν τα τεχνολογικά διαθέσιμα προϊόντα της Ελληνικής αγοράς και να βρεθούν τα προϊόντα με το βέλτιστο συνδυασμό τιμής και ποιότητας.

Στο πέμπτο, πραγματοποιείται η μελέτη δύο διαφορετικών σεναρίων. Λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της εγκατάστασης όπως σκιάσεις, albedo,προσανατολισμός, πολεοδομικοί όροι, πλήθος στοιχειοσειρών, συμβατότητα αντιστροφέα και πλαισίων. Σχεδιάζουμε τρισδιάστατα τα πιθανά σενάρια και δισδιάστατα τις κατόψεις και τα μονογραμμικά σχέδια και προσομοιώνουμε τη βέλτιστη επιλογή. Αναλύουμε μεθοδικά το προγραμματιστικό εργαλείο PVSyst.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζουμε την οικονομική αξιολόγηση των δύο δυνατών επενδυτικών σεναρίων. Γίνεται έλεγχος βιωσιμότητας της εκάστοτε επενδυτικής κίνησης και σύγκριση μεταξύ των βέλτιστων επιλογών από κάθε σενάριο.

Abstract

The purpose of my Diploma Thesis is to undertake a study on the design and installation of a grid-connected photovoltaic system in the building of head-office of the National Bank of Greece (NBG) located in Athens.

In the first chapter, the technical aspects of photovoltaic technology are portrayed. After presenting the physics of P/V devices, the concept of the photovoltaic phenomenon and the technologies related to manufacturing P/V cells, I provide an analysis of solar radiation and the technologies for connecting photovoltaic systems to the grid. I conclude with the technical considerations expected to influence investments in the P/V installations (dependence on electric energy storage capabilities, restrictions imposed in renewable source penetration in the grid, etc).

The second chapter deals with the regulatory framework concerning the photovoltaic market as well as the motives and impediments as laid down by the existing legislation in Greece. A reference to the international agreements (e.g. the Kyoto Protocol) and the EU related energy policies is also undertaken.

The third chapter focuses on the factors that should be considered when designing and installing a grid-connected photovoltaic system in a building.

In the fourth chapter, market research is performed and the most state of art technological patterns in solar cells are mentioned, focusing the ones made of monocrystalline Silicon. The drawing tool that is used is the AutoCad software application.

In the fifth chapter, I conduct a technical study of a photovoltaic system, considering different scenarios. The drawing tool that is used is the AutoCad software application while the simulation is made through the program PVSyst.

In the sixth chapter, I evaluate the investments with economical tools and choose the most profitable option in the long run. Finally, useful conclusions are drawn regarding the viability of this investment.

Λέξεις Κλειδιά – Key words

Τεχνοοικονομική μελέτη, φωτοβολταϊκά, διασυνδεδεμένο σύστημα, ειδικό πρόγραμμα για στέγες, ρυθμιστικό πλαίσιο - PVSyst, feasibility study, grid connected system, photovoltaic, framework modeling, 3D design

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες 3
Περίληψη 4
Abstract 5
1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 11
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 11
1.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας 13
1.2.1. Πλεονεκτήματα 13
1.2.2. Μειονεκτήματα 14
1.3 Στατιστικά Δεδομένα Εγκατεστημένων Φωτοβολταϊκών 14
1.3.1 Εγκατεστημένη Ισχύς ΦΒ σε Διεθνές Επίπεδο 14
1.3.2 Εγκατεστημένη Ισχύς ΦΒ σε Ελληνικό Επίπεδο 16
1.4 Παράγοντες Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών 18
1.4.1 Αξία φωτοβολταϊκής τεχνολογίας 18
1.4.2 Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκής τεχνολογίας 19
1.4.3 Μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών συστημάτων 21
1.4.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των ΦΒ 22
1.4.5 Ευνοϊκοί Παράγοντες ανάπτυξης ΦΒ στην Ελλάδα 23
1.5 Ηλιακή ακτινοβολία 24
1.5.1 Γενικά 24
1.5.2 Ηλιακή Γεωμετρία 25
1.5.3 Άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη ακτινοβολία 26
1.5.4 Ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο 27
1.5.5 Στατιστικά στοιχεία για τον Ελλαδικό χώρο 29
1.6 Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία 30
1.6.1 Ιστορική Αναδρομή 30
1.6.2 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο 31
1.6.3 Φωτοβολταϊκό Στοιχείο 31
1.6.4 Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο 32
1.6.5 Φωτοβολταϊκή Συστοιχία 33
1.6.6 Είδη Φωτοβολταϊκών Στοιχείων 33
1.6.7 Δομή φωτοβολταϊκού πλαισίου 40
1.6.8 Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες φωτοβολταϊκών στοιχείων 41
1.6.9 Συνδέσεις φωτοβολταϊκών στοιχείων 42
1.6.10 Ηλεκτρικές Ιδιότητες Φωτοβολταϊκών στοιχείων 43

1.7 Συστατικά Μέρη Φωτοβολταϊκών Συστημάτων 46
1.7.1 Φωτοβολταϊκή Γεννήτρια 46
1.7.2 Αντιστροφείς (Inverters) 47
1.7.3 Ανώτερες Αρμονικές 50
1.7.4 Βάσεις στήριξης και ηλιοστάτες 51
1.8 Μέσα Προστασίας ΦΒ εγκατάστασης 53
1.8.1 Μέσα προστασίας στη DC Πλευρά 53
1.8.2 Μέσα Προστασίας στην AC Πλευρά 62
1.9 Κατηγορίες Φωτοβολταϊκών Συστημάτων 67
1.10 Ανακύκλωση Φωτοβολταϊκών Πλαισίων 68
2. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ 69
2.1 Εισαγωγή 69
2.2 Θεσμικό Πλαίσιο 71
2.3 Αδειοδοτική Διαδικασία 74
2.3.1 Σχετικοί Φορείς 74
2.3.2 Βασικά Βήματα Αδειοδοτικής Διαδικασίας 76
2.3.3 Απαιτούμενες Άδειες & Εγκρίσεις ανά Κατηγορία Έργου 78
2.3.4 Αναλυτική Περιγραφή Απαιτούμενων Αδειών και Διαδικασιών 84
2.4 Τιμολόγηση Ενέργειας από ΑΠΕ 106
2.4.1 Τιμές Ειδικού Προγράμματος Φωτοβολταϊκών (≤10kW) πάνω σε Κτίρια 106
2.4.2 Τιμές Φωτοβολταϊκών Συστημάτων (εκτός ειδικών προγραμμάτων) 107
2.4.3 Τιμές ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (πλην Φ/Β) 108
2.5 Ευκαιρίες Χρηματοδότησης 110
2.6 Φορολογικό Πλαίσιο 111
2.7 Μελλοντικές Προβλέψεις 113
3. Σχεδιασμός Φωτοβολταϊκού Συστήματος 115
3.1 Εισαγωγή 115
3.2 Αρχική διερεύνηση και επίσκεψη του χώρου 115
3.3 Προβλήματα σκιασμών 117
3.4 Στατική μελέτη και υλικά στήριξης 119
3.5 Επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων 120
3.6 Μελέτη Βιωσιμότητας Εγκατάστασης 121
3.6.1 Οικονομικοί Δείκτες 121
3.6.2 Υπολογισμός των Οικονομικών Δεικτών 122
4. ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ 129
_Toc329858035

5. Μελέτη διασυνδεδεμένου ΦΒ συστήματος σε κτίριο της Εθνικής Τράπεζας της Ελλάδος..... 161
5.1 Εισαγωγή 161
5.2 Το κτίριο και ο περιβάλλων χώρος 161
5.3 Σχεδιασμός Ταράτσας 165
5.4 Λογισμικό Προσομοίωσης PVSyst 166
5.5 Εισαγωγή Μετεωρολογικών Δεδομένων 166
5.6 Προσανατολισμός Φωτοβολταϊκών Πλαισίων 168
5.7 Επιλογή συντελεστή διάχυτης ακτινοβολίας – albedo 170
5.8 Διαθέσιμος Χώρος Εγκατάστασης – Πολεοδομικά κριτήρια 171
5.9 Επιλογή Φωτοβολταϊκών Πλαισίων 174
5.10 Οριζόντια και Κάθετη Διάταξη των πλαισίων 176
5.11 Inter-Row Shadings 176
5.12 1° Σενάριο – Μέγιστη δυνατή παραγόμενη ισχύς 177
5.12.1 Χωροθέτηση Πλαισίων 177
5.12.2 Μελέτη Σκιάσεων 177
5.12.3 Επιλογή Αντιστροφέα 183
5.12.4 Διαστασιολόγηση Συνολικού Συστήματος 186
5.12.5 Προσομοίωση – Αποτελέσματα 190
5.13 2° Σενάριο – Ειδικό Πρόγραμμα για Στέγες και Δώματα 195
5.13.1 Επιλογή πλήθους πλαισίων 195
5.13.2 Μελέτη Σκιάσεων 195
5.13.3 Επιλογή Αντιστροφέα 202
5.13.4 Διαστασιολόγηση Συνολικού Συστήματος 204
5.13.5 Προσομοίωση – Αποτελέσματα 206
6. Οικονομική Μελέτη της Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης - Συμπεράσματα 211
6.1 Σενάριο 1 211
6.1.1 Αρχικό Κόστος 211
6.1.2 Ετήσια Έξοδα 212
6.1.3 Ετήσια Έσοδα 214
6.1.4 Υπολογισμός Οικονομικών Μεγεθών 216
6.2 Σενάριο 2 217
6.2.1 Αρχικό Κόστος 217
6.2.2 Ετήσια Έξοδα 218
6.2.3 Ετήσια Έσοδα 219
6.2.4 Υπολογισμός Οικονομικών Μεγεθών 221

6.3 Σύγκριση – Συμπεράσματα 222
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 225

1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ποσότητες ενέργειας που καταναλώνονται από τον άνθρωπο τα τελευταία χρόνια είναι ιδιαίτερα μεγάλες και αυξάνουν όσο αυξάνει το επίπεδο της ευημερίας και η πρόοδος της οικονομίας. Παρά το γεγονός όμως ότι η τεχνολογία εκσυγχρονίζεται σε πολλούς τομείς, στον τομέα της ενέργειας εξακολουθεί να γίνεται χρήση ως επί το πλείστον συμβατικών πηγών ενέργειας.

Οι συμβατικές ή μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, είναι πηγές των οποίων η αποθηκευμένη ενέργεια δεν ανανεώνεται σε εύλογο χρονικό διάστημα για τον άνθρωπο. Από αυτές παράγονται: στερεά καύσιμα γαιανθράκων, υγρά καύσιμα από κατεργασία, αέρια καύσιμα καθώς και πυρηνική ενέργεια από τη σχάση ραδιενεργών υλικών.

Η εκτεταμένη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας οδήγησε σε μια σειρά από προβλήματα των οποίων η ένταση κλιμακώνεται. Αφενός εντείνεται η ενεργειακή κρίση, λόγω της συνεχούς μείωσης των ενεργειακών αποθεμάτων, και αφετέρου προκαλείται έντονη περιβαλλοντική επιβάρυνση, της οποίας μερικά από τα σοβαρότερα επακόλουθα είναι: η υπερθέρμανση του πλανήτη λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα της γης των αερίων του θερμοκηπίου, και ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό προκαλεί λιώσιμο των πάγων στους πόλους και ακραία καιρικά φαινόμενα.

Η ανάγκη για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων οδήγησε το 1991 στην πραγματοποίηση της Παγκόσμιας Συνδιάσκεψης στο Ρίο της Βραζιλίας, οπού ηγέτες 106 χωρών δεσμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2000 στα επίπεδα του 1990. Μετά από τη συνδιάσκεψη αυτή, η προστασία του περιβάλλοντος αναδείχθηκε σε σημαντικό παγκόσμιο στόχο. Το Δεκέμβριο του 1997 πραγματοποιήθηκε η Διακυβερνητική Συνδιάσκεψη στο Κιότο της Ιαπωνίας, όπου υπογράφηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο για τις κλιματικές αλλαγές. Στις 16 Φεβρουαρίου του 2005 τέθηκε σε ισχύ το Πρωτόκολλο του Κιότο, επτά χρόνια μετά την αρχική συμφωνία, με στόχο την καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη μέσω της μείωσης των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου. Το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο έχει πλέον την υποστήριξη 140 χωρών, μετά την εγκατάλειψη του Καναδά στα τέλη του 2011, και είναι νόμιμα δεσμευτικό, προβλέπει ότι μέχρι το τέλος του 2012 η παγκόσμια εκπομπή των 6 αερίων του θερμοκηπίου, με κυριότερο το CO2, θα πρέπει να μειωθεί κατά 5.2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στο σύνολό της υποχρεώνεται από το Πρωτόκολλο του Κιότο να μειώσει τις εκπομπές κατά 8% συνολικά. Στα πλαίσια του Πρωτοκόλλου και με βάση τις εσωτερικές συμφωνίες σε επίπεδο Ε.Ε, η Ελλάδα είχε δεσμευθεί σε επίπεδο εσωτερικής συμφωνίας με την Ευρωπαϊκή Ένωση, ότι οι συγκεκριμένες εκπομπές που ευθύνονται για τις κλιματικές αλλαγές, εντός της ελληνικής επικράτειας, δεν θα αυξηθούν περισσότερο από 25% ως το 2010, σε σχέση με τις εκπομπές του έτους βάσης που είναι το 1990. Τελικά βέβαια πραγματοποιήθηκε αύξηση κατά 39.2% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα, ποσοστό που υπερέβη κατά πολύ τα ανώτερα όρια.

Η δέσμευση των κρατών μελών για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου περιλαμβάνει μεταξύ άλλων, την προώθηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Αυτό το γεγονός εντείνει το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση τους και την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που μετατρέπουν το δυναμικό τους σε αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας. Οι ΑΠΕ ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται ανεξάντλητες. Είναι πηγές όπως ο ήλιος, ο αέρας, τα ποτάμια, και η εσωτερική θερμότητα του φλοιού της γης, των οποίων η προσφορά δεν εξαντλείται, και υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Είναι οι πρώτες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο προτού στραφεί στην εντατική καύση παραγώγων του άνθρακα. Παράλληλα, μειώνουν την εξάρτηση από το εισαγόμενο για τις περισσότερες χώρες πετρέλαιο, και ωφελούν το περιβάλλον, αφού η χρήση τους δεν συνεπάγεται εκπομπή ρύπων. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ μπορεί να είναι δυο μορφών. Η μια που αφορά και την πλειοψηφία των εφαρμογών ΑΠΕ, είναι η ηλεκτρική ενέργεια η οποία είναι επωφελής για τον άνθρωπο σε μεγάλο εύρος των αναγκών του. Η δεύτερη αφορά τη θερμική ενέργεια η οποία όμως συνιστά χρήσιμη και αποδοτική μορφή ενέργειας για περιορισμένο εύρος εφαρμογών πέραν της κλασσικής για την θέρμανση κλειστών χώρων. Η θερμική ενέργεια προέρχεται κυρίως από γεωθερμία, βιομάζα και μονάδες Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ).

Οι κυριότερες μορφές ΑΠΕ είναι:

☛ **Αιολική ενέργεια**: Αιολική ονομάζεται η ενέργεια που περικλείει ο άνεμος και η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί με κατάλληλους μηχανισμούς και διατάξεις. Η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται αρχικά σε μηχανική μέσω των ανεμογεννητριών και ακολούθως σε ηλεκτρική.

☛ **Ηλιακή ενέργεια**: Η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο. Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται τόσο σε θερμικές όσο και σε φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Το πιο γνωστό παράδειγμα θερμικής εφαρμογής είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας, όπου η θερμοκρασία του νερού μπορεί να αυξάνεται μέσω της συλλογής ηλιακής ακτινοβολίας για οικιακή ή άλλη χρήση. Από την άλλη τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.

☛ **Υδροηλεκτρική ενέργεια**: Η κινητική ενέργεια του νερού κατά την υδατόπτωση μετατρέπεται μέσω υδροστροβίλων και γεννήτριας σε ηλεκτρική ενέργεια. Μπορεί να προέρχεται από σταθμούς παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, από τις παλίρροιες, η από θαλάσσια κύματα.

☛ **Βιομάζα**: Οποιοδήποτε υλικό από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δασούς, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κλπ) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας.

☛ **Γεωθερμία**: Η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.

☛ **Ενέργεια ωκεανών:** Οι ωκεανοί μπορούν να προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι εκμετάλλευσης της ενέργειας της θάλασσας: από τα

κύματα, από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες), από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού.

Α) Κυματική ενέργεια

Η ενέργεια από τα κύματα παράγεται από την κίνηση των κυμάτων στην θαλάσσια επιφάνεια που προκαλείται από τους κατά τόπους ανέμους. Ένα σύστημα κυματικής ενέργειας μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε σημείο στον ωκεανό και να παράγει ενέργεια, μπορεί να είναι αγκυρωμένο στο πυθμένα ή πλωτό ανοιχτά της θάλασσας, ή σύστημα εγκαταστημένο στα παράλια ή στα ρηχά νερά. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί επίσης να είναι ολικά βυθισμένο στο νερό ή να είναι τοποθετημένο πάνω από την θαλάσσια επιφάνεια σε μία πλωτή πλατφόρμα. Σε γενικές γραμμές τα συστήματα μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες, τα σταθερά και τα πλωτά.

Β) Ενέργεια από παλίρροιες

Η ενέργεια από παλίρροιες εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει, και κατά την κάθοδό του αναγκάζεται να περάσει μέσα από τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό.

Γ) Θερμική ενέργεια των ωκεανών

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C. Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70KW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά.

Οι πιο διαδεδομένες εξ' αυτών είναι η αιολική, υδροηλεκτρική και ηλιακή ενέργεια. Η υδροηλεκτρική ενέργεια συσσωρεύεται κυρίως στις ορεινές περιοχές όπου διαθέσιμα ύψη υδατόπτωσης καθώς και οι παροχές ύδατος είναι μεγαλύτερες, ενώ η ηλιακή και αιολική ενέργεια συναντώνται κυρίως στον νησιωτικό χώρο, όπου τα αντίστοιχα δυναμικά τους φορτία εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές.

1.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

1.2.1. Πλεονεκτήματα

☛ Είναι ανεξάντλητες, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα. Έτσι, συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους, συντελώντας στην ενεργειακή αυτάρκεια και ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού.

☛ Αποτελούν την καλύτερη, μακράν, περιβαλλοντική λύση γιατί δεν εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου, ενώ υποκαθιστούν ορυκτά καύσιμα που ρυπαίνουν κατά την εξόρυξη, άντληση, μεταφορά, αποθήκευση και καύση τους.

☛ Είναι άφθονες στη φύση και διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.

☛ Δημιουργούνται θέσεις εργασίας σε τοπικό επίπεδο, συντελώντας στην ανάπτυξη σε τοπικό επίπεδο.

☛ Προσφέρουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη, που έχει ως συνέπεια την ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων.

1.2.2. Μειονεκτήματα

☛ Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας, απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.

☛ Λόγω του μεγάλου αρχικού κόστους εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης, δεν υπάρχει η δυνατότητα κάλυψης των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων αλλά χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.

☛ Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής που εγκαθίστανται.

☛ Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί, ενώ έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και συνεπώς για μεγάλη ισχύ απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις

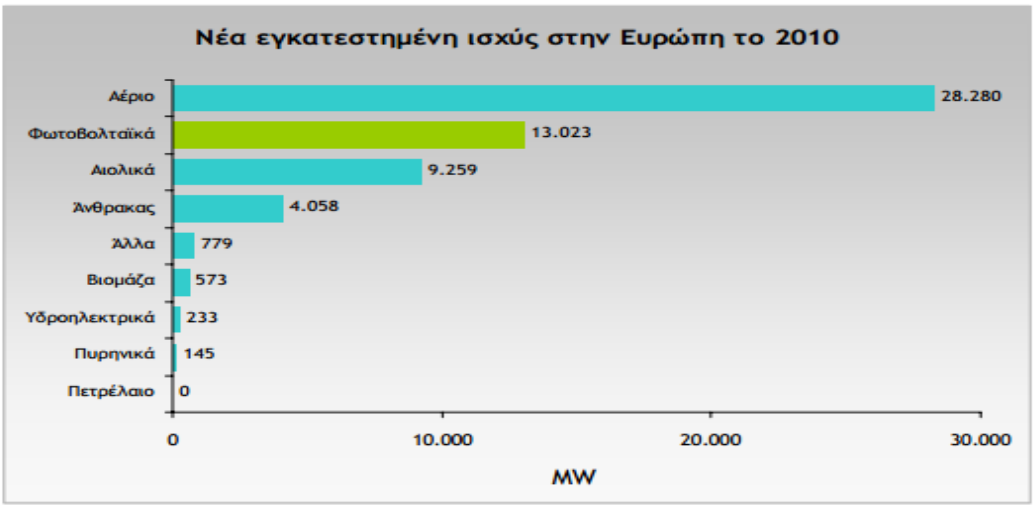
1.3 Στατιστικά Δεδομένα Εγκατεστημένων Φωτοβολταϊκών

1.3.1 Εγκατεστημένη Ισχύς ΦΒ σε Διεθνές Επίπεδο

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς	278	334	439	594	1.052	1.321	1.603	2.392	5.559	7.913	16.700
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς	1.428	1.762	2.201	2.795	3.847	5.168	6.771	9.163	14.722	22.635	39.335

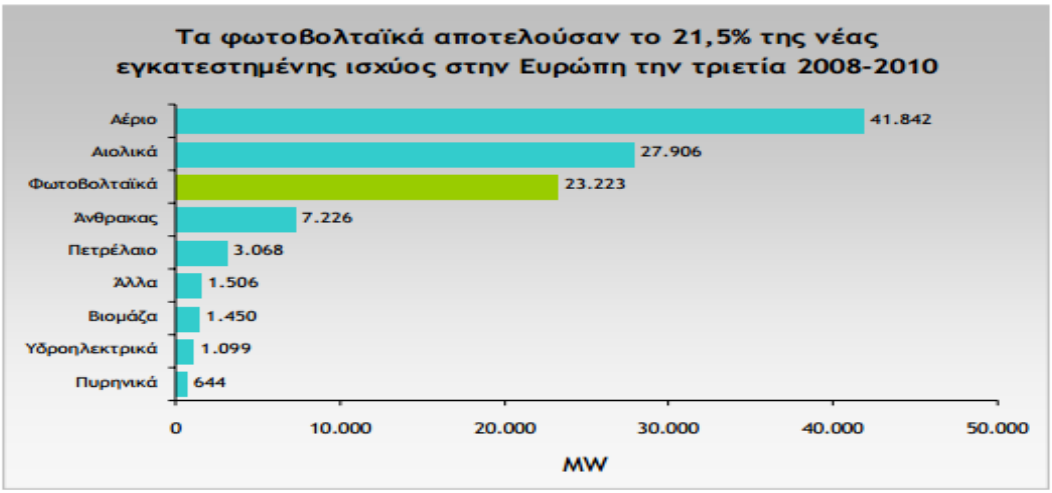
Πηγές: Earth Policy Institute, Navigant Consulting, PHOTON, iSuppli, SolarBuzz, IMS Research, EurObserv'ER

Εικόνα 1.1: Η διεθνής αγορά φωτοβολταϊκών



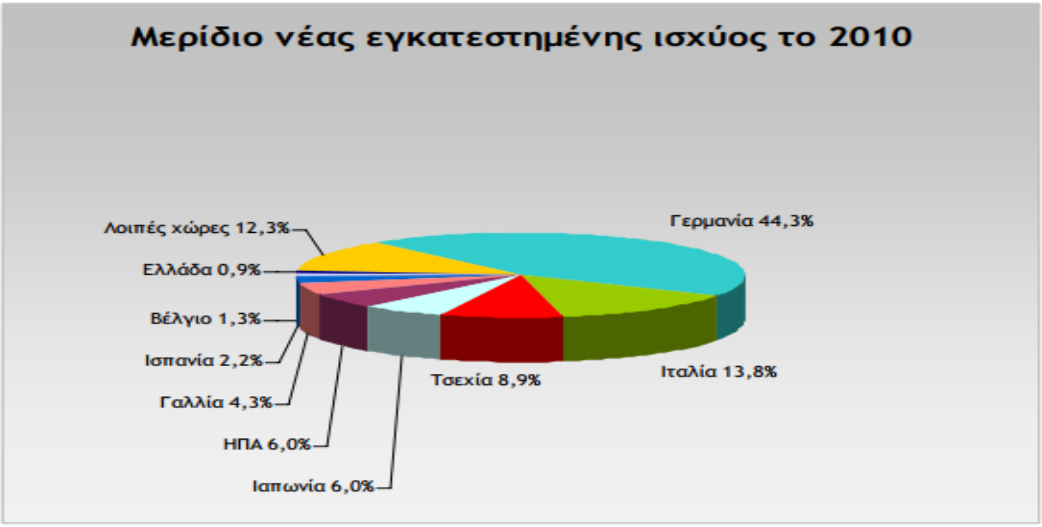
Πηγές: EWEA, EPIA, SolarBuzz, EurObserv'ER

Εικόνα 1.2: Νέα εγκατεστημένη ισχύς στην Ευρώπη το 2010



Πηγές: EWEA, EPIA, SolarBuzz, EurObserv'ER

Εικόνα 1.3: Συνεισφορά φωτοβολταϊκών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



Εικόνα 1.4: Μερίδιο νέας εγκατεστημένης ισχύος το 2010

1.3.2 Εγκατεστημένη Ισχύς ΦΒ σε Ελληνικό Επίπεδο

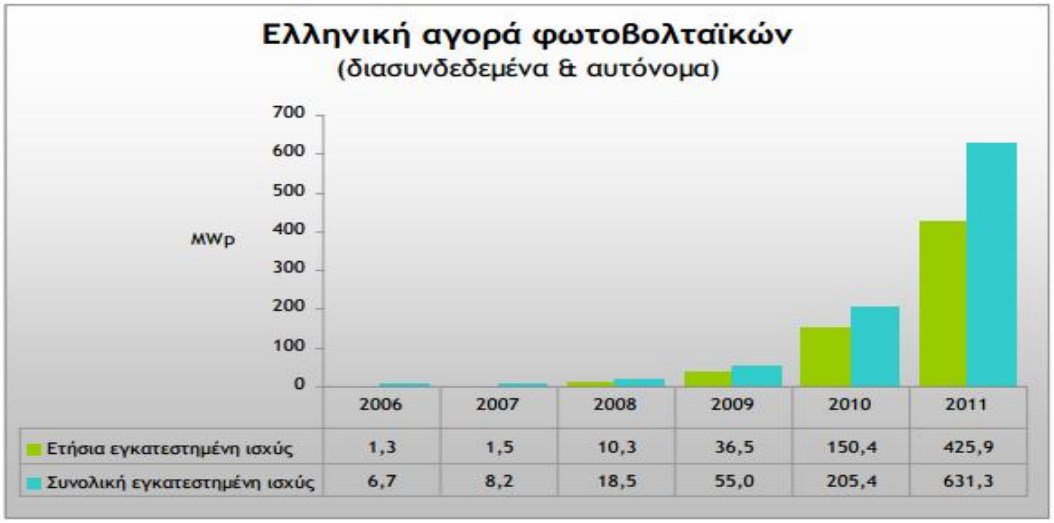
2011	Διασυνδεδεμένα	Αυτόνομα	Σύνολο
Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (MWp)	425,8	0,1	425,9
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (MWp)	624,3	7,0	631,3

Πίνακας 1.1: Εγκαταστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα

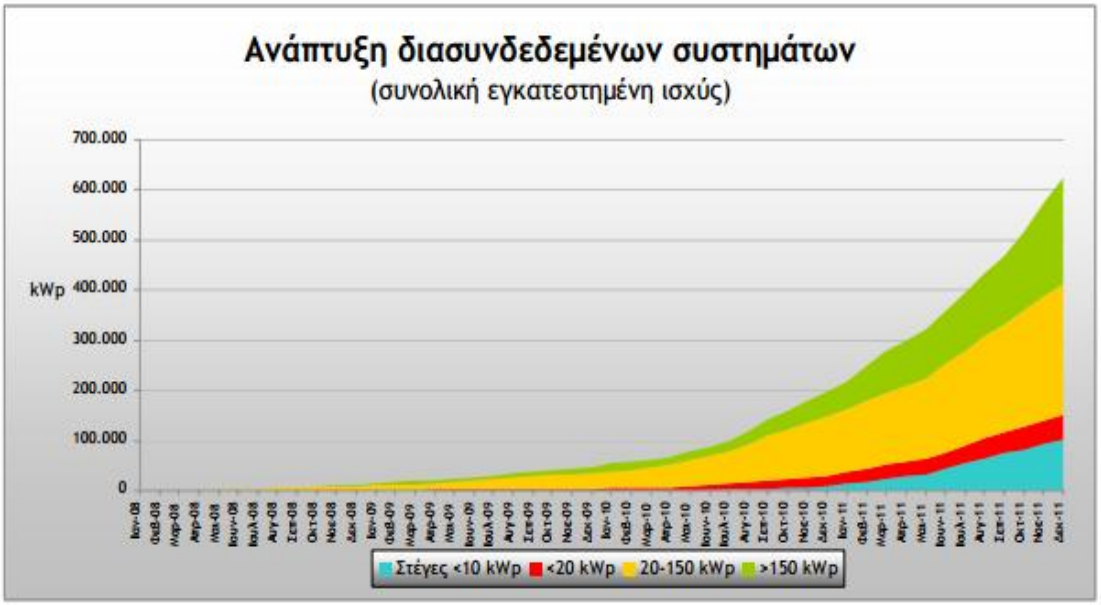
Τα στατιστικά στοιχεία προκύπτουν από το άθροισμα 4 διαφορετικών κατηγοριών: [1] Φωτοβολταϊκά πάρκα στο διασυνδεδεμένο σύστημα που καταγράφονται από τον ΛΑΓΗΕ, [2] Φωτοβολταϊκά πάρκα στα μη διασυνδεδεμένα νησιά που καταγράφονται από τη ΔΕΗ, [3] Οικιακά συστήματα στο διασυνδεδεμένο σύστημα που καταγράφονται από τη ΔΕΗ, και [4] Οικιακά συστήματα στα μη διασυνδεδεμένα νησιά που καταγράφονται από τη ΔΕΗ. Επειδή οι Περιοχές ΔΕΗ αποστέλλουν με καθυστέρηση τα στοιχεία για τις ενεργοποιήσεις των οικιακών συστημάτων και τα τελικά στοιχεία συχνά αναθεωρούνται εντός του έτους, για λόγους συμβατότητας με τα στοιχεία της προηγουμένης χρονιάς, θεωρούμε ως εγκατεστημένη ισχύ του 2010 αυτή που ανακοίνωσε η ΔΕΗ στις αρχές του 2011 και όχι την αναθεωρημένη μερικούς μήνες μετά.

Διασυνδεδεμένα συστήματα 2011	Στέγες <10 kWp	<20 kWp	20-150 kWp	>150 kWp
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MWp)	102,4	47,9	261,3	212,7

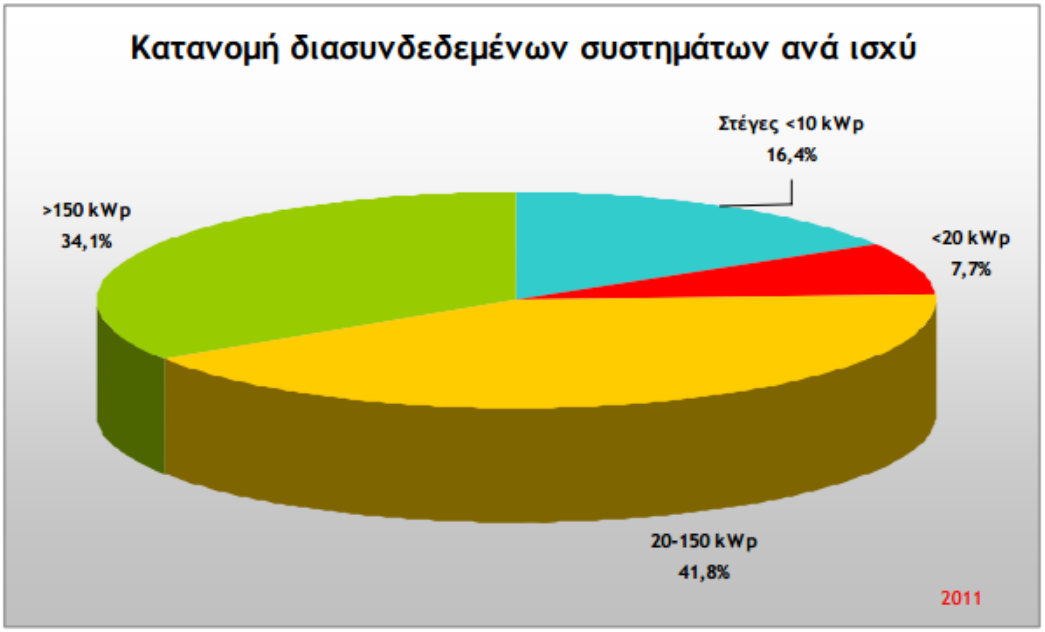
Πίνακας 1.2: Εγκατεστημένη ισχύς διασυνδεδεμένων συστημάτων



Εικόνα 1.5: Ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών



Εικόνα 1.6: Ανάπτυξη διασυνδεδεμένων συστημάτων



Εικόνα 1.7: Κατανομή διασυνδεδεμένων συστημάτων ανά ισχύ

Εγχώρια Παραγωγή φωτοβολταϊκών

Μονάδες παραγωγής φωτοβολταϊκών	Προϊόντα	Περιοχή	Ετήσια δυναμικότητα
Exel Group	Φωτοβολταϊκά πλαίσια	Κιλκίς	50 MW
Heliosphera	Thin Film	Τρίπολη	60 MW
Silcio/Piritium	Cells, Φωτοβολταϊκά πλαίσια	Πάτρα	30/20 MW
Solar Cells Hellas (Solar Cells, Soltech, Admotec)	Wafers, Cells, Φωτοβολταϊκά πλαίσια	Πάτρα και Θήβα	80/80/60 MW
Stel Solar	Φωτοβολταϊκά πλαίσια	Κιλκίς	10 MW

Εικόνα 1.8:Παραγωγή 2011 (φωτοβολταϊκά πλαίσια): 68 MW - Εξαγωγές: 15%

Θέσεις εργασίας στον κλάδο των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα

Οι ισοδύναμες θέσεις πλήρους απασχόλησης υπολογίζονται σε 8.425, όπου μία ισοδύναμη θέση πλήρους απασχόλησης αντιστοιχεί σε 1.840 εργατοώρες ετησίως.

Οι παραπάνω θέσεις απασχόλησης είναι αυτές των άμεσα απασχολούμενων στον κλάδο των φωτοβολταϊκών. Αν προσθέσουμε και τις έμμεσες θέσεις εργασίας που διασώζονται στην ευρύτερη οικονομία λόγω τόνωσης της κατανάλωσης, ο συνολικός αριθμός ισοδύναμων θέσεων πλήρους απασχόλησης ανέρχεται σε 21.900.

1.4 Παράγοντες Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών

1.4.1 Αξία φωτοβολταϊκής τεχνολογίας

Η ηλιακή ενέργεια συμφέρει στις περιπτώσεις εκείνες όπου παρέχονται κίνητρα και υπάρχει ξεκάθαρη πολιτική στήριξης της ηλιακής τεχνολογίας. Όταν, παρέχεται ενισχυμένη τιμή της πωλούμενης κιλοβατώρας, τότε ο καταναλωτής όχι μόνο κάνει απόσβεση της επένδυσης αλλά έχει και ένα λογικό κέρδος από την παραγωγή και τροφοδοσία πράσινης ενέργειας στο δίκτυο.

Στις περιπτώσεις πάλι των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων σε εφαρμογές εκτός δικτύου, τα φωτοβολταϊκά αποτελούν μια ανώτερη και σαφώς πιο συμφέρουσα λύση από τις θορυβώδεις, ρυπογόνες και πολύ ακριβές ηλεκτρογεννήτριες.

1.4.2 Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκής τεχνολογίας

Όλα τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- μηδενική ρύπανση
- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που ξεπερνά τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο ή σε συσσωρευτές
- ελάχιστη συντήρηση

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

Τα φωτοβολταϊκά αποτελούν μία από τις πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες της νέας εποχής στο χώρο της ενέργειας. Μιας νέας εποχής που θα χαρακτηρίζεται από μικρές αποκεντρωμένες εφαρμογές σε ένα περιβάλλον απελευθερωμένης αγοράς. Τα μικρά, ευέλικτα συστήματα που μπορούν εφαρμοστούν σε επίπεδο κατοικίας, εμπορικού κτιρίου ή μικρού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής (όπως π.χ. τα φωτοβολταϊκά, τα μικρά συστήματα συμπαραγωγής, οι μικροτουρμπίνες και οι κυψέλες καυσίμου) αναμένεται να κατακτήσουν ένα σημαντικό μερίδιο της ενεργειακής αγοράς στα επόμενα χρόνια.

Η ηλιακή ενέργεια είναι **καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη**. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο που παρέχει **ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία**. Τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα, θεωρούνται τα ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής καθώς χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας και παράγουν την πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας.

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι το γεγονός ότι τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν μ' αυτό τον τρόπο στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας. Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου.

Φυσικά τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα**, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλό διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα**. Ένα κιλοβάτ φωτοβολταϊκών αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3 τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). **Χρειάζονται 2 στρέμματα δάσους ή περίπου 100 δέντρα για να απορροφήσουν αυτήν την**

ποσότητα CO2. Επίσης, για να παραχθεί η ίδια ηλεκτρική ενέργεια με πετρέλαιο απαιτούνται 2,2 βαρέλια πετρελαίου κάθε χρόνο. **Από περιβαλλοντική δηλαδή άποψη αποφεύγοντας 1.300 κιλά CO2 ετησίως είναι σαν να κάνει ένα μέσο αυτοκίνητο 7.000 χιλιόμετρα λιγότερα κάθε χρόνο.**

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

Εικόνα 1.9: Ηλιακή ενέργεια σε σχέση με το πετρέλαιο

Η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας περιορίζοντας μάλιστα επενδύσεις για μεγάλους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος μιας νέας γραμμής μεταφοράς είναι πολύ υψηλό, αν λάβουμε υπόψη μας πέρα από τον τεχνολογικό εξοπλισμό και θέματα που σχετίζονται με την εξάντληση των φυσικών πόρων και τις αλλαγές στις χρήσεις γης.

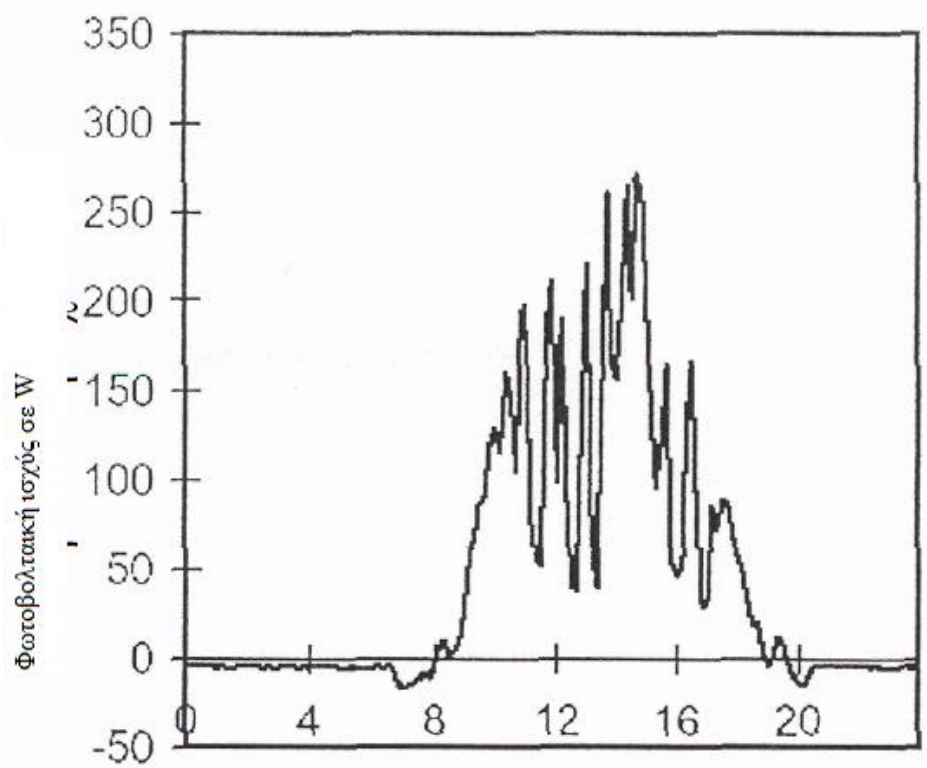
Οι διάφοροι μικροί παραγωγοί "πράσινης" ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ιδανική λύση για τη μελλοντική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις όπου αμφισβητείται η ασφάλεια της παροχής. Η τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν δοκιμάζεται από δαπανηρές ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το ηλεκτρικό δίκτυο. Επίσης, **η μέγιστη παραγωγή ηλιακής ενέργειας από τα ΦΒ συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές ζήτησης** (κυρίως την καλοκαιρινή περίοδο), βοηθώντας έτσι στην **εξομάλυνση των αιχμών φορτίου,** στην αποφυγή black-out κι στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών, με εφεδρείες, είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε ώρα black-out κοστίζει στην εθνική οικονομία 25-40 εκατ. ευρώ. Μελέτες έχουν δείξει ότι κάθε MW φωτοβολταϊκών αντικαθιστά έως και 0,8 MW συμβατικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής τις καλοκαιρινές ώρες αιχμής.

Τέλος, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά παρέχοντας τη δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς, καθώς διατίθενται σε ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη φόρμα, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορικής διαπερατότητας του φωτός ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού. Αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά συμβάλλουν στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής (ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση των ηλιακών προσόψεων σε εμπορικά κτίρια).

1.4.3 Μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών συστημάτων

Ένα βασικό μειονέκτημα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ότι, σε αντίθεση με πολλά άλλα συστήματα μετατροπής, η τροφοδοσία του (ηλιακή ακτινοβολία) δεν είναι σταθερή αλλά αυξομειώνεται μεταξύ μιας μέγιστης και της μηδενικής τιμής, ακολουθώντας συχνά απότομες και απρόβλεπτες διακυμάνσεις. Το ποσό της ενέργειας που περιέχεται στο φως του ήλιου, ονομάζεται ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και ορίζεται ως το ποσό της ενέργειας της ακτινοβολίας που περνά στη μονάδα του χρόνου από τη μονάδα εμβαδού μιας επιφάνειας τοποθετημένης κάθετα στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας και εκφράζεται συνήθως σε kW/m².

Επίσης, στα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν είναι δυνατή η μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια του συνόλου της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται στην επιφάνεια τους. Ένα μέρος από την προσπίπτουσα ακτινοβολία ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου και διαχέεται πάλι προς το περιβάλλον, ενώ από τη ακτινοβολία που διεισδύει ένα μέρος πάλι συμβάλλει στην εκδήλωση του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι μεταβολές της ισχύος που παράγει μία φωτοβολταϊκή γεννήτρια κατά τη διάρκεια μιας μέρας. Οι μεταβολές αυτές είναι αποτέλεσμα της αυξομείωσης της έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 1.10: μεταβολές της ισχύος που παράγει μίας φωτοβολταϊκή γεννήτρια κατά τη διάρκεια μιας μέρας

Επιπλέον, μειονεκτήματα των Φ/Β συστημάτων είναι τα εξής:

- Το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης
- Απαιτούν σχετικά μεγάλες επιφάνειες εγκατάστασης
- Σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης
- Η ανάγκη αποθήκευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

1.4.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των ΦΒ

Οι δύο κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγόμενη ενέργεια από ένα ηλιακό κελί είναι η **ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας** και η **θερμοκρασία**.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας έχει σχεδόν ανάλογη επίδραση στο ρεύμα βραχυκύκλωσης του κελιού, ενώ η τάση ανοιχτού 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.

Η θερμοκρασία επιδρά κυρίως στην τάση του ηλιακού κελιού. Πιο συγκεκριμένα, με μείωση της θερμοκρασίας, αυξάνεται σημαντικά η τάση ανοιχτού κυκλώματος, ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης μειώνεται ελαφρά. Συνολικά, η ισχύς του ηλιακού κελιού μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, γεγονός που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος.

Άλλοι παράγοντες η οποίοι επηρεάζουν την απόδοση των Φ/Β συστημάτων είναι οι εξής:

- **Ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου:** Σχετίζονται άμεσα με τη θερμοκρασία λειτουργίας των Φ/Β. Οι μεγαλύτερες ταχύτητες συνεπάγονται χαμηλότερες θερμοκρασίες, οι βόρειοι άνεμοι επίσης συνεπάγονται χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τους νότιους.

- **Ρύπανση:** Επηρεάζει την απόδοση των Φ/Β λόγω της επικάθησης διαφόρων στοιχείων στις επιφάνειες των πάνελ. Για αυτό το λόγο απαιτείται περιοδικός καθαρισμός των Φ/Β πλαισίων. Αξίζει να σημειωθεί ότι προγραμματισμένη εγκατάσταση στη Σαχάρα μια περιοχή με πολύ μεγάλη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, ματαιώθηκε γιατί δεν βρέθηκε αποδοτικός τρόπος να καθαρίζονται τα πάνελ από τη συχνή και σε πολλές χρονικές περιόδους αδιάλειπτη σκόνη.

- **Σκίαση:** Η σκίαση δημιουργείται συνήθως από την παρουσία φυσικών εμποδίων (π.χ. δένδρα, στύλοι, κ.λπ.), από παροδικά (και μάλλον στοχαστικού χαρακτήρα) φαινόμενα (π.χ. σύννεφα) ή από περιορισμένη έκταση εγκατάστασης. Οι επιπτώσεις της σκίασης μπορεί να είναι σημαντικές, για το λόγο αυτό είναι αναγκαίος ο λεπτομερής προσδιορισμός των απωλειών που προκαλούν.

- **Γήρανση:** Αναμένεται ότι με την πάροδο του χρόνου θα παρουσιάζεται φθορά των Φ/Β στοιχείων ενός Φ/Β συστήματος, η οποία οδηγεί σε μια πτώση της παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος που υπολογίζεται σε περίπου 1% ετησίως.

- **Ηλεκτρικές απώλειες του Φ/Β συστήματος:** Είναι οι ηλεκτρικές απώλειες στους αγωγούς των διαφόρων συνδέσεων, καθώς και οι συνδέσεις με άλλα μέρη του συστήματος. Οι απώλειες αυτές μπορεί να φθάσουν και σε ποσοστό περίπου του 30% ή και περισσότερο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Απώλειες ανομοιομορφίας φωτοβολταϊκών στοιχείων:** Όταν πλαίσια με διαφορετικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά συνδεθούν μεταξύ τους σε σειρά υπάρχουν απώλειες ανομοιομορφίας. Αντίθετα, στη παράλληλη σύνδεση των πλαισίων, οι απώλειες είναι περιορισμένες. Επίσης, έρευνες έχουν δείξει ότι οι απώλειες ανομοιομορφίας αυξάνονται όσο μειώνεται η ένταση της ακτινοβολίας.

- **Απώλειες λόγω της γωνίας πρόσπτωσης:** Πρόκειται για οπτικές απώλειες οι οποίες απόρροιες των νόμων Fresnel που καθορίζουν τις σχέσεις μεταξύ των γωνιών πρόσπτωσης, ανάκλασης και διάθλασης μεταξύ διαφορετικών μέσων. Στα φωτοβολταϊκά πλαίσια οι νόμοι αυτοί αφορούν τη μετάδοση και την ανάκλαση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο προστατευτικό στρώμα, γυαλί, και στις κυψέλες.

1.4.5 Ευνοϊκοί Παράγοντες ανάπτυξης ΦΒ στην Ελλάδα

Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων. Οι λόγοι για την προώθηση της Φ/Β τεχνολογίας, της έρευνας και των εφαρμογών στην Ελλάδα συνοψίζονται, μαζί με αυτούς που έχουν ήδη αναφερθεί στη συνέχεια:

- Αξιοποίηση μιας εγχώριας και ανανεώσιμης πηγές ενέργειας που βρίσκεται σε αφθονία και συμβάλλει στην ασφαλή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας.

- Ενίσχυση του δικτύου τις ώρες των μεσημεριανών αιχμών, όπου τα ΦΒ παράγουν μεγάλο μέρος ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαιτέρως τη θερινή περίοδο, όπως αναφέραμε και σε προηγούμενη ενότητα.

- Μείωση των απωλειών του δικτύου με την παραγωγή ενέργειας στον τόπο της κατανάλωσης και ταυτόχρονη ελάφρυνση των γραμμών μεταφοράς.

- Περιορισμός του ρυθμού ανάπτυξης σταθμών συμβατικής τεχνολογίας και μείωση των διακοπών ηλεκτροδότησης λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου και ενδεχόμενων βραχυκυκλωμάτων.

- Υποστήριξη του τουριστικού τομέα για ανάπτυξη φιλική προς το περιβάλλον και οικολογικό τουρισμό. Είναι γεγονός ότι η εξάρτηση των νησιωτικών σταθμών παραγωγής από τα συμβατικά καύσιμα και το μεγάλο κόστος μεταφοράς, έχουν άμεσο αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής των κατοίκων και στην τουριστική ανάπτυξη.

- Κοινωνική προσφορά του παραγωγού και συμβολή στην αειφόρο ανάπτυξη και στην προστασία του περιβάλλοντος τόσο στην περιφέρεια και στα νησιά όσο και στα μεγάλα αστικέ κέντρα.

- Ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων με σημαντική συμβολή σε αναπτυξιακούς και κοινωνικούς στόχους.

- Ύπαρξη εγγυημένων τιμών πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Γεγονός που καθιστά την επένδυση σε ΦΒ συστήματα πολύ προσοδοφόρα.

- Ανάπτυξη της Ελληνικής Βιομηχανίας ΦΒ συστημάτων με άριστες προοπτικές για πλήρη κάλυψη της Ελληνικής αγοράς και εξαγωγικές δραστηριότητες.

  - Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και ανάπτυξη Ελληνικής τεχνογνωσίας.

- Προώθηση των στόχων της ΕΕ και του Kyoto σχετικά με τη μείωση των αερίων ρύπων και τη διείσδυση των ΑΠΕ στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή, σε ποσοστό 20% έως το 2010.

1.5 Ηλιακή ακτινοβολία

1.5.1 Γενικά

Η θερμοκρασία στην επιφάνεια του ήλιου υπολογίζεται ότι είναι περίπου 6000 K. Η τεράστια αυτή θερμοκρασία ηλιακής ακτινοβολίας εκπέμπει στη γη με μέγιστη πυκνότητα ροής περίπου 1,0 kW/m^2 και με μήκος κύματος μεταξύ 0,3 και 2,5 μm. Αυτή είναι η λεγόμενη μικρή ακτινοβολία κυμάτων.

Από την άλλη πλευρά, η θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα της Γης είναι περίπου 230K κατά μέσο όρο και στην επιφάνεια της Γης είναι περίπου 260-300 K, η οποία παραμένει σε κατάσταση ισορροπίας εξαιτίας της εισερχόμενης ακτινοβολίας που αντανακλά πίσω στο διάστημα. Αυτή η εξερχόμενη ακτινοβολία εμφανίζεται σε ένα μήκος κύματος υπέρυθρης ζώνης συχνοτήτων μεταξύ 5 και 25 μm, το οποίο ονομάζεται μεγάλη ακτινοβολία κυμάτων.

Η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία στη Γη είναι 5,4 εκατ. exajoules (10^{18} joules). 30% αυτής της ακτινοβολίας αντανακλάται πίσω από την ατμόσφαιρα και το υπόλοιπο 70% μπορεί να μετατραπεί σε διάφορες μορφές ενέργειας. Αυτό το 70% (3,8 exajoules) είναι 10.000 φορές το ποσοστό της κατανάλωσης των ορυκτών και πυρηνικών καυσίμων για το 2002.

Η συνολική ενέργεια στη μονάδα του χρόνου (ισχύς) που προέρχεται από μια πηγή ακτινοβολίας και προσπίπτει σε μια μοναδιαία επιφάνεια, αποτελεί την πυκνότητα ισχύος (*Irradiance*) ή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και μετράται σε: $\frac{W}{m^2}$. Συμβολίζεται γενικά με το γράμμα G . Η τιμή της σε ορισμένη ώρα και σημείο στην επιφάνεια της γης εξαρτάται έντονα από την θέση του ήλιου στον ουρανό, αλλά και τις μετεωρολογικές συνθήκες.

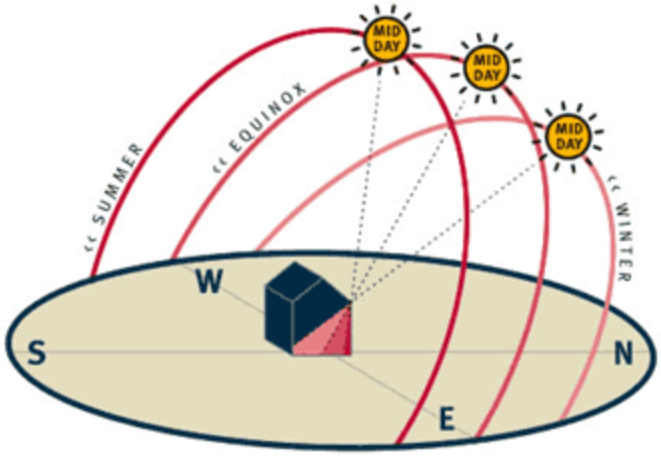
Η πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στο διάστημα κυμαίνεται σε μικρά όρια περί μέση τιμή: $G_{sc} = 1353\frac{W}{m^2}$, και ονομάζεται ηλιακή σταθερά.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας εκτός της ατμόσφαιρας, η οποία εξαρτάται από την κίνηση της γης περί τον ήλιο, μπορεί να υπολογίζεται με ακρίβεια, με βάση γεωμετρικές σχέσεις. Αντίθετα η μείωση που υφίσταται αυτή, κατά την διαδρομή της στην ατμόσφαιρα, εξαρτάται από την κατάστασή της και αποτελεί στατιστικό μέγεθος.

1.5.2 Ηλιακή Γεωμετρία

Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζει τεράστιες διαφορές και είναι σε αναλογία με το χρόνο, την εποχή, τις κλιματολογικές συνθήκες, την υγρασία, κλπ. Επιπλέον, επηρεάζεται σημαντικά και από άλλους παράγοντες όπως η ρύπανση του περιβάλλοντος και τις ηλιακές κηλίδες.

Ο πιο σημαντικός παράγοντας που διαμορφώνει την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η τοποθεσία που λαμβάνει την ακτινοβολία. Κατά την διάρκεια ενός έτους, λόγω της περιφοράς της γης γύρο από τον ήλιο, η τοποθεσία λαμβάνει διάφορες θέσεις και έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή της απόκλισης δ ˚, η οποία είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της γραμμής που αρχίζει από το κέντρο της γης μέχρι το κέντρο του ήλιου και τον Ισημερινό. Οι ακραίες τιμές για το Βόρειο ημισφαίριο είναι +23,45 ° στις 21 Ιουνίου και -23,45 ° στις 21 Δεκεμβρίου.



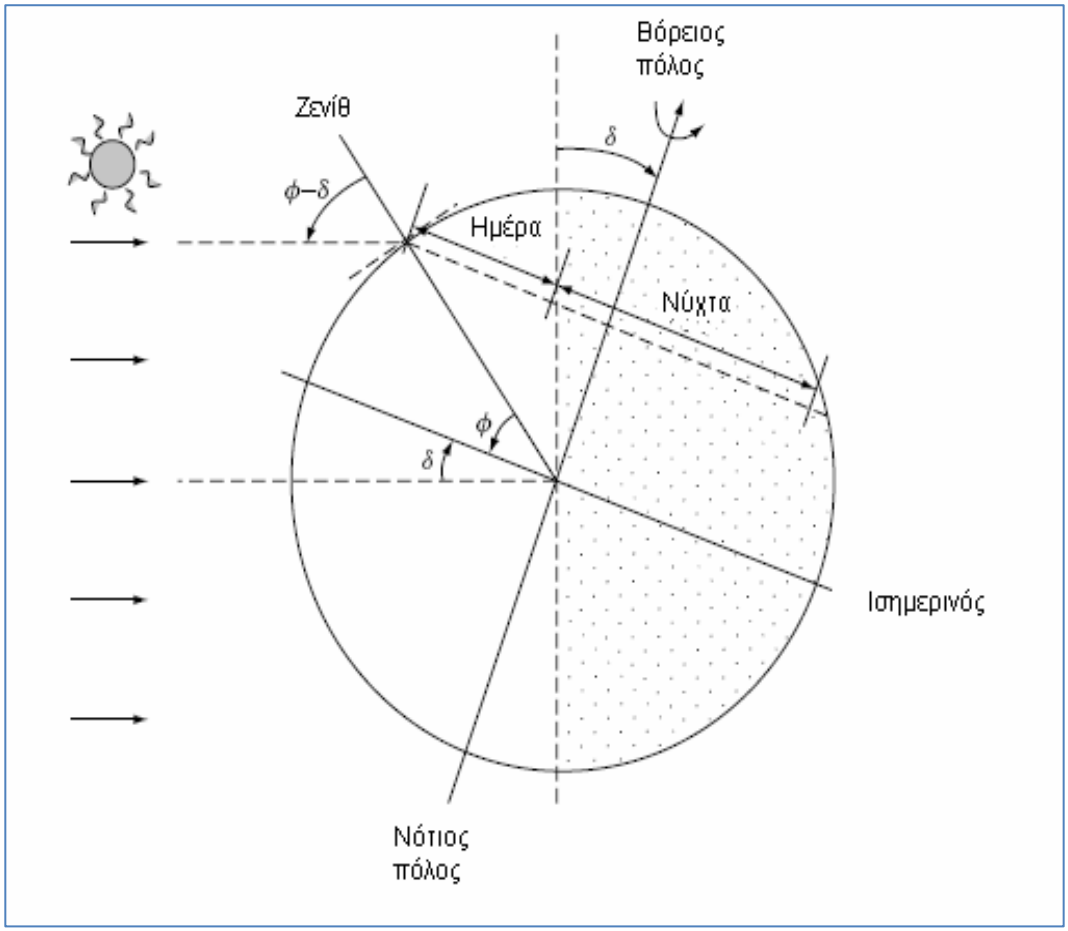
Εικόνα 1.11: η τοποθεσία σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία

Η κλίση ενός θερμικού συστήματος ή μίας παράταξης ΦΒ πρέπει να είναι εντός αυτών των ορίων και ο καλύτερος προσανατολισμός για τα συστήματα αυτά είναι ο Νότιος (Βόρειο ημισφαίριο). Η βέλτιστη γωνία κλίσης για τα συστήματα αυτά, ανά πάσα στιγμή μπορεί να βρεθεί από τις εξισώσεις 1.1 και 1.2

(Γωνία κλίσης) β° = (Γεωγραφικό πλάτος) φ° - (Γωνία Απόκλισης) δ°[1.1]

$\delta = 23{,}45\ \sin(\frac{360(284+n)}{365})$ *[1.2]*

όπου *n* είναι η ημέρα του έτους που μας ενδιαφέρει. Οι γωνίες βόρεια του ισημερινού θεωρούνται θετικές και αυτές νότια αρνητικές.



Εικόνα 1.12: Η βέλτιστη γωνία κλίσης

1.5.3 Άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη ακτινοβολία

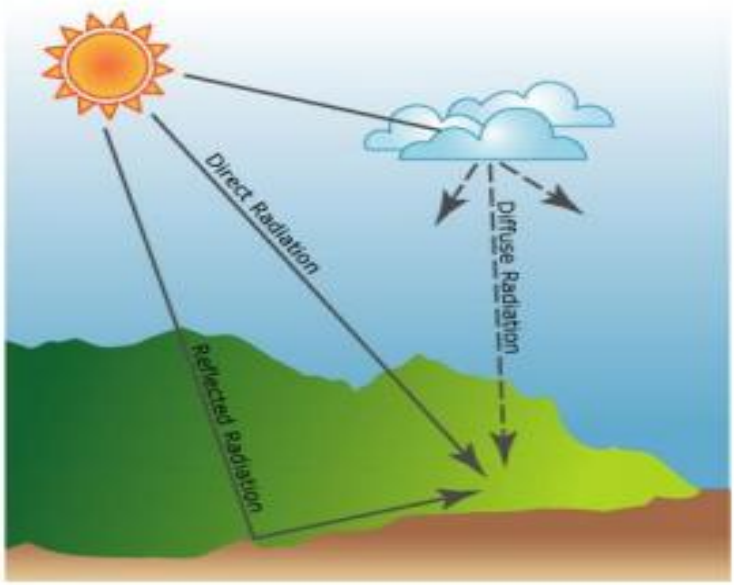
Η συνολική ακτινοβολία (*global radiation)* που προσπίπτει σε μια επιφάνεια απαρτίζεται από τρία μέρη:

• Την *άμεση* Ib (direct ή beam radiation) που έρχεται κατευθείαν από τον ήλιο,

• Την *διάχυτη* Id (diffuse radiation) που προέρχεται από ολόκληρο τον ουράνιο θόλο και γεννάται κατά τη σκέδαση της άμεσης ακτινοβολίας

• Την *ανακλώμενη* Ir (reflected radiation) που προέρχεται από διάφορες γειτονικές επιφάνειες όταν η επιφάνεια αναφοράς είναι κοντά σε κτίρια, υψώματα ή δεν είναι οριζόντια οπότε δέχεται ακτινοβολία από το έδαφος

Σχηματικά:



Εικόνα 1.13: Τρόποι άφιξης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης

Επομένως η συνολική ακτινοβολία είναι: $\boldsymbol{I = Ib + Id + Ir}$

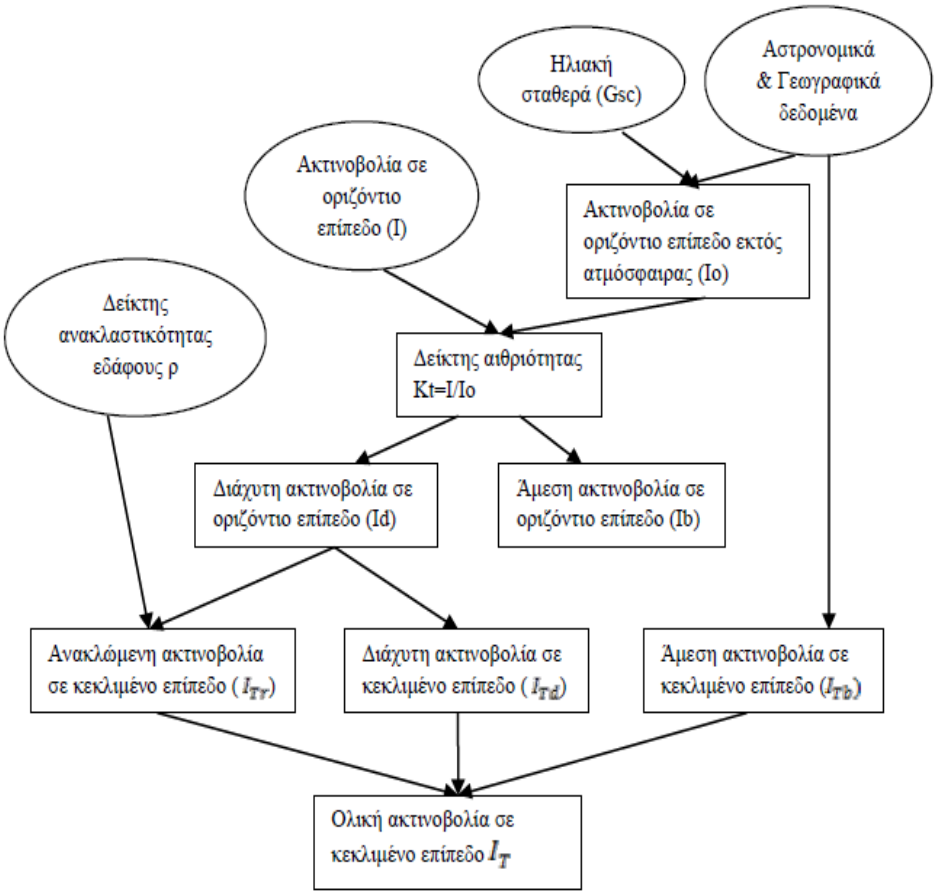
Άμεση είναι η ακτινοβολία που προέρχεται από τον ηλιακό δίσκο, έχει ορισμένη κατεύθυνση για ορισμένο επίπεδο αναφοράς και ορισμένη χρονική στιγμή. Με καθαρό ουρανό αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στο επίπεδο αναφοράς.

Διάχυτη είναι η ακτινοβολία που προέρχεται από όλο τον υπόλοιπο ουράνιο θόλο, εκτός του ήλιου, λόγω κάλυψης της ατμόσφαιρας από σύννεφα, υδρατμούς, σκόνη. Για το επίπεδο αναφοράς, δεν έχει ορισμένη κατεύθυνση όπως η άμεση ακτινοβολία, αλλά προέρχεται από όλα τα σημεία του ουρανού.

Η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στο επίπεδο αναφοράς μετά από ανάκλαση σε φυσικές ή τεχνικές επιφάνειες, που υπάρχουν στον περιβάλλοντα χώρο. Έτσι η γνώση της απαιτεί κάθε φορά καλή γνώση της τοπογραφίας του χώρου και του δείκτη ανακλαστικότητας των επιφανειών, που ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία. Οι Liu και Jordan δέχονται ως δείκτη ανακλαστικότητας του εδάφους p=0,2 ενώ της επιφάνειας που είναι στρωμένη με χιόνι 0,7.

1.5.4 Ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο

Τα δεδομένα της ηλιακής ακτινοβολίας δίνονται με τη μορφή της ολικής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο. Ωστόσο, όλα τα ΦΒ και ηλιακά πάνελ είναι συνήθως σε κεκλιμένο επίπεδο, εξ ου και η ακτινοβολία που λαμβάνουν είναι διαφορετική. Επιπλέον, η σωστή ηλιακή ακτινοβολία για την κεκλιμένη θέση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Ως εκ τούτου, η ορθή ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να υπολογιστεί. Η ακόλουθη προσέγγιση για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο είναι ένας συνδυασμός των εργασιών της Duffie και Beckman, Lorenzo και Markvart.



Εικόνα 1.14: Ολική ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο

Για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη για κάθε μία από τις συνιστώσες και ένας διορθωτικός συντελεστής.

Ο διορθωτικός συντελεστής για την άμεση ηλιακή ακτινοβολία (R_b), είναι ο λόγος της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο ($I_{b,T}$), προς αυτήν στο οριζόντιο επίπεδο (I_b).

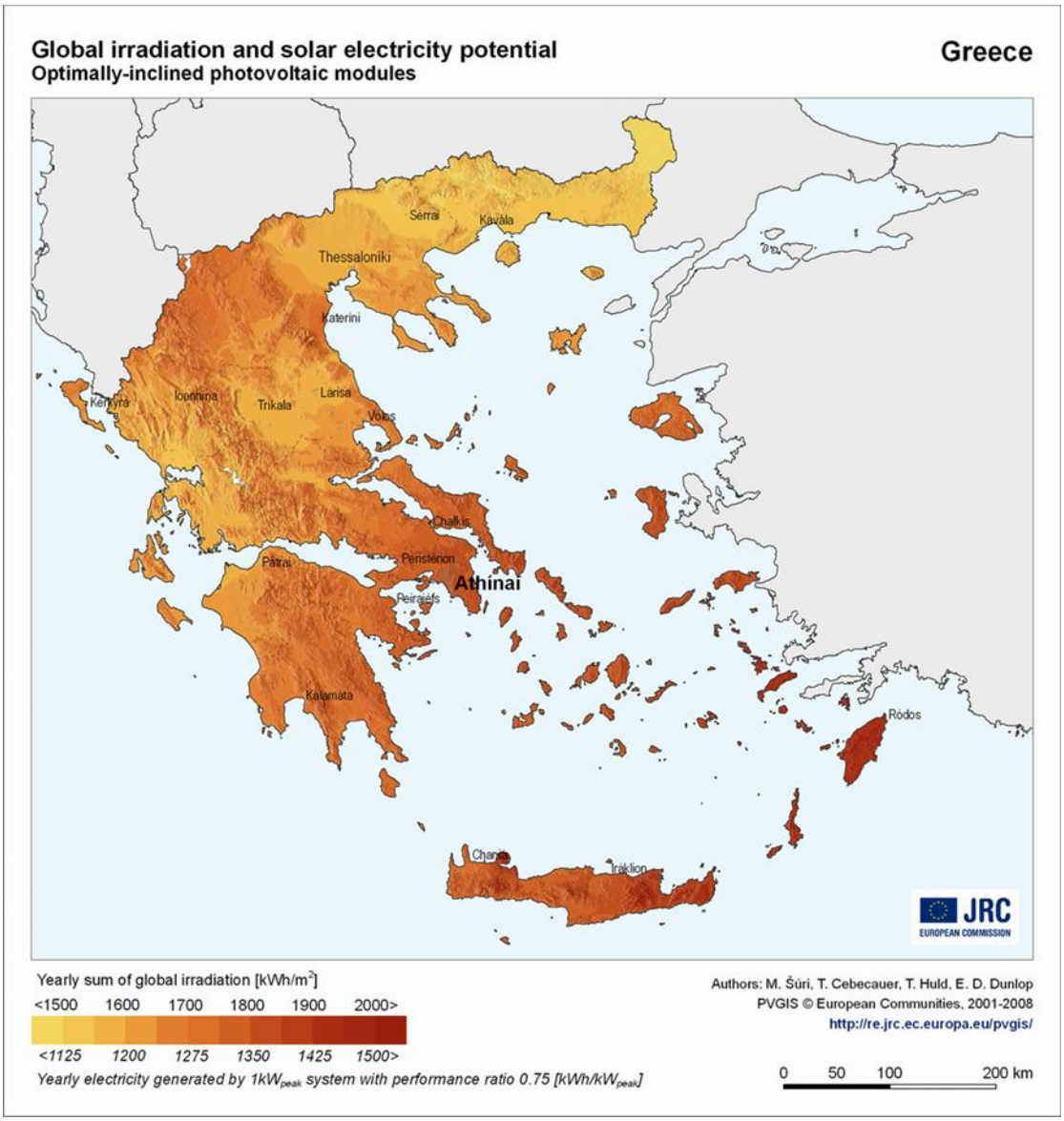
Ο υπολογισμός της συνιστώσας για την διάχυτη ακτινοβολία βασίζεται στην υπόθεση ότι η διάχυτη είναι ισοτροπική, δηλαδή είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη απ' τον ουράνιο θόλο. Ο διορθωτικός συντελεστής για την διάχυτη ακτινοβολία (R_d) είναι ο λόγος της διάχυτης ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο ($I_{d,T}$) προς αυτήν στο οριζόντιο (I_d).

Ο διορθωτικός συντελεστής για την ανακλώμενη ακτινοβολία (R_r), είναι ο λόγος της ανακλώμενης ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο ($I_{r,T}$), προς αυτήν στο οριζόντιο (I_r). Η ανακλώμενη όμως στο οριζόντιο επίπεδο είναι το γινόμενο του συντελεστή ανάκλασης ρ του εδάφους της γύρω περιοχής επί την ολική ηλιακή ακτινοβολία (I) στο οριζόντιο. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση έτσι και εδώ, υποθέτουμε ότι η ανακλώμενη είναι ισοτροπική.

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο I_T, είναι :

$$\mathbf{I_T = I_b R_b + I_d R_d + I.\rho.R_r}$$

1.5.5 Στατιστικά στοιχεία για τον Ελλαδικό χώρο



Εικόνα 1.15: Ετήσια ποσά ηλιακής ακτινοβολίας στον Ελλαδικό χώρο εκφρασμένα σε W/m2

Τα παραπάνω διαγράμματα αφορούσαν ΦΒ συστήματα με βέλτιστη κλίση. Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται πόσο επηρεάζει η κλίση των πλαισίων την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, με προϋπόθεση νότιου προσανατολισμού.

	0°	30°	45°	60°	90°
ΑΘΗΝΑ	1581	1730	1680	1549	1090
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	1403	1544	1505	1395	1000
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	1526	1666	1617	1490	1050
ΠΑΡΟΣ	1629	1751	1685	1538	1058
ΠΑΤΡΑ	1479	1611	1563	1441	1018
ΧΑΝΙΑ	1630	1738	1667	1517	1033

Πίνακας 1.3: Συνολική ετήσια ακτινοβολία

1.6 Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία

1.6.1 Ιστορική Αναδρομή

Ο όρος «φωτοβολταϊκά» προέρχεται από το συνδυασμό της ελληνικής λέξης φως με τη λέξη Volt, το όνομα της μονάδας της ηλεκτρεγερτικής δύναμης που πήρε το όνομά της από τον Ιταλό φυσικό Count Alessandro Volta.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε από τον Γάλλο Φυσικό Alexandre Edmond Becquerel το 1839, ο οποίος ανακάλυψε ότι μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα όταν συγκεκριμένες κατασκευές εκτεθούν στο φως. Οι Αμερικάνοι Adams και Day το 1876 χρησιμοποιώντας έναν κρύσταλλο σεληνίου είχαν κάνει επίδειξη αυτού του φαινομένου. Η απόδοση σε αυτή την περίπτωση ήταν μόνο 1%.

Το 1905 ο Albert Einstein διατύπωσε την εξήγηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου (υπόθεση του φωτονίου). Το 1949 οι Αμερικάνοι Shockley, Bardeen και Brattain ανακάλυψαν το τρανζίστορ διευκρινίζοντας τη φυσική των p και n ενώσεων των ημιαγώγιμων υλικών. Το πρώτο φωτοβολταϊκό κύτταρο με απόδοση κοντά στο 6% κατασκευάστηκε το 1956, ενώ αργότερα κατασκευάστηκε το φωτοβολταϊκό κύτταρο από πυρίτιο, το οποίο λειτούργησε με απόδοση του 10%.

Η γρήγορη ανάπτυξη της τεχνολογίας στην εξερεύνηση του διαστήματος διάνοιξε εξαιρετικές προοπτικές για την χρήση φωτοβολταϊκών κυττάρων. Το 1958, 108 ηλιακά κύτταρα είχαν σταλεί στο διάστημα για δοκιμή. Η σύνδεση σε σειρά άρχισε αργότερα σε μικρότερο αριθμό. Το 1970 η ετήσια παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων για διαστημικές εφαρμογές ήταν 500m^2. Η επίγεια χρήση ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του ΄70, παίρνοντας δυναμική από την πετρελαϊκή κρίση του 1973-74 και δίνοντας ερεθίσματα για την εκπόνηση πληθώρας ερευνητικών μελετών. Η προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας ήταν να μειωθεί το κόστος των φωτοβολταϊκών πλαισίων, με την εύρεση νέων φθηνότερων υλικών.

Σήμερα τα φωτοβολταϊκά έχουν γίνει κομμάτι της καθημερινής μας ζωής. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 10% ως 25% σε συγκεκριμένες συνθήκες αναφοράς. Οι αποδόσεις αυξάνονται αισθητά αν χρησιμοποιήσουμε σαν βάση αναφοράς το διάστημα. Ερευνητικές ομάδες σε εργαστηριακές συνθήκες έχουν πετύχει αποδόσεις άνω του 44%. Επίσης, υπό εξέλιξη μελέτη υπόσχεται απόδοση της τάξεως του 65% με χρήση της **τεχνολογίας κβαντικών σημείων**.

1.6.2 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Το Φωτοβολταϊκό φαινόμενο περιγράφεται ως η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων που συμβαίνει σε συγκεκριμένα υλικά όταν αυτά εκτεθούν σε φωτεινή ακτινοβολία. Κάτι τέτοιο παρατηρείται στα φυσικά στοιχεία που ανήκουν στην ομάδα των ημιαγωγών καθώς και στις τεχνητές ημιαγώγιμες διατάξεις. Η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων μεταφράζεται ως δημιουργία διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δημιουργούμενων πόλων, δηλαδή έχουμε μια υποτυπώδη ηλεκτρική γεννήτρια.

Φέρνοντας σε επαφή τους ημιαγωγούς τύπου n και p σχηματίζεται ηλεκτρικό πεδίο. Τα ηλεκτρόνια του πυριτίου τύπου n κινούνται προς τις κενές θέσεις του ημιαγωγού τύπου p για να τις καλύψουν. Στην ένωση των δύο υλικών επιτυγχάνεται ισορροπία και δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο ανάμεσα στις δύο πλευρές. Το ηλεκτρικό πεδίο λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, επιτρέποντας τα ηλεκτρόνια να περάσουν από το πυρίτιο p στο n αλλά όχι αντίστροφα. Όταν φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας, κατάλληλου μήκους κύματος, προσπίπτουν σε ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο διεγείρουν ηλεκτρόνια και τα ελευθερώνουν δημιουργώντας παράλληλα αντίστοιχες οπές. Κάθε φωτόνιο με αρκετή ενέργεια θα ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο και θα δημιουργήσει μια οπή. Αν αυτό συμβεί κοντά στο ηλεκτρικό πεδίο ή αν ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο και μια οπή βρεθούν κοντά στην ένωση p-n ημιαγωγών, το πεδίο θα εξαναγκάσει το ηλεκτρόνιο να πάει στον ημιαγωγό n και θα οδηγήσει την οπή στο πυρίτιο p. Αυτό προκαλεί μεγαλύτερη ανισορροπία στην ηλεκτρική ουδετερότητα και αν χρησιμοποιηθεί μία εξωτερική αγώγιμη οδός τα ηλεκτρόνια θα περάσουν μέσα από αυτή για να πάνε στην αρχική τους θέση από όπου το ηλεκτρικό πεδίο τα απομάκρυνε. Η ροή αυτή των ηλεκτρονίων δημιουργεί το ρεύμα, και το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργεί την τάση του ρεύματος.

Θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε την φωτοβολταϊκή ηλεκτρική γεννήτρια σαν μια ανεπίστροφη βαλβίδα ηλεκτρονίων, δια της οποίας τα ηλεκτρόνια μπορούν να διέρχονται μόνο προς την μια κατεύθυνση. Όταν λοιπόν συμβεί κάποιο φωτόνιο να προσκρούσει πάνω σε ηλεκτρόνιο του υλικού, τότε θα του μεταδώσει μέρος της ενέργειάς του, αναγκάζοντάς το να «εκσφενδονιστεί» από την θέση ηρεμίας του. Εάν τώρα, η κατεύθυνση που θα λάβει το «εκσφενδονισμένο» ηλεκτρόνιο συμπέσει με την φορά της βαλβίδας ηλεκτρονίων τότε αυτό θα μετατοπισθεί σε σχέση με την αρχική του θέση και θα παγιδευτεί εκεί αφού η βαλβίδα αποτρέπει την επαναφορά του στην αρχική θέση. Κατόπιν τούτου, διαπιστώνουμε ότι, σε μία «πλευρά» του υλικού (πλευρά παγίδευσης) θα έχουμε περίσσεια ενός ηλεκτρονίου ενώ στην άλλη πλευρά (πλευρά εκσφενδονισμού) θα έχουμε έλλειμμα ενός ηλεκτρονίου, που συνεπάγεται διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού.

1.6.3 Φωτοβολταϊκό Στοιχείο

Τα κύρια συστατικά των φωτοβολταϊκών γεννητριών και η καρδιά κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ή φωτοστοιχεία ή ηλιακά κύτταρα ή κυψελίδες. Αυτά είναι δίοδοι ημιαγωγών σε μορφή δίσκου, που καθώς δέχονται στην επιφάνεια τους την ηλιακή ακτινοβολία, εκδηλώνει μία διαφορά δυναμικού ανάμεσα στην εμπρός και στην πίσω όψη τους. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους και την ένταση ακτινοβολίας που δέχονται, ένα ηλιακό κύτταρο μπορεί να δώσει τάση μέχρι 0.5-1.0 Volt και πυκνότητα ρεύματος μέχρι 20-40 mA ανά cm2 της επιφανείας του. Το ηλιακό κύτταρο είναι σχετικά μικρό σε διαστάσεις, περίπου 10x10 cm2. Η τάση που παράγει το Φ/Β μεταβάλλεται

ελάχιστα με την ένταση της ακτινοβολίας, σε αντίθεση με το παραγόμενο ρεύμα, το οποίο είναι ανάλογο της ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν αυξάνεται δηλαδή η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, αυξάνεται και το ρεύμα που παράγεται από το Φ/Β κύτταρο. Τα Φ/Β κύτταρα έχουν σκούρο χρώμα, γεγονός που βοηθά στην απορρόφηση μεγαλύτερων ποσοστών ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά και στην αύξηση της θερμοκρασίας του. Η αύξηση της θερμοκρασίας όμως, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της τάσης που δημιουργείται στα άκρα του Φ/Β κυττάρου, συγκεκριμένα πάνω από τους 25 ^{o}C για κάθε ένα παραπάνω βαθμό υπάρχει αντίστοιχη μείωση της απόδοσης κατά 0,4%.

Το είδος του ημιαγωγού που επιλέγεται ως υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων, καθορίζεται με κυριότερο κριτήριο την τιμή του ενεργειακού διακένου του η οποία καθορίζει και την απόδοση του στοιχείου. Ως συντελεστής απόδοσης ή απλούστερα ως απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ορίζεται ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το στοιχείο προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνεια του. Οι μεγαλύτερες θεωρητικές αποδόσεις μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι 6 περίπου 25% και μπορούν να πραγματοποιηθούν με φωτοβολταϊκά στοιχεία από ημιαγωγούς με ενεργειακό διάκενο περίπου 1.5 eV.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι οι ημιαγωγοί είναι στοιχεία τετρασθενή με τετραεδρική κρυσταλλική δομή όπως το πυρίτιο (Si). Στα στοιχεία αυτά δεν υπάρχουν ελεύθεροι φορείς ηλεκτρικού ρεύματος και δε διαθέτουν ηλεκτρική αγωγιμότητα στην υποθετική περίπτωση που ο ημιαγωγός βρίσκεται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση, δηλαδή είναι εντελώς υποβαθμισμένος ενεργειακά. Όταν όμως απορροφήσουν κάποια αξιόλογη ενέργεια, π.χ. με τη μορφή θερμότητας ή ακτινοβολίας, πραγματοποιείται μια ριζική μεταβολή. Η ενέργεια που παρέχεται στο σώμα και κατανέμεται στα άτομα του, προκαλεί την
ελευθέρωση πολλών ηλεκτρονίων από τους δεσμούς. Τα ηλεκτρόνια αυτά σθένους απομακρύνονται από την περιοχή του δεσμού τους στο κρυσταλλικό πλέγμα, χάρη στην κινητική ενέργεια που απόκτησαν και γίνονται ευκίνητοι φορείς του ηλεκτρισμού, δίνοντας στον ημιαγωγό μια αξιόλογη ηλεκτρική αγωγιμότητα.

1.6.4 Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο

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 Φ/Β πλαισίου. Τα ηλιακά κελιά έχουν συνήθως τετράγωνο σχήμα πλευράς περίπου 10 εκατοστών. Ένα ηλιακό κελί παράγει πολύ μικρή ισχύ (συνήθως λιγότερο από 2W) και μπορεί να συνδεθεί με άλλα σε σειρά ή παράλληλα.

Η παράλληλη σύνδεση κελιών αυξάνει την ένταση του ρεύματος, η οποία ισούται με το άθροισμα των επιμέρους εντάσεων, ενώ η τάση στα άκρα του συνδυασμού παραμένει η ίδια με την τάση του κάθε κελιού. 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 λόγους αυτούς, η σύνδεση των κελιών γίνεται συνήθως σε σειρά.

Η σύνδεση σε σειρά αυξάνει την τάση. Στη σύνδεση κελιών σε σειρά υπάρχει η ίδια ροή ρεύματος ανά κελί ενώ η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των κελιών.

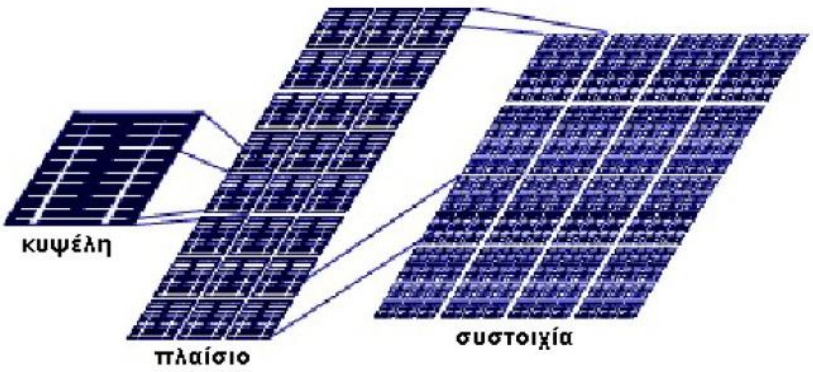
Σε γενικές γραμμές, τα Φ/Β κελιά τοποθετούνται σε ένα ενιαίο πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο. Στο πλαίσιο αυτό, τα κελιά συνδέονται σε σειρά, σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την απόκτηση επιθυμητής τάσης. Διαμορφώνεται έτσι το Φ/Β

πλαίσιο, που είναι η δομική μονάδα που κατασκευάζεται βιομηχανικά και κυκλοφορεί στο εμπόριο για να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης στη συγκρότηση Φ/Β γεννητριών.

Συνώνυμο σχεδόν με το Φ/Β πλαίσιο είναι το **Φ/Β πανέλο** (panel). Όπως και το πλαίσιο, έχει συναρμολογηθεί και προκατασκευαστεί και είναι έτοιμο για τοποθέτηση σε Φ/Β εγκατάσταση, αλλά με τη διαφορά ότι ένα πανέλο μπορεί να αποτελείται από περισσότερα χωριστά πλαίσια (το ένα δίπλα στο άλλο) που είναι σε κοινή συσκευασία και κοινή ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ τους. Τα τελευταία χρόνια σχεδόν όλες οι εταιρείες που κατασκευάζουν Φ/Β στοιχεία, δεν διαχωρίζουν τα πλαίσια από τα πανέλα. Το προϊόν που παράγεται ονομάζεται Φ/Β πλαίσιο (module) και διατίθεται σε ποικιλία, όσον αφορά στην ισχύ που παράγει, στην τάση και τελικά στις διαστάσεις του.

1.6.5 Φωτοβολταϊκή Συστοιχία

Σε μια Φ/Β εγκατάσταση που έχει σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή λειτουργεί ως σταθμός παραγωγής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκατοντάδες ή και χιλιάδες Φ/Β πλαίσια. Όπως, είναι αναμενόμενο τα Φ/Β πλαίσια πρέπει να ομαδοποιηθούν και συνδεθούν κατάλληλα. Για την αύξηση της αξιοπιστίας ενός Φ/Β συστήματος, είναι σκόπιμο οι συνδέσεις των Φ/Β στοιχείων μέσα στα πλαίσια, αλλά και ανάμεσα στα πλαίσια να μην είναι μόνο στη σειρά αλλά και παράλληλες. Με αυτό τον τρόπο, αν ένα Φ/Β σκιαστεί ή αν πάθει βλάβη δεν θα μηδενιστεί η ισχύς που παράγει το σύστημα. Η σύνδεση των πλαισίων στη σειρά ή παράλληλα γίνεται ώστε η ισχύς εξόδου της γεννήτριας να αποκτήσει την επιθυμητή τιμή



Εικόνα 1.18: Δομικά στοιχεία Φ/Β συστήματος

1.6.6 Είδη Φωτοβολταϊκών Στοιχείων

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για να κατασκευαστούν φωτοβολταϊκά στοιχεία στην βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Το πυρίτιο είναι ένας ημιαγωγός με έμμεσο ενεργειακό διάκενο 1,12 eV. Αν και οι δύο αυτές ιδιότητές του, δηλαδή έμμεσο και σχετικά μικρή τιμή ενεργειακού διακένου δεν είναι ιδεώδεις για την φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, το πυρίτιο είναι ο ημιαγωγός που κυριάρχησε από

την αρχή αλλά μέχρι και σήμερα, σαν υλικό κατασκευής φ/β στοιχείων. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό έχουν να κάνουν με το γεγονός ότι το πυρίτιο είναι το κύριο υλικό των διατάξεων ηλεκτρονικής για πολλές δεκαετίες κατά συνέπεια οι ιδιότητες του είναι καλά μελετημένες, το υλικό κυκλοφορεί στη αγορά σε αρκετά μεγάλες ποσότητες 600.000 τόνοι το χρόνο παγκοσμίως προκειμένου να κατασκευαστούν ατσάλι και κράματα . Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Ακόμα το υλικό κατασκευής του πυριτίου είναι πρακτικώς απεριόριστο, διότι το 60% του γήινου φλοιού είναι άμμος στο μεγαλύτερο μέρος του χαλαζίας ή διοξείδιο του πυριτίου. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Παράλληλα, το πυρίτιο ως υλικό κατασκευής ΦΒ πλαισίων έχει δοκιμαστεί αρκετά χρόνια σε διάφορες εφαρμογές με αρκετά μεγάλη επιτυχία. Τέλος, Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους **125°C** κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.

Τα ΦΒ στοιχεία πάντως μπορούν να χωριστούν σε πολλές μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με το υλικό παρασκευής, τη δομή του βασικού υλικού καθώς και τον τρόπο παρασκευής. Μια κατηγοριοποίηση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία θα μπορούσε να γίνει με βάση το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται.

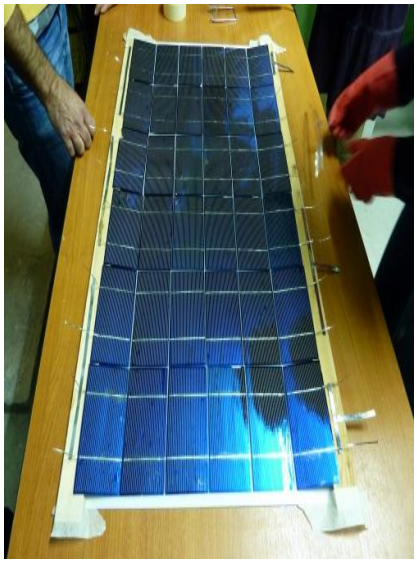
☛ <u>Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου μεγάλου πάχους</u>

1. ΦΒ στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (SingleCrystalline Silicon, sc-Si)

Εικόνα 1.19: Φωτοβολταϊκό κελί μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο έχει μια ομοιόμορφη μοριακή δομή. Συγκρινόμενο με υλικά που δεν είναι σε μορφή κρυστάλλου, η υψηλή του ομοιομορφία έχει ως αποτέλεσμα τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης (δηλαδή την αναλογία της ηλεκτρικής ισχύος που παράγεται από το ηλιακό στοιχείο προς την διαθέσιμη από την ηλιακή ακτινοβολία ισχύ). Η απόδοση των μονοκρυσταλλικών στοιχείων του εμπορίου κυμαίνεται από 14-18%. Εργαστηριακά έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 25%. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (**Czochralski**) και η μέθοδος FZ (**float zone**). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου.

2. ΦΒ στοιχεία πολυκρυσταλλικου πυριτιου (MultiCrystalline Silicon, mc-Si)



Εικόνα 1.20: Φωτοβολταϊκό κελί πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο αποτελείται από περιοχές μονοκρυσταλλικού πυριτίου, αλλά δεν έχει την ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης από τα στοιχεία που αποτελούνται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Ο βαθμός απόδοσης για μια βαθμίδα εμπορίου κυμαίνεται μεταξύ 12 και 15%. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20%. Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά.

3) Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτιου (Ribbon Silicon)

Εικόνα 1.21: Φωτοβολταϊκό κελί ταινίας πυριτίου

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου.

Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%

☛ <u>Φωτοβολταϊκά υλικά λεπτών επιστρώσεων (thin film)</u>

1)Κρυσταλλικο Πυρίτιο Λεπτού Υμενίου (C-SiTFC)

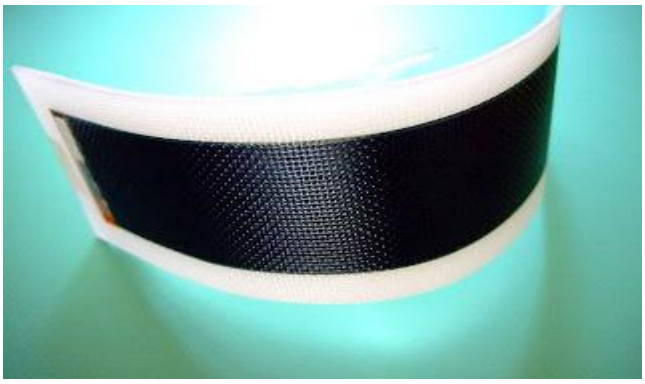
Εικόνα 1.22: Φωτοβολταϊκό κελί πυριτίου λεπτού υμενίου

Οι πρώτες μελέτες σχετικά με λεπτότερο στρώμα πυριτίου έγιναν από τους M. Wolf και J.Lofersky στην προσπάθειά τους να βρουν τις ιδανικές παραμέτρους για υψηλή απόδοση του ηλιακού στοιχείου. Υπογράμμισαν ότι με τη μείωση του πάχους του ηλιακού στοιχείου η τάση ανοιχτοκυκλώσεως αυξάνεται εξαιτίας του περιορισμένου ρεύματος κόρου, το οποίο είναι πάλι αποτέλεσμα μειωμένου ενεργού όγκου της κυψέλης. Το ευρύ φάσμα τεχνολογικών πλεονεκτημάτων μαζί με τη δυναμική για μια εντυπωσιακή μείωση του κόστους παραγωγής τονίστηκαν επίσης και από τον Goetzberger.

Μετά από αυτές τις θεμελιώδεις έρευνες, χρειάστηκε λίγο παραπάνω από μια δεκαετία μέχρι ένας αυξημένος αριθμός ομάδων απομόνωσαν διάφορα τεχνολογικά προβλήματα και συνειδητοποίησαν ότι οι κυψέλες c-Si TFC μπορούν να τα λύσουν. Στις μέρες μας η κινητήριος δύναμη για την ανάπτυξη κυψελών κρυσταλλικού πυριτίου λεπτού υμενίου είναι η έμφυτη πιθανότητα για μείωση του κόστους παραγωγής των κυψελών, αν και αυτό το πλεονέκτημα δεν έχει πείσει ακόμα τις εταιρείες παραγωγής ηλιακών στοιχείων να το περάσουν στην γραμμή παραγωγής τους.

Παρόλο που το υπόστρωμα των c-SiTFC έχει πάχος μερικών μόνο μm (5 μέχρι 50μm), έχει αποδειχθεί θεωρητικά, αλλά και στην πράξη ότι εμφανίζει αξιόλογη απόδοση. Το υπόστρωμα αποτελείται είτε από χαμηλής ποιότητας πυρίτιο είτε από άλλα υποστρώματα όπως γυαλί, κεραμικά ή γραφίτης, κάτι το οποίο κατεβάζει και το κόστος παραγωγής τους. Η επιλογή του υλικού του υποστρώματος καθορίζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στην κυψέλη. Το κλειδί στην τεχνολογία είναι ο έξυπνος οπτικός σχεδιασμός, με αποτέλεσμα το φως μέσω ανακλάσεων να διαγράφει τελικά διαδρομή 30 φορές ή και περισσότερο, μεγαλύτερη από το πάχος του φιλμ. Υπάρχει εκτεταμένη έρευνα όσον αφορά το c-SiTFC που έχει αναδείξει την υψηλή απόδοση που μπορεί να πετύχει (μέχρι 21% κάτω από ιδανικές συνθήκες).

2) Άμορφο πυρίτιο (a-Si)



Εικόνα 1.23: Φωτοβολταϊκό κελί άμορφου πυριτίου

Το άμορφο πυρίτιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή Φ/Β στοιχείων σύμφωνα με την τεχνολογία λεπτού φιλμ. Ως υλικό εμφανίζει μεγάλη αταξία στη δομή του και δεν έχει κρυσταλλική μορφή παρά ταύτα βρίσκει εφαρμογή στη Φ/Β τεχνολογία με τη μορφή κράματος με υδρογόνο. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Το κύριο πλεονέκτημα του είναι ότι έχει υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και μάλιστα περίπου 40 φορές υψηλότερη από αυτή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Ως προς αυτή την ιδιότητά του το a-Si συμπεριφέρεται σχεδόν σαν ημιαγωγός άμεσου ενεργειακού διακένου, για αυτό μια λεπτή επίστρωση είναι αρκετή για την κατασκευή Φ/Β στοιχείων.

Η κατασκευαστική διαδικασία απαιτεί χαμηλότερες θερμοκρασίες και επομένως λιγότερη κατανάλωση ενέργειας. Επίσης, το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά ΦΒ, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία Έτσι το συνολικό κόστος του υλικού και του κόστους κατασκευής είναι χαμηλότερο ανά μονάδα επιφάνειας, συγκρινόμενο με τα στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου.

Τρία είναι τα κυριότερα μειονεκτήματά του. Ο χαμηλός βαθμός απόδοσης που κυμαίνεται μεταξύ 6 – 9 % για στοιχεία του εμπορίου και φτάνει το 13% για στοιχεία που έχουν φτιαχτεί στο εργαστήριο και η βαθμιαία μείωση του βαθμού απόδοσης. Υπάρχουν αμφιβολίες αναφορικά με τη διάρκεια ζωής τους καθώς μέσα σε μερικούς μήνες μπορεί η απόδοση να μειωθεί αισθητά. Τέλος, έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν **διπλάσια επιφάνεια** σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία.

3) Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe2 ή CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS)

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

Σήμερα έχουν φτιαχτεί στοιχεία CIS , η απόδοση των οποίων πλησιάζει το 10%. Πλεονεκτούν σε σχέση με τα στοιχεία άμορφου πυριτίου, καθώς δεν εμφανίζουν βαθμιαία πτώση της απόδοσης για μια περίοδο μερικών ετών. Επίσης προσφέρουν μεγάλη οικονομία σε ημιαγώγιμα υλικά. Από την άλλη όμως το CIS είναι ένα πολύπλοκο υλικό που δυσκολεύει την κατασκευή του. Τέλος, πολύ σημαντική είναι η ασφάλεια του προσωπικού κατά τη διάρκεια της κατασκευής του, αφού η παραγωγή του περιλαμβάνει το σεληνιούχο υδρογόνο, ένα εξαιρετικά τοξικό αέριο. Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.

4) Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

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

Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχειά GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές **ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων.** Το GaAs ως υλικό κατασκευής ΦΒ στοιχείων συναντάται συχνά σε διαστημικές εφαρμογές, αφού αντέχει σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του.

Το μειονέκτημά του είναι το υψηλό κόστος παραγωγής, περίπου πενταπλάσιο από αυτό του κρυσταλλικού πυριτίου. Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσενικό δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες.

5) Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

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

Υπάρχουν μερικές χαμηλού κόστους τεχνικές, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόθεση του CdTe και όλες αυτές, μπορούν, αφού υποστούν μια επεξεργασία μετά την απόθεση, να παράγουν υλικό υψηλής ποιότητας και αποδοτικά ηλιακά στοιχεία. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές κατασκευής τέτοιων στοιχείων η απόδοση των οποίων έχει φτάσει έως 13%. Μειονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο είναι ένα τοξικό υλικό και θα πρέπει να λαμβάνονται αυξημένα μέτρα προστασίας κατά την παραγωγή του. Επιπλέον, η χρήση του καδμίου επιβάλλει την αναγκαστική ανακύκλωση τους μετά το τέλος της ζωής τους. Ανασταλτικός παράγοντας είναι επίσης και η έλλειψη του μεταλλοειδούς τελούριου στη φύση.

☛Υβριδικές Τεχνολογίες

Εικόνα 1.24: Φωτοβολταϊκό κελί υβριδικής τεχνολογίας

Τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία χρησιμοποιούν συνδυασμό των παραπάνω τεχνολογιών και αποτελούνται από στρώσεις υλικών διάφορων τεχνολογιών.

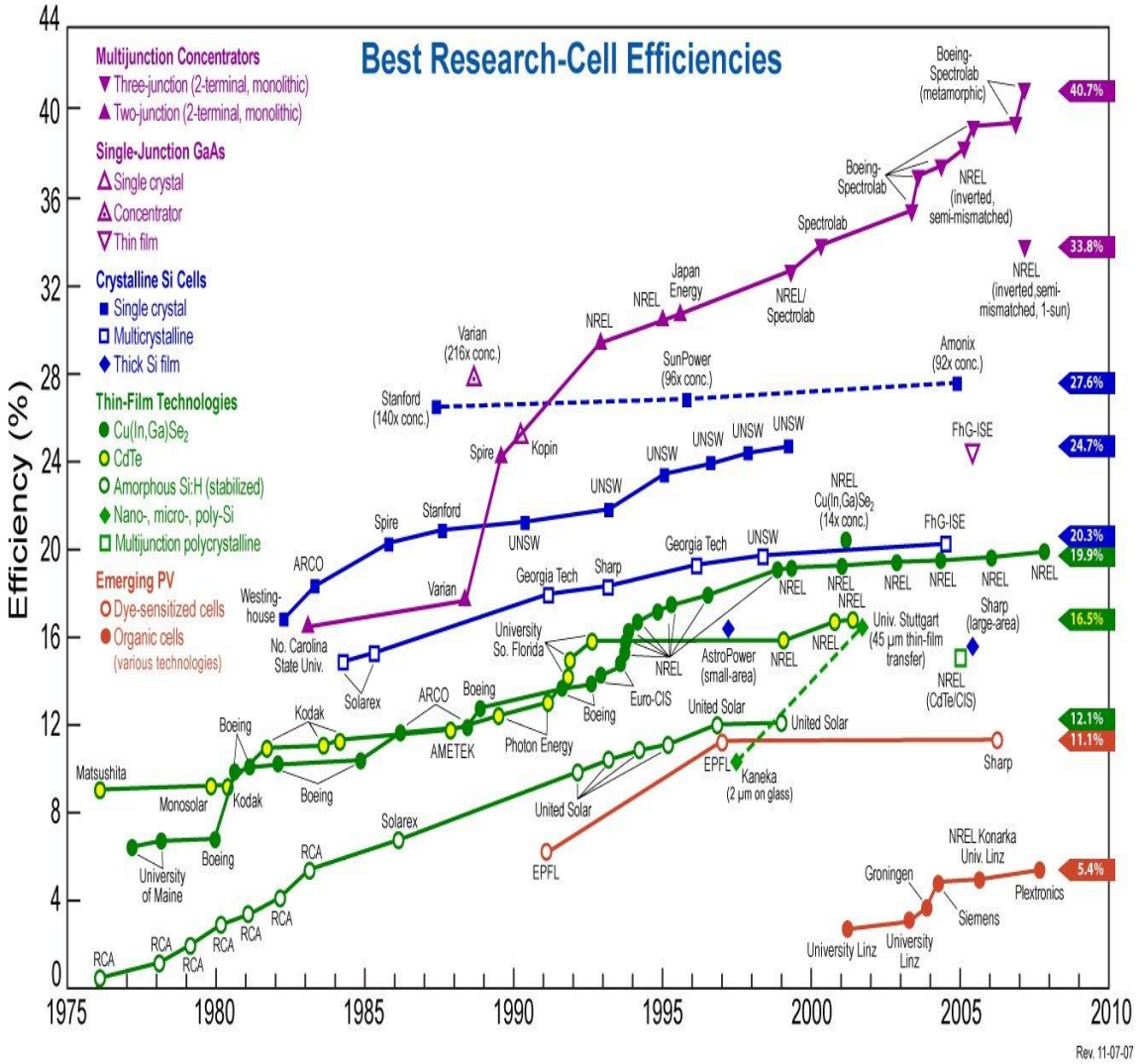
Η πιο γνωστή υβριδική τεχνολογία είναι η ετεροεπαφή με εσωτερικό λεπτό στρώμα ή Heterojunction with Intrinsic Thin-Layer (HIT) η οποία αναπτύχθηκε από την εταιρία Sanyo Solar.

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι απαιτείται μικρότερη επιφάνεια για την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Σημαντικό πλεονέκτημα για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία.

Άλλες τεχνολογίες

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκά στοιχειά που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι: τα **νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si) και τα οργανικά/πολυμερή στοιχεία.**

Όσον αφορά τα ΦΒ με 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.



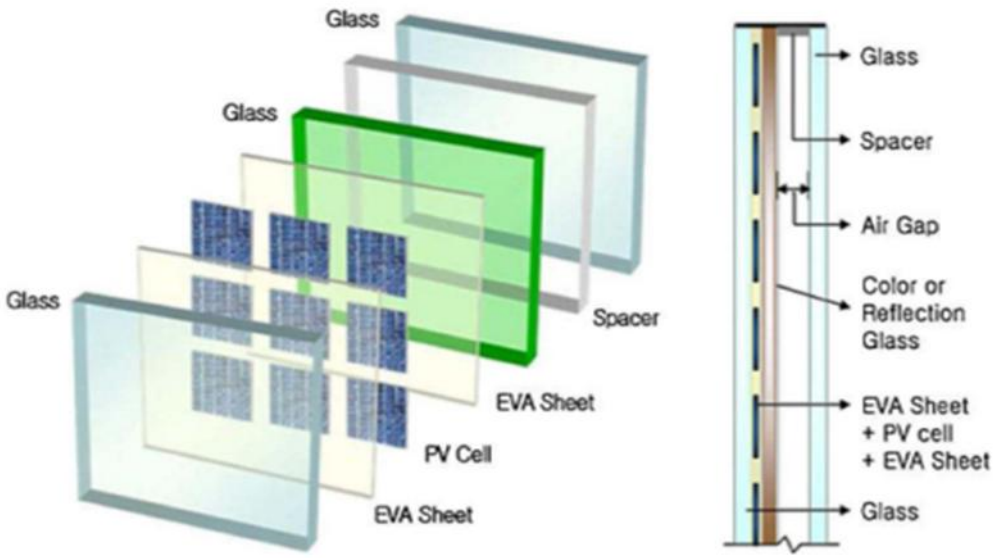
Εικόνα 1.25

1.6.7 Δομή φωτοβολταϊκού πλαισίου

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από έναν αριθμό φωτοβολταϊκών στοιχείων. Για να λειτουργήσει το πλαίσιο τα στοιχεία θα πρέπει να προστατεύονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι πλαισίων και εξαρτώνται από το είδος των φωτοβολταϊκών στοιχείων καθώς και την εφαρμογή τους. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από διάφορα στρώματα, τα οποία είναι:

- Ειδικό γυαλί
- Συμπυκνωμένο πολυμερές υλικό (Ethylene Vinyl Acetate (EVA) Sheet) για την ενθυλάκωση των στοιχείων
- Ηλιακά στοιχεία
- Συμπυκνωμένο υλικό (EVA)
- Ειδικό γυαλί
- Κενό αέρος
- Ειδικό γυαλί

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία περικλείονται συνήθως από δύο κομμάτια γυαλιού ή ένα φύλλο γυαλιού και ένα πλαστικού, ενώ μερικές φορές εξ ολοκλήρου από πλαστικό. Τα είδη των γυαλιών που χρησιμοποιούνται είναι διαφανή, χρωματισμένα και αντανακλούν την θερμότητα. Το συμπυκνωμένο υλικό είναι συνήθως EVA, υλικό που εμφανίζει πολύ καλή ηλεκτρική μόνωση και μεγάλη διαπερατότητα στο φως. Τα παραπάνω απεικονίζονται στο ακόλουθο σχήμα.



Εικόνα 1.26 : Υλικό EVA

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται σε σειρά, παράλληλα ή σε συνδυασμούς όπως προαναφέραμε παραπάνω προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες σε τάση και σε ρεύμα. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πρέπει να είναι όμοια, για να εμφανίζουν όμοια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και να επιτυγχάνεται η ομαλή λειτουργία του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας άρα και τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

1.6.8 Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες φωτοβολταϊκών στοιχείων

☛ Η όψη του φωτοβολταϊκού στοιχείου καλύπτεται από διαφανή ουσία (π.χ. SiO_2, Al_2O_3, TiO_2, Si_3N_4, MgF_2), η οποία χαρακτηρίζεται από δείκτη διάθλασης τέτοιο ώστε, για μια περιοχή μηκών κύματος, συνήθως γύρω στα 600nm, κοντά στο μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας (480nm), να ελαχιστοποιείται η ανακλώμενη συνιστώσα του φωτός (αντιανακλαστική επίστρωση).

☛ Το πάχος του φωτοβολταϊκού στοιχείου περιορίζεται στην ενεργό περιοχή του, στην οποία η απορροφούμενη Η/Μ ακτινοβολία προκαλεί το ΦΒ φαινόμενο. Αυτή είναι η περιοχή απογύμνωσης αυξημένη κατά το άθροισμα των μηκών διάχυσης κατά Debye, για τα ηλεκτρόνια και τις οπές, στα τμήματα που αποτελούν φορείς μειονότητας.

☛ Τα μεταλλικά ηλεκτρόδια συλλογής των φορέων, πρέπει να βρίσκονται κοντά στην ενεργό περιοχή. Το πίσω ηλεκτρόδιο καλύπτει όλη την έκταση του ΦΒ και συνήθως

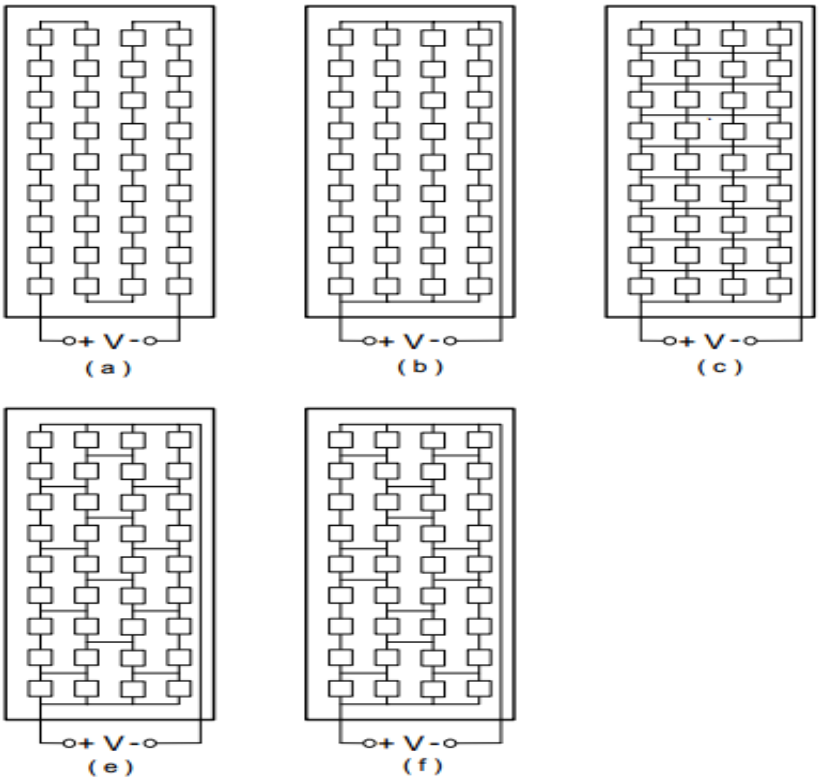
αποτελείται, για λόγους κόστους και βάρους της διάταξης, από λεπτό και σχετικά πυκνό μεταλλικό πλέγμα.

1.6.9 Συνδέσεις φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους :

1. Σε μια απλή σειρά όπου συνδέουμε τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μεταξύ τους σε σειρά.
2. Σε απλές παράλληλες σειρές (Series – Parallel, SP) όπου συνδέουμε φωτοβολταϊκά στοιχεία μεταξύ τους σε σειρά και αυτή τη σειρά τη συνδέουμε παράλληλα με άλλες σειρές. Συνήθως κάθε σειρά αποτελείται από 9 στοιχεία και κάθε πλαίσιο από 4 σειρές.
3. Σε διατάξεις αθροιστικές σταυρωτού δεσμού (Total – Crossed – Tied, TCT), που προκύπτει από την SP διάταξη συνδέοντας τα ηλεκτρικά συστήματα σταυρωτά σε κάθε σειρά του σημείου συνάντησης.
4. Σε διάταξη γεφυρωτής διασύνδεσης (bridge – linked) στην οποία όλα τα στοιχεία αλληλοσυνδέονται με γεφυρωτή σύνδεση).
5. Σε διάταξη κυψέλης (honeycomb).

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.

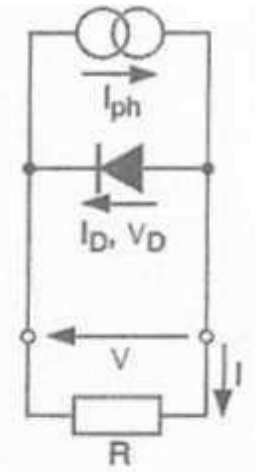


Εικόνα 1.27: Συνδεσμολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων (a) σε σειρά (b) σε παράλληλες σειρές (c) σε διατάξεις αθροιστικές σταυρωτού δεσμού (e) σε διάταξη γεφυρωτής διασύνδεσης (f) σε διάταξη κυψέλης

1.6.10 Ηλεκτρικές Ιδιότητες Φωτοβολταϊκών στοιχείων

1.6.10.1 Απλοποιημένο ισοδύναμο κύκλωμα

Μία ηλιακή κυψέλη που αποτελείται από ημιαγώγιμο υλικό τύπου p και τύπου n είναι, στην πραγματικότητα, μίας μεγάλης κλίμακας δίοδος πυριτίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παρουσιάζουν παρόμοιες ηλεκτρικές ιδιότητες. Στην εικόνα 1.23 φαίνεται το απλοποιημένο κύκλωμα ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου, το οποίο μας δίνει μια πρώτη εκτίμηση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του:



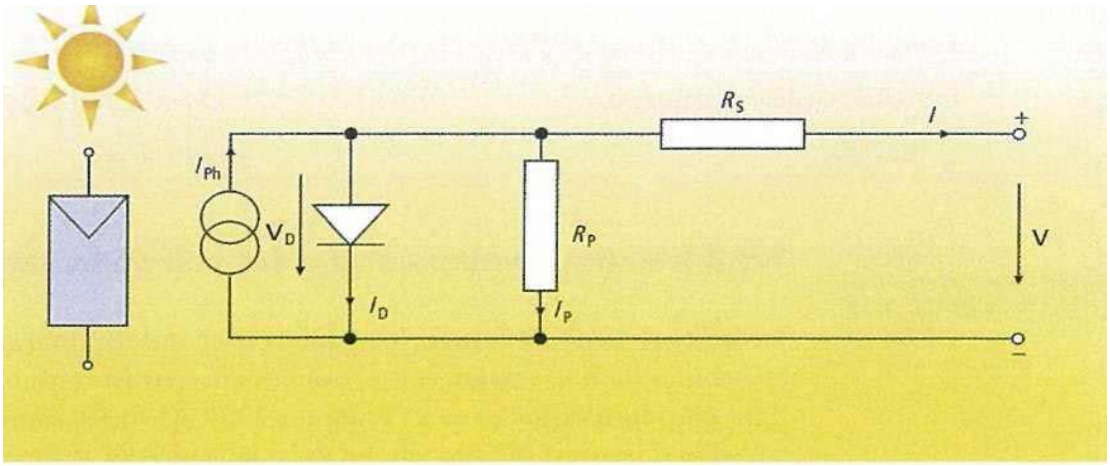
Ανοικτό κύκλωμα	Κλειστό κύκλωμα
$I_{ph}=I_0\cdot(e^{\frac{q\cdot V}{\gamma\cdot k\cdot T}})$	$I_L=I_{ph}-I_0\cdot(e^{\frac{R_L\cdot I_L}{\gamma\cdot k\cdot T}}-1)$
$V=V_{oc}\approx\frac{\gamma\cdot k\cdot T}{q}\cdot\ln(\frac{I_{ph}}{I_0})$	

Όπου: I_0 = αντίστροφο ρεύμα κόρου
q = 1,6 x 10^{-19} C, το φορτίο του ηλεκτρονίου
T = η απόλυτη θερμοκρασία σε kelvin
γ = ο συντελεστής ποιότητας διόδου
k = 1,38 x 10^{-23} J/K, η σταθερά Boltzmann
V = η τάση ανοικτού κυκλώματος

Το *μέγεθος* $\mu=\frac{\gamma kT}{q}$ *ονομάζεται θερμική τάση (V)*

Στην οριακή περίπτωση που οι ακροδέκτες βραχυκυκλώνονται τότε το μέγιστο ρεύμα που κυκλοφορεί στο κύκλωμα είναι το ρεύμα βραχυκύκλωσης Isc, το οποίο μαζί με την τάση ανοικτοκύκλωσης Voc αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά του Φ/Β στοιχείου.

1.6.10.2 Πλήρες ισοδύναμο κύκλωμα



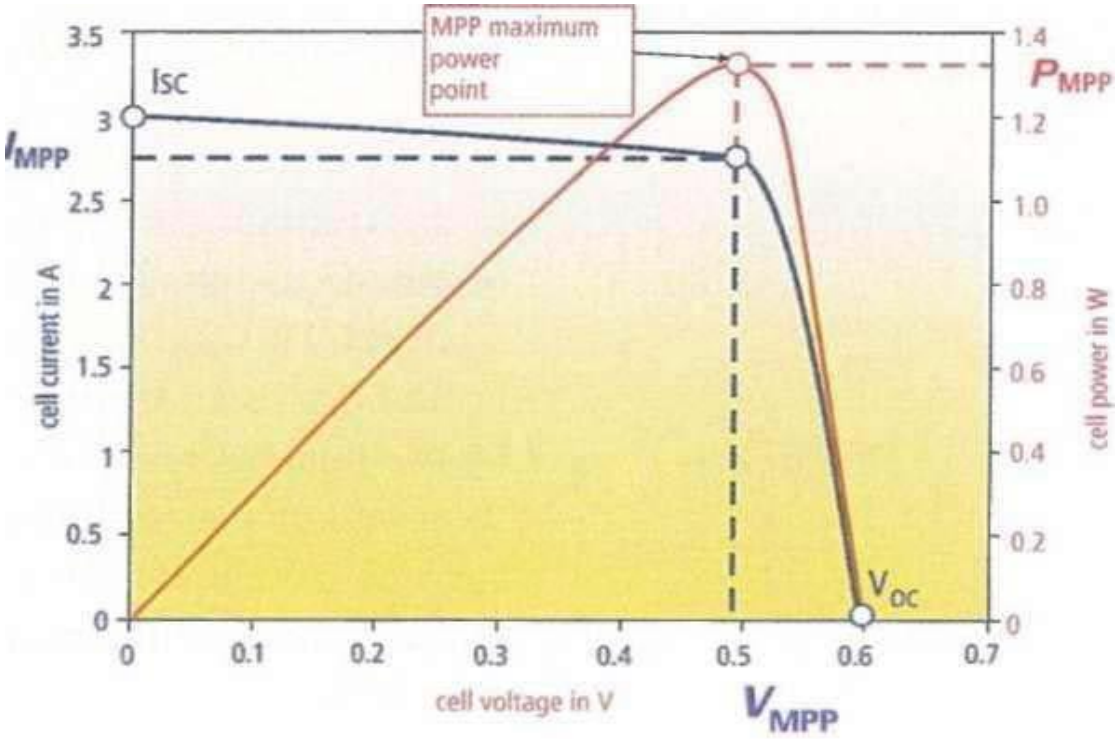
Εικόνα 1.28: Πλήρες ισοδύναμο κύκλωμα

Το πλήρες ισοδύναμο κύκλωμα αποτελεί μια πιο ρεαλιστική προσέγγιση. Σε αυτές περιλαμβάνονται και οι αντιστάσεις σειράς R_s και οι παράλληλες αντιστάσεις R_s. Επίσης εμφανίζονται οι διαρροές ρεύματος που περιγράφονται από τις παράλληλες αντιστάσεις R_p. Όπως είναι αναμενόμενο, αυτές οι πρόσθετες αντιστάσεις μειώνουν την απόδοση του ΦΒ στοιχείου.

$$\text{Ισχύει ότι } I_L = I_{ph} - I_0 \cdot \left[e^{\frac{V_L + (R_s \cdot I_L)}{\mu}} - 1 \right] (\text{Για } R_p \to \infty)$$

1.6.10.3 I-V χαρακτηριστική και STC

Ένα πολύ σημαντικό διάγραμμα για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η I-V χαρακτηριστική τους.



Εικόνα 1.29: I-V χαρακτηριστική των φωτοβολταϊκών

Για να μεγιστοποιηθεί η αποδιδόμενη ισχύς απαιτείται μια ορισμένη τιμή της αντίστασης R_L, που αντιστοιχεί στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP). Αυτή η μέγιστη ισχύς προκύπτει από το μέγιστο εμβαδόν που μπορεί να εγγραφεί μέσα στην I - V χαρακτηριστική, και μέσα από το εμβαδόν αυτό ορίζεται ένα ακόμα βασικό χαρακτηριστικό του ΦΒ στοιχείου, ο παράγοντας πλήρωσης (FF) . Οι τιμές του ρεύματος και της τάσης που αντιστοιχούν στη μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ συμβολίζονται με I_m και V_m και ο παράγοντας πλήρωσης ορίζεται ως:

$$FF = \frac{I_m \cdot V_m}{I_{sc} \cdot V_{sc}}$$

Για να είμαστε σε θέση να συγκρίνουμε διαφορετικά Φ/Β στοιχεία ή πλαίσια μεταξύ τους, έχουν καθοριστεί μερικές ενιαίες συνθήκες για τον καθορισμό των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών σύμφωνα με τα οποία υπολογίζεται η I-V χαρακτηριστική. Αυτές οι συνθήκες, όπως καθορίστηκαν κατά τα πρότυπα IEC 60904/DIN EN 60904 είναι:

- Κάθετη ακτινοβολία 1000W/m^2
- Θερμοκρασία Φ/Β στοιχείου 25°C με ανοχή 2°C
- AM = 1,5

Η I-V καμπύλη χαρακτηρίζεται από τα εξής σημεία:

- Το Σημείο Μέγιστης Ισχύος (MPP). (Δίνεται σε Wp)
- Το ρεύμα βραχυκύκλωσης Isc είναι 5-15% μεγαλύτερο από το Im (ρεύμα MPP). Το Isc ισούται περίπου με 3A για τα συνηθισμένα κρυσταλλικά στοιχεία.
- Η τάση ανοικτοκύκλωσης Voc είναι περίπου 0,5, ως 0,6 ενώ για τα άμορφα 0,6 ως 0,9.

Το ρεύμα βραχυκύκλωσης εξαρτάται γραμμικά από την ηλιακή ακτινοβολία (διπλασιασμός της ακτινοβολίας επιφέρει διπλασιασμό του ρεύματος). Από την άλλη η τάση ανοικτοκύκλωσης παραμένει σχετικά σταθερή καθώς αλλάζει η ακτινοβολία. Μόνο όταν η ακτινοβολία πέσει κάτω από τα 100 W/m^2 μειώνεται απότομα η τάση. Η εξάρτηση μεταξύ τάσης και ακτινοβολίας είναι λογαριθμική στα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Ο παράγοντας που επηρεάζει περισσότερο την τάση είναι η θερμοκρασία.

1.5.11.4 Απόδοση ΦΒ στοιχείου

Έστω ότι στην επιφάνεια του φβ στοιχείου προσπίπτει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με ισχύ: $P_{\pi\rho}$=E*S , όπου E η πυκνότητα ισχύος της ΗΜ ακτινοβολίας και S το εμβαδό του στοιχείου. Η απόδοση του φβ στοιχείου είναι ένα αδιάστατο μέγεθος που ορίζεται ως το πηλίκο της μέγιστης αποδιδόμενης ηλεκτρικής ισχύς P_m προς την προσπίπτουσα ισχύ της ΗΜ ακτινοβολίας $P_{\pi\rho}$. Είναι δηλαδή

$$\eta_c = \frac{P_m}{P_{\pi\rho}} = \frac{I_m \cdot V_m}{P_{\pi\rho}} = \frac{FF \cdot I_{sc} \cdot V_{oc}}{P_{\pi\rho}}$$

Γενικά, η απόδοση ενός φβ στοιχείου εξαρτάται από τον τύπο του ημιαγωγού. Παρουσιάζει αύξηση όσο αυξάνεται η πυκνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και μείωση αν αυξηθεί η θερμοκρασία.

Η ονομαστική τιμή απόδοσης ενός φβ στοιχείου εξαρτάται από τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC και την συμβολίζουμε με $\eta_{c,STC}$. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι ο παράγων θερμοκρασίας η_T, ο οποίος απεικονίζει την επίδραση που έχει στο στοιχείο η μεταβολή της θερμοκρασίας σε σχέση με την θερμοκρασία κατά τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου θ_{stc} =25°C. Έτσι η απόδοση δίδεται και από την σχέση:

$$\eta_c = \eta_T \cdot \eta_{c,stc}.$$

1.7 Συστατικά Μέρη Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

1.7.1 Φωτοβολταϊκή Γεννήτρια

Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια αποτελείται από φωτοβολταϊκές συστοιχίες και είναι ένας διαφορετικός τρόπος να ονομάσουμε το σύνολο των φωτοβολταϊκών πανέλων. Αν και έχουμε αναφερθεί ήδη σε κάποιες προδιαγραφές που πρέπει να ικανοποιούνται, θα τις συνοψίσουμε προσθέτοντας και άλλες.

Κυψέλη
Ο συνδυασμός αποδοτικών κυψελών με όμοιες ηλεκτρικές ιδιότητες οδηγεί στον υψηλό βαθμό απόδοσης της Φωτοβολταϊκής γεννήτριας και τη μεγάλη διάρκεια ζωής της. Οι κυψέλες που διαθέτουν τρεις μπάρες τροφοδοσίας, μπορούν να διαχειριστούν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται αποτελεσματικότερα, επιτρέποντας στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια να διανεμηθεί καλύτερα, περιορίζοντας παράλληλα τις ωμικές απώλειες μεταξύ των συνδέσεων των κυψελών.

Ηλιακό γυαλί
Αλλά ακόμα και για το ηλιακό γυαλί, οι επιλογές είναι ατελείωτες. Ο ρόλος του γυαλιού είναι να διοχετεύσει όσο το δυνατόν περισσότερο ηλιακό φως στην επιφάνεια της κυψέλης. Οι συμβατικοί (heavily-structured) τύποι γυαλιού τείνουν να προσελκύουν ρύπους, που με την πάροδο του χρόνου θα οδηγήσουν σε μείωση της παραγωγικής ικανότητας της μονάδας. Για τις Ευρωπαϊκές χώρες ιδανικός τύπος γυαλιού θεωρείται ο μικρο-δομημένος (micro - structured), γυαλί ειδικής επεξεργασίας καθώς μπορεί να αυτό-καθαρίζεται με τη βροχή.

Πλαίσιο φωτοβολταϊκής γεννήτριας
Τα πιο στιβαρά και σταθερά φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι εκείνα που κατασκευάζονται από ανοδιωμένο αλουμίνιο και δεν πρέπει να φέρουν σε καμία περίπτωση κοιλότητες, για την αποφυγή σχηματισμού πάγου στην επιφάνειά τους κατά τους χειμερινούς μήνες.

Κυτίο διασύνδεσης (junction box)
Πρέπει να είναι ανθεκτικό στην φωτιά και δεν πρέπει να επιτρέπει την είσοδο της υγρασίας και του αέρα. Λανθασμένη κατασκευή ή κακοτεχνίες μπορούν, υπό ορισμένες συνθήκες, να δημιουργήσουν κίνδυνο πυρκαγιάς για το σύνολο της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Δίοδοι παράκαμψης
Οι δίοδοι παράκαμψης βοηθούν τη βέλτιστη λειτουργία της Φωτοβολταϊκής γεννήτριας, ακόμη και υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες λειτουργίας ή συνθήκες μερικής σκίασης. Οι καλές φωτοβολταϊκές γεννήτριες έχουν αρκετές διόδους παράκαμψης, κάθε μια από τις οποίες συνδέεται με ένα μέγιστο αριθμό κυψελών (16-20).

Ανοχές ισχύος
Οι θετικές ανοχές ισχύος θα οδηγήσουν σε βέλτιστη ενεργειακή παραγωγή, καθώς εξασφαλίζουν αξιόλογη αύξηση ισχύος.

Απόδοση σε συνθήκες χαμηλής ηλιοφάνειας
Κατά τη διάρκεια της ημέρας δεν έχουμε πάντα ιδανικές συνθήκες ηλιοφάνειας, επομένως οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες πρέπει να έχουν υψηλή απόδοση και σε αυτές τις συνθήκες, για βέλτιστες δυνατές μέσες ετήσιες αποδόσεις ενέργειας.

Μηχανική Αντοχή σε ανεμοπιέσεις και φορτία χιονιού
Τα μέγιστα επιτρεπόμενα μηχανικά φορτία της τάξης των 6.000 Pascal παρέχουν την απαραίτητη στατική ασφάλεια.

Εγγύηση προϊόντος
Οι περίοδοι εγγυήσεων για τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες πρέπει να είναι τουλάχιστον 10έτη για το προϊόν ενώ οι εγγυήσεις απόδοσης ισχύος τουλάχιστον για 20 έτη.

Πιστοποιήσεις για την κατασκευή των Φωτοβολταϊκών
Η πιστοποίηση κατασκευής των φωτοβολταϊκών γεννητριών σύμφωνα με ISO 9001 και ISO 14001 είναι σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα του παρεχόμενου προϊόντος.

1.7.2 Αντιστροφείς (Inverters)

1.7.2.1 Γενικά

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα διασυνδεδεμένο με το δίκτυο για να μπορεί να διοχετεύει την ισχύ του σε αυτό, είναι απαραίτητο να μπορεί να μετατρέπει την συνεχή τάση εξόδου του σε εναλλασσόμενη με χαρακτηριστικά ίδια με αυτά του δικτύου, ώστε να μη δημιουργεί πρόβλημα στη λειτουργία του δικτύου και στη ποιότητα ισχύος που αυτό παρέχει. Την μετατροπή αυτή επιτυγχάνουμε μέσω του αντιστροφέα (Inverter) ή DC to AC Converter, η θέση του οποίου σε ένα σύστημα φαίνεται στο σχήμα. Τα χαρακτηριστικά που θέλουμε να επιτύχουμε στην έξοδο του αντιστροφέα είναι ημιτονοειδής ισχύς εξόδου σταθερού πλάτους, σταθερής συχνότητας και χωρίς απώλειες.

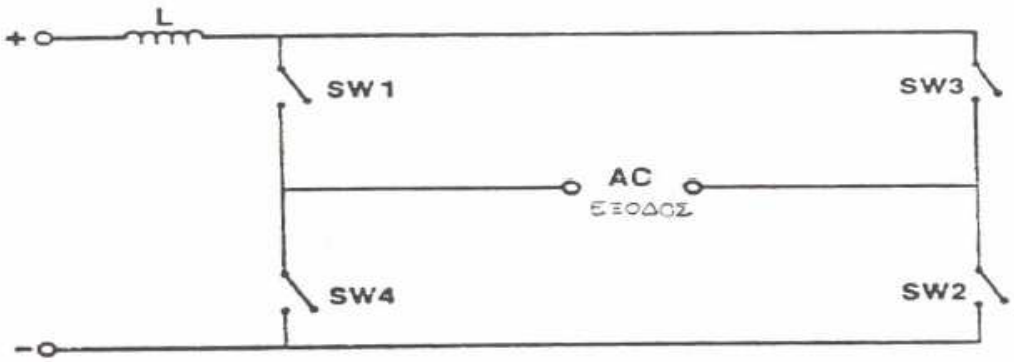
Με βάση αυτό το κριτήριο οι inverters διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Σε inverter τροποποιημένου ημίτονου (modified sine wave) και σε inverter καθαρού ημίτονου (pure / true sine wave). Ένας μετατροπέας inverter τροποποιημένου (διαμορφωμένου) ημιτόνου, είναι σαφώς μικρότερου κόστους από ένα inverter(μετατροπέα) καθαρού ημιτόνου ο οποίος βέβαια είναι κατάλληλος για όλες τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές.

Ο μετατροπέας inverter τροποποιημένου (διαμορφωμένου) ημιτόνου εμφανίζει υψηλή κατανάλωση έως και 20% σε σχέση με έναν μετατροπέα inverter καθαρού ημίτονου. Παράλληλα σε τηλεοράσεις και ηχοσυστήματα πιθανόν να ακούγεται βόμβος ενώ μοτέρ ηλεκτρικών συσκευών ή compressor ψυγείων ενδέχεται να μη λειτουργούν καθόλου.

Ο μετατροπέας καθαρού ημιτόνου δεν παρουσιάζει κανένα από τα παραπάνω προβλήματα. Το μοναδικό μειονέκτημα που θεωρείται ότι έχουν οι inverter καθαρού ημίτονου είναι η υψηλότερη τιμή τους, αφού είναι 2 έως 3 φορές ακριβότεροι από έναν αντίστοιχο inverter τροποποιημένου ημιτόνου. Για ψηφιακές ηλεκτρονικές συσκευές που διαθέτουν switching τροφοδοτικά συνιστάται η χρήση inverter με καθαρού ημιτόνου. Απαραίτητη κρίνεται η χρήση μετατροπέας καθαρού ημιτόνου σε ηλεκτρικές συσκευές

που λειτουργούν με μοτέρ (π.χ. ψυγείο) απαιτούν στιγμιαία ρεύματα εκκίνησης ισχύος (κατά την εκκίνηση του μοτέρ) σε πολλαπλάσια Watt (π.χ. εξαπλάσια) από αυτά της κανονικής τους λειτουργίας. Επιπλέον, οι inverters μπορεί να είναι με μετασχηματιστή ή χωρίς. Στην επόμενη ενότητα να αναφερθούμε διεξοδικά.

Συνήθως για να επιτύχουμε ημιτονοειδή έξοδο του αντιστροφέα χρησιμοποιούμε ημιαγωγικά στοιχεία ισχύος σαν διακόπτες όπως τρανζίστορ ή θυρίστορ και η γενική τοπολογία του κυκλώματος του αντιστροφέα φαίνεται στο σχήμα :



Εικόνα 1.30: Τοπολογία κυκλώματος αντιστροφέα

Τα ημιαγωγικά στοιχεία που χρησιμοποιούμε έχουν την ιδιότητα να άγουν ή όχι ανάλογα με το αν τους δίνεται παλμός έναυσης από κάποιο ανεξάρτητο λογικό κύκλωμα ενώ η σβέση τους μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με παλμούς (τρανζίστορ) είτε κάτω από ειδικές συνθήκες όπου το ρεύμα που διαρρέει το διακόπτη μηδενίζεται για κάποιο χρονικό διάστημα (θυρίστορ). Τα στοιχεία αυτά ανοιγοκλείνουν ανά ομάδες (1,2) και (3,4) για χρόνο μιας ημιπεριόδου, με μια συχνότητα ίση με την διπλάσια της συχνότητας του δικτύου (f=50Hζ) ή περίοδο T=1/2f=0.01 sec.

Το πηνίο στην είσοδο του αντιστροφέα χρειάζεται για να εξομαλύνει τις μεταβολές της τάσης που δημιουργούν οι διακόπτες, ενώ στην έξοδο υπάρχει συνήθως ένας μετασχηματιστής.

1.7.2.2 Τύποι αντιστροφέων

Υπάρχουν διάφορες τοπολογίες που μπορεί να υλοποιηθεί ένας αντιστροφέας. Η απλή τοπολογία παρουσιάζει υψηλό βαθμό απόδοσης αλλά η κυματομορφή και η σταθεροποίηση της τάσης εξόδου δεν είναι αποδεκτή για τις περισσότερες εφαρμογές.

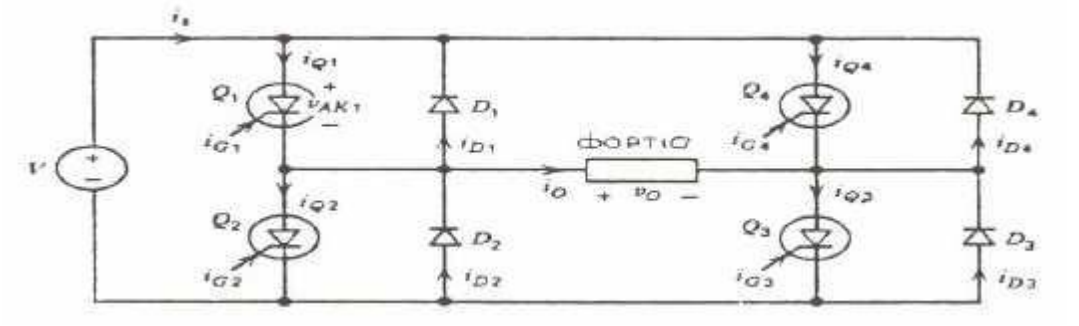
Τα μειονεκτήματα αυτά μπορούν να εξαλειφθούν εν μέρει με τη βοήθεια φίλτρων τα οποία όμως έχουν μεγάλο όγκο και κόστος. Άλλες πιο προχωρημένες τεχνικές μειώνουν τις απαιτήσεις σε φίλτρα αλλά παρουσιάζουν μεγαλύτερες απώλειες. Συνεπώς η επιλογή της τοπολογίας βασίζεται στην εύρεση της χρυσής τομής ανάμεσα σε αντικρουόμενες απαιτήσεις όσον αφορά το κόστος, την ποιότητα της τάσης εξόδου, το περιεχόμενο σε αρμονικές, τον όγκο κ.λ.π. Αν και η τεχνολογία των αντιστροφέων είναι

αρκετά ανεπτυγμένη, εν τούτοις δεν είναι αρκετά ξεκάθαρο ποια από τις πολλές τοπολογίες που υπάρχουν είναι η καταλληλότερη για κάθε φωτοβολταϊκή εφαρμογή. Ένας αντιστροφέας πρέπει να εκτελεί τρεις λειτουργίες που είναι α) αντιστροφή, β) ρύθμιση της τάσης και γ) διαμόρφωση της κυματομορφής.

Οι αντιστροφείς που υπάρχουν μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το σβήσιμο των διακοπτικών τους στοιχείων όταν αυτά είναι θυρίστορ. Όταν η ενέργεια για το σβήσιμο των θυρίστορ παρέχεται από μια εξωτερική πηγή (δίκτυο) τότε ανήκουν στην κατηγόρια των αντιστροφέων οδηγούμενων από το δίκτυο ή με φυσική μετάβαση. Όταν η ενέργεια αυτή προέρχεται από εσωτερικά κυκλώματα που περιέχουν στοιχεία όπως πυκνωτές τότε ανήκουν στην κατηγόρια των αντιστροφέων με εξαναγκασμένη μετάβαση ή αυτοοδηγούμενοι αντιστροφείς. Οι αντιστροφείς που περιέχουν τρανζίστορ ανήκουν πάντα στην κατηγόρια των φυσικά αυτοοδηγούμενων αντιστροφέων.

1.7.2.2.1 Αντιστροφέας γέφυρας

Ένας από τους πιο καθιερωμένους αντιστροφείς είναι ο αντιστροφέας γέφυρας που φαίνεται στο σχήμα (μονοφασικός).



Εικόνα 1.31: Αντιστροφέας γέφυρας

Όταν το φορτίο δεν είναι απλά ωμικό αλλά περιέχει πυκνωτές ή και επαγωγούς, δηλαδή στοιχεία που αποθηκεύουν ενέργεια, τότε κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση των διόδων παράλληλα σε κάθε διακοπτικό στοιχείο. Αυτό γίνεται διότι σε αυτές τις περιπτώσεις το ρεύμα φορτίου δεν έχει πάντα το ίδιο πρόσημο με την τάση στο φορτίο και έτσι όταν τα θυρίστορ σβήνουν, το ρεύμα συνεχίζει να περνά μέσα από τις διόδους.

1.7.2.2.2 Ρύθμιση τάσης σε ένα αντιστροφέα

Σε πολλές εφαρμογές χρειάζεται ο βαθμιαίος έλεγχος του λόγου της DC τάσης εισόδου που μπορεί να μεταβάλλεται προς την AC τάση εξόδου που τροφοδοτεί το φορτίο. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με έναν AC ρυθμιστή τάσης μεταξύ της εξόδου του αντιστροφέα και του φορτίου που όμως δημιουργεί πολλές ανώτερες αρμονικές στην τάση εξόδου και αποφεύγεται, είτε με έναν DC/ DC μετατροπέα μεταξύ πηγής και ακροδεκτών εισόδου (αυξάνονται έτσι οι απώλειες του συστήματος λόγω του επιπρόσθετου μετατροπέα και απαιτείται ένα επιπλέον φίλτρο στην είσοδο).

ΜΕΘΟΔΟΣ PWM

Ένας άλλος τρόπος να μεταβάλλουμε τον λόγο μεταξύ της DC τάσης εισόδου προς την AC τάση εξόδου είναι με την βοήθεια του κυκλώματος ελέγχου του αντιστροφέα. Οι τεχνικές που υπάρχουν διαφέρουν ως προς το αρμονικό περιεχόμενο της τάσης εξόδου πράγμα που καθορίζει την κατάλληλη κάθε φορά επιλογή. Οι τρεις πιο γνωστές τεχνικές

χρησιμοποιούν διαμόρφωση εύρους παλμού (Pulse Width Modulation ή PWM) η οποία απαιτεί εξαναγκασμένη μεταγωγή και είναι: 1)διαμόρφωση με έναν παλμό, 2)διαμόρφωση με πολλούς παλμούς και 3) διαμόρφωση με ημιτονοειδή παλμό.

Το κύκλωμα έλεγχου ελέγχει την έναυση και σβέση των διακοπτικών στοιχείων του αντιστροφέα που συνήθως είναι MOSFET ή IGBT για τέτοιες εφαρμογές. Οι συναρτήσεις ελέγχου αποτελούνται από ένα ημίτονο μεταβλητού πλάτους και μια τριγωνική κυματομορφή σταθερού πλάτους με μια συνεχή συνιστώσα, η οποία αναστρέφεται σε πολικότητα στο τέλος κάθε ημικύκλιου της τάσης εξόδου. Οι γωνίες έναυσης και σβέσης των διακοπτικών στοιχείων καθορίζονται από την τομή αυτών των δυο κυματομορφών ελέγχου. Η τάση εξόδου ελέγχεται με μεταβολή του πλάτους του ημίτονου. Αν αυτό γίνει πολύ μεγάλο τότε η χρονική μεταβολή της τάσης εξόδου πλησιάζει την τετραγωνική κυματομορφή.

Το ημίτονο (λέγεται σήμα αναφοράς) έχει μεταβλητό πλάτος A και συχνότητα f, ενώ η τριγωνική κυματομορφή (λέγεται και φορέας) έχει σταθερό πλάτος Ap, δηλαδή μια συνεχή συνιστώσα με μέτρο Ap και συχνότητα fp. Το πλάτος του ημιτόνου A γενικά μπορεί να πάρει τιμή μεγαλύτερη από το πλάτος του τριγώνου Ap. Ο αριθμός των παλμών ανά ημικύκλιο δίνεται από την σχέση 2N= fp/f και είναι πάντα ακέραιος. Ορίζονται δυο συντελεστές διαμόρφωσης: ο συντελεστής διαμόρφωσης πλάτους MA=Λ8ίπ/Ap και ο συντελεστής διαμόρφωσης συχνότητας MF=Fp/Fsin. Όταν το τρίγωνο είναι μεγαλύτερο του ημίτονου έχουμε έξοδο με λογική στάθμη μηδέν ενώ όταν το ημίτονο είναι μεγαλύτερο του τριγώνου έχουμε λογική στάθμη μονάδα. Ουσιαστικά ο συγκριτής τροφοδοτεί την μονάδα παλμοδότησης των διακοπτικών στοιχείων του αντιστροφέα. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης εξαρτάται από τα σημεία τομής των 2 κυματομορφών.

Αυξομειώνοντας το συντελεστή MA (από 0 έως 1) μεταβάλλεται το εύρος των παλμών της κυματομορφή που προκύπτει από τη σύγκριση. Όσο αφορά τον συντελεστή διαμόρφωσης συχνότητας MF πρέπει να επισημανθεί ότι για χαμηλές τιμές του πρέπει να χρησιμοποιηθεί συγχρονισμένη διαμόρφωση (συγχρονισμός σήματος φορέα με σήμα αναφοράς), να είναι περιττός ακέραιος και πολλαπλάσιος του 3 για την απαλοιφή των κυριοτέρων αρμονικών από την πολική τάση.

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 (ΜΤ) της ΔΕΗ.**

1.7.3 Ανώτερες Αρμονικές

Η συχνότητα στην έξοδο του αντιστροφέα καθορίζεται από το ρυθμό έναυσης και σβέσης των διακοπτικών στοιχείων και επομένως δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης αυτής μέσω του κυκλώματος παλμοδότησης του αντιστροφέα. Ωστόσο η διακοπτική λειτουργία του αντιστροφέα έχει συνήθως ως αποτέλεσμα μη ημιτονοειδείς κυματομορφές ρεύματος και τάσης στην έξοδο του, που σημαίνει ύπαρξη ανώτερων αρμονικών. Το φιλτράρισμα των αρμονικών δεν είναι εύκολο, ειδικά στην περίπτωση όπου η συχνότητα των ανώτερων αρμονικών μεταβάλλεται και βρίσκεται κοντά στην συχνότητα της βασικής αρμονικής της τάσης εξόδου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αύξηση του βάρους, όγκου και κόστους του αντιστροφέα. Συνεπώς η δημιουργία κυματομορφών με το μικρότερο δυνατό αρμονικό περιεχόμενο και αρμονικές που να εντοπίζονται σε όσο δυνατό υψηλότερες συχνότητες (για ευκολότερο και οικονομικότερο φιλτράρισμα) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους στόχους των κατασκευαστών αντιστροφέων. Ταυτόχρονα θα μπορούσαμε να πούμε ότι για τον παραπάνω λόγο θα μπορούσαμε να

έχουμε αντιστροφείς με πολύ μεγάλο συντελεστή διαμόρφωσης συχνότητας. Όμως κάτι τέτοιο δεν γίνεται στην πράξη διότι όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα λειτουργίας του αντιστροφέα τόσο μεγαλύτερες είναι οι διακοπτικές του απώλειες. Συνεπώς πρέπει να βρεθεί ένας συμβιβασμός μεταξύ των διακοπτικών απωλειών στα διακοπτικά στοιχεία του αντιστροφέα και του όγκου- κόστους των φίλτρων που θα τοποθετήσουμε στην έξοδο του.

1.7.4 Βάσεις στήριξης και ηλιοστάτες

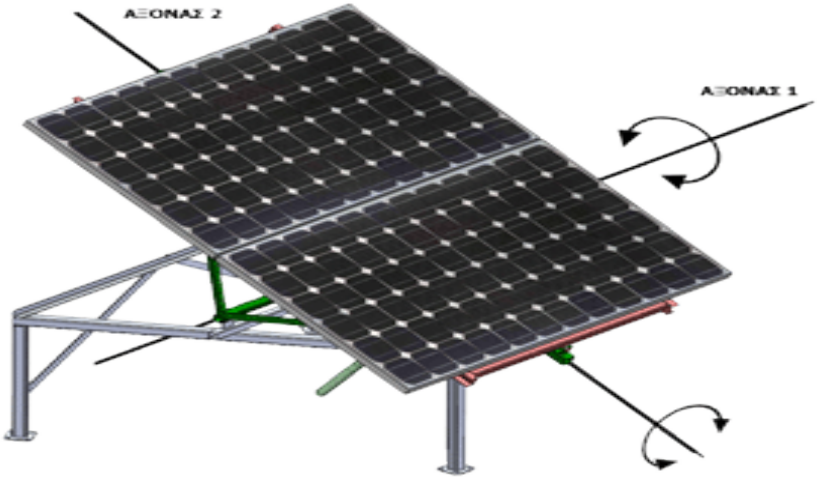
Η στήριξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων γίνεται συνήθως με βάσεις αλουμινίου ή γαλβανισμένες (ή με συνδυασμό υλικών). Στο εμπόριο διατίθενται τυποποιημένες βάσεις για διάφορους τύπους πλαισίων. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα στήριξης πληρούν τις προδιαγραφές DIN 1055, DIN 4113, DIN 18800 και έχουν μεγάλη αντοχή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

Πέρα από τις σταθερές βάσεις, υπάρχουν και οι βάσεις που ρυθμίζονται κάθε εξάμηνο προκειμένου να επιλέγεται η βέλτιστη γωνία κλίσης ανά εποχή και όχι ανά έτος.

Εικόνα 1.32: Ρυθμιζόμενη σταθερή βάση

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

Εικόνα 1.33: Μονοαξονικό Σύστημα



Εικόνα 1.34: Διαξονικό Σύστημα

Στερεώνοντας τα **φωτοβολταϊκά** πάνω σε σύστημα με δύο άξονες παρακολούθησης του Ηλίου, μπορεί να συλλεχθεί μέχρι 25% περισσότερη ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια ενός έτους, σε σύγκριση με την εγκατάσταση σταθερής κλίσης. Κάτι τέτοιο όμως αυξάνει την πολυπλοκότητα και έχει ως αποτέλεσμα μια χαμηλότερης αξιοπιστίας και υψηλότερου κόστους συντήρηση. Η μονού άξονα παρακολούθηση (ιχνηλάτηση) **tracker** είναι λιγότερο σύνθετη αλλά παρουσιάζει μικρότερο κέρδος. Ο προσανατολισμός μπορεί να ρυθμίζεται χειροκίνητα, εκεί που η προσφορά εργασίας είναι διαθέσιμη, αυξάνοντας έτσι τις όποιες απολαβές. Έχει υπολογιστεί ότι σε κλίματα με ηλιοφάνεια μια διάταξη επίπεδης κινούμενης πλάκας που έχει κατάλληλη ρύθμιση ώστε να στρέφεται προς τον ήλιο δυο φορές την ημέρα και να παίρνει την κατάλληλη κρίση τέσσερις φορές το χρόνο, μπορεί να συλλαμβάνει το 95% της ενέργειας, που συλλέγετε με ένα σύστημα δυο αξόνων παρακολούθησης πλήρως αυτοματοποιημένο.

Το σύστημα παρακολούθησης είναι ιδιαίτερα σημαντικό στα φωτοβολταϊκά συστήματα, που λειτουργούν κάτω από συγκεντρωμένο ηλιακό φως. Η δομή αυτών των φωτοβολταϊκών συστημάτων εκτείνεται από έναν απλό σχεδιασμό βασισμένο πάνω σε πλευρικούς ενισχυτικούς καθρέπτες μέχρι τα συγκεντρωτικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν υπερσύγχρονες οπτικές τεχνικές, για να αυξήσουν την είσοδο φωτός προς τα ηλιακά φωτοβολταϊκά στοιχεία κατά μερικές τάξεις του μεγέθους. Αυτά τα συστήματα πρέπει να προνοούν για ένα σημαντικό γεγονός, ότι δηλαδή συγκεντρώνοντας την ηλιακή ενέργεια ελαττώνουν το γωνιακό άνοιγμα των ακτινών, που το σύστημα μπορεί να δεχθεί. Η παρακολούθηση γίνεται απαραίτητη από τη στιγμή

που ο λόγος συγκέντρωσης υπερβαίνει το 10 περίπου και το σύστημα μπορεί να μετατρέψει μόνο την άμεση συνιστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας- ενέργειας.

1.8 Μέσα Προστασίας ΦΒ εγκατάστασης

Στο παρόν κεφάλαιο θα μελετηθούν τα μέσα προστασίας που είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούμε σε μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, τόσο στην dc όσο και στην ac πλευρά. Τα μέσα αυτά πρέπει να εγγυώνται την ασφάλεια του εξοπλισμού αλλά κυρίως των ανθρώπων που για οποιοδήποτε λόγο θα έρθουν σε επαφή με τον εξοπλισμό, έναντι υψηλών ρευμάτων ή τάσεων που ίσως προκύψουν.

1.8.1 Μέσα προστασίας στη DC Πλευρά

Ο εξοπλισμός του συνεχούς, θα πρέπει να είναι δοκιμασμένος και εγκεκριμένος για συνεχές ρεύμα και συνεχή τάση.

1.8.1.1 Καλώδια

Τα καλώδια μόνωσης που χρησιμοποιούνται στο συνεχές τμήμα της διάταξης, πρέπει να είναι τύπου ΙΙ. Τα καλώδια αυτά σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην είναι απαραίτητη η σύνδεση ασφαλείας με την ηλεκτρική γη. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με την χρήση δύο στρωμάτων μονωτικού υλικού, είτε με χρήση ενισχυμένης μόνωσης σε ένα όμως στρώμα.

Εικόνα 1.35: καλώδια τύπου ΙΙ

Τα καλώδια αυτά στην διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται ως "class 2" ή "double insulated cables". Τέλος να σημειωθεί πως οι καλωδιώσεις πρέπει να έχουν επιλεγεί ώστε να αντέχουν αναμενόμενες εξωτερικές επιδράσεις όπως σχηματισμός πάγου, δυνατός άνεμος ή υψηλές θερμοκρασίες.

1.8.1.2 Προστασία των καλωδιώσεων από υπερρεύματα (overload protection)

Εάν η αντοχή του καλωδίου ,στα strings και στα arrays, σε συνεχή διαρροή ρεύματος είναι μεγαλύτερη ή ίση του 125% του ρεύματος βραχυκύκλωσης υπό κανονικές συνθήκες δοκιμών (1,25 × Isc stc), τότε επιπλέον προστασία των αγωγών

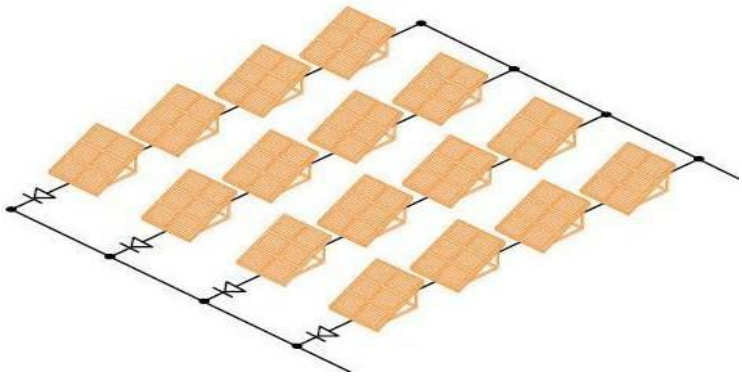
(χρήση ασφαλειών) μπορεί να παραλειφθεί. Το αυτό ισχύει και για το κύριο καλώδιο της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Φυσικά, σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνεται το ρεύμα βραχυκύκλωσης του υπό εξέταση σημείου του κυκλώματος. Για παράδειγμα στην περίπτωση του κυρίου καλωδίου (main cable) πρέπει να χρησιμοποιηθεί το Isc_stc ολόκληρης της συστοιχίας που καταλήγει στον αντιστροφέα.

Σε περίπτωση που η παραπάνω προϋπόθεση δεν πληρείται, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ασφάλειες για την προστασία των καλωδιώσεων, οι οποίες θα διαστασιολογηθούν με βάση το 125 % του ρεύματος βραχυκύκλωσης.

1.8.1.3 Προστασία έναντι ρευμάτων ανάστροφης φοράς

Εάν η φ/β γεννήτρια αποτελείται από πολλούς παράλληλους κλάδους (περισσότερους από δύο), σε περίπτωση ανάστροφης τάσης στα άκρα κάποιου string, ένα διόλου αμελητέο ανάστροφο ρεύμα θα διαρρεύσει τα πλαίσια .Αιτία για κάτι τέτοιο είναι συνήθως η παροδική σκίαση τμήματος της φ/β εγκατάστασης, πράγμα όχι σπάνιο ιδιαίτερα για οικιακά φ/β. Για να αποτρέψουμε αυτό το φαινόμενο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διάφορες μεθόδους οι οποίες θα «κόβουν» το ανάστροφο ρεύμα.

Εάν χρησιμοποιούνται δίοδοι για τον αποκλεισμό ανάστροφων ρευμάτων σε κάθε string, η αντοχή τους σε ανάστροφη τάση πρέπει να φτάνει την τιμή 2×Uoc stc, και η αντοχή τους σε ρεύμα ορθής φοράς ίση με το ρεύμα βραχυκύκλωσης κάθε πλαισίου προσαυξημένο κατά τουλάχιστον 25%.



Εικόνα 1.36: Προστασία με διόδους

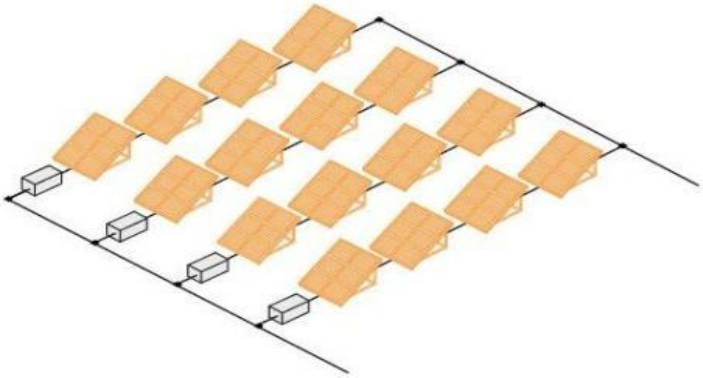
Η σύνδεσή τους πρέπει να γίνει σε σειρά με το string που προστατεύουν. Πάντως η χρήση διόδων δεν θεωρείται ικανοποιητική προστασία καθώς οι δίοδοι δεν είναι ,εν γένει, συσκευές προστασίας. Επιπλέον προκαλούν απώλειες στο κύκλωμα. Καλό θα ήταν λοιπόν να αποφεύγονται. Μία απλή και οικονομική λύση είναι η χρήση ασφαλειών (fuses).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, πρέπει το ονομαστικό τους ρεύμα να είναι σίγουρα μεγαλύτερο από το $1,25*I_{sc}$ και μικρότερο από την τιμή που έχει θέσει ο κατασκευαστής για την προστασία των πλαισίων. Αν δεν υπάρχει σαφής οδηγία από τον κατασκευαστή, η τιμή αυτή δεν πρέπει να ξεπερνά το $2*I_{sc}$.Είναι βασικό οι ασφάλειες να είναι τοποθετημένες σε ασφαλειοθήκες ικανές να αντέξουν την καταπόνηση από υπερρεύματα στις θεωρητικά χειρότερες συνθήκες λειτουργίας (worst case scenario). Επιπλέον, επιδιώκεται να φέρουν το χαρακτηριστικό gR, δηλαδή να είναι κατάλληλες για χρήση σε κύκλωμα με ημιαγωγούς. Και εδώ πάντως δεν θεωρούμε πως έχουμε απόλυτη

ασφάλεια από ανάστροφα ρεύματα εκτός και αν τα strings είναι λίγα στον αριθμό, ενώ σε σχέση με τους μικροαυτόματους που θα δούμε παρακάτω, δεν παρέχεται απόζευξη.

Οι μικροαυτόματοι (miniature cirquit breakers- MCB) και οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος, προστατεύουν την ηλεκτρική εγκατάσταση από βραχυκύκλωμα ή υπερφόρτιση. Στο κύκλωμα συνεχούς τάσης του φωτοβολταϊκού συστήματος οι μικροαυτόματοι προστατεύουν κάθε φ/β στοιχειοσειρά (string) από ρεύματα ανάστροφης φοράς, από ρεύματα βραχυκύκλωσης καθώς επίσης και από την έγχυση εναλλασσόμενου ρεύματος στο κύκλωμα συνεχούς, σε πιθανή βλάβη του αντιστροφέα. Κάθε στοιχειοσειρά πρέπει να προστατεύεται ξεχωριστά, ώστε να εξασφαλίζεται ο περιορισμός του σφάλματος μόνο σε εκείνο το string που αντιμετωπίζει πρόβλημα. Με αυτό τον τρόπο η υπόλοιπη εγκατάσταση μένει ανεπηρέαστη και παράγει κανονικά, ενώ είναι αποδοτικότερη η συντήρηση των strings καθώς μπορεί να πραγματοποιηθεί ανεξάρτητα. Είναι σαφές πως η προστασία μέσω MCB είναι τεχνικά ανώτερη από την προστασία με απλές ασφάλειες καθώς παρέχει «υπηρεσίες» απόζευξης, αλλά και εγγυημένη προστασία από ανάστροφα ρεύματα. Το βασικό μειονέκτημά τους είναι το μεγαλύτερο κόστος. Ένα άλλο φαινόμενο σχετικό με την χρήση τους είναι η πιθανή ενεργοποίησή τους λόγω κάποια παροδικής υπέρτασης (π.χ. ατμοσφαιρικής προέλευσης) η οποία όμως δε τα αποτρέπει από το να λειτουργήσουν και πάλι με ασφάλεια χωρίς αντικατάσταση κάποιου εξαρτήματος.

Οι μέγιστες τιμές αντοχής τέτοιων συσκευών φτάνουν έως 5kA, ενώ οι ονομαστικές τιμές λειτουργίας τους πρέπει να επιλεχθούν βάσει της ονομαστικής τιμής έντασης της συστοιχίας που προστατεύουν.

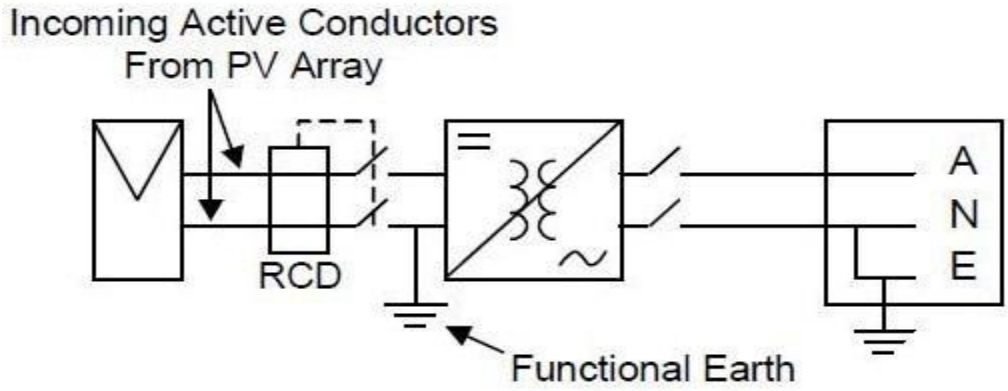


Εικόνα 1.37: Προστασία με MCB

1.8.1.4 Προστασία έναντι ρευμάτων διαρροής

Το ζήτημα των ρευμάτων διαρροής απαιτεί προσεκτική μελέτη ακόμα και αν έχουμε πάρει κάποια μέτρα προς αυτή την κατεύθυνση, όπως η χρήση καλωδίων διπλής μόνωσης. Η πρώτη λύση που προτείνεται από διεθνή πρότυπα (όπως το **VDE V 0126-1-1**) είναι η χρήση **μονάδας παρακολούθησης διαφορικού ρεύματος (RCMU)** σε περίπτωση χρήσης μετατροπέα χωρίς μετασχηματιστή. Η διάταξη αυτή εντοπίζει «άλματα» στο ρεύμα διαρροής (συνεχές και εναλλασσόμενο) ύψους τουλάχιστον 30mA και αυτό σημαίνει πως σε αργά μεταβαλλόμενα ρεύματα δεν ανταποκρίνεται, παρά μόνο αν φτάσουν σε τιμή 300mA. Αν δε χρησιμοποιήσουμε RCMU τότε η χρήση RCD τύπου B στην AC πλευρά προσφέρει τη ζητούμενη προστασία. Γενικά μπορούμε να πούμε πως το RCMU είναι μία πρόσθετη προστασία, για τις διαρροές, η οποία ενίοτε είναι ενσωματωμένη στους αντιστροφείς. Αν υπάρχει γαλβανική απομόνωση μεταξύ DC και AC πλευράς ,πρέπει να χρησιμοποιήσουμε RCD τύπου B για προστασία στην DC πλευρά . Όπως φαίνεται και στο δίπλα σχήμα, είναι απαραίτητο να υπάρχει λειτουργική γείωση,

δηλαδή σύνδεση του ουδετέρου με τη γη και το RCD να είναι συνδεδεμένο στην πλευρά της συστοιχίας, πριν το σημείο σύνδεσης με γη.



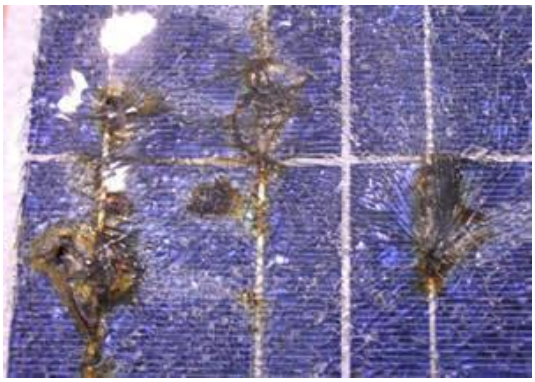
Εικόνα 1.38: Χρήση RCD στην DC πλευρά

Εξαιτίας των χωρητικών ρευμάτων που υπάρχουν λόγω των παρασιτικών χωρητικοτήτων των πλαισιών, χρειάζεται να επιλεχθεί RCD με ονομαστική τιμή ρεύματος όχι μικρότερη από 30mA.

1.8.1.5 Προστασία έναντι υπερτάσεων

Όπως και σε κάθε άλλη ηλεκτρική εγκατάσταση είναι απαραίτητη η προστασία του εξοπλισμού έναντι υπερτάσεων.

Οι υπερτάσεις αυτές μπορεί να προκληθούν λόγω εξωτερικών αιτίων (συνήθως κεραυνικά πλήγματα) αλλά και λόγω χειρισμών ενώ είναι πιθανό να καταστρέψουν τμήματα του εξοπλισμού ,όπως φαίνεται στη δίπλα εικόνα. Η εξωτερική κεραυνική προστασία (με χρήση κλωβών ή απλών ηλεκτροδίων που συλλαμβάνουν το κεραυνικό πλήγμα και το διοχετεύουν στη γη) είναι εκτός του σκοπού αυτής της ενότητας. Θα δούμε πως μπορεί να επιτευχθεί εσωτερική προστασία, δηλαδή να εντοπίζονται υπερτάσεις ικανές να βλάψουν στοιχεία του κυκλώματος και να διοχετεύεται το ρεύμα εκφόρτισής τους στη γη. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η χρήση συσκευών απαγωγής υπερτάσεων ή , όπως είναι πιο γνωστές, μερα inverter (συνήθως αναφέρονται με το γενικό όρο SPD- μερα protective devices). Οι διατάξεις αυτές έχουν μεταβλητή αντίσταση προς γη. Σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας (λέμε ότι το SPD είναι σε αναμονή –on hold) η αντίσταση προς γη είναι πολύ μεγάλη ,ενώ αν η τάση γίνει πολύ μεγάλη (περίπτωση υπέρτασης) η αντίσταση γίνεται πολύ μικρή και διοχετεύει το αντίστοιχο υπερρεύμα στη γη.



Εικόνα 1.39: Κατεστραμμένο πλαίσιο λόγω υπέρτασης

Διακρίνουμε τρία είδη SPD ανάλογα με το επίπεδο προστασίας που παρέχουν:

☛SPD type I

Έχουν τη μεγαλύτερη αντοχή σε υπερτάσεις (και τα συνακόλουθα ρεύματα) καθώς σχεδιάζονται για να αντέχουν απευθείας κεραυνικό πλήγμα, με την έννοια της εκφόρτισης μεγάλου μέρους κεραυνικού ρεύματος το οποίο θεωρητικά πρέπει να μεταφέρουν στη γη οι αγωγοί της εξωτερικής κεραυνικής προστασίας. Εάν οι αποστάσεις μεταξύ των καλωδίων και των αγωγών αυτών δεν είναι οι πρέπουσες, το κεραυνικό ρεύμα σχηματίζει τόξα και μοιράζεται ανάμεσα στα ηλεκτρόδια γείωσης και τους αγωγούς της φ/β εγκατάστασης.

Επειδή τα SPD I για την DC πλευρά έχουν σημαντικό κόστος, η καλύτερη λύση είναι η εξασφάλιση αποστάσεων ασφαλείας μεταξύ φ/β και εξωτερικής προστασίας ώστε να αποφευχθούν ιδιαίτερα μεγάλα ρεύματος στις γραμμές των πλαισίων.

☛ SPD type II

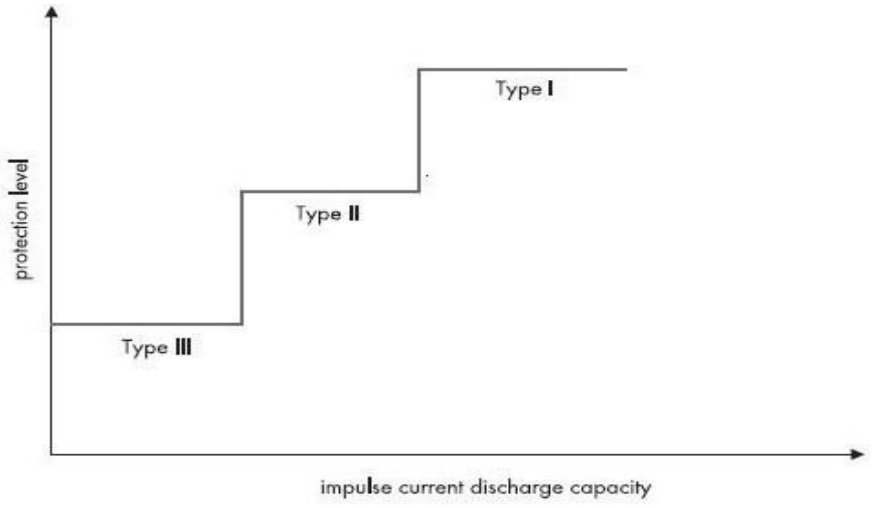
Θεωρούνται μέση λύση και χρησιμοποιούνται ευρύτατα καθώς έχουν την ικανότητα χειρισμού υπερρευμάτων προερχόμενων από επαγόμενες τάσεις λόγω κεραυνικού πλήγματος .Στην περίπτωση αυτή η ισχύς που διαχειρίζονται είναι σαφώς μικρότερη από αυτήν άμεσου χτυπήματος και το κόστος τους είναι αρκετά μικρότερο από του τύπου I.

☛ SPD type III

Χρησιμοποιούνται ως προστασία έναντι επαγόμενων υπερτάσεων μικρής τιμής (για παράδειγμα όταν το κεραυνικό πλήγμα βρίσκεται πολύ μακριά) και προστατεύουν πολύ ευαίσθητα ηλεκτρονικά κυκλώματα, όπως αυτά που βρίσκονται εντός των αντιστροφέων.

Είναι ικανά να χειριστούν μικρά ρεύματα (σε σχέση με τους άλλους τύπους SPD). Ανάλογα με την ικανότητα σε ρεύμα εκφόρτισης ορίζεται το παρεχόμενο επίπεδο προστασίας. Όπως φαίνεται παραστατικά στο ακόλουθο σχήμα, το υψηλότερο επίπεδο προστασίας παρέχει το SPD τύπου I ενώ το χαμηλότερο αυτό του τύπου III. Στο σημείο

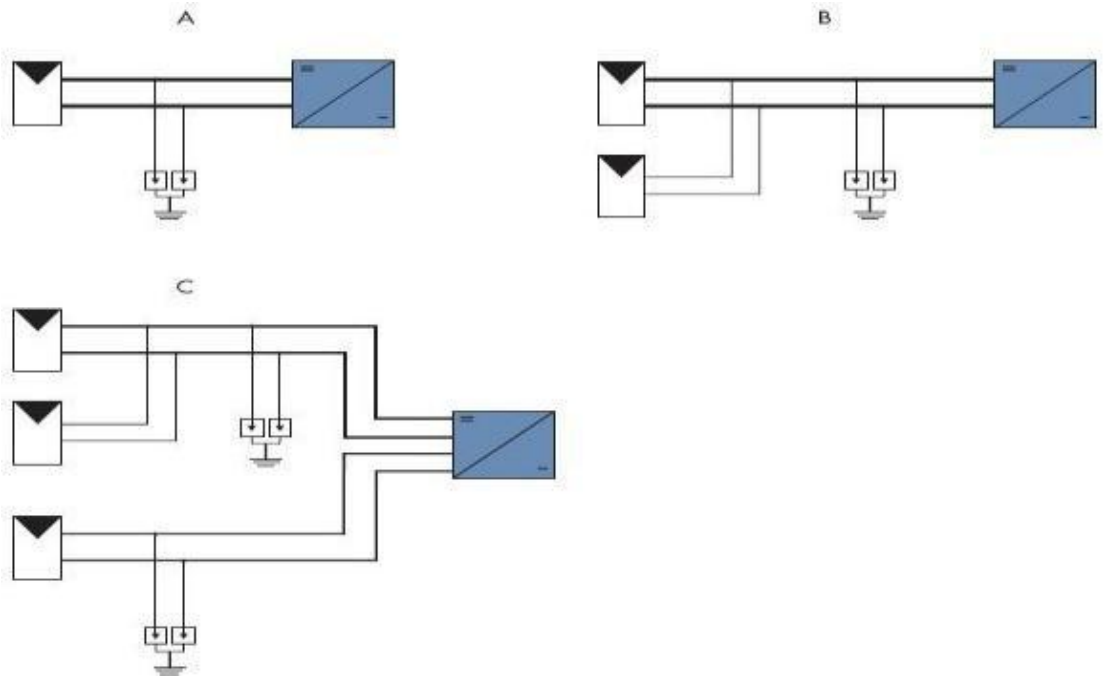
αυτό είναι απαραίτητη μια διευκρίνηση. Ένα SPD τύπου I δε σημαίνει πως παρέχει προστασία πάντα και για όλες τις συσκευές .



Εικόνα 1.40: Επίπεδο προστασίας

Αν προστατεύουμε μία ευαίσθητη διάταξη δεν είναι κατάλληλο για χρήση, καθώς η παραμένουσα τάση του είναι μεγάλη και μπορεί να διοχετεύσει εντάσεις ικανές να καταστρέψουν τη συσκευή. Αν και δεν είναι απόλυτα δόκιμος όρος, θα μπορούσαμε να πούμε πως παρέχει «χονδροειδή» προστασία στο συνολικό κύκλωμα. Στην ανωτέρω περίπτωση πρέπει μαζί με το SPD τύπου I να εγκατασταθεί και ένα τύπου II ή τύπου III εγγύτερα στην υπό προστασία συσκευή (downstream installation).

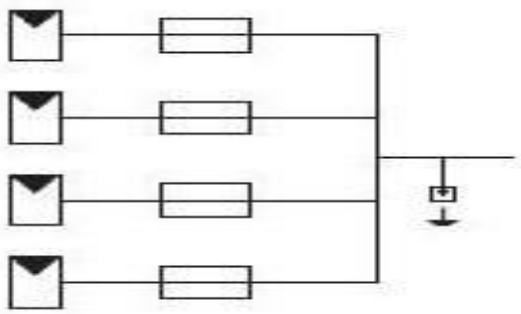
Είναι σημαντικό να εξεταστεί η θέση εγκατάστασης των SPD στην DC πλευρά. Εάν ο inverter διαθέτει ένα MPPT για όλα τα string που εξυπηρετεί (όπως συμβαίνει για δύο από τους αντιστροφείς που εγκαταστήσαμε), τότε ένα μόνο SPD είναι αρκετό αρκεί να τοποθετηθεί μετά το σημείο σύνδεσης των διαφόρων strings (αν υπάρχουν πολλαπλές συστοιχίες-περιπτώσεις A και B). Εάν ο αντιστροφέας πραγματοποιεί ξεχωριστό MPPT για κάθε ξεχωριστή είσοδο που δέχεται (όπως ο τρίτος αντιστροφέας) τότε κάθε string πρέπει να προστατευθεί με ξεχωριστό surge arrester (περίπτωση C).



Εικόνα 1.41: Τοποθέτηση SPD κατά περίπτωση

Ένα ακόμη σημείο που χρειάζεται προσοχή είναι η περίπτωση που χρησιμοποιούνται μέσα προστασίας των γραμμών (πχ ασφάλειες). Τότε πρέπει το SPD να τοποθετηθεί μετά τις ασφάλειες (προς την πλευρά του inverter) και μετά το σημείο σύνδεσης των επιμέρους strings που προστατεύει.

Μία γενική απαίτηση σύμφωνα με το πρότυπο IEC 62305-4 είναι η αντοχή του εξοπλισμού σε υπέρταση (Uw) να είναι μεγαλύτερη ή τουλάχιστον ίση με την τιμή ενεργοποίησης της συσκευής προστασίας (effective protection level -Up) είτε όπως αυτή δίνεται από τον κατασκευαστή είτε προσαυξημένη κατά κάποιο ποσοστό (συνήθως 20%) για να συμπεριλάβει την πτώση τάσης στους αγωγούς σύνδεσης.



Εικόνα 1.42: Χρήση SPD μαζί με ασφάλειες

Πρέπει να σημειωθεί πως συσκευές τέτοιου τύπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όχι μόνο στην dc πλευρά αλλά και στην ac. Ανάλογα με την θέση τους στο DC τμήμα μπορεί να προστατεύουν:

☛Την φωτοβολταϊκή γεννήτρια, αν τοποθετηθούν στην έξοδο των ηλιακών πάνελ.

☛Την dc είσοδο του αντιστροφέα, αν τοποθετηθούν μπροστά από αυτόν στην συνεχή πλευρά του συστήματος.

Τέλος, για την ελαχιστοποίηση της τιμής των επαγόμενων τάσεων, εξαιτίας κεραυνικού πλήγματος, πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε οι αγώγιμοι βρόγχοι που δημιουργούν οι καλωδιώσεις να είναι όσο το δυνατόν μικρότεροι.

1.8.1.6 Ηλεκτρική απομόνωση εγκατάστασης

Είναι απαραίτητη η παρουσία ενός αποζεύκτη DC (switch disconnector), για την απομόνωση της συνεχούς πλευράς σε περιπτώσεις συντήρησης ή κάποιας βλάβης που απαιτεί άμεση απομόνωση ενός ή περισσότερων συστοιχιών. Να σημειωθεί ότι η πλευρά αυτή θεωρείται ενεργή ακόμα και όταν η παροχή του inverter στο δίκτυο έχει διακοπεί. Γενικά η απόζευξη συνεχούς κυκλώματος είναι πιο δύσκολη από το εναλλασσόμενο, καθώς στο συνεχές δεν υπάρχουν μηδενισμοί της έντασης του ρεύματος και πρέπει από μία σταθερή τιμή να οδηγηθεί απευθείας στο μηδέν.

Σε κάθε string είναι σωστό να τοποθετείται ένας αποζεύκτης ώστε να μπορούμε ανεξάρτητα να χειριστούμε κάθε συστοιχία. Τα χαρακτηριστικά με βάση τα οποία θα επιλέξουμε ένα switch disconnector είναι τα παρακάτω:

☛ Ονομαστική τάση μόνωσης –Rated Insulation Voltage (Ui).Η Ui εκφράζει τη μέγιστη τάση υπό την οποία μπορεί να λειτουργήσει ο αποζεύκτης διακόπτοντας το κύκλωμα

☛ Ονομαστική τάση λειτουργίας - Rated Operational Voltage (Ue). Η Ue είναι η τυπική τιμή τάσης στην οποία λειτουργεί η συσκευή.

☛ Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας – Rated Operational Current (Ie). Το Ie είναι η ονομαστική ένταση του διακόπτη.

Είναι σαφές πως η τάση μόνωσης Ui πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της τάσης ανοιχτού κυκλώματος του string που εξυπηρετεί δηλαδή του αθροίσματος των Voc των πλαισίων του string. Η τάση λειτουργίας επίσης θα πρέπει να αντέχει το επίπεδο τάσης στο οποίο επιτυγχάνεται η διακοπή ροής ρεύματος κατά την απόζευξη (η τάση αυτή είναι πάντα μεγαλύτερη της ονομαστικής τάσης του string). Συνήθως επιλέγουμε οι τιμές Ui και Ue να είναι ίσες. Το ρεύμα Ie υπολογίζεται ως το άθροισμα των ρευμάτων βραχυκύκλωσης (Isc) των παράλληλων κλάδων που συνδέονται σε αυτό, παρά το γεγονός ότι η συστοιχία λειτουργεί σε χαμηλότερο ρεύμα (Impp).

Να σημειωθεί πως η διαστασιολόγηση των αποζευκτών δεν είναι τυποποιημένη διαδικασία καθώς η τάση μίας φωτοβολταϊκής γεννήτριας δεν έχει καθορισμένο όριο προς τα πάνω στις ευρωπαϊκές χώρες (εκτός από τον γενικό περιορισμό για DC τάσεις έως 1500V).Υπάρχει μία τακτική να πηγαίνουμε σε όλο και πιο υψηλές τάσεις που φτάνουν και το 1KV.Αντίθετα στη Βόρεια Αμερική ο NEC θέτει ως άνω όριο τάσης για φ/β συστήματα τα 600V. Επίσης ο NEC απαγορεύει την απόζευξη αγωγού που είναι γειωμένος. Έτσι, αν έχουμε γειώσει για παράδειγμα τον αγωγό επιστροφής, ο αποζεύκτης πρέπει να είναι μονοπολικός.

1.8.1.7 Γείωση αγωγού και αντιστροφέα.

Στο θέμα της γείωσης θα πρέπει να υπάρξει προσεκτική μελέτη, και να ληφθεί υπόψη τόσο το είδος των φωτοβολταϊκών πλαισίων όσο και ο αντιστροφέας.

Συγκεκριμένα δεν επιτρέπεται η γείωση οποιουδήποτε αγωγού (θετικού ή αρνητικού) σε περίπτωση που δεν υπάρχει γαλβανική απομόνωση μεταξύ της ac και της

dc πλευράς του συστήματος, καθώς σε αυτήν την περίπτωση θα σχηματιζόταν βρόχος μεταξύ του αγωγού της γείωσης και του φορτίου.

Κατ'επέκταση, δεν πρέπει να γειώνουμε αγωγό σε περίπτωση που ο αντιστροφέας που χρησιμοποιείται δε διαθέτει μετασχηματιστή (transformerless inverter). Πότε όμως είναι απαραίτητη η γείωση αγωγού. Κάποιες φορές το είδος των πλαισίων επιβάλλει την ύπαρξη γείωσης.

Συγκεκριμένα, στα back contact cells παρατηρήθηκε πως λόγω της διαρροής ρεύματος από τα κελιά στο μεταλλικό πλαίσιο (διαρροή που παρατηρείται σε όλες σχεδόν τις τεχνολογίες πλαισίων) προκαλείται συσσώρευση φορτίου στην εμπρόσθια όψη με συνακόλουθη πτώση της απόδοσής του έως και 30%.Πιο αναλυτικά, αν ο θετικός ακροδέκτης έχει υψηλή (θετική) τάση προς το έδαφος θα έχουμε συγκέντρωση αρνητικών φορτίων στην αντιανακλαστική επιφάνεια (antireflecting coating-ARC). Τα φορτία αυτά έλκουν στην επιφάνεια της οπές οι οποίες επανασυνδέονται με ηλεκτρόνια στην περιοχή του n-τύπου πυριτίου αντί να καταλήγουν στον θετικό ακροδέκτη. Ως αποτέλεσμα έρχεται η προαναφερθείσα πτώση της απόδοσης.

Μία λύση για το πρόβλημα αυτό είναι να αποφεύγεται η θέση του θετικού ακροδέκτη σε πολύ υψηλό δυναμικό σε σχέση με το έδαφος. Αυτό μπορεί να γίνει με γείωση του θετικού ακροδέκτη των πλαισίων οπότε θα έχουμε συγκέντρωση θετικών φορτίων στην επιφάνεια και δεν θα έλκονται οι «οπές».

Μια άλλη ιδέα είναι να τεθεί η φωτοβολταϊκή διάταξη υπό υψηλή αρνητική τάση κατά τη διάρκεια της νύχτας έτσι ώστε να αντιστραφεί το φαινόμενο, καθώς η συγκέντρωση αυτή τη φορά θετικών φορτίων στην επιφάνεια θα απωθήσει τα, κατά την ημέρα, ελκυόμενα θετικά φορτία που δεν πρόλαβαν να επανασυνδεθούν, προς τον θετικό ακροδέκτη.

Αυτό σημαίνει βέβαια πως δεν μπορούμε να συνδυάσουμε back contact πλαίσια με transformerless inverters αν θέλουμε να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα της μειωμένης απόδοσης. Παρόμοιο θέμα με συγκέντρωση επιφανειακών φορτίων παρατηρήθηκε και σε κάποια πλαίσια ταινίας πυριτίου, μόνο που εδώ εμφανίζεται όταν έχουμε αρνητική τάση προς το έδαφος. Η λύση σε αυτή την περίπτωση είναι η γείωση του αρνητικού ακροδέκτη της διάταξης των πλαισίων ή η χρήση αντιστροφέα με γειωμένο τον αρνητικό του πόλο από κατασκευής. Αναφέρεται ακόμα η γείωση του αρνητικού ακροδέκτη κατά τη διάρκεια της νύχτας ώστε να αναστρέφεται η δημιουργηθήσα την ημέρα, επιφανειακή πόλωση.

Αν θελήσουμε να αποφύγουμε την διαδικασία επιλογής της κατάλληλης γείωσης επιλέγοντας κάποια άλλη τεχνολογία, τα πλαίσια thin film δεν θα είναι σοφή επιλογή. Αυτό γιατί εδώ έχει παρατηρηθεί διάβρωση του στρώματος διαφανούς αγώγιμου οξειδίου (transparent conductive oxide-TCO) με συνέπεια την έντονη μείωση της απόδοσης (intense degradation). Αιτία, πιθανότατα, είναι η «εισβολή» στο στρώμα αυτό ιόντων νατρίου (Na+) προερχόμενων από το γυάλινο κάλυμμα.

Πιο ευάλωτα είναι τα πάνελ με δομή υπερστρώματος δηλαδή κάποια πλαίσια άμορφου πυριτίου (a-Si) και αυτά του καδμίου τελλουρίου (CdTe). Η δομή υποστρώματος (στα υπόλοιπα πλαίσια a-Si και τα CIGS) φαίνεται να επηρεάζεται λιγότερο. Ως λύση προτείνεται η γείωση του αρνητικού ακροδέκτη της γεννήτριας σε συνδυασμό βέβαια με transformerless inverter ή η χρήση αντιστροφέα με μετασχηματιστή αλλά με γειωμένο τον αρνητικό του ακροδέκτη.

1.8.1.8 Ισοδυναμική σύνδεση (equipotential bonding)

Σε κάποιες περιπτώσεις εγκαταστάσεων, για την προστασία των ανθρώπων από ηλεκτρικό σοκ χρησιμοποιείται ισοδυναμική σύνδεση των μεταλλικών τμημάτων της κατασκευής. Συνδέονται δηλαδή τα τμήματα αυτά με αγώγιμο υλικό χαμηλής αντίστασης, έτσι ώστε οι διαφορές δυναμικού μεταξύ τους να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες. Με τον τρόπο αυτό ο κίνδυνος ηλεκτρικού σοκ γίνεται μικρότερος.

Υπάρχει η δυνατότητα το δημιουργηθέν «κύκλωμα» να συνδεθεί με το σύστημα γείωσης αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις που αυτό δε γίνεται. Σε μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση δεν επιτρέπεται η ισοδυναμική σύνδεση απουσία γης (earth free equipotential bonding) στην dc πλευρά του συστήματος. Σε περίπτωση που πραγματοποιηθεί και η σύνδεση με τη γή, οι αγωγοί σύνδεσης (bonding contactors) πρέπει να τοποθετούνται παράλληλα και όσο το δυνατόν πιο κοντά, τα καλώδια dc αλλά και ac (αν εφαρμοστεί η μέθοδος στην εναλλασσόμενη πλευρά).

1.8.2 Μέσα Προστασίας στην AC Πλευρά

1.8.2.1 Χρήση διακόπτη προστασίας από ρεύματα διαφυγής ή διάταξης προστασίας διαφορικού ρεύματος

Ο ευρωπαϊκός όρος για τις συγκεκριμένες διατάξεις είναι RCD (Residual Current Devices-RCD), ενώ στις Η.Π.Α και τον Καναδά, ([11]), είναι γνωστά ως GFCI (ground fault circuit interrupter) ή ως ALCI (appliance leakage current interrupter).

Εντοπίζουν την διαφορά του ρεύματος ανάμεσα στην φάση και τον ουδέτερο και έτσι «αντιλαμβάνονται» την ύπαρξη διαρροής στο υπό προστασία κύκλωμα το οποίο και διακόπτουν. Παρέχουν προστασία από άμεση ή έμμεση επαφή ανθρώπου με το κύκλωμα. Ως άμεση ορίζουμε την επαφή με ένα αγωγό φάσης ή τον ουδέτερο όταν το κύκλωμα βρίσκεται υπό κανονική λειτουργία.

Έμμεση επαφή έχουμε όταν κάποιος αγγίξει ένα αγώγιμο σημείο του κυκλώματος στο οποίο υπάρχει διαρροή ρεύματος προς της γειώσεως προστασίας.
Τονίζεται πως δεν παρέχουν προστασία έναντι βραχυκυκλώματος ή ενδεχόμενης υπερφόρτωσης της γραμμής.

Επίσης σε κάποιες χώρες η χρήση τέτοιων συσκευών αποτελεί νομική απαίτηση όχι μόνο για την προστασία ανθρώπων από ηλεκτρικό σοκ αλλά και την αποτροπή πυρκαγιών (κυρίως σε υπαίθριες ή δασικές εκτάσεις).

βασικό χαρακτηριστικό ενός RCD είναι το παραμένον ρεύμα μέτρησης ή ονομαστικό διαφορικό ρεύμα το οποίο συμβολίζεται συνήθως με **I(Δf)** και είναι η τιμή εκείνη του ρεύματος διαφυγής προς γη ,πάνω από την οποία ενεργοποιείται η συσκευή και πραγματοποιεί απόζευξη. Αυτόματα η τιμή αυτή μας δείχνει την «ανοχή» του RCD σε κάποια μόνιμα ρεύματα διαφυγής τα οποία, όπως θα δούμε και παρακάτω υπάρχουν σε πολλά συστήματα και δεν πρέπει να προκαλούν διακοπή.

Τυπικές τιμές που χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο 6mA, 10mA, 30mA, 100mA, 300mA και 500mA.

Για την επίτευξη προστασίας από άμεση επαφή το ονομαστικό ρεύμα του RCD πρέπει να κυμαίνεται από 5 έως 30 mA. Στις Η.Π.Α ο εθνικός ηλεκτρικός κώδικας **(NEC)** απαιτεί άμεση απόζευξη για ρεύμα από 4mA και πάνω, ενώ στην Ευρώπη η αντίστοιχη τιμή είναι 30mA.Για προστασία από έμμεση επαφή επιλέγονται RCD με **I(Δf)** από 100 έως 500mA.Τις ίδιες περίπου τιμές ονομαστικού ρεύματος επιλέγουμε και για προστασία

από πυρκαγιά,([5]), σε ευαίσθητες περιοχές όπως δασικές ή αγροτικές και σε φωτοβολταϊκά πάρκα, εγκατεστημένα σε τέτοιες τοποθεσίες και γενικά σε μέρη με έντονη ξηρασία. Ο γερμανικός κανονισμός **VDE 0100-705** απαιτεί την παρουσία RCD με **I(Δf)** = 300mA σε τέτοιες περιπτώσεις.
Ξεχωρίζουμε τρία είδη στην αγορά:

☛ RCD type AC, τα οποία αποτελούν τον πιο παλιό τύπο και εντοπίζουν μόνο εναλλασσόμενα ρεύματα διαρροής. Χρησιμοποιούνται ελάχιστα πλέον.

☛RCD type A, τα οποία μπορούν να εντοπίσουν εναλλασσόμενα αλλά συνεχή ρεύματα διαρροής με κυμάτωση. Είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα σήμερα.

☛ RCD type B, με δυνατότητα εντοπισμού εναλλασσόμενων, συνεχών με κυμάτωση αλλά και ομαλών (smooth) συνεχών ρευμάτων. Αποτελούν την πιο ολοκληρωμένη πρόταση για αυτού του είδους την προστασία αλλά είναι και σημαντικά πιο ακριβά από τους άλλους τύπους.

Οι τιμές έως 30mA προστατεύουν από άμεση επαφή ,ενώ πάνω από 30mA χρησιμοποιούνται για την έμμεση επαφή σε περίπτωση διαρροής μέσω της γείωσης προστασίας.

Είναι απαραίτητο να σημειωθεί πως το ελληνικό πρότυπο για ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις αναφέρει σαφώς πως η χρήση διατάξεων προστασίας διαφορικού ρεύματος με ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας ΙΔF ίσο ή μικρότερο από 30mA αναγνωρίζεται ως πρόσθετο μέτρο προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας από άμεση επαφή, σε περίπτωση αστοχίας των άλλων μέτρων προστασίας ή απερισκεψίας των ατόμων. Επομένως δεν αναγνωρίζεται ότι αποτελεί από μόνη της μέτρο προστασίας έναντι άμεσης επαφής και δεν απαλλάσσει από την υποχρέωση εφαρμογής των άλλων μέτρων προστασίας .

Πρέπει εδώ να τονίσουμε πως η χρήση των RCD εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τοπολογία του δικτύου και συγκεκριμένα το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων.

☛<u>Τύπος δικτύου TT</u>

Το RCD θεωρείται κύριος τρόπος προστασίας από ρεύματα σφάλματος εφόσον ικανοποιείται ο ακόλουθος περιορισμός:

Zs x Ia ≤ Uo όπου:

Zs είναι η σύνθετη αντίσταση του βρόχου του σφάλματος, ο οποίος περιλαμβάνει την πηγή, τον ενεργό αγωγό μέχρι το σημείο του σφάλματος και τον αγωγό προστασίας μεταξύ **του σφάλματος και της πηγής.**

Ia είναι το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας της διάταξης.

Uo είναι η ονομαστική τάση, μεταξύ φάσης και γης (ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος)

Ο ανωτέρω τύπος μας εξασφαλίζει, πως σε περίπτωση σφάλματος προς γη, ο χρόνος απόκρισης της συσκευής (δηλαδή ο χρόνος διακοπής) θα είναι ,για το σύστημα χαμηλής τάσης, το πολύ 0,4 δευτερόλεπτα.

Επιπλέον πρέπει:

$$R_A < \frac{50\,V}{I(\Delta f)}$$

όπου $\mathbf{R_A}$ είναι το άθροισμα αντιστάσεων της γείωσης και του αγωγού προστασίας του (προστατευόμενου) σώματος, **I(Δf)** είναι το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα του RCD.

Η πιο πάνω συνθήκη εξασφαλίζει πως το παραμένον ρεύμα δεν είναι ποτέ μεγαλύτερο από ένα εμφανιζόμενο ρεύμα σφάλματος και ως εκ τούτου ,σε περίπτωση διαρροής, το RCD θα ενεργοποιηθεί. Η τιμή της τάσης 50V είναι αυτή που σύμφωνα με το πρότυπο, θεωρείται επικίνδυνη σε περίπτωση επαφής.

☛Τύπος δικτύου TN

Η χρήση RCD επιτρέπεται εν γένει στην τοπολογία αυτή και μάλιστα μόνο με την απαίτηση **Zs x Ia ≤ Uo**, καθώς σε τέτοιες τοπολογίες τα ρεύματα σφάλματος είναι αρκετά μεγάλα και σαφώς μεγαλύτερα από το παραμένον ρεύμα μέτρησης της συσκευής.

Εξαίρεση αποτελούν τα δίκτυα TN-C, (δηλαδή δίκτυα που ο ουδέτερος και η γείωση είναι ο ίδιος αγωγός) ,στα οποία απαγορεύεται ρητά η χρήση διατάξεων διαφορικού ρεύματος.

☛ Τύπος δικτύου IT

Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT οι ενεργοί αγωγοί είτε δεν έχουν καμία σύνδεση προς τη γη, είτε συνδέονται προς αυτήν μέσω μιας σύνθετης αντίστασης μεγάλης τιμής, ώστε, σε περίπτωση σφάλματος προς τη γη, το ρεύμα σφάλματος να είναι πολύ μικρό.

Ορίζεται πως εάν ισχύει η παρακάτω συνθήκη μπορεί να παραλειφθεί η χρήση RCD : $\mathbf{R_A \times Id \leq 50\ V}$

όπου $\mathbf{R_A}$ είναι το άθροισμα των αντιστάσεων γείωσης των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών (αντιστάσεις του ηλεκτροδίου και των αγωγών προστασίας), **Id** είναι το ρεύμα σφάλματος αμελητέας σύνθετης αντίστασης μεταξύ ενός αγωγού φάσης και ενός εκτεθειμένου αγώγιμου μέρους ή ενός αγωγού προστασίας. Η τιμή του Id ορίζεται από τα ρεύματα διαρροής (εξαιτίας της χωρητικής ζεύξης προς τη γη) και, στην περίπτωση που το σύστημα είναι συνδεδεμένο προς τη γη, από τη συνολική αντίσταση γείωσής του.

Στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις το βασικό κριτήριο επιλογής του κατάλληλου RCD είναι το είδος του μετατροπέα.

1.8.2.2 Μετατροπέας χωρίς μετασχηματιστή

Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει βασική μόνωση μεταξύ της συνεχούς και της εναλλασσόμενης πλευράς του συστήματος. Έτσι αντιμετωπίζουμε το ενδεχόμενο εμφάνισης ρεύματος διαρροής με συνεχή συνιστώσα. Σύμφωνα με το γερμανικό πρότυπο **VDE 0100-712,** η χρήση RCD τύπου B είναι επιβεβλημένη. Αυτή η απαίτηση ισχύει επίσης για μετατροπείς με μετασχηματιστή υψηλής συχνότητας, διότι δεν υπάρχει γαλβανική απομόνωση ανάμεσα στην πλευρά του εναλλασσόμενου ρεύματος και στην πλευρά της συνεχούς τάσης. Κατά τη λειτουργία ενός transformerless inverter υπάρχουν, ανάλογα με τη λειτουργία, συνεχή παραμένοντα ρεύματα (βάσει της αντίστασης μόνωσης και των χωρητικοτήτων της φωτοβολταϊκής γεννήτριας). Για κάθε

συνδεδεμένο μετατροπέα πρέπει να προβλέπεται ένα παραμένον ρεύμα μέτρησης 100 mA. Το παραμένον ρεύμα μέτρησης του RCD πρέπει να αντιστοιχεί τουλάχιστον στο άθροισμα των παραμενόντων ρευμάτων μέτρησης των συνδεδεμένων μετατροπέων. Όταν για παράδειγμα είναι συνδεδεμένοι 3 μετατροπείς χωρίς μετασχηματιστή, το παραμένον ρεύμα πρέπει να είναι τουλάχιστον 300 mA, διαφορετικά ρισκάρουμε την εμφάνιση φαινομένου nuisance tripping, δηλαδή ενεργοποίησης του RCD χωρίς να υπάρχει ουσιαστικός κίνδυνος για πρόσωπα ή την εγκατάσταση .Εξαιτίας των πρόσθετων αυτών συνεχών ρευμάτων, το ρεύμα απελευθέρωσης σε περίπτωση σφάλματος υπολογίζεται αυξημένο κατά (το πολύ) 30% του **I(Δf)** του RCD και η (γενική) συνθήκη για τη χρήση του που είδαμε παραπάνω εξειδικεύεται ως εξής:

$$R_A < \frac{50\,V}{1{,}3\,I(\Delta f)}$$

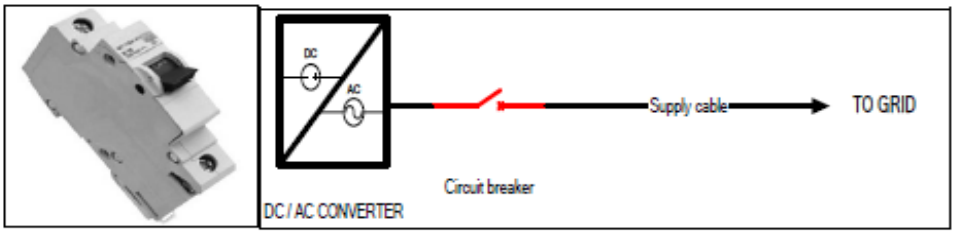
Πληρουμένης της συνθήκης αυτής το RCD παρέχει ασφάλεια από ρεύματα διαρροής. Αξίζει να σημειωθεί πως κάποιοι κατασκευαστές μπορούν να εγγυηθούν πως δεν υπάρχει περίπτωση διαρροής συνεχών συνιστωσών έντασης στην εναλλασσόμενη πλευρά και σε αυτή την περίπτωση θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τα (οικονομικότερα) RCD τύπου A. Όλα αυτά βέβαια εάν η χρήση RCD τύπου B δεν επιβάλλεται από τον ηλεκτρικό κανονισμό της εκάστοτε χώρας. Για παράδειγμα, και πάλι στη Γερμανία, ο κανονισμός αναφέρει πως σε περίπτωση που δεν αναμένονται συνεχή ρεύματα διαρροής στην AC πλευρά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε RCD τύπου A. Παρά ταύτα, σύμφωνα με τα μέχρι τώρα ερευνητικά ευρήματα, η ανωτέρω προϋπόθεση πληρείται μόνο για TL inverters.

1.8.2.3 Μετατροπέας *με* μετασχηματιστή

Στην περίπτωση αυτή υπάρχει γαλβανική απομόνωση μεταξύ συνεχούς και εναλλασσόμενης πλευράς και έτσι δεν αντιμετωπίζουμε πρόβλημα διαρροής συνεχών συνιστωσών στην AC πλευρά. Μπορούμε συνεπώς να χρησιμοποιήσουμε RCD τύπου A, ονομαστικής τιμής έντασης η οποία θα καθορίζεται από το είδος της προστασίας που παρέχεται. Στη Γερμανία η χρήση τους είναι δεκτή σύμφωνα με το πρότυπο **VDE 0100-712** και για την περίπτωση που προαναφέραμε. Καθώς η ύπαρξη μετασχηματιστή σημαίνει μεγαλύτερες απώλειες στο σύστημα, θα ήταν προτιμότερο να αποφεύγεται αυτή η λύση καθώς το οικονομικό όφελος από τη χρήση RCD τύπου A θα υπερκεραστεί εν καιρώ από την απώλεια ισχύος στο μετασχηματιστή.

1.8.2.4 Προστασία από υπερρεύματα

Για την περίπτωση διαρροής των αγωγών από ρεύμα υψηλής έντασης κρίνεται αναγκαία η χρήση συσκευής προστασίας έναντι υπερρευμάτων. Τέτοιες συσκευές είναι οι μικροαυτόματοι (circuit breakers στη διεθνή βιβλιογραφία).



Εικόνα 1.43: Μικροαυτόματος και σύνδεσή του στην εγκατάσταση

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-7-712 απαιτείται η τοποθέτηση μικροαυτόματου διακόπτη στην ac πλευρά και συγκεκριμένα στην έξοδο του αντιστροφέα ώστε να προστατεύεται το καλώδιο παροχής της παραγόμενης ισχύος προς το δίκτυο (supply cable).

1.8.2.5 Απόζευξη κυκλώματος εναλλασσόμενου ρεύματος.

Για τον εύκολο χειρισμό στις εργασίες συντήρησης ή επέκτασης του κυκλώματος και κυρίως για τη συντήρηση του inverter ,κάθε φ/β σύστημα οφείλει να διαθέτει διακόπτες φορτίου οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ζεύξη ή απόζευξη του κυκλώματος υπό φορτίο σύμφωνα με την οδηγία **IEC 60364-7-712**.

Να σημειωθεί πως το ρόλο αποζεύκτη μπορεί να αποτελέσει και το RCD, σε περίπτωση που έχει εγκατασταθεί τέτοιο, στην AC πλευρά, ή ακόμα και ένας μικροαυτόματος αλλά σε μικρές μόνο εγκαταστάσεις όπως οι οικιακές.

Στην AC πλευρά η επιλογή αποζεύκτη είναι πιο εύκολη καθώς δε χρειάζεται να υπολογιστούν ρεύματα βραχυκύκλωσης και τάσεις ανοιχτοκύκλωσης όπως στο DC κομμάτι.

Ουσιαστικά, η παραγόμενη ισχύς καθορίζει τα χαρακτηριστικά που θα επιλεγούν, τα οποία είναι :

☛ Το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας (Ie) ,οι τιμές του οποίου κυμαίνονται από 10 έως και 100A.

☛ Η τάση μόνωσης (Ui), τυπικές τιμές της οποίας είναι 600 με 800V.

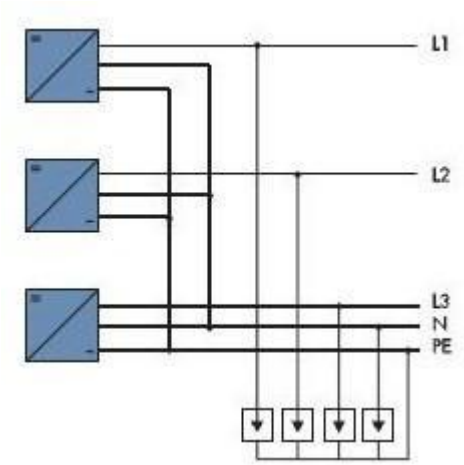
1.8.2.6 Απαγωγείς υπερτάσεων AC-(AC SPD).

Όπως και στην πλευρά συνεχούς, έτσι και εδώ είναι απαραίτητη η προστασία από υπερτάσεις, προερχόμενες είτε από χειρισμούς υπό τάση του συστήματος, είτε σε εξωτερικά αίτια (κεραυνικό πλήγμα). Οι συσκευές αυτές θα πρέπει να ικανοποιούν τα ευρωπαϊκά πρότυπα IEC 61643-1 και IEC 61643-1. Ταυτόχρονα πρέπει να εξεταστεί η αντικεραυνική προστασία του χώρου εγκατάστασης κυρίως εάν έχουμε τοποθέτηση φ/β στο κέλυφος κάποιου κτιρίου.
Πιο συγκεκριμένα είναι βασικό να γνωρίζουμε τι ακριβώς επιζητούμε να προστατέψουμε.

☛ Αν θέλουμε να προστατέψουμε την ac έξοδο του αντιστροφέα πρέπει να τοποθετηθεί surge arrester ακριβώς μετά την έξοδο του inverter, ενώ η σύνδεση με τη γείωση πρέπει να είναι όσο πιο σύντομη και ευθύγραμμη γίνεται.

☛Αν επιδιώκουμε να προστατέψουμε όλη την εγκατάσταση από υπερτάσεις (ac heat protection) η συσκευή πρέπει να εγκατασταθεί στον πίνακα του συστήματος.

Σε αντίθεση με όσα είδαμε στην DC πλευρά ,εδώ η χρήση ενός μόνο SPD (με εισόδους ανάλογα με το πλήθος των inverter) είναι αρκετή,([26]), καθώς οι έξοδοι όλων των αντιστροφέων συνδέονται από κοινού σε μία παροχή (αυτή του δικτύου).



Εικόνα 1.44: Χρήση ενός SPD στην AC πλευρά

1.9 Κατηγορίες Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Ανάλογα διακρίνονται σε 3 κατηγορίες με την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας τα Φ/Β συστήματα:

α) *Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα*

Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας εφ' όσον υπάρχει διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις όμως που η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκεί για να καλύψει τα φορτία τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι, στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης, στη περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό κόστος της εγκατάστασης καθώς και το κόστος συντήρησης. Σε αυτή την κατηγορία φωτοβολταϊκών συστημάτων ανήκει και ο μελετώμενος στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας Φ/Β σταθμός, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μικρής ισχύος που θα αναλυθεί στη συνέχεια.

β) Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Σήμερα, υπάρχει πληθώρα μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κεραίες τηλεπικοινωνιακών σταθμών, εξοχικά σπίτια, αντλίες άντλησης νερού, χιονοδρομικά κέντρα, τροχόσπιτα, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα. Βέβαια, υπάρχουν

συστοιχίες συσσωρευτών οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ενώ σε περίπτωση που έχουμε φορτία εναλλασσόμενου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφέας στο σύστημα ο οποίος θα μετατρέπει τη συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση.

γ) Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

Αυτόνομο σύστημα που αποτελείται από τη Φ/Β συστοιχία σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας (ανανεώσιμες ή συμβατικές) όπως μια γεννήτρια πετρελαίου ή άλλη μορφή ΑΠΕ όπως για παράδειγμα γεωθερμία. Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται ένα υβριδικό σύστημα με ανεμογεννήτρια.

Εικόνα 1.45: Υβριδικό σύστημα με ανεμογεννήτρια

1.10 Ανακύκλωση Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

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

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

2. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 Εισαγωγή

Το 1985 ψηφίστηκε ο πρώτος νόμος που αφορά σε βασικά θέματα ηλεκτροπαραγωγής από εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Το 1994 το ελληνικό κράτος το έκανε το ουσιαστικό βήμα με τον Ν.2244 (ΦΕΚ.Α'168) για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τρίτους εκτός της ΔΕΗ, δίνοντας τη δυνατότητα και σε ανεξάρτητους παραγωγούς να διεισδύσουν στον χώρο αυτόν και ιδιαίτερα στην ηλεκτροπαραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Το 1999 με τον Ν.2773 (ΦΕΚ.Α'286), εναρμονίζεται το θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας με την Οδηγία 96/92/ΕΚ, L.0092 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και προχωρούμε με γρηγορότερα βήματα στην απελευθέρωση της αγοράς. Με τον νόμο αυτό, δημιουργείται ένα ευνοϊκό καθεστώς για τους σταθμούς παραγωγής από ΑΠΕ, δίνοντας προτεραιότητα στην απορρόφηση της παραγόμενης από αυτούς ενέργειας έναντι των συμβατικών μονάδων (άρθρα 35-37) αλλά και ορίζοντας ιδιαίτερο τρόπο τιμολόγησής της (άρθρα 38,39). Επιπλέον, το 2006 με τον Ν.3468 (ΦΕΚ.Α'129), αφ' ενός μεταφέρεται στο ελληνικό δίκαιο η Οδηγία 2001/77/ΕΚ, L.283 και αφ' ετέρου προωθείται κατά προτεραιότητα, με κανόνες και αρχές, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ και μονάδες Συμπαραγωγής.

Τον Ιανουάριο του 2009, με τον Ν.3734 (ΦΕΚ.Α'8): α) εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2004/8/ΕΚ για την προώθηση της Συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά και συμπληρώνεται το σχετικό νομικό πλαίσιο και, β) αναπροσαρμόζονται τα τιμολόγια απορρόφησης της ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Τον Ιούνιο του 2009, με Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ Β'1079) που εκδόθηκε κατ' εξουσιοδότηση του Ν.3468 όπως αυτός τροποποιήθηκε με τον Ν.3734, καταρτίζεται ειδικό πρόγραμμα ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών και ανοίγει ο δρόμος για την εγκατάσταση μικρών συστημάτων πάνω σε κτίρια.

Μέχρι εκείνο το χρονικό σημείο τα βασικότερα προβλήματα στην αδειοδοτική διαδικασία των έργων ΑΠΕ, εστιάζονταν στην πολυπλοκότητα της διαδικασίας και στον έντονα υποκειμενικό χαρακτήρα αξιολόγησης των αιτήσεων αδειοδότησης. Η χωροθέτηση των εγκαταστάσεων ΑΠΕ στην Ελλάδα είχε αντιμετωπιστεί αποκλειστικά στο πλαίσιο των διαδικασιών περιβαλλοντικής αδειοδότησης των σχετικών έργων. Η διαδικασία αυτή, αν και επέτρεπε την εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον στο επίπεδο κάθε συγκεκριμένης εγκατάστασης, εν τούτοις δεν μπορούσε, λόγω του εξατομικευμένου χαρακτήρα της, να απαντήσει στην ανάγκη καθιέρωσης γενικών κριτηρίων χωροθέτησης έργων ΑΠΕ. Κριτήρια δηλαδή που διασφάλιζαν ένα κοινό πλαίσιο χωρικής οργάνωσης των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων ανάλογα με τη φυσιογνωμία και τις χωροταξικές ιδιαιτερότητες των επιμέρους ενοτήτων του Ελληνικού χώρου, τις επιμέρους κατηγορίες έργων ΑΠΕ και τις ειδικές ανάγκες έργων ανάπτυξης, προστασίας ή διαφύλαξης που απαντώνται σε συγκεκριμένες περιοχές και σε ευπαθή οικοσυστήματα της χώρας.

Τον Ιούνιο του 2010, με τον Ν.3851 (ΦΕΚ.Α'85) γίνεται προσπάθεια περαιτέρω απλούστευσης και συντόμευσης της διαδικασίας αδειοδότησης νέων έργων ΑΠΕ με τον παραλληλισμό ορισμένων χρονοβόρων επιμέρους βημάτων και την κατάργηση άλλων. Ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο αυτό έχει το γεγονός ότι δεν απαιτείται πλέον Άδεια Παραγωγής ή Εξαίρεση από την ΡΑΕ για Φωτοβολταϊκούς και Ηλιοθερμικούς σταθμούς ισχύος ως και 1 MW. Επιπλέον, με τον Ν.3851 και την κατ' εξουσιοδότησή του Απόφαση

της Υπουργού Ανάπτυξης Α.Υ./Φ1/οικ.19598 (ΦΕΚ Β'1630/11.10.2010), καθορίστηκαν εθνικοί στόχοι για την διείσδυση των ΑΠΕ ως το 2020 (αναθεωρήσιμοι ανά διετία):

α) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.

β) Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%. Η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία και κατηγορία παραγωγού φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Κατηγορία	**2014 (MW)**	**2020 (MW)**
Υδροηλεκτρικά	3700	4650
Μικρά (0 – 15 MW)	300	350
Μεγάλα (> 15 MW)	3400	4300
Φωτοβολταϊκά (σύνολο)	**1500**	**2200**
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες της περίπτωσης (β) της §6 του αρθ.15 του Ν.3851	*500*	*750*
Λοιπές Εγκαταστάσεις	*1000*	*1450*
Ηλιοθερμικά	120	250
Αιολικά (περιλαμβανομένων των θαλασσίων)	4000	7500
Βιομάζα	200	350

γ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%. δ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.
Ο Ν.4001 (ΦΕΚ.Α'179) που ψηφίστηκε τον Αύγουστο του 2011, δρομολογεί μεγάλες αλλαγές στην διάρθρωση και τον τρόπο λειτουργίας της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας με την σύσταση ανεξάρτητων διαχειριστών για το σύστημα μεταφοράς και για το δίκτυο διανομής, καθώς και ανεξάρτητου Λειτουργού της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ο ΛΑΓΗΕ ΑΕ θα ασκεί πλέον τις δραστηριότητες της σύναψης συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και της καταβολής των προβλεπομένων πληρωμών που πριν ασκούσε ο ΔΕΣΜΗΕ (άρθρα 117 και 118). Αναλυτικότερα θα αναφερθούμε σε επόμενη ενότητα Ο Ν.4062/2012 ο οποίος αναφέρεται στο πρόγραμμα "ΗΛΙΟΣ". Το πρόγραμμα «Ήλιος» είναι ένα ενεργειακό επενδυτικό πρόγραμμα που προβλέπει την εξαγωγή καθαρής ενέργειας από την Ελλάδα προς τις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης. Στηρίζεται στην ευρωπαϊκή οδηγία 2009/28 για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και συγκεκριμένα στους προβλεπόμενους μηχανισμούς

συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών. Τέλος, σημαντικό είναι να διευκρινιστεί ότι σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία :

- Ως *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)* νοούνται (Ν.3468/2006, αρθ.2, §§2, 19-22) οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η βιομάζα, τα αέρια που εκλύονται από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, τα βιοαέρια, η γεωθερμική ενέργεια και η υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς.
- Ως *Συμπαραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θερμότητας (Σ.Η.Θ.)* νοείται (Ν.3734/2009, αρθ.3, §1) η ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ή και μηχανικής ενέργειας στο πλαίσιο μιας μόνο διαδικασίας. Ως *Συμπαραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.)* ορίζεται η συμπαραγωγή που εξασφαλίζει εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 10%, σε σχέση με τη θερμική και ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στο πλαίσιο διακριτών διαδικασιών, καθώς και η παραγωγή από Μονάδες Συμπαραγωγής Μικρής και Πολύ Μικρής Κλίμακας που εξασφαλίζει εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, ανεξάρτητα από το ποσοστό της εξοικονόμησης.
- *Αυτόνομος* παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ λέγεται ο παραγωγός που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ και του οποίου ο σταθμός δεν είναι συνδεδεμένος με το Σύστημα ή σε Δίκτυο.
- *Αυτοπαραγωγός* ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. λέγεται ο παραγωγός που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από μονάδες Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. κυρίως για δική του χρήση και διοχετεύει τυχόν πλεόνασμα της ενέργειας αυτής στο Σύστημα ή στο Δίκτυο.

Όσον αφορά τις επιδοτήσεις από Ευρωπαϊκά κονδύλια, η τελευταία καταληκτική ημερομηνία για αιτήσεις ένταξης επενδύσεων στον αναπτυξιακό νόμο ήταν 31 Ιανουαρίου 2010. Πλέον αναμένεται να μην ξαναυπάρξει αναπτυξιακός νόμος που να επιδοτεί τις επενδύσεις σε Φ/Β συστήματα. Αυτό οφείλεται στο ότι πλέον οι εν λόγω επενδύσεις θεωρούνται εξαιρετικά κερδοφόρες ακόμα και χωρίς επιπλέον επιδότηση. 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 μόνος του.

2.2 Θεσμικό Πλαίσιο

Αρχικά παρουσιάζονται όλες οι σχετικές νομοθετικές διατάξεις σε χρονολογικά σειρά από το σήμερα ως το 1985:

Νόμοι

<u>Ν.4062/2012:</u> "Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ - Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ – Τροπολογίες ΑΠΕ", ΦΕΚ 70Α/30-3-2012

<u>Ν.4001/2011:</u> "Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού

αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις", ΦΕΚ 179Α/22-8-2011

Ενοποίηση των διατάξεων του Ν.3468/2006 όπως τροποποιήθηκαν από τους Ν.3734/2009, Ν.3851/2010, Ν.3889/2010 και λοιπών διατάξεων νόμων

Ν.3851/2010: "Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής", ΦΕΚ 85Α/4-6-2010

Ν.3734/2009: "Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις", ΦΕΚ 8Α/28-1-2009

Ν.3468/2006: "Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις", ΦΕΚ 129Α/29-6-2006

Ν. 2773/1999: "Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις".

Ν. 2244/1994: "Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις".

Ν.1559/1985: "Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις".

Υπουργικές Αποφάσεις

ΥΑΠΕ/Φ1/οικ2262 & 2266: "Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς", ΦΕΚ 97Β/31-01-2012

ΥΑΠΕ/Φ1/14810: "Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση ΑΠΕ", ΦΕΚ 2373Β/25-10-2011

ΥΑ 16-2-2011: "Τροποποιήσεις ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια", ΦΕΚ 583Β/14-4-2011

ΥΑ 24839/2010: "Εγγυοδοσία για την υπογραφή Συμβάσεων Σύνδεσης στα δίκτυα διανομής σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής", ΦΕΚ 1901Β/3-12-2010

ΥΑ 19598/2010: "Απόφαση για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας", ΦΕΚ 1630Β/11-10-2010

ΚΥΑ 18513/2010: "Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις", ΦΕΚ 1557Β'/22-9-2010

ΥΑ 40158/2010: "Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα και κτίρια σε εκτός σχεδίου περιοχές", ΦΕΚ 1556Β/22-9-2010

ΥΑ 36720/2010: "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

ΚΥΑ 17149/2010: "Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο και στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν. 3468/2006, όπως ισχύει, πλην ηλιοθερμικών και υβριδικών σταθμών", ΦΕΚ 1497Β/6-9-2010

ΚΥΑ 12323/2009: "Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων", ΦΕΚ 1079Β'/4-6-2009

ΚΥΑ 49828/2008: "Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού", ΦΕΚ 2464Β/3-12-2008

ΚΥΑ 104247/2006: "Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν.1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν.3010/2002" και ΚΥΑ 104248/2006, "Περιεχόμενο, δικαιολογητικά και λοιπά στοιχεία των Προμελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.), των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), καθώς και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)", ΦΕΚ 663Β/26-5-2006

ΚΥΑ 19500/2004: "Τροποποίηση και συμπλήρωση της 13727/724/2003 κοινής υπουργικής απόφασης ως προς την αντιστοίχηση των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία", ΦΕΚ 1671Β/11-11-2004

ΥΑ 1726/2003: "Διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας"

ΥΑ 2000/2002: "Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας".

Εγκύκλιοι

Εγκύκλιος ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.28135 (27-12-2010), "Διευκρινίσεις σχετικά με την προτεραιότητα εξέτασης αιτημάτων για τη χορήγηση προσφορών σύνδεσης από τον αρμόδιο διαχειριστή δικτύου"

Εγκύκλιος ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.26928 (16-12-2010), "Εφαρμογή των διατάξεων του ν.3851/2010 σχετικών με την εξέταση αιτημάτων για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. σε γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας, συμπεριλαμβανομένης της κατηγορίας των επαγγελματιών αγροτών"

Εγκύκλιος 1078580/6637/491/Β0014(6-8-2009), "Φορολογική αντιμετώπιση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 kWp σε κτιριακές εγκαταστάσεις κατοικιών ή πολύ μικρών επιχειρήσεων"

2.3 Αδειοδοτική Διαδικασία

2.3.1 Σχετικοί Φορείς

Καταρχάς θα αναφέρουμε στους βασικούς φορείς που συμμετέχουν στη διαδικασία και συνοπτικά το ρόλο τους:

1) **ΔΕΗ**

   Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, με περισσότερους από 7,5 εκατομμύρια πελάτες. Έχει στην ιδιοκτησία της το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και τα δίκτυα Διανομής.

2) **ΚΑΠΕ**

   Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) είναι ο εθνικός φορέας για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), την Ορθολογική Χρήση Ενέργειας (ΟΧΕ) και την Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ). Με το Νόμο 2244/94 ("Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας") και το Νόμο 2702/99 το ΚΑΠΕ ορίστηκε ως το Εθνικό Συντονιστικό Κέντρο στους τομείς δραστηριότητάς του.

   Ο κύριος σκοπός του είναι η προώθηση των εφαρμογών ΑΠΕ/ΟΧΕ/ΕΞΕ σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, καθώς και η κάθε είδους υποστήριξη δραστηριοτήτων (τεχνολογικών, ερευνητικών, συμβουλευτικών, επενδυτικών) στους παραπάνω τομείς, με γνώμονα τη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης στην αλυσίδα παραγωγή/μεταφορά/χρήση της ενέργειας.

3) ΡΑΕ

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), η οποία συστήθηκε με το Ν. 2773/1999, αποτελεί ανεξάρτητη διοικητική αρχή, στην οποία έχει ανατεθεί η παρακολούθηση και ο έλεγχος της αγοράς ενέργειας σε όλους τους τομείς, όπως στη ν παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και φυσικό αέριο. Περαιτέρω, η ΡΑΕ έχει συγκεκριμένες αρμοδιότητες σε σχέση με την αγορά των πετρελαιοειδών.

Επιπλέον, είναι υπεύθυνη να παρακολουθεί τη διασφάλιση πρόσβασης τρίτων στο δίκτυο της χώρας, τη λειτουργία του διασυνδετικού εμπορίου εισαγωγών και εξαγωγών, καθώς και για τον έλεγχο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, γνωμοδοτεί για τη χορήγηση αδειών για τη προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας και παρακολουθεί την ανάπτυξη και τήρηση κανόνων υγιούς ανταγωνισμού και προστασίας του καταναλωτή.

4) ΥΠΕΚΑ

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α) πραγματοποιεί μια σειρά δράσεων σε συνεργασία με τους φορείς δημόσιας διοίκησης, τον ιδιωτικό τομέα, τους παραγωγικούς και κοινωνικούς φορείς, τους πολίτες και τη διεθνή κοινότητα, για να εδραιώσει τους πυλώνες της Πράσινης Ανάπτυξης στη χώρα μας. Συγκεκριμένα, αναπτύσσει στρατηγικό σχεδιασμό σχετικό με την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής μέσω χαμηλής κατανάλωσης σε άνθρακα, την προστασία και διαχείριση των φυσικών πόρων με γνώμονα την αειφορία, την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής με σεβασμό στο περιβάλλον και τέλος την ενίσχυση των μηχανισμών και θεσμών περιβαλλοντικής διακυβέρνησης.

Επιπλέον, το ΥΠΕΚΑ έχει εξειδικευμένη υπηρεσία η οποία είναι αρμόδια για όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται για την έγκριση περιβαλλοντικών όρων , όσον αφορά την κατασκευή, επέκταση ή τον εκσυγχρονισμό Μεγάλων Έργων.

5) ΔΕΣΜΗΕ

Η εταιρεία ΔΕΣΜΗΕ ΑΕ μετεξελίσσεται σε «ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΕ» , με διακριτικό τίτλο «ΛΑΓΗΕ ΑΕ» και ασκεί τις αρμοδιότητες του Λειτουργού της Αγοράς όπως αυτές ορίζονται στο Άρθρο 118 του Ν. 4001/2011

6) ΛΑΓΗΕ

Ο 'Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΛΑΓΗΕ ΑΕ) ιδρύθηκε με για τη 'Λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις' (ΦΕΚ 179/22-8-2011).Ο ΛΑΓΗΕ εφαρμόζει τους κανόνες για τη λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και των κατ' εξουσιοδότηση αυτού εκδιδομένων πράξεων και ιδίως τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό. Επιπλέον, συνάπτει συμβάσεις πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τα προβλεπόμενα στο άρθρο 12 του ν. 3468/2006 που παράγονται από

εγκαταστάσεις ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ καθώς και διενεργεί στη διευθέτηση των χρηματικών συναλλαγών.

7) ΔΕΔΔΗΕ

Η ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ θα είναι ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής ΗΕ και είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη, τη λειτουργία και τη συντήρηση, υπό οικονομικούς όρους του ΕΔΔΗΕ ώστε να διασφαλίζεται η αξιόπιστη, αποδοτική και ασφαλής λειτουργία του, καθώς και η μακροπρόθεσμη ικανότητά του να ανταποκρίνεται σε εύλογες ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας,

8) Πολεοδομία

Στην Πολεοδομία είναι υπεύθυνη για την Διαχείριση και Έκδοση Οικοδομικών Αδειών και την έγκριση εργασιών. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων πλέον δεν απαιτείται οικοδομική άδεια αλλά μόνο έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την αρμόδια Διεύθυνση. Στο πλαίσιο αυτό, είναι απαραίτητη η έγκριση της αρμόδιας Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (Ε.Π.Α.Ε.)

2.3.2 Βασικά Βήματα Αδειοδοτικής Διαδικασίας

Για την κατασκευή και την λειτουργία ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, απαιτείται η έκδοση ή υπογραφή σχετικών αδειών και συμβάσεων. Αυτές χορηγούνται από τους αρμόδιους κατά περίπτωση φορείς κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από τα απαραίτητα δικαιολογητικά και μελέτες. Γενικά, τα βήματα που χρειάζεται να γίνουν είναι τα εξής:

1. Έκδοση Άδειας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΡΑΕ).
2. Ταυτόχρονα (παραλληλισμός διαδικασιών) αιτήσεις για:
   - Διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης του σταθμού παραγωγής στο Σύστημα ή σε Δίκτυο (αρμόδιος Διαχειριστής – ΔΕΗ ή ΑΔΜΗΕ).
   - Περιβαλλοντική Αδειοδότηση, δηλαδή Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) ή Απαλλαγή από Ε.Π.Ο. (Περιφέρεια).
   - Άδεια Επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση, εφόσον απαιτείται, ή γενικά των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου (Περιφέρεια).
3. Ταυτόχρονα (παραλληλισμός διαδικασιών) ενέργειες για:
   - Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης (με ενσωματωμένη Ενιαία Άδεια Χρήσης Νερού και Εκτέλεσης Έργων όταν πρόκειται για Μικρό Υδροηλεκτρικό Σταθμό) (Περιφέρεια).
   - Έκδοση Οικοδομικών Αδειών (όπου απαιτείται εκτέλεση δομικών έργων) ή άλλων αδειών και εγκρίσεων που τυχόν απαιτούνται και μπορούν να εκδοθούν χωρίς να υπάρχει ακόμα η Άδεια Εγκατάστασης (Πολεοδομία ή αρμόδια κατά περίπτωση αρχή).
   - Υπογραφή Σύμβασης Σύνδεσης στο Σύστημα ή σε Δίκτυο (αρμόδιος Διαχειριστής – ΔΕΗ ή ΑΔΜΗΕ). Σύμφωνα με το άρθ.187, ν.4001/2011

(Α'179) που τροποποιεί το άρθ.8 του ν.3468/2006, η σύναψη της Σύμβασης Σύνδεσης προηγείται της σύναψης Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας.

- Υπογραφή Σύμβασης Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (με το σχετικό αίτημα πρέπει να κατατίθεται και η παραπάνω Σύμβαση Σύνδεσης) (ΛΑΓΗΕ).

4. Δοκιμαστική Περίοδος και έκδοση Άδειας Λειτουργίας (Περιφέρεια).

Όπως φαίνεται και στη συνέχεια, η διαδικασία αυτή διαφοροποιείται ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ του σταθμού παραγωγής, την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και τον τόπο εγκατάστασης.

Η αδειοδοτική διαδικασία, με τα βασικά βήματα, συνοπτικά αναφέρεται παρακάτω.

1. Φωτοβολταϊκά σε στέγες

Συστήματα <10 kWp

<u>1 βήμα</u>
1. Αίτηση στην τοπική ΔΕΗ για προσφορά όρων σύνδεσης και υπογραφή σύμβασης συμψηφισμού με τη ΔΕΗ
☛Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού

Συστήματα 10-100 kWp

<u>2 βήματα</u>
1. Αίτηση στην τοπική ΔΕΗ για προσφορά όρων σύνδεσης
2. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΛΑΓΗΕ
☛ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού

Συστήματα 100-1000 kWp

<u>3 βήματα</u>
1. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
2. Αίτηση στο περιφερειακό γραφείο της ΔΕΗ για προσφορά όρων σύνδεσης
3. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΛΑΓΗΕ
☛ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού

Συστήματα >1000 kWp

<u>6 βήματα</u>
1. Αίτηση στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) για έκδοση Άδειας Παραγωγής
2. Αίτηση στην Περιφέρεια για έκδοση Άδειας Εγκατάστασης
3. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
4. Αίτηση στον ΑΔΜΗΕ για προσφορά όρων σύνδεσης
5. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΛΑΓΗΕ
☛ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού
6. Αίτηση στην Περιφέρεια για έκδοση Άδειας Λειτουργίας

2. Συστήματα επί εδάφους

Συστήματα <500 kWp

4 βήματα
1. Αίτηση στην Περιφέρεια για βεβαίωση απαλλαγής από Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων –
ΕΠΟ (ή έκδοση ΕΠΟ αν χρειάζεται – συνήθως σε προστατευόμενες περιοχές)
2. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
3. Αίτηση στο τοπικό (<100 kWp) ή περιφερειακό (>100 kWp) γραφείο της ΔΕΗ για προσφορά όρων σύνδεσης
4. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΛΑΓΗΕ
☛ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού

Συστήματα 500-1000 kWp

4 βήματα
1. Αίτηση στην Περιφέρεια για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ)
2. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
3. Αίτηση στο περιφερειακό γραφείο της ΔΕΗ για προσφορά όρων σύνδεσης
4. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΛΑΓΗΕ
☛ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού

Συστήματα >1000 kWp

6 βήματα
1. Αίτηση στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) για έκδοση Άδειας Παραγωγής
2. Αίτηση στην Περιφέρεια για έκδοση Άδειας Εγκατάστασης (περιλαμβάνει και έκδοση ΕΠΟ)
3. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
4. Αίτηση στον ΑΔΜΗΕ για προσφορά όρων σύνδεσης
5. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΛΑΓΗΕ
☛ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού
6. Αίτηση στην Περιφέρεια για έκδοση Άδειας Λειτουργίας

2.3.3 Απαιτούμενες Άδειες & Εγκρίσεις ανά Κατηγορία Έργου

Μικρά Φωτοβολταϊκά (≤ 10 kW) σε κτίρια-Ειδικό Πρόγραμμα

Με Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ Β'1079/2009) που εκδόθηκε κατ' εξουσιοδότηση του νόμου 3468/2006 (άρθ.14) όπως τροποποιήθηκε με τον 3734/2009 (άρθ.27Α) και ισχύει, καταρτίστηκε Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κατοικίες και άλλες κτιριακές εγκαταστάσεις. Το Πρόγραμμα αφορά σε Φωτοβολταϊκά Συστήματα ισχύος μέχρι 10 kW peak, που εγκαθίστανται σε στέγες, δώματα ή στέγαστρα βεραντών και συνδέονται στο δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης. Με την απόφαση αυτή, καθορίστηκαν, κατά παρέκκλιση των λοιπών διατάξεων που

αφορούν στην ανάπτυξη Φωτοβολταϊκών σταθμών, η αδειοδοτική διαδικασία, η τιμολόγηση της παραγόμενης ενέργειας και το περιεχόμενο των συμβάσεων πώλησης ("Συμβάσεων Συμψηφισμού") της παραγόμενης ενέργειας. Συγκεκριμένα, η τιμή της παραγόμενης από το Φωτοβολταϊκό Σύστημα ενέργειας ορίστηκε αρχικά στα 550 ευρώ/MWh για τις συμβάσεις που θα υπογράφονταν κατά τα έτη 2009-2011, ενώ προβλέφθηκαν αναπροσαρμογές για τα επόμενα έτη ως το 2019. Στα κίνητρα του Προγράμματος περιελήφθη και απαλλαγή από τις φορολογικές υποχρεώσεις για την διάθεση της ενέργειας στο Δίκτυο (άρθρα 3 & 6 της παραπάνω Κ.Υ.Α.). Η πιο πρόσφατη αναπροσαρμογή είναι εκείνη της ΚΥΑ 2266/31-1-2012/ΦΕΚ.Β'97 με την οποία κλιμακώνονται οι τιμές από τα 495 €/MWh του Φεβρουαρίου 2012 ως τα 229,33 €/MWh του Αυγούστου του 2019.

Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα είχαν αρχικά μόνο φυσικά πρόσωπα μη επιτηδευματίες ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες που κατατάσσονται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις, τα οποία έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το Φωτοβολταϊκό ή όντας κύριοι οριζόντιας ιδιοκτησίας του κτιρίου, τους έχει εγγράφως παραχωρηθεί η χρήση του χώρου για τον σκοπό αυτό (άρθ.1 της πιο πάνω Κ.Υ.Α.). Το Πρόγραμμα συμπληρώθηκε με την Κ.Υ.Α.18513 (ΦΕΚ Β'1557/22.9.2010) ώστε: α) να περιλάβει όλη την Επικράτεια (για την Κρήτη ορίζεται όριο ισχύος 10 kW, ενώ για τα υπόλοιπα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά 5 kW), και β) να έχουν δικαίωμα ένταξης και τα Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.) καθώς και τα Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.) μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα. Το δικαίωμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο ιδιοκτησίας Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου, τη χρήση του οποίου έχει αναλάβει διαχειριστής (π.χ. σχολική επιτροπή), παρέχεται στο διαχειριστή μετά από συναίνεση του κυρίου του κτιρίου.

Προϋποθέσεις για την ένταξη στο Πρόγραμμα είναι:

- Η ύπαρξη ενεργού σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του Φωτοβολταϊκού, στο κτίριο στο οποίο εγκαθίσταται το σύστημα.
- Η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό με την χρήση Α.Π.Ε. όπως ενδεικτικά η ύπαρξη ηλιακού θερμοσίφωνα.
- Η μη χρηματοδότηση από άλλο πρόγραμμα.

Για την εγκατάσταση ενός τέτοιου μικρού Φωτοβολταϊκού σε κτίριο ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Υποβάλλεται Αίτηση Σύνδεσης προς την τοπική υπηρεσία της ΔΕΗ, η οποία και χορηγεί τα σχετικά έντυπα. Η αίτηση αυτή περιλαμβάνει:

  - Τα στοιχεία του κυρίου του Φωτοβολταϊκού και, σε περίπτωση επιχείρησης, στοιχεία που να αποδεικνύουν την ιδιότητα της Μ.Μ.Ε.,
  - Υπεύθυνες δηλώσεις ότι πληρούνται οι πιο πάνω προϋποθέσεις για την ένταξη στο Πρόγραμμα,
  - Τα στοιχεία της εγκατάστασης,
  - Τα τεχνικά στοιχεία των πλαισίων και του αντιστροφέα.

- Διατυπώνεται εντός είκοσι (20) ημερών Προσφορά Σύνδεσης από την ΔΕΗ προς τον ενδιαφερόμενο, η οποία περιλαμβάνει την περιγραφή και την δαπάνη των έργων σύνδεσης.

- Ο αιτών, εφόσον αποδεχθεί την Προσφορά, προσκομίζει από την αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία ”έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας”.

- Υπογράφεται η Σύμβαση Σύνδεσης μεταξύ του κυρίου του Φωτοβολταϊκού και της ΔΕΗ ως Διαχειριστή του Δικτύου και καταβάλλεται η σχετική δαπάνη. Η ΔΕΗ κατασκευάζει τα έργα σύνδεσης εντός είκοσι (20) ημερών εφόσον δεν απαιτούνται νέα έργα Δικτύου.

- Μετά την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης υποβάλλεται από τον κύριο του Φωτοβολταϊκού αίτηση για την σύναψη Σύμβασης Συμψηφισμού. Η αίτηση αυτή είναι 25ετούς διάρκειας, συντάσσεται κατά το υπόδειγμα του παραρτήματος της Κ.Υ.Α., και απευθύνεται προς την τοπική υπηρεσία εμπορίας της ΔΕΗ ή προς άλλον Προμηθευτή που τυχόν ηλεκτροδοτεί τις καταναλώσεις της ιδιοκτησίας του κυρίου όπου εγκαθίσταται το Φωτοβολταϊκό.

- Υποβάλλεται Αίτηση Ενεργοποίησης της Σύνδεσης του Φωτοβολταϊκού προς την τοπική υπηρεσία της ΔΕΗ με την οποία συνυποβάλλονται:
  - Αντίγραφο της Σύμβασης Συμψηφισμού.
  - Υπεύθυνη δήλωση μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας με τα απαραίτητα συνοδευτικά έγγραφα (δες άρθ.4, §6 της Κ.Υ.Α.).
  - Υπεύθυνη δήλωση του κυρίου του Φωτοβολταϊκού συστήματος όπου θα αναφέρεται ότι καθ’ όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του Φωτοβολταϊκού δεν θα τροποποιηθούν οι ρυθμίσεις που δηλώθηκαν από τον μηχανικό.

Φωτοβολταϊκά από Αγρότες & Γη Υψηλής Παραγωγικότητας

Με την Υπουργική Απόφαση 19598 (ΦΕΚ Β’1630/11.10.2010) καθορίστηκε η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και η κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και κατηγοριών παραγωγών. Ειδικά για τα Φωτοβολταϊκά, οι στόχοι που τέθηκαν είναι:

Κατηγορία	*Ως το 2014 (MW)*	*Ως το 2020 (MW)*
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες	**500**	**750**
Λοιπές εγκαταστάσεις	1000	1450
Σύνολο	*1500*	*2200*

Οι ενδιαφερόμενοι αγρότες που θέλουν να χαρακτηριστούν ως επαγγελματίες για τον σκοπό της υποβολής αίτησης για αδειοδότηση Φωτοβολταϊκών σταθμών ισχύος ως 100 kW σε εκτάσεις ιδιοκτησίας τους, πρέπει να έχουν την σχετική βεβαίωση της

επαγγελματικής τους ιδιότητας που εκδίδεται από τον ΟΠΕΚΕΠΕ με την διαδικασία που περιγράφεται στην ΥΑ.249448 (ΦΕΚ Β'1049/12.7.2010).

Με την ερμηνευτική Εγκύκλιο ΥΑΠΕ/26928/16.12.2010, περιγράφονται λεπτομερώς τα απαιτούμενα βήματα της διαδικασίας αδειοδότησης έργων σε Γεωργική Γη που μπορεί να είναι και Υψηλής Παραγωγικότητας (ΓΓΥΠ) κατά την έννοια της ΚΥΑ.168040 (ΦΕΚ Β'1528/7.9.2010), από επενδυτές, συμπεριλαμβανομένων και των επαγγελματιών αγροτών.

Λοιπά Φωτοβολταϊκά (εκτός ειδικών προγραμμάτων)

Με την Υπουργική Απόφαση 19598 (ΦΕΚ Β'1630/11.10.2010) καθορίστηκε η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και η κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και κατηγοριών παραγωγών. Ειδικά για τα Φωτοβολταϊκά, οι στόχοι που τέθηκαν είναι:

Κατηγορία	*Ως το 2014 (MW)*	*Ως το 2020 (MW)*
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες	500	750
Λοιπές εγκαταστάσεις	**1000**	**1450**
Σύνολο	*1500*	*2200*

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Σύμφωνα με την §4 του άρθρου 2 της Απόφασης αυτής, κατά την εκτίμηση της ενδεχόμενης υπερκάλυψης των ορίων ισχύος του παραπάνω πίνακα δεν συνυπολογίζεται η ισχύς Φωτοβολταϊκών που εντάσσονται στο Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών.

Για μια σειρά από λόγους που παρατίθενται στην εισηγητική απόφαση ΡΑΕ/1252/2010, επιτρέπεται η ανάπτυξη Φ/Β ισχύος **έως 150 kW στα Διασυνδεδεμένα με το Σύστημα ή το Δίκτυο Νησιά** (ΥΑ.27904, ΦΕΚ.Β'2143/31.12.2010). Σ' αυτά, καθώς στα Φ/Β του Ειδικού Προγράμματος Στεγών, θα δοθεί όση ισχύς έχει απομείνει από τα περιθώρια απορρόφησης ισχύος όπως αυτά είχαν εκτιμηθεί το 2008 (βλ. Πίνακα Ι της Απόφασης ΡΑΕ/1253/2010) με την «Μεθοδολογία Προσδιορισμού των Περιθωρίων Ανάπτυξης ΑΠΕ σε Κορεσμένα Δίκτυα» (Απόφαση ΡΑΕ/85/2007, όπως τροποποιήθηκε με την ΡΑΕ/702/2008).

Παρομοίως, τα εναπομείναντα από τα περιθώρια ισχύος για Φωτοβολταϊκούς σταθμούς όπως είχαν προσδιοριστεί ανά Μη-Διασυνδεδεμένο Νησί με την Απόφαση ΡΑΕ/703/2008, δύνανται να αξιοποιούνται και από Φ/Β σε στέγες (Απόφαση ΡΑΕ/1251/2010).

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΑΔΕΙΕΣ ΚΑΙ ΕΓΚΡΙΣΕΙΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Τα παρακάτω όρια ισχύος είναι αθροιστικά, και για λόγους αδειοδότησης και τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας νοούνται ως η συνολική ισχύς των σταθμών που ανήκουν στο ίδιο φυσικό ή νομικό πρόσωπο και εγκαθίστανται στο ίδιο ή σε όμορο ακίνητο.

$P_{peak} \leq 500$ kW	500 kW $< P_{peak} \leq 1$MW	$P_{peak} > 1$MW
Δεν απαιτείται Άδεια Παραγωγής, ούτε άλλη σχετική διαπιστωτική απόφαση (Ν.3468/2006, αρθ.4, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.2, §12).		Απαιτείται Άδεια Παραγωγής.
Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον αρμόδιο Διαχειριστή, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Χορηγείται Προσφορά Σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, όπου απαιτείται (αρθ.187, Ν.4001/2011).		
Απαιτείται η χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής από την υποχρέωση ΕΠΟ. Αυτή εκδίδεται από την ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας εντός αποκλειστικής προθεσμίας 20 ημερών, μετά την άπρακτη παρέλευση της οποίας θεωρείται αυτή χορηγηθείσα (Ν.3851, αρθ.3). Για την απόδειξη της άπρακτης παρέλευσης, ο ενδιαφερόμενος πρέπει στα επόμενα στάδια να προσκομίζει σχετική βεβαίωση της Περιφέρειας, ή εναλλακτικά, αντίγραφο του αιτήματός του με τον αριθμό πρωτοκόλλου και την ημερομηνία κατάθεσής του, μαζί με υπεύθυνη δήλωση για την παρέλευση του 20ημέρου χωρίς έκδοση ούτε απαλλαγής, *ούτε αρνητικής απόφασης*. Κατ' εξαίρεση απαιτείται ΕΠΟ εάν: α) το έργο εγκαθίσταται εντός περιοχής Natura 2000 ή σε απόσταση < 100m από αιγιαλό, ή β) γειτνιάζει σε απόσταση <150m με άλλο σταθμό ίδιας τεχνολογίας, η δε αθροιστική ισχύς υπερβαίνει το όριο των 500 kW.		Απαιτείται Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Χορηγείται κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) τύπου ανάλογου με την κατηγορία του έργου.
Δεν απαιτείται ΕΠΟ αλλά ούτε και απαλλαγή για τα Φ/Β που εγκαθίστανται εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων (ΒΙ.ΠΕ., ΒΙ.ΠΑ. κτλ), πάνω σε κτίρια, ή άλλες δομικές κατασκευές (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2). Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να προσκομίζεται τοπογραφικό διάγραμμα ή έγγραφο προσφοράς σύνδεσης απ' όπου να προκύπτει σαφώς η εγκατάσταση σε υποδοχέα ή πάνω σε κτίριο αντίστοιχα. Εφόσον απαιτείται, πρέπει να ζητηθεί η έκδοση των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης.		
Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2).		Απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης.
Με την ΥΑ.36720, ΦΕΚ.Β'376/6.9.2010 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, επιβάλλονται ειδικοί όροι και περιορισμοί για την εγκατάσταση Φ/Β σε κτίρια καθώς και σε ιστορικά τμήματα πόλεων ή περιοχές ιδιαιτέρου φυσικού κάλλους. Μεταξύ άλλων ορίζεται ότι: • Για την τοποθέτηση Φ/Β ≤ 100 kW *πάνω σε κτίρια* δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, ούτε έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, αλλά έγγραφη		

γνωστοποίηση εργασιών και εκπόνησης της μελέτης εγκατάστασης του Φ/Β προς τον προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί το κτίριο.

- Για τα μεγαλύτερης ισχύος απαιτείται η συνυποβολή έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας και δήλωσης πολιτικού μηχανικού για τη στατική επάρκεια του κτιρίου.
- Για την εγκατάσταση Φ/Β ισχύος > 10 kW *σε κτίρια εκτός σχεδίου πόλεως* απαιτείται επιπλέον η συνυποβολή τοπογραφικού διαγράμματος και αντιγράφου της οικοδομικής άδειας (δες άρθ.2, §3 της τροποποίησης).
- Για την εγκατάσταση *στους ακάλυπτους* χώρους των οικοπέδων εντός σχεδίου περιοχών ή εντός οικισμών απαιτείται έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας.
- *Δεν δικαιολογείται η τοποθέτηση Φ/Β σε αδόμητα οικόπεδα* (δες άρθ.4, §2 της τροποποίησης).

Με την ΥΑ.40158, ΦΕΚ.Β'1556/22.9.2010 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, επιβάλλονται ειδικοί όροι για την εγκατάσταση Φ/Β ανεξαρτήτως ισχύος *σε γήπεδα εκτός σχεδίου* περιοχών. Δεν απαιτείται τα γήπεδα να είναι άρτια και οικοδομήσιμα, εκτός αν ζητούνται δομικές κατασκευές πέραν των "απολύτως αναγκαίων". Ως "απολύτως αναγκαίες κατασκευές" νοούνται: α) ο στυλίσκος μετρητή της ΔΕΗ, β) ένας οικίσκος εγκατάστασης ηλεκτρονικού εξοπλισμού Φ/Β ανά 500 kW ισχύος με εμβαδό ως 15 τ.μ., γ) προστατευτική περίφραξη ύψους ως 2,5 μ. με συμπαγές τοιχίο ως 30 εκατ. (άρθ.2, §1 της τροποποίησης). Επιπλέον, τα Φ/Β δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν σε κάλυψη το 60% του γηπέδου. Σε περίπτωση ανέγερσης και άλλων χρήσεων δομικών κατασκευών εντός του γηπέδου (όπως σπίτι, γεωργικές αποθήκες, κλπ.), αυτές συνυπολογίζονται στο παραπάνω καθοριζόμενο ποσοστό κάλυψης, ενώ ως προς τους λοιπούς όρους και περιορισμούς δόμησης για τις χρήσεις αυτές θα ισχύουν οι γενικοί της εκτός σχεδίου δόμησης ή οι τυχόν ειδικοί όροι και περιορισμοί που ισχύουν από άλλες ρυθμίσεις.

Δεν απαιτείται Οικοδομική Άδεια εκτός αν πρόκειται να εκτελεστούν εργασίες από σκυρόδεμα, π.χ. θεμελιώσεις βάσεων στήριξης στοιχείων με μπετόν.

Απαιτείται Σύμβαση Σύνδεσης.
Απαιτείται Σύμβαση Αγοραπωλησίας.

Δεν απαιτείται Δοκιμαστική Λειτουργία. Δεν απαιτείται Άδεια Λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2).	Απαιτείται Προσωρινή Σύνδεση για Δοκιμαστική Λειτουργία που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία 15 ημερών, ο Διαχειριστής εκδίδει *βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης* των δοκιμών (ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153, άρθ.14). Απαιτείται Άδεια Λειτουργίας.

2.3.4 Αναλυτική Περιγραφή Απαιτούμενων Αδειών και Διαδικασιών

Η σειρά αναφοράς των αδειών δεν είναι τυχαία αλλά αποτελεί μια αναγκαία αλληλουχία. Αναφερθήκαμε στην παράγραφο 2.3.2 σχετικά με αυτό το θέμα.

Άδεια Παραγωγής και Εξαιρέσεις

Είναι η πρώτη από τις άδειες και τις εγκρίσεις που είναι απαραίτητο να εξασφαλίσει ο επενδυτής που επιθυμεί να δραστηριοποιηθεί στον τομέα της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ (άρθ.3,§1 του Ν.3468/2006/ΦΕΚ.Α'129 και Υπουργική Απόφαση ΥΑΠΕ/Φ1/14810/ΦΕΚ.Β'2373/25-10-2011 – *"Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ"*).
Χορηγείται με απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) σύμφωνα που καθορίζεται στο Παράρτημα 1 και που ορίζεται στο άρθ.3,§2 του ως άνω Κανονισμού ΥΑ.14810 (τρίμηνος κύκλος υποβολής αιτήσεων: 1ο δεκαήμερο Μαρτίου, Ιουνίου, Σεπτεμβρίου και Δεκεμβρίου). Δικαίωμα υποβολής αίτησης για χορήγηση Άδειας Παραγωγής έχουν φυσικά ή νομικά πρόσωπα που:

- έχουν συσταθεί νόμιμα και εδρεύουν σε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (Ε.Ο.Χ.) και σε χώρες της Ενεργειακής Κοινότητας ή σε τρίτες χώρες, εφόσον σχετικό δικαίωμα απορρέει από διμερή συμφωνία που η χώρα έχει συνάψει με την Ελλάδα ή την Ευρωπαϊκή Ένωση, ή
- έχουν συστήσει νομίμως υποκατάστημα στην Ελλάδα.

Η αίτηση που υποβάλλεται και σε ηλεκτρονική μορφή, συνοδεύεται από ενεργειακή μελέτη τεκμηρίωσης δυναμικού ΑΠΕ ή αντίστοιχα παρουσίαση ενεργειακού ισοζυγίου του προτεινόμενου έργου ως προς την Ενεργειακή Αποδοτικότητα στην περίπτωση έργου ΣΗΘΥΑ, προκαταρκτική τεχνική μελέτη, συνοπτική παρουσίαση του επιχειρηματικού σχεδίου, στοιχεία τεκμηρίωσης της οικονομικής δυνατότητας του φορέα, και άλλα έγγραφα και στοιχεία που καθορίζονται στο Παράρτημα 1 και στο άρθ.3,§4 του κανονισμού.

Η ΡΑΕ δημοσιοποιεί κάθε φορά όλες τις αιτήσεις του κύκλου υποβολής που έχουν πάρει ειδικό αριθμό πρωτοκόλλου αναρτώντας σχετικό πίνακα στην ιστοσελίδα της τον οποίο και αποστέλλει ηλεκτρονικά στους Δήμους με ειδική αναφορά στη δυνατότητα υποβολής αιτιολογημένων αντιρρήσεων, προκειμένου αυτοί να μεριμνήσουν για την ενημέρωση των δημοτών τους. Μέσα σε προθεσμία δεκαπέντε (15) ημερών από την δημοσίευση των αιτήσεων, όποιος έχει έννομο συμφέρον μπορεί να υποβάλλει αιτιολογημένες και κατάλληλα τεκμηριωμένες αντιρρήσεις ενώπιον της ΡΑΕ (άρθρα 6 και 7 του «Κανονισμού»).

Η ΡΑΕ εξετάζει αν πληρούνται τα κριτήρια που ορίζει ο νόμος, αξιολογεί της αιτήσεις με βάση τους «Οδηγούς Αξιολόγησης» και συγκριτικά εφόσον υπάρχει σύγκρουση έργων, και αποφασίζει για τη χορήγηση ή μη άδειας παραγωγής μέσα σε δύο (2) μήνες από την υποβολή της αίτησης, εφόσον ο φάκελος είναι πλήρης, άλλως από τη συμπλήρωσή του. Η ΡΑΕ μπορεί να ζητήσει από τον αιτούντα την υποβολή εντός τακτής προθεσμίας διευκρινίσεων ή στοιχείων συμπληρωματικών των ήδη υποβληθέντων, που

κατά την κρίση της απαιτούνται για την ολοκλήρωση της αξιολόγησης της αίτησης. Αν η προθεσμία παρέλθει άπρακτη, η αίτηση θεωρείται μη πλήρης και απορρίπτεται.

☛ **<u>Εξεταζόμενα Κριτήρια</u>**, ***βάσει §1,άρθ.3, Ν.3468/2006 όπως τροποποιήθηκε με το άρθ.2, Ν.3851/2010, και εξειδικεύτηκε με τον «Κανονισμό Αδειών»***

α) Της εθνικής ασφάλειας.

β) Της προστασίας της δημόσιας υγείας και ασφάλειας.

γ) Της εν γένει ασφάλειας των εγκαταστάσεων και του σχετικού εξοπλισμού του Συστήματος και του Δικτύου.

δ) Της ενεργειακής αποδοτικότητας του έργου για το οποίο υποβάλλεται η σχετική αίτηση, όπως η αποδοτικότητα αυτή προκύπτει, για τα έργα Α.Π.Ε., από μετρήσεις του δυναμικού Α.Π.Ε. και για τις μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. από τα ενεργειακά ισοζύγιά τους. Ειδικά για το αιολικό δυναμικό, οι υποβαλλόμενες μετρήσεις πρέπει να έχουν εκτελεστεί από πιστοποιημένους φορείς, σύμφωνα με το πρότυπο DIN.EN ISO/IEC17025/2000, όπως ισχύει κάθε φορά.

ε) Της ωριμότητας της διαδικασίας υλοποίησης του έργου, όπως προκύπτει από μελέτες που έχουν εκπονηθεί, γνωμοδοτήσεις αρμόδιων υπηρεσιών, καθώς και από άλλα συναφή στοιχεία.

στ) Της εξασφάλισης ή της δυνατότητας εξασφάλισης του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου.

ζ) Της δυνατότητας του αιτούντος ή των μετόχων ή εταίρων του να υλοποιήσει το έργο με βάση την επιστημονική και τεχνική επάρκειά του και της δυνατότητας εξασφάλισης της απαιτούμενης χρηματοδότησης από ίδια κεφάλαια ή τραπεζική χρηματοδότηση έργου ή κεφάλαια επιχειρηματικών συμμετοχών ή συνδυασμό αυτών.

η) Της διασφάλισης παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και προστασίας των πελατών.

θ) Της δυνατότητας υλοποίησης του έργου σε συμμόρφωση με το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Α.Π.Ε. και ειδικότερα με τις διατάξεις του για τις περιοχές αποκλεισμού χωροθέτησης εγκαταστάσεων Α.Π.Ε., εφόσον οι περιοχές αυτές έχουν οριοθετηθεί κατά τρόπο ειδικό και συγκεκριμένο, καθώς και τις διατάξεις του για τον έλεγχο της φέρουσας ικανότητας στις περιοχές που επιτρέπονται Α.Π.Ε., ώστε να διασφαλίζεται η κατ' αρχήν προστασία του περιβάλλοντος.

ι) Της συμβατότητας του έργου με το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την επίτευξη των στόχων για τις ΑΠΕ.

☛**Σημαντικές Παρατηρήσεις**

Η απόφαση αναρτάται στην ιστοσελίδα της ΡΑΕ, κοινοποιείται στον Υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με επιμέλειά της και δημοσιεύεται σε μία ημερήσια εφημερίδα πανελλαδικής κυκλοφορίας με μέριμνα του δικαιούχου.

Σημειώνεται εδώ ότι ισχύει ειδικό καθεστώς για τις περιπτώσεις αιτήσεων που αφορούν έργα σε περιοχές **με κορεσμένα δίκτυα** (βλ. αρθ.8 του «Κανονισμού Αδειών»). Εξάλλου, η ΡΑΕ, με αποφάσεις της που εκδίδει μετά από σχετικές εισηγήσεις του Διαχειριστή, και δημοσιεύει στην ιστοσελίδα της, καθορίζει τις περιοχές με κορεσμένα δίκτυα για την απορρόφηση ενέργειας από σταθμούς ΑΠΕ.

Η άδεια παραγωγής χορηγείται για χρονικό διάστημα *μέχρι είκοσι πέντε (25) ετών και μπορεί να ανανεώνεται*, μέχρι ίσο χρόνο. Αποτελεί δε, απαραίτητη προϋπόθεση για την υποβολή αιτήματος Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ν.3468, αρθ.3, §8). Σημειώνεται ότι η άδεια μπορεί να ανακληθεί με απόφαση της ΡΑΕ σε περίπτωση παραβίασης του νομοθετικού και κανονιστικού πλαισίου, καθώς και των γενικών και ειδικών όρων της (άρθ.42 του Κανονισμού και αρθ.3, §§4,9 του Ν.3468).

☛ Υποχρεώσεις Κατόχων Άδειας Παραγωγής
(άρθ.41 και Παράρτημα 4 του Κανονισμού)

Ο κάτοχος Άδειας Παραγωγής υποχρεούται να τηρεί τους όρους της, καθώς και το νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο που διέπει τη δραστηριότητα αυτή. Επίσης υποχρεούται να ενημερώνει τη ΡΑΕ για την πρόοδο των έργων. Μετά τη λήψη της και μέχρι την έκδοση της Άδειας Λειτουργίας, ο κάτοχος Άδειας Παραγωγής υποχρεούται:

- Να ενημερώνει τη ΡΑΕ για την πρόοδο υλοποίησης των έργων, με την υποβολή σχετικής σύμφωνα με το Παράρτημα 4 του Κανονισμού.
- Να ενημερώνει μετά τη λήψη της Άδειας Εγκατάστασης για την έναρξη και λήξη της περιόδου δοκιμαστικής λειτουργίας του έργου.
- Να της παρέχει κάθε στοιχείο ή έγγραφο που του ζητείται.

☛ΕΞ

ΑΙΡΕΣΕΙΣ *(Ν.3468/2006, ΦΕΚ.Α'129, αρθ.4 όπως αντικαταστάθηκε από το άρθρο 2, §12 του Ν.3851/2010, ΦΕΚ.Α'85)*

Εξαιρούνται από την υποχρέωση να λάβουν άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας φυσικά ή νομικά πρόσωπα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από τις εξής κατηγορίες εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α.:
α) γεωθερμικούς σταθμούς με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του μισού (0,5) MW,
β) σταθμούς βιομάζας, βιοαερίου και Βιοκαυσίμων με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του ενός (1) MW,
γ) Φωτοβολταϊκούς ή Ηλιοθερμικούς σταθμούς με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του ενός (1) MWp,
δ) αιολικές εγκαταστάσεις με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση των εκατό (100) kW,
ε) σταθμούς Σ.Η.Θ.Υ.Α. με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του ενός (1) MWe,
στ) σταθμούς από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. με εγκατεστημένη ισχύ έως πέντε (5) MWe, που εγκαθίστανται από εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς φορείς του δημόσιου ή ιδιωτικού τομέα, για όσο χρόνο οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς σκοπούς, καθώς και σταθμούς που εγκαθίστανται από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), για όσο χρόνο οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν για τη διενέργεια πιστοποιήσεων ή μετρήσεων,

ζ) αυτόνομους σταθμούς από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. οι οποίοι δεν συνδέονται στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των πέντε (5) MWe, χωρίς δυνατότητα τροποποίησης της αυτόνομης λειτουργίας τους. Τα πρόσωπα που έχουν την ευθύνη της λειτουργίας των σταθμών της περίπτωσης αυτής, υποχρεούνται, πριν εγκαταστήσουν τους σταθμούς, να ενημερώνουν τον αρμόδιο Διαχειριστή για τη θέση, την ισχύ και την τεχνολογία των σταθμών αυτών, και

η) λοιπούς σταθμούς με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση των πενήντα (50) kW, εφόσον οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούν Α.Π.Ε. από τις οριζόμενες στην §2 του άρθ.2 του Ν.3468/2006, με μορφή διαφορετική από αυτή που προβλέπεται στις προηγούμενες περιπτώσεις.

*Το όριο ισχύος στις περιπτώσεις **γ΄** και δ΄ ισχύει για το σύνολο των σταθμών που ανήκουν στο ίδιο φυσικό ή νομικό πρόσωπο και εγκαθίστανται στο ίδιο ή όμορο ακίνητο και η τιμολόγηση γίνεται με βάση την αθροιστική ισχύ του συνόλου των σταθμών.*

Προσφορά Σύνδεσης στο Σύστημα ή το Δίκτυο

Σύμφωνα με τον "Κανονισμό Έκδοσης Αδειών Εγκατάστασης και Λειτουργίας" (ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153), η Προσφορά Σύνδεσης του σταθμού στο Σύστημα ή σε Δίκτυο που διατυπώνεται από τον αρμόδιο Διαχειριστή, *προηγείται* της αίτησης του επενδυτή για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων. Προκειμένου να συνταχθεί η προσφορά αυτή, ο κάτοχος Άδειας Παραγωγής πρέπει να υποβάλλει σχετική *αίτηση στον αρμόδιο Διαχειριστή,* συνοδευόμενη από τα δικαιολογητικά που ορίζονται στο άρθρο 4, §2 της ΥΑ.13310. Αυτός χορηγεί μέσα σε τέσσερις (4) μήνες την Προσφορά Σύνδεσης που ζητήθηκε, η οποία οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική με την έκδοση από την οικεία Περιφέρεια Απόφασης ΕΠΟ ή απαλλαγής (άρθ.8,§4 του Ν.3468/2006 όπως τροποποιήθηκε με το αρθ.3,§2 τουΝ.3851/2010 και ισχύει).

Οι όροι και οι απαιτήσεις που περιλαμβάνονται στην Προσφορά αποτελούν τους ελάχιστους όρους και απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί το έργο σύνδεσης. Αν για οποιονδήποτε λόγο τροποποιηθούν τα στοιχεία που αναφέρονται στα δικαιολογητικά όπως αυτά κατατέθηκαν αρχικά με την παραπάνω αίτηση, *ο επενδυτής πρέπει να ενημερώσει τον αρμόδιο Διαχειριστή*.

Η Προσφορά Σύνδεσης ισχύει *για τέσσερα (4) έτη* από την οριστικοποίησή της προκειμένου για σταθμούς που υποχρεούνται σε έκδοση Άδειας Παραγωγής, και *για έξι (6) μήνες* προκειμένου για σταθμούς που εξαιρούνται απ' αυτήν (άρθ.187, Ν.4001/2011, ΦΕΚ.Α'179). Μπορεί δε να ανανεώνεται από τον αρμόδιο Διαχειριστή, ιδίως στις περιπτώσεις α΄ και β' του άρθ.3, §4 του Ν. 3468/2006.

Μετά τη διατύπωση της Προσφοράς Σύνδεσης ο κάτοχος της Άδειας Παραγωγής πρέπει να αποτυπώσει σε κατάλληλα τοπογραφικά διαγράμματα τον προτεινόμενο τρόπο σύνδεσης του σταθμού και να το υποβάλλει στον Διαχειριστή για *θεώρηση* (βλ. άρθ.6, §§2,3 της ΥΑ.13310). Αν ο σταθμός συνδέεται μέσω νέου υποσταθμού μέσης προς υψηλή τάση, ο ενδιαφερόμενος πρέπει να συνυποβάλλει *βεβαίωση καταλληλότητας* του γηπέδου εγκατάστασης του υποσταθμού. Η βεβαίωση αυτή εκδίδεται κατόπιν αιτήσεως και εντός τριών (3) μηνών από την ΔΕΗ / Διεύθυνση Νέων Έργων Μεταφοράς.

Σημαντική Συνιστώσα

Σύμφωνα με το άρθ.11 του Ν.3468/2006 όπως τροποποιήθηκε με το άρθ.4 του Ν.3851/2010 και ισχύει, στην περίπτωση σύνδεσης νέου σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. στο Σύστημα μέσω υφιστάμενου υποσταθμού ανύψωσης υψηλής τάσης, ο δικαιούχος της Άδειας Παραγωγής μπορεί να επιλέξει το τμήμα σύνδεσης, μεταξύ του

κεντρικού πίνακα μέσης τάσης του σταθμού Α.Π.Ε. και του υποσταθμού ανύψωσης να ανήκει στην κυριότητά του. Στην περίπτωση σύνδεσης νέου σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. ή συγκροτήματος αιολικών πάρκων στο Σύστημα μέσω νέων υποσταθμών ανύψωσης, ο κάτοχος της οικείας άδειας παραγωγής μπορεί να επιλέξει το τμήμα σύνδεσης, μεταξύ του κεντρικού πίνακα μέσης τάσης του κάθε σταθμού Α.Π.Ε. και του τερματικού υποσταθμού ανύψωσης, και ο νέος τερματικός υποσταθμός ανύψωσης να ανήκουν στην κυριότητά του, μέχρι τα όρια του Συστήματος σύμφωνα με όσα προβλέπονται στον Κώδικα Διαχείρισης. Στις περιπτώσεις αυτές, ο κάτοχος της Άδειας Παραγωγής κατασκευάζει τα έργα σύνδεσης που ανήκουν στην κυριότητά του και αποκτά τη διαχείριση και την ευθύνη λειτουργίας και συντήρησης των έργων αυτών. Επιτρέπει δε τη σύνδεση νέων χρηστών στον υποσταθμό κατόπιν ανταλλάγματος κατά τα οριζόμενα στον Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος ή σε ειδικότερη κατά περίπτωση απόφαση της ΡΑΕ.

Σύμβαση Σύνδεσης στο Σύστημα ή σε Δίκτυο

Διαχειριστής αρμόδιος για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι ο ΑΔΜΗΕ, ενώ Διαχειριστής του Διασυνδεδεμένου Δικτύου αλλά και του Δικτύου των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων είναι η ΔΕΗ.
Αφού καταστεί δεσμευτική η Προσφορά Σύνδεσης, ο δικαιούχος μπορεί να υποβάλλει *Αίτηση Σύνδεσης* στον αρμόδιο Διαχειριστή μετά την οποία, τα ενδιαφερόμενα μέρη προχωρούν στην σύναψη Σύμβασης Σύνδεσης:

- Τριμερούς στην περίπτωση σύνδεσης στο Σύστημα (ΑΔΜΗΕ-ΔΕΗ-επενδυτής), ή
- Διμερούς στην περίπτωση σύνδεσης σε Δίκτυο (Διαχειριστής-επενδυτής).

Για μικρά έργα που έχουν εξαιρεθεί από την υποχρέωση λήψης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας, η αίτηση σύνδεσης συνοδεύεται από (βλ. "Κανονισμό Αδειών Εγκατάστασης και Λειτουργίας" – ΥΑ.13310/2007, αρθ.9, §2 καιΝ.3468/2006, αρθ.4, §4):

- Έγγραφο που να αποδεικνύει το δικαίωμα νόμιμης χρήσης του χώρου εγκατάστασης κατά το αρθ.7 του Ν.3468.
- Την Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) ή υπεύθυνη δήλωση ότι το έργο απαλλάσσεται από την εν λόγω υποχρέωση.
- Τις τυχόν απαιτούμενες Οικοδομικές Άδειες ή βεβαίωση της πολεοδομίας ότι δεν απαιτούνται άδειες.

☛Για τα μικρά (≤10 kW_p) **Φωτοβολταϊκά πάνω σε κτίρια** έχουμε αναφερθεί ενδελεχώς σε προηγούμενη ενότητα.
☛Για λοιπές Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις μικρής ισχύος που συνδέονται **στο δίκτυο χαμηλής τάσης**, οι επενδυτές πρέπει να απευθύνονται στο κατάστημα της ΔΕΗ του τόπου όπου θα εκτελεσθεί το έργο. Εκεί, θα πρέπει να υποβάλουν αίτηση σύνδεσης αφού τους δοθούν οι απαιτούμενες διαδικαστικές και τεχνικές διευκρινίσεις.

Η Σύμβαση Σύνδεσης υπογράφεται και ισχύει από την χορήγηση της Άδειας Εγκατάστασης, εφόσον απαιτείται (άρθ.3,§2, Ν.3468). Ύστερα απ' αυτό ο επενδυτής μπορεί να ξεκινήσει την υλοποίηση των έργων σύνδεσης. Σημειώνεται ότι στις Συμβάσεις

που συνάπτει ο αρμόδιος Διαχειριστής με τους φορείς σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης 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.

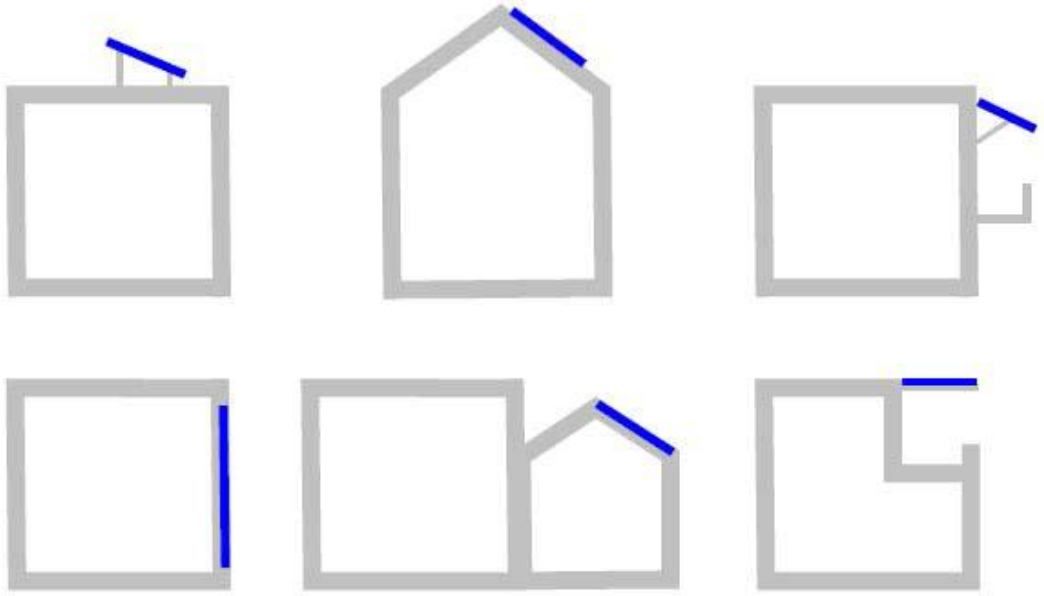
Οικοδομικές Άδειες Έργων ΑΠΕ

Γενικά, για την ανέγερση κτισμάτων στον χώρο εγκατάστασης του σταθμού απαιτείται οικοδομική άδεια ή βεβαίωση που εκδίδεται από την πολεοδομία ότι δεν απαιτείται ή έκδοση σχετικής οικοδομικής άδειας.

Ειδικότερα, και σύμφωνα με τον Ν.2244/1994, ΦΕΚ.Α'168, αρθ.3, όπως τροποποιήθηκε με τους Ν.2941/2001, ΦΕΚ.Α'201, αρθ.2 και Ν.3734/2009, ΦΕΚ.8, άρθ.27Α, §9, για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών δεν απαιτείται η έκδοση οικοδομικής άδειας, αλλά έγκριση εργασιών που χορηγείται από την αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία της περιοχής της εγκατάστασης ύστερα από αίτηση του ενδιαφερομένου. Συγκεκριμένα, η έγκριση χορηγείται ύστερα από γνωμοδότηση της αρμόδιας Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (Ε.Π.Α.Ε.). Αυτή συνοδεύεται από:

- Υπεύθυνες δηλώσεις αναθέσεων και αναλήψεων μελετών και επιβλέψεων του έργου.
- Τοπογραφικό διάγραμμα με σαφές οδοιπορικό.
- Διάγραμμα κάλυψης.
- Σχέδια κατόψεων, τομών και όψεων.
- Προϋπολογισμό του έργου.
- Αποδεικτικά πληρωμής φόρων, εισφορών και αμοιβών μηχανικών.
- Οι εγκρίσεις των αρμόδιων υπηρεσιών (αρχαιολογίας, δασαρχείου, ΕΠΑΕ, ΥΠΠΟ) που απαιτούνται κατά περίπτωση.

Μια ακόμα σημαντική αλλαγή που φέρνει το ΦΕΚ Β'1557/2010 είναι ότι επιτρέπει την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων όχι μόνο στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφισταμένου κτιρίου , αλλά και σε στέγαστρα βεραντών, προσόψεις και σκίαστρα, καθώς και σε βοηθητικούς χώρους του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώρους στάθμευσης. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται διαφορετικοί τρόποι εγκατάστασης στον οικιακό-κτιριακό τομέα σύμφωνα με τον Σύνδεσμο Εταιρειών Φωτοβολταϊκών.



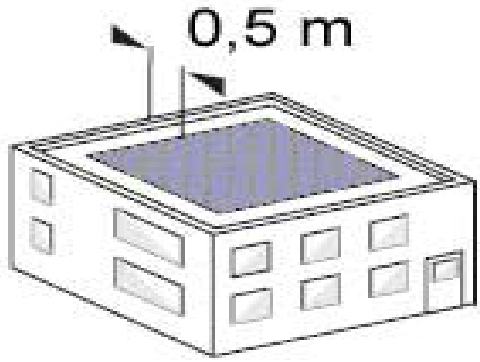
Όσον αφορά ΦΒ σε πολυκατοικίες θα πρέπει να ικανοποιούνται συγκεκριμένοι όροι. Αρχικά είτε να συμφωνήσουν εγγράφως οι υπόλοιποι ιδιοκτήτες, είτε το φωτοβολταικό να εγκατασταθεί εξ ονόματος όλων των ιδιοκτητών(τους οποίους θα εκπροσωπεί ο διαχειριστής). Επίσης σε κάθε πολυκατοικία εγκαθίσταται μόνο ένα ΦΒ σύστημα. Μόνη εξαίρεση αποτελεί η εγκατάσταση σε στέγαστρο διαμερίσματος, τότε μπορούν να μπουν περισσότερα του ενός συστημάτων σε μια πολυκατοικία. Σε περίπτωση που η ταράτσα είναι κοινόκτητη και οι κύριοι του χώρου θέλουν να παραχωρήσουν σε κάποιον άλλον ιδιοκτήτη που δεν έχει πρόσβαση στην ταράτσα, μπορούν να το κάνουν.

Τέλος το **ΦΕΚ Α.Α.Π 376/06.09.2010** καθορίζει κάποια ακόμα σημεία σχετικά με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτίρια: Επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης χώρου σε χαρακτηρισμένους **παραδοσιακούς οικισμούς**, ιστορικά τμήματα πόλεων και **διατηρητέα κτίρια** φυσικά μετά από την έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας. Επίσης θέτονται συγκεκριμένοι **πολεοδομικοί όροι**:

1. Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων και ηλιακών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης χώρου πάνω από την απόληξη του κλιμακοστασίου και του φρεατίου ανελκυστήρα.
2. Η διάταξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων δεν θα πρέπει να δημιουργεί χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης ή ημιυπαίθριο χώρο ή να εμποδίζει την απρόσκοπτη προσπέλαση σε κοινόχρηστους χώρους. Σε περίπτωση ορόφου σε υποχώρηση, οι εγκαταστάσεις αυτές θα περιορίζονται στο περίγραμμα του ορόφου. Σε περίπτωση τοποθέτησης σε στέγη, αυτή θα πρέπει να γίνεται εντός του περιγράμματος της στέγης, ακολουθώντας την κλίση της, ώστε να εξασφαλίζεται η αισθητική εικόνα του κτιρίου.
3. Αν τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τα ηλιακά συστήματα ψύξης και θέρμανσης χώρου τοποθετούνται στο δώμα του κτιρίου, οι αποστάσεις από το στηθαίο του δώματος θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστο **0,50 μ** για λόγους ασφαλείας.

Δηλαδή **δεν απαιτείται πλέον τα φωτοβολταϊκά να απέχουν από το περίγραμμα της στέγης κατά 0,5m όπως ίσχυε σύμφωνα με τον προηγούμενο νόμο. Αρκεί μόνο το σύστημα να βρίσκεται εντός της στέγης.** Επίσης, στην περίπτωση της ταράτσας, **η απόσταση που πρέπει να απέχει το φωτοβολταϊκό σύστημα από το στηθαίο μειώνεται από 1m σε 0, 5m**. Οι αλλαγές αυτές αυξάνουν

αισθητά την περιοχή της στέγης ή της ταράτσας που είναι διαθέσιμη για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και φαίνονται στην εικόνα 2.4.



Περιβαλλοντική Αδειοδότηση

Για την εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ, καθώς και των συνοδευτικών τους έργων, απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση. Σύμφωνα με το νόμο 4014/21-9-2011 (Β'209), τα δημόσια και ιδιωτικά έργα και δραστηριότητες κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον:

- Η *πρώτη (Α) κατηγορία* περιλαμβάνει τα έργα και τις δραστηριότητες που ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και για τα οποία *απαιτείται η διεξαγωγή Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ)* προκειμένου να τους επιβάλλονται ειδικοί όροι και περιορισμοί. Αυτή με τη σειρά της διαιρείται στις υποκατηγορίες Α1 (πρόκληση *πολύ σημαντικών* επιπτώσεων στο περιβάλλον) και Α2 (πρόκληση *σημαντικών* επιπτώσεων).
- Η *δεύτερη (Β) κατηγορία* περιλαμβάνει έργα και δραστηριότητες τα οποία χαρακτηρίζονται από *τοπικές και μη σημαντικές* μόνο επιπτώσεις στο περιβάλλον, *δεν ακολουθούν την διαδικασία εκπόνησης ΜΠΕ αλλά υπόκεινται σε Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ)*.

Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.)

Σύμφωνα με τον ν.4014/ΦΕΚ.Α'209/21-9-2011, η εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων είναι προαπαιτούμενο βήμα της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης για την πραγματοποίηση νέων ή την μετεγκατάσταση ήδη υφισταμένων έργων της κατηγορίας Α. Οι δημόσιες αρχές παρέχουν στον φορέα του έργου ή της δραστηριότητας όλες τις πληροφορίες που έχουν στη διάθεσή τους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκπόνηση της ΜΠΕ. Αυτός οφείλει να παραδώσει στην αρμόδια περιβαλλοντική αρχή την μελέτη και το σύνολο των πληροφοριών που έχει συλλέξει για την πραγματοποίησή τους, με ρητή αναφορά στις πηγές από τις οποίες προήλθε η πληροφορία αυτή.

Το περιεχόμενο της ΜΠΕ και τα συνοδευτικά στοιχεία των φακέλων ανά κατηγορία έργου καθορίζονται με υπουργική απόφαση και περιλαμβάνουν *τουλάχιστον* τα παρακάτω):

1) Επιτρεπόμενες χρήσεις γης στην περιοχή του έργου ή της δραστηριότητας.

2) Περιγραφή της θέσης του έργου, του σχεδιασμού και των τεχνικών χαρακτηριστικών του συνόλου του έργου κατά τα στάδια της κατασκευής και της λειτουργίας. Επίσης, την περιγραφή των κυριότερων χαρακτηριστικών των μεθόδων κατασκευής, τη φύση και τις ποσότητες των χρησιμοποιούμενων υλικών, καθώς και την περιγραφή των προβλεπόμενων τύπων και ποσότητας καταλοίπων και εκπομπών, ιδίως στα νερά, ατμόσφαιρα, έδαφος, θόρυβο, δονήσεις, ακτινοβολίες, που αναμένεται να προκύψουν από την κατασκευή και λειτουργία του προτεινόμενου έργου ή της δραστηριότητας.

3) Περιγραφή και αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων, ιδίως ως προς τη θέση, το μέγεθος ή/και την τεχνολογία αυτών, συμπεριλαμβανομένης της μηδενικής λύσης, που εξετάστηκαν από τον φορέα του έργου ή της δραστηριότητας και παρουσίαση των κύριων λόγων της επιλογής της προτεινόμενης λύσης σχετικά με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον.

4) Περιγραφή των στοιχείων του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος που ενδέχεται να θιγούν σημαντικά από το προτεινόμενο έργο ή δραστηριότητα, συμπεριλαμβανομένων ειδικότερα του πληθυσμού, της πανίδας, της χλωρίδας, των οικοτόπων, του εδάφους, του νερού, του αέρα, των κλιματικών παραγόντων, των υλικών αγαθών, μεταξύ των οποίων η αρχιτεκτονική, πολιτιστική και αρχαιολογική κληρονομιά, το τοπίο, καθώς και η περιγραφή της αλληλεπίδρασης των στοιχείων αυτών.

5) Περιγραφή, εκτίμηση και αξιολόγηση των πιθανά σημαντικών επιπτώσεων που το προτεινόμενο έργο ή δραστηριότητα ενδέχεται να προκαλέσει στο περιβάλλον από τη χρήση των φυσικών πόρων, την εκπομπή ρυπαντών, τη δημιουργία οχλήσεων και τη διάθεση των αποβλήτων, το σύνολο των δεδομένων και την περιγραφή των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη και εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον, με αναφορά στην αξιοπιστία των μεθόδων, καθώς και επισήμανση των ενδεχόμενων δυσκολιών που προέκυψαν κατά τη συλλογή των απαιτούμενων πληροφοριών.

6) Αναλυτική περιγραφή των μέτρων που προβλέπονται για να αποφευχθούν, μειωθούν, αποκατασταθούν και αντισταθμιστούν οι σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις του έργου ή της δραστηριότητας στο περιβάλλον.

7) Σχέδιο περιβαλλοντικής διαχείρισης που θα εφαρμοστεί για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής προστασίας του περιβάλλοντος και εφαρμογής των προτεινόμενων μέτρων, το οποίο θα περιλαμβάνει και το προτεινόμενο πρόγραμμα παρακολούθησης. Το πρόγραμμα παρακολούθησης στην εφαρμογή του οποίου δεσμεύεται ο φορέας του έργου ή της δραστηριότητας περιλαμβάνει τουλάχιστον:

α) τις παραμέτρους, τα στοιχεία και τους δείκτες του περιβάλλοντος που παρακολουθούνται,

β) τις μεθόδους, τον τόπο, τον χρόνο και τη συχνότητα καταγραφής,

γ) τα μέτρα διασφάλισης της ποιότητας και αξιοπιστίας των καταγραφών,

δ) το χρονοδιάγραμμα ενημέρωσης του (κατά το άρθ.18 του ν.4014/2011) Ηλεκτρονικού Περιβαλλοντικού Μητρώου (ΗΠΜ).

8) Μη τεχνική περίληψη των πληροφοριών που περιλαμβάνονται στην ΜΠΕ.

9) Εξειδικευμένες μελέτες οι οποίες τυχόν προέκυψαν κατά το στάδιο της διαδικασίας Προκαταρκτικού Προσδιορισμού Περιβαλλοντικών Απαιτήσεων (ΠΠΠΑ) εφόσον ακολουθήθηκε, και παρατίθενται σε παράρτημα της ΜΠΕ.

Υποκατηγορία Α1'

Για την πραγματοποίηση νέων έργων ή δραστηριοτήτων ή τη μετεγκατάσταση ήδη υφισταμένων έργων της υποκατηγορίας Α1΄ απαιτείται διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης με τη διεξαγωγή ΜΠΕ και την έκδοση Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ). Αυτή αποτελεί προϋπόθεση για την έκδοση κάθε διοικητικής πράξης που απαιτείται για την εγκατάσταση και τη λειτουργία του έργου. *Αρμόδια αρχή για την περιβαλλοντική αδειοδότηση των έργων Α1΄ είναι το ΥΠΕΚΑ και η έγκριση των περιβαλλοντικών όρων γίνεται με απόφαση του Υπουργού*.

Ο φορέας του έργου της υποκατηγορίας Α1΄ μπορεί να ζητήσει γνωμοδότηση της αρμόδιας περιβαλλοντικής αρχής με την υποβολή φακέλου Προκαταρκτικού Προσδιορισμού Περιβαλλοντικών Απαιτήσεων (ΠΠΠΑ), πριν την υποβολή ΜΠΕ. Στο πλαίσιο της ΠΠΠΑ, ο φορέας του έργου ή της δραστηριότητας δύναται να διενεργήσει δημόσιο διάλογο αναφορικά με τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου ή της δραστηριότητας και τις ενδεχόμενες κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Σημειώνεται ότι για κάθε νέο έργο ή την μετεγκατάσταση υφισταμένου, με την εξαίρεση εκείνων σε οργανωμένους υποδοχείς παραγωγικών δραστηριοτήτων (ν.4014/2011, άρθ.2, §§4-6), απαιτείται η γνώμη της αρχαιολογικής υπηρεσίας σχετικά με το εάν η περιοχή χωροθέτησής του είναι αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, καθώς και της δασικής υπηρεσίας για έργα που χωροθετούνται σε δάση, άλση, ή δασικές και αναδασωτέες περιοχές. Προκειμένου να συντομευτεί η έκδοση της ΑΕΠΟ, οι γνώμες αυτές μπορούν ληφθούν και να προσκομισθούν με επιμέλεια του ίδιου του ενδιαφερόμενου κατά την υποβολή του φακέλου της ΠΠΠΑ ή του φακέλου της ΜΠΕ.

Η γνωμοδότηση κατά το στάδιο της ΠΠΠΑ προσδιορίζει αιτιολογημένα τα ακόλουθα στοιχεία σχετικά με το περιεχόμενο της ΜΠΕ:

1. τις δέσμες των εναλλακτικών λύσεων,
2. τις ειδικές μελέτες ανά κατηγορία επίπτωσης που κρίνεται αναγκαίο να εκπονηθούν και τις κατευθύνσεις σχετικά με τη μεθοδολογία και τα χαρακτηριστικά των μελετών,
3. τα θέματα στα οποία θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα κατά την εξέταση των επιπτώσεων,
4. τον κατάλογο των φορέων των οποίων ζητείται η γνώμη και τις προτάσεις για τη διαβούλευση,
5. τις ενδεχόμενες ειδικότερες κατευθύνσεις σχετικά με το περιεχόμενο της ΜΠΕ και τα απαιτούμενα στοιχεία,
6. παράρτημα με όλες τις διατυπωθείσες γνώμες.

Για την έκδοση της ΑΕΠΟ ακολουθούνται τα βήματα που περιγράφονται στο άρθ.3 του νόμου. Οι προθεσμίες ανά δραστηριότητα που τίθενται στην §2, οδηγούν στην περάτωση της όλης διαδικασίας εντός περίπου 110 εργάσιμων ημερών (5 μηνών) εάν δεν επιλεγεί σε πρώτο στάδιο η διαδικασία ΠΠΠΑ, ή εντός περίπου 195 εργάσιμων ημερών (< 9 μηνών) αθροιστικά, εφόσον επιλεγεί ΠΠΠΑ. Σε ειδικές περιπτώσεις ιδιαίτερα σύνθετων έργων, οι ανωτέρω χρόνοι μπορούν να παραταθούν μέχρι το διπλάσιο με απόφαση του Γενικού Γραμματέα του ΥΠΕΚΑ.

Η ΑΕΠΟ έχει διάρκεια ισχύος δέκα (10) χρόνια, εφόσον δεν επέρχεται μεταβολή των δεδομένων βάσει των οποίων εκδόθηκε, με δυνατότητα παράτασης για άλλα δύο (2) ή τέσσερα (4) έτη για έργα που διαθέτουν Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης υπό τις προϋποθέσεις του άρθ.2, §8α του ν.4014. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση που διαπιστωθούν, από τα πορίσματα των τακτικών και έκτακτων επιθεωρήσεων του έργου από τις αρμόδιες αρχές (άρθ.20), σοβαρά προβλήματα υποβάθμισης του περιβάλλοντος

ή αν παρατηρηθούν επιπτώσεις στο περιβάλλον, που δεν είχαν προβλεφθεί από τη ΜΠΕ και την ΑΕΠΟ, η αρμόδια περιβαλλοντική αρχή επιβάλλει πρόσθετους περιβαλλοντικούς όρους ή τροποποιεί τους αρχικούς. Η αρμόδια περιβαλλοντική αρχή μπορεί επίσης να ζητήσει την εκπόνηση ειδικής μελέτης ή νέας ΜΠΕ για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών.

Η ΑΕΠΟ μπορεί να ανανεώνεται ή να παρατείνεται κατόπιν σχετικού αιτήματος προς την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή, συνοδευόμενου από Φάκελο Ανανέωσης και υποβαλλόμενου πριν την λήξη της κανονικής ισχύος της (άρθ.5,11). Μπορεί παρομοίως να τροποποιείται σε περίπτωση επέκτασης ή άλλης μεταβολής ήδη αδειοδοτημένου έργου με την υποβολή αιτήματος και αντίστοιχου Φακέλου Τροποποίησης ΑΕΠΟ (άρθ.6,11).

Μετά την έγκριση από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή, η ΑΕΠΟ, η απόφαση ανανέωσης, παράτασης ισχύος ή τροποποίησής της αναρτώνται υποχρεωτικά στο διαδίκτυο, επί ποινή ακυρότητας, εντός ενός μηνός από την έκδοσή της (άρθ.19α). Με την ανάρτηση της ΑΕΠΟ, τεκμαίρεται η πλήρης γνώση για κάθε ενδιαφερόμενο προκειμένου να υποβάλλει αίτηση ακύρωσης ή να ασκήσει οποιοδήποτε άλλο ένδικο βοήθημα.

Υποκατηγορία Α2'

Για την πραγματοποίηση νέων έργων ή δραστηριοτήτων ή τη μετεγκατάσταση ήδη υφισταμένων έργων της υποκατηγορίας Α2’ απαιτείται διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης με τη διεξαγωγή ΜΠΕ και την έκδοση Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ). Αυτή αποτελεί προϋπόθεση για την έκδοση κάθε διοικητικής πράξης που απαιτείται για την εγκατάσταση και τη λειτουργία του έργου. *Αρμόδια αρχή για την περιβαλλοντική αδειοδότηση των έργων Α2’ είναι η οικεία Αποκεντρωμένη Διοίκηση και η έγκριση των περιβαλλοντικών όρων γίνεται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της*.

Ο φορέας του έργου της υποκατηγορίας Α2’ μπορεί να ζητήσει γνωμοδότηση της αρμόδιας περιβαλλοντικής αρχής με την υποβολή φακέλου Προκαταρκτικού Προσδιορισμού Περιβαλλοντικών Απαιτήσεων (ΠΠΠΑ), πριν την υποβολή ΜΠΕ. Στο πλαίσιο της ΠΠΠΑ, ο φορέας του έργου ή της δραστηριότητας δύναται να διενεργήσει δημόσιο διάλογο αναφορικά με τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου ή της δραστηριότητας και τις ενδεχόμενες κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Σημειώνεται ότι για κάθε νέο έργο ή την μετεγκατάσταση υφισταμένου, με την εξαίρεση εκείνων σε οργανωμένους υποδοχείς παραγωγικών δραστηριοτήτων (ν.4014/2011, άρθ.2, §§4-6) και εκείνων σε πόλεις ή οικισμούς (αρθ.4, §2), απαιτείται η γνώμη της αρχαιολογικής υπηρεσίας σχετικά με το εάν η περιοχή χωροθέτησής του είναι αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, καθώς και της δασικής υπηρεσίας για έργα που χωροθετούνται σε δάση, άλση, ή δασικές και αναδασωτέες περιοχές. Προκειμένου να συντομευτεί η έκδοση της ΑΕΠΟ, οι γνώμες αυτές μπορούν ληφθούν και να προσκομισθούν με επιμέλεια του ίδιου του ενδιαφερόμενου κατά την υποβολή του φακέλου της ΠΠΠΑ ή του φακέλου της ΜΠΕ.

Για την έκδοση της ΑΕΠΟ των έργων της υποκατηγορίας Α2’ ακολουθείται γενικά η ίδια διαδικασία με την μεγαλύτερη υποκατηγορία Α1’, με τις προθεσμίες όμως των επιμέρους βημάτων να είναι συντομευμένες. Έτσι, οι προθεσμίες ανά δραστηριότητα που τίθενται στο άρθ.4 οδηγούν στην περάτωση της όλης διαδικασίας εντός περίπου 85 εργάσιμων ημερών (< 4 μηνών) εάν δεν επιλεγεί σε πρώτο στάδιο η διαδικασία ΠΠΠΑ, ή

εντός περίπου 150 εργάσιμων ημερών (< 7 μηνών) αθροιστικά, εφόσον επιλεγεί ΠΠΠΑ. Εδώ δεν προβλέπονται ειδικές περιπτώσεις παράτασης των χρόνων αυτών.

Η ΑΕΠΟ έχει διάρκεια ισχύος δέκα (10) χρόνια, εφόσον δεν επέρχεται μεταβολή των δεδομένων βάσει των οποίων εκδόθηκε, με δυνατότητα παράτασης για άλλα δύο (2) ή τέσσερα (4) έτη για έργα που διαθέτουν Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης υπό τις προϋποθέσεις του άρθ.2, §8α του ν.4014.

Η ΑΕΠΟ μπορεί να ανανεώνεται ή να παρατείνεται κατόπιν σχετικού αιτήματος προς την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή, συνοδευόμενου από Φάκελο Ανανέωσης και υποβαλλόμενου πριν την λήξη της κανονικής ισχύος της (άρθ.5,11). Μπορεί παρομοίως να τροποποιείται σε περίπτωση επέκτασης ή άλλης μεταβολής ήδη αδειοδοτημένου έργου με την υποβολή αιτήματος και αντίστοιχου Φακέλου Τροποποίησης ΑΕΠΟ (άρθ.6,11).

Μετά την έγκριση από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή, η ΑΕΠΟ, η απόφαση ανανέωσης, παράτασης ισχύος ή τροποποίησής της αναρτώνται υποχρεωτικά στο διαδίκτυο, επί ποινή ακυρότητας, εντός ενός μηνός από την έκδοσή της (άρθ.19α). Με την ανάρτηση της ΑΕΠΟ, τεκμαίρεται η πλήρης γνώση για κάθε ενδιαφερόμενο προκειμένου να υποβάλλει αίτηση ακύρωσης ή να ασκήσει οποιοδήποτε άλλο ένδικο βοήθημα.

Κατηγορία Β'

Τα έργα της Κατηγορίας Β', αναλόγως του είδους τους, υπάγονται αυτοδικαίως σε Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ), με ευθύνη *της αρμόδιας υπηρεσίας που χορηγεί την Άδεια Λειτουργίας* και κατόπιν σχετικής δήλωσης του μελετητή ή του φορέα του έργου. Αν το έργο ή η δραστηριότητα δεν υποχρεούται στη λήψη Άδειας Λειτουργίας, τότε υπάγεται σε ΠΠΔ με ευθύνη *της αρμόδιας υπηρεσίας περιβάλλοντος της Περιφέρειας* (άρθ.8, ν.4014/2011). Οι κατά περίπτωση προβλεπόμενες ΠΠΔ, αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα των αδειών που απαιτούνται για την κατασκευή, εγκατάσταση ή λειτουργία του έργου.

Αν το έργο πρόκειται να κατασκευαστεί σε προστατευόμενες περιοχές του δικτύου Natura, η περιβαλλοντική αδειοδότηση διενεργείται με βάση τις σχετικές πρόνοιες των ειδικότερων προεδρικών διαταγμάτων και υπουργικών αποφάσεων προστασίας. Σε περίπτωση ελλείψεως σχετικών προβλέψεων υποβάλλεται Ειδική Οικολογική Αξιολόγηση στην αρμόδια υπηρεσία Περιβάλλοντος της Περιφέρειας. Αυτή περιλαμβάνει την καταγραφή στοιχείων φυσικού περιβάλλοντος με έμφαση στα προστατευτέα αντικείμενα της περιοχής Natura που δύναται να επηρεαστούν, και την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων, μεμονωμένα ή σε συνδυασμό με άλλα έργα ή δραστηριότητες, λαμβανομένων υπόψη των στόχων διατήρησης των συγκεκριμένων περιοχών Natura.

Δάση ή Δασικές Εκτάσεις

Για την εκτέλεση έργων υποδομής, την εγκατάσταση δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, την κατασκευή υποσταθμών και κάθε τεχνικού έργου που αφορά την υποδομή και εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ με χρήση ΑΠΕ, στα οποία περιλαμβάνονται και τα έργα σύνδεσης με το Σύστημα ή το Δίκτυο όπως ορίζονται στον Ν.2773/1999, ΦΕΚ.Α’286, αρθ.2 και των συνοδών έργων μέσα σε δάση ή δασικές εκτάσεις (βλ. Ν.998/1979, ΦΕΚ.Α’289 όπως τροποποιήθηκε με τον Ν.3208/2003, ΦΕΚ.Α’303 και τον Ν.3468/2006, ΦΕΚ.Α’129,

αρθ.24), *απαιτείται σχετική έγκριση επέμβασης*. Η έγκριση αυτή που *ενσωματώνεται στην απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων*, χορηγείται :
α) Από τον Υπουργό Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, κατά την έκδοση της ανωτέρω απόφασης, εφόσον πρόκειται για έργα ή δραστηριότητες ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ, για την περιβαλλοντική αδειοδότηση των οποίων αρμόδιες είναι οι κεντρικές υπηρεσίες Περιβάλλοντος του ΥΠΕΧΩΔΕ.
β) Από τον Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας, κατά την υπογραφή της ανωτέρω απόφασης, μετά από γνώμη της αρμόδιας περιφερειακής δασικής υπηρεσίας, εφόσον πρόκειται για έργα ή δραστηριότητες ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ, για την περιβαλλοντική αδειοδότηση των οποίων αρμόδιες είναι οι περιφερειακές ή οι νομαρχιακές υπηρεσίες Περιβάλλοντος.

Αν συντρέχει περίπτωση εφαρμογής της διαδικασίας που προβλέπεται στον Ν.998/1979, αρθ.14 για το χαρακτηρισμό περιοχής όπου σχεδιάζεται η εγκατάσταση σταθμών ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ με χρήση ΑΠΕ, η σχετική διαδικασία κινείται παράλληλα με τη διαδικασία έκδοσης της απόφασης ΕΠΟ και η προθεσμία για την έκδοση αυτής *παρατείνεται* για όσο χρόνο διαρκεί η διαδικασία χαρακτηρισμού του πιο πάνω άρθρου 14.

Σε κάθε περίπτωση, επεμβάσεις σε δάση και δασικές εκτάσεις ενεργούνται *πάντοτε κατόπιν καταβολής ανταλλάγματος χρήσης*, το ύψος του οποίου καθορίζεται με υπουργικές αποφάσεις και η είσπραξή του γίνεται πριν από την εγκατάσταση του δικαιούχου στην έκταση (βλ. ΥΑ.114000/2004, ΦΕΚ.Β'1996, όπως τροποποιήθηκε με τηνΥΑ.90440/2005, ΦΕΚ.Β'419).

Αιγιαλός, Θάλασσα ή Πυθμένας

Για έργα που προτείνεται να εγκατασταθούν στη θάλασσα και σύμφωνα με τον Ν.2971/2001, ΦΕΚ.Α'285, αρθ.14 («Αιγιαλός, Παραλία και άλλες διατάξεις»), όπως τροποποιήθηκε από τον Ν.3468/2006, ΦΕΚ.Α'129, αρθ.24, επιτρέπεται *η παραχώρηση του δικαιώματος χρήσης* αιγιαλού, παραλίας, συνεχόμενου ή παρακείμενου θαλάσσιου χώρου ή πυθμένα θάλασσας για την εκτέλεση εργασιών εγκατάστασης σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Στις εργασίες αυτές περιλαμβάνεται η τοποθέτηση υποσταθμών, καθώς και η κατασκευή κάθε έργου που κρίνεται αναγκαίο για τη σύνδεση του σταθμού με το Σύστημα ή το Δίκτυο.

Για την παραχώρηση του ανωτέρω δικαιώματος, ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει *αίτηση προς την αρμόδια Κτηματική Υπηρεσία, την οποία κοινοποιεί και στον Υπουργό Ανάπτυξης*. Η αίτηση συνοδεύεται από τεχνική περιγραφή του έργου. Η Κτηματική Υπηρεσία διαβιβάζει το σχετικό φάκελο σε τρία (3) αντίγραφα, εντός προθεσμίας δεκαπέντε (15) ημερών από την υποβολή της αίτησης, στην αρχή που είναι αρμόδια για την περιβαλλοντική αδειοδότηση προκειμένου να τηρηθεί η διαδικασία ΕΠΟ. Η απόφαση ΕΠΟ διαβιβάζεται στην Κτηματική Υπηρεσία για την έκδοση της απόφασης παραχώρησης.

<u>Άδεια Εγκατάστασης</u>

Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ, καθώς και κάθε έργο που συνδέεται με την κατασκευή και τη λειτουργία τους, συμπεριλαμβανομένων των έργων οδοποιίας πρόσβασης και των έργων σύνδεσής τους με το Σύστημα ή το Δίκτυο, επιτρέπεται να εγκαθίστανται :

- Σε γήπεδο ή σε χώρο, του οποίου ο αιτών έχει το δικαίωμα νόμιμης χρήσης.
- Σε δάση ή δασικές εκτάσεις, εφόσον έχει επιτραπεί μέσα σε αυτά η εκτέλεση έργων σύμφωνα με τονΝ.998/1979, αρθ.45,58 (ΦΕΚ.289 Α΄) όπως τροποποιήθηκε από τον Ν.3468/2006, αρθ.24, αλλά και με τονΝ.1734/1987, αρθ.13 (ΦΕΚ.189 Α΄).
- Σε αιγιαλό, παραλία, θάλασσα ή σε πυθμένα της, εφόσον έχει παραχωρηθεί το δικαίωμα χρήσης τους σύμφωνα με τον Ν.2971/2001, αρθ.14, (ΦΕΚ.285 Α΄) όπως έχει επίσης τροποποιηθεί από τον Ν.3468/2006, αρθ.24.

Για την εγκατάσταση ή επέκταση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ, απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης (Ν.3468/2006, ΦΕΚ.Α'129, αρθ.7,8) η οποία προϋποθέτει την κατοχή Άδειας Παραγωγής και απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων. Αυτή χορηγείται κατόπιν αιτήσεως *προς την Περιφέρεια* στα όρια της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός. Η αίτηση πρέπει να συνοδεύεται από μια σειρά δικαιολογητικών τα οποία καθορίζονται στον Κανονισμό Έκδοσης Αδειών Εγκατάστασης και Λειτουργίας (ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153, αρθ.8). Σε αυτά περιλαμβάνονται:

- Η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων,
- Η (δεσμευτική) Προσφορά Σύνδεσης του σταθμού στο Σύστημα ή σε Δίκτυο,
- Νόμιμο αποδεικτικό στοιχείο αποκλειστικής χρήσης του γηπέδου και κάθε άλλου ακινήτου που συνδέεται με την κατασκευή και την λειτουργία του. Στην περίπτωση σταθμού που πρόκειται να εγκατασταθεί σε δάσος, αιγιαλό, θάλασσα, ή πυθμένα, η έγκριση επέμβασης είτε η παραχώρηση του δικαιώματος χρήσης,
- Μια σειρά από παραστατικά πληρωμής τελών, κρατήσεων και φόρων.

Το έντυπο της αίτησης μαζί με τις απαραίτητες οδηγίες για την συμπλήρωσή του βρίσκεται στο παράρτημα του Κανονισμού Αδειών Εγκατάστασης και Λειτουργίας (ΥΑ.13310).

Η Άδεια Εγκατάστασης εκδίδεται *από τον Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας* για όλα τα έργα που κατατάσσονται στις **υποκατηγορίες Α2, Β3 ή Β4** (βλ. Παράρτημα Α'), εντός προθεσμίας δεκαπέντε (15) εργάσιμων ημερών από την ολοκλήρωση της διαδικασίας ελέγχου των δικαιολογητικών. Ο έλεγχος αυτός πρέπει σε κάθε περίπτωση να έχει ολοκληρωθεί εντός τριάντα (30) εργάσιμων ημερών από την κατάθεση της σχετικής αίτησης. Αν η άδεια δεν εκδοθεί εντός του ανωτέρω διαστήματος, ο αρμόδιος Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας εκδίδει διαπιστωτική πράξη, στην οποία παρατίθεται ειδική και εμπεριστατωμένη αιτιολογία για την αδυναμία έκδοσης της άδειας. Η πράξη αυτή με όλον τον φάκελο διαβιβάζεται στον Υπουργό Ανάπτυξης, ο οποίος αποφασίζει για την έκδοση της Άδειας Εγκατάστασης εντός τριάντα (30) ημερών από την παραλαβή των ανωτέρω εγγράφων.

Η Άδεια Εγκατάστασης σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ της **υποκατηγορίας Α1**, εκδίδεται *με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης* εντός προθεσμίας τριάντα (30) ημερών.

Περίληψη της άδειας εγκατάστασης δημοσιεύεται, *με ευθύνη του κατόχου της*, σε μία τουλάχιστον ημερήσια εφημερίδα που εκδίδεται στην Αθήνα και σε μία τοπική εφημερίδα της περιφέρειας, στα όρια της οποίας πρόκειται να εγκατασταθεί ο σταθμός.

Σε περίπτωση σύνδεσης του σταθμού με το Σύστημα ή σε Δίκτυο, *ο κάτοχος της Άδειας Εγκατάστασης ή επέκτασης οφείλει μετά την χορήγησή της να κινήσει την διαδικασία σύναψης της Σύμβασης Σύνδεσης* του σταθμού με τον αρμόδιο Διαχειριστή ("Κανονισμός" ΥΑ.13310/2007, αρθ.9, §1).

Η άδεια εγκατάστασης ισχύει για δύο (2) χρόνια και μπορεί να παρατείνεται για το πολύ άλλα δύο μετά από αίτηση του κατόχου της, εφόσον :
α) κατά τη λήξη της διετίας έχει εκτελεσθεί έργο, οι δαπάνες του οποίου καλύπτουν το 50% της επένδυσης, ή
β) δεν συντρέχει η προϋπόθεση της ανωτέρω περίπτωσης α', αλλά έχουν συναφθεί οι αναγκαίες συμβάσεις για την προμήθεια του εξοπλισμού ο οποίος απαιτείται για την υλοποίηση του έργου, ή
γ) υφίσταται αναστολή με δικαστική απόφαση οποιασδήποτε άδειας απαραίτητης για τη νόμιμη εκτέλεση του έργου.

Κατά την εγκατάσταση ή επέκταση σταθμών πρέπει να τηρούνται αυστηρά γενικοί όροι και περιορισμοί που τίθενται από τις σχετικές άδειες και εγκρίσεις για όλα τα έργα ΑΠΕ (π.χ. Οικοδομικές Άδειες, περιορισμοί ΕΠΟ), αλλά και ειδικότεροι ανάλογα με την τεχνολογία τους. Επιπλέον, για τις επεμβάσεις στις εκτάσεις δασικού χαρακτήρα όπου κύριος είναι το Ελληνικό Δημόσιο, προβλέπεται η καταβολή χρηματικού ανταλλάγματος χρήσης γης από την κείμενη νομοθεσία (Ν.998/1979, ΦΕΚ.Α'289 και ΥΑ.114000/2004, ΦΕΚ.Β'1996 όπως τροποποιήθηκε με την ΥΑ.90440/2005, ΦΕΚ.Β'419).
Αν ανακληθεί για οποιοδήποτε λόγο η Άδεια Παραγωγής, ανακαλείται υποχρεωτικά και η Άδεια Εγκατάστασης (αρθ.10, §2 του "Κανονισμού").

Δικαιολογητικά Συμβάσεων Αγοραπωλησίας ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ

Α) Αίτηση για την υπογραφή σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με τον ΛΑΓΗΕ
Υπογεγραμμένη από τον αιτούντα συνοδευτική επιστολή (διαβιβαστικό/αίτηση) προς το ΛΑΓΗΕ όπου θα αναφέρονται :

1. Θέση και ισχύς του σταθμού
2. Επωνυμία αιτούντα και στοιχεία επικοινωνίας (τηλέφωνο, φαξ, email κλπ)
3. Τα συνημμένα έγγραφα που υποβάλλονται

Β)Ειδικά δικαιολογητικά ανά κατηγορία σταθμού:

► Απαραίτητα δικαιολογητικά για τη σύμβαση πώλησης Φωτοβολταϊκών σταθμών (όλα επικυρωμένα):

1. 'Αδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που κατέχει ο Παραγωγός, (ή την απόφαση με την οποία χορηγήθηκε εξαίρεση από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής ή τυχόν άλλη προβλεπόμενη έγκριση ή το γεγονός ότι ο παραγωγός απαλλάσσεται από την έκδοση άδειας παραγωγής ή άλλης διαπιστωτικής απόφασης, κατά περίπτωση).
2. Σύμβαση Σύνδεσης με το Δίκτυο ή το Σύστημα (για αιτήματα που υποβάλλονται μετά την δημοσίευση του ν. 4001/2011 δηλαδή μετά τις 22.8.2011 (ΦΕΚ Α' 179/22.8.2011).
3. Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) για σταθμούς άνω των 500 kW (ή όπου απαιτείται σύμφωνα με το άρθρο 3 του νόμου 3851/2010) ή αν δεν απαιτείται ΕΠΟ, βεβαίωση απαλλαγής*.

4. Υπεύθυνη Δήλωση (άρθρο 8 του ν. 1559/1986) περί μη κατάτμησης (μόνο για τα Φ/Β έως 100 kW και με βεβαίωση του γνησίου υπογραφής): Δεν έχω προβεί σε κατάτμηση του πραγματικού μεγέθους του φωτοβολταϊκού συστήματος σε υποσύνολα ισχύος μικρότερης αυτής για την οποία δεν απαιτείται άδεια παραγωγής ή απόφαση εξαίρεσης, με σκοπό την καταστρατήγηση του ευνοϊκού καθεστώτος τιμολόγησης που εισάγει το άρθρο 27Α του ν.3734/2009, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο άρθρο 4 του ν. 3468/2006»

* Σε περίπτωση μη έκδοσης της βεβαίωσης απαλλαγής από ΕΠΟ, για να διαπιστώνεται βεβαιωμένα η παρέλευση εικοσαημέρου από την ημερομηνία υποβολής του αιτήματος (Ν. 3851/2010), θα υποβάλλεται ακριβές αντίγραφο αποδεικτικού υποβολής αίτησης προς την αρμόδια ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. για τη χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής από ΕΠΟ, και Υπεύθυνη Δήλωση (άρθρο 8 του ν. 1559/1986) ότι δεν εκδόθηκε η βεβαίωση απαλλαγής από ΕΠΟ μετά την παρέλευση του εικοσαημέρου από την ημερομηνία υποβολής του αιτήματος προς την αρμόδια ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ, και ότι δεν έχει λάβει εν τω μεταξύ αρνητική απάντηση επί του αιτήματός του για χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής.

Γ) Νομιμοποιητικά Έγγραφα

☛**ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΙΑ** (η εταιρεία πρέπει να έχει τουλάχιστον 20-ετή διάρκεια)

1. Επικυρωμένο αντίγραφο Καταστατικού και τυχόν τροποποιήσεών του ή Κωδικοποιημένου Καταστατικού (στο σκοπό της εταιρείας να περιλαμβάνεται δραστηριότητα σχετικά με την παραγωγή και εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας)
2. ΦΕΚ με την δημοσίευση του Καταστατικού (Σύστασης)
3. ΦΕΚ με τη δημοσίευση των τροποποιήσεων του Καταστατικού, αν υπήρξαν
4. ΦΕΚ με δημοσίευση των μελών του ΔΣ και περί των εκπροσώπων και των αρμοδιοτήτων τους
5. Επικυρωμένο αντίγραφο Πρακτικού ΓΣ περί της εκλογής του τελευταίου ΔΣ
6. Επικυρωμένο αντίγραφο του Πρακτικού του Διοικητικού Συμβουλίου περί συγκρότησής του σε σώμα περί του διορισμού (ή/και της παύσης) των εκπροσώπων της Εταιρίας του τρόπου εκπροσώπησης και καθορισμού των αρμοδιοτήτων και εξουσιών των εκπροσώπων.
7. Πιστοποιητικό του αρμοδίου Πρωτοδικείου περί μη πτωχεύσεως της Εταιρίας
8. Βεβαίωση της αρμόδιας Νομαρχίας περί των τροποποιήσεων του Καταστατικού
9. Βεβαίωση του Εμπορικού κλπ Επιμελητηρίου όπου είναι εγγεγραμμένη η Εταιρία
10. Υπεύθυνη Δήλωση (άρθρο 8 του ν. 1559/1986) του νομίμου εκπροσώπου της Εταιρίας με τη σφραγίδα της και την υπογραφή του αρμοδίου εκπροσώπου της ότι α) Δεν έχουν γίνει άλλες τροποποιήσεις στο Καταστατικό, εκτός όσων αναφέρονται στα σχετικά ΦΕΚ (αριθμός και ημερομηνία) που προσκομίσθηκαν β) Η σύνθεση του ΔΣ η συγκρότησή του σε Σώμα και αρμοδιότητες και εξουσίες των εκπροσώπων της Εταιρίας είναι πράγματι αυτές που αναφέρονται στο σχετικό Πρακτικό όπως δημοσιεύτηκε.
11. Πρακτικό ΔΣ για την υπογραφή της σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με το ΛΑΓΗΕ

☛**ΕΤΑΙΡΙΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ** (η εταιρεία πρέπει να έχει τουλάχιστον 20-ετή διάρκεια)

1. Επικυρωμένο αντίγραφο Καταστατικού και τυχόν τροποποιήσεών του ή Κωδικοποιημένου Καταστατικού (στο σκοπό της εταιρείας να περιλαμβάνεται δραστηριότητα σχετικά με την παραγωγή και εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας)
2. ΦΕΚ με τη δημοσίευση του Καταστατικού της Εταιρίας (Σύσταση)
3. ΦΕΚ με τη δημοσίευση των τροποποιήσεων του Καταστατικού, αν υπήρξαν
4. ΦΕΚ με δημοσίευση των μελών του ΔΣ και περί των εκπροσώπων και των αρμοδιοτήτων τους
5. Πιστοποιητικό του αρμοδίου Πρωτοδικείου περί μη πτωχεύσεως της Εταιρίας
6. Πιστοποιητικό του αρμοδίου Πρωτοδικείου περί των τροποποιήσεων του Καταστατικού
7. Βεβαίωση του Εμπορικού Επιμελητηρίου όπου είναι εγγεγραμμένη η Εταιρία
8. Υπεύθυνη Δήλωση (άρθρο 8 του ν. 1559/1986) του νομίμου εκπροσώπου της Εταιρίας με τη σφραγίδα της και την υπογραφή του αρμοδίου εκπροσώπου της ότι δεν έχουν γίνει άλλες τροποποιήσεις στο Καταστατικό, εκτός όσων αναφέρονται στα σχετικά ΦΕΚ (αριθμός και ημερομηνία) που προσκομίσθηκαν.

☛**ΠΡΟΣΩΠΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ (Ο.Ε. & Ε.Ε.)** (η εταιρεία πρέπει να έχει τουλάχιστον 20-ετή διάρκεια)

1. Επικυρωμένο αντίγραφο Καταστατικού και τυχόν τροποποιήσεών του ή Κωδικοποιημένου Καταστατικού (στο σκοπό της εταιρείας να περιλαμβάνεται δραστηριότητα σχετικά με την παραγωγή και εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας)
2. Πιστοποιητικό του αρμοδίου Πρωτοδικείου περί μη πτωχεύσεως α) της Εταιρίας και β) των ομόρρυθμων Εταίρων
3. Πιστοποιητικό του αρμοδίου Πρωτοδικείου περί των τροποποιήσεων του Καταστατικού
4. Βεβαίωση του Εμπορικού κλπ Επιμελητηρίου όπου είναι εγγεγραμμένη η Εταιρία
5. Υπεύθυνη Δήλωση (άρθρο 8 του ν. 1559/1986) του νομίμου εκπροσώπου της Εταιρίας με τη σφραγίδα της και την υπογραφή του διαχειριστή ότι α) Δεν έχουν γίνει άλλες τροποποιήσεις στο Καταστατικό, εκτός όσων προσκομίσθηκαν β) Ο διαχειριστής παραμένει αυτός που ορίσθηκε από το Καταστατικό, δεν έχει ανακληθεί και οι αρμοδιότητές του για την εκπροσώπηση και διαχείριση της Εταιρίας παραμένουν οι ίδιες.

☛**ΕΛΕΥΘΕΡΟΙ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΕΣ**

1. Επικυρωμένη φωτοτυπία ταυτότητας
2. Βεβαίωση έναρξης επιτηδεύματος και μεταβολής της (επικυρωμένα)

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Ειδικά για εγκατάσταση σταθμών Α.Π.Ε. εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων επιπλέον απαιτείται: τοπογραφικό διάγραμμα όπου προκύπτει ότι η εγκατάσταση εμπίπτει στα όρια οργανωμένου υποδοχέα βιομηχανικών δραστηριοτήτων

Σύμβαση Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας

Για την ένταξη σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ στο Σύστημα ή σε Δίκτυο, ο Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ), εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέονται στο Σύστημα είτε απευθείας είτε μέσω του Δικτύου ή ο Διαχειριστής Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΔΕΗ), εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής συνδέονται με το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, υποχρεούνται να συνάπτουν σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με τον κάτοχο της άδειας παραγωγής (Ν.3468/2006, ΦΕΚ.Α'129, αρθ.12).

Η σύναψη Σύμβασης Αγοραπωλησίας προϋποθέτει την προσκόμιση :

- Άδειας Παραγωγής (όπου απαιτείται).
- Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ), ή βεβαίωσης απαλλαγής από την υποχρέωση ΕΠΟ.
- Άδειας Εγκατάστασης (για τα έργα που απαιτείται).
- Σύμβασης Σύνδεσης.
- Όλων των νομιμοποιητικών εγγράφων της εταιρείας. Στην περίπτωση που ο επενδυτής δεν είναι εταιρεία αλλά φυσικό πρόσωπο (ελεύθερος επαγγελματίας), απαιτείται η προσκόμιση της βεβαίωσης έναρξης επιτηδεύματος και των όποιων μεταβολών της.
- Υπεύθυνων Δηλώσεων (Υ/Δ) *«περί μη-κατάτμησης»* και *«περί τροποποιήσεων και διαχειριστών»* (για τα κείμενα των Υ/Δ και για πλήρεις καταλόγους των απαιτούμενων δικαιολογητικών ανά κατηγορία ενδιαφερομένου δες την αντίστοιχη περιοχή του ιστότοπου).

Σημειώνεται (ΥΑ.13310/2007, αρθ.14, §6), ότι δεν επιτρέπεται η έναρξη της δοκιμαστικής λειτουργίας του σταθμού χωρίς την Σύμβαση Αγοραπωλησίας. Σύμφωνα με την §7 του άρθρου 14 της παραπάνω, οι πληρωμές που αντιστοιχούν στον παραγωγό για την ενέργεια που ενέχυσε στο Σύστημα ή το Δίκτυο κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής περιόδου, καταβάλλονται μετά την λήψη της Άδειας Λειτουργίας.

Η Σύμβαση Πώλησης ισχύει για είκοσι (20) χρόνια και μπορεί να παρατείνεται, σύμφωνα με τους όρους της άδειας αυτής, μετά από έγγραφη συμφωνία των μερών, εφόσον ισχύει η σχετική Άδεια Παραγωγής. Ειδικά η Σύμβαση Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας που παράγεται από Ηλιοθερμικούς σταθμούς ισχύει για είκοσι πέντε (25) χρόνια και μπορεί να παρατείνεται επίσης ύστερα από έγγραφη συμφωνία. Ο τύπος και το περιεχόμενο των συμβάσεων έχουν καθοριστεί με την ΥΑ.17149/2010 (ΦΕΚ.Β'1497/6.9.2010) και αφορά όλους τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής από ΣΗΘΥΑ και ΑΠΕ πλην Υβριδικών και Ηλιοθερμικών.

Ειδικά για Φωτοβολταϊκούς Σταθμούς, η Σύμβαση συνομολογείται με την τιμή αναφοράς που αναγράφεται στον πίνακα τιμολόγησης και αντιστοιχεί στο μήνα και έτος της υποβολής της αίτησης εφόσον ο φάκελος είναι πλήρης, ή αλλιώς από την ημερομηνία υποβολής του τελευταίου δικαιολογητικού που καθιστά τον φάκελο πλήρη (άρθ.186,Ν.4001, ΦΕΚ.Α'179/22.8.2011), υπό την προϋπόθεση έναρξης δοκιμαστικής λειτουργίας *εντός δεκαοκτώ (18) μηνών* για τους σταθμούς ισχύος έως 10 MW και *εντός τριάντα έξι (36) μηνών* για τους σταθμούς ισχύος από 10 MW και άνω. Σε αντίθετη περίπτωση, ως τιμή αναφοράς θα λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί στο μήνα και έτος της έναρξης της δοκιμαστικής λειτουργίας, ή αν δεν προβλέπεται δοκιμαστική λειτουργία, της ενεργοποίησης της σύνδεσης. Κατ' εξαίρεση, η προθεσμία των 36 μηνών

δίνεται και για σταθμούς ισχύος μικρότερης των 10 MW, εφόσον για την σύνδεσή τους απαιτείται η κατασκευή καινούργιου υποσταθμού 150kV/20kV.

Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.)

Σύμφωνα με τον ν.4014/ΦΕΚ.Α'209/21-9-2011, η εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων είναι προαπαιτούμενο βήμα της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης για την πραγματοποίηση νέων ή την μετεγκατάσταση ήδη υφισταμένων έργων της κατηγορίας Α. Οι δημόσιες αρχές παρέχουν στον φορέα του έργου ή της δραστηριότητας όλες τις πληροφορίες που έχουν στη διάθεσή τους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκπόνηση της ΜΠΕ. Αυτός οφείλει να παραδώσει στην αρμόδια περιβαλλοντική αρχή την μελέτη και το σύνολο των πληροφοριών που έχει συλλέξει για την πραγματοποίησή τους, με ρητή αναφορά στις πηγές από τις οποίες προήλθε η πληροφορία αυτή.

Το περιεχόμενο της ΜΠΕ και τα συνοδευτικά στοιχεία των φακέλων ανά κατηγορία έργου καθορίζονται με υπουργική απόφαση και περιλαμβάνουν *τουλάχιστον* τα παρακάτω (Παράρτημα ΙΙ του ν.4014):

1) Επιτρεπόμενες χρήσεις γης στην περιοχή του έργου ή της δραστηριότητας.

2) Περιγραφή της θέσης του έργου, του σχεδιασμού και των τεχνικών χαρακτηριστικών του συνόλου του έργου κατά τα στάδια της κατασκευής και της λειτουργίας. Επίσης, την περιγραφή των κυριότερων χαρακτηριστικών των μεθόδων κατασκευής, τη φύση και τις ποσότητες των χρησιμοποιούμενων υλικών, καθώς και την περιγραφή των προβλεπόμενων τύπων και ποσότητας καταλοίπων και εκπομπών, ιδίως στα νερά, ατμόσφαιρα, έδαφος, θόρυβο, δονήσεις, ακτινοβολίες, που αναμένεται να προκύψουν από την κατασκευή και λειτουργία του προτεινόμενου έργου ή της δραστηριότητας.

3) Περιγραφή και αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων, ιδίως ως προς τη θέση, το μέγεθος ή/και την τεχνολογία αυτών, συμπεριλαμβανομένης της μηδενικής λύσης, που εξετάστηκαν από τον φορέα του έργου ή της δραστηριότητας και παρουσίαση των κύριων λόγων της επιλογής της προτεινόμενης λύσης σχετικά με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον.

4) Περιγραφή των στοιχείων του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος που ενδέχεται να θιγούν σημαντικά από το προτεινόμενο έργο ή δραστηριότητα, συμπεριλαμβανομένων ειδικότερα του πληθυσμού, της πανίδας, της χλωρίδας, των οικοτόπων, του εδάφους, του νερού, του αέρα, των κλιματικών παραγόντων, των υλικών αγαθών, μεταξύ των οποίων η αρχιτεκτονική, πολιτιστική και αρχαιολογική κληρονομιά, το τοπίο, καθώς και η περιγραφή της αλληλεπίδρασης των στοιχείων αυτών.

5) Περιγραφή, εκτίμηση και αξιολόγηση των πιθανά σημαντικών επιπτώσεων που το προτεινόμενο έργο ή δραστηριότητα ενδέχεται να προκαλέσει στο περιβάλλον από τη χρήση των φυσικών πόρων, την εκπομπή ρυπαντών, τη δημιουργία οχλήσεων και τη διάθεση των αποβλήτων, το σύνολο των δεδομένων και την περιγραφή των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη και εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον, με αναφορά στην αξιοπιστία των μεθόδων, καθώς και επισήμανση των ενδεχόμενων δυσκολιών που προέκυψαν κατά τη συλλογή των απαιτούμενων πληροφοριών.

6) Αναλυτική περιγραφή των μέτρων που προβλέπονται για να αποφευχθούν, μειωθούν, αποκατασταθούν και αντισταθμιστούν οι σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις του έργου ή της δραστηριότητας στο περιβάλλον.
7) Σχέδιο περιβαλλοντικής διαχείρισης που θα εφαρμοστεί για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής προστασίας του περιβάλλοντος και εφαρμογής των προτεινόμενων μέτρων, το οποίο θα περιλαμβάνει και το προτεινόμενο πρόγραμμα παρακολούθησης. Το πρόγραμμα παρακολούθησης στην εφαρμογή του οποίου δεσμεύεται ο φορέας του έργου ή της δραστηριότητας περιλαμβάνει τουλάχιστον:
α) τις παραμέτρους, τα στοιχεία και τους δείκτες του περιβάλλοντος που παρακολουθούνται,
β) τις μεθόδους, τον τόπο, τον χρόνο και τη συχνότητα καταγραφής,
γ) τα μέτρα διασφάλισης της ποιότητας και αξιοπιστίας των καταγραφών,
δ) το χρονοδιάγραμμα ενημέρωσης του (κατά το άρθ.18 του ν.4014/2011) Ηλεκτρονικού Περιβαλλοντικού Μητρώου (ΗΠΜ).
8) Μη τεχνική περίληψη των πληροφοριών που περιλαμβάνονται στην ΜΠΕ.
9) Εξειδικευμένες μελέτες οι οποίες τυχόν προέκυψαν κατά το στάδιο της διαδικασίας Προκαταρκτικού Προσδιορισμού Περιβαλλοντικών Απαιτήσεων (ΠΠΠΑ) εφόσον ακολουθήθηκε, και παρατίθενται σε παράρτημα της ΜΠΕ.

Δοκιμαστική Περίοδος και Άδεια Λειτουργίας

Ι. Προσωρινή Σύνδεση και Δοκιμαστική Λειτουργία.

Μετά την σύναψη των συμβάσεων Αγοραπωλησίας και Σύνδεσης και αφού έχουν τελειώσει τα έργα των εγκαταστάσεων, ο κάτοχος της Άδειας Εγκατάστασης, υποβάλλει στον αρμόδιο Διαχειριστή αίτηση για προσωρινή σύνδεση του σταθμού προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι απαιτούμενες δοκιμές. *Η αίτηση συνοδεύεται από υπεύθυνη δήλωση* που υπογράφεται από τον παραγωγό και τον μηχανικό που επιβλέπει την εγκατάσταση, ότι όλα τα έργα εκτελέστηκαν σύμφωνα με την Άδεια Εγκατάστασης, τη Σύμβαση Σύνδεσης, τους ισχύοντες κανονισμούς και διατάξεις και τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης. Μετά την ηλέκτριση του σταθμού και τους ελέγχους των εγκαταστάσεων τόσο από τον παραγωγό όσο και από τον Διαχειριστή, και εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία για δεκαπέντε (15) συνεχόμενες ημέρες από σαφώς ορισμένη ημερομηνία έναρξης, *χορηγείται βεβαίωση στον παραγωγό με την οποία πιστοποιείται ότι έχει περατωθεί επιτυχώς η φάση δοκιμαστικής λειτουργίας του σταθμού* ("Κανονισμός Αδειών Εγκατάστασης και Λειτουργίας"ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153, αρθ.14).

Το τίμημα για την ενέργεια που εγχέει ο σταθμός κατά την περίοδο της Δοκιμαστικής Λειτουργίας, *καταβάλλεται μετά* τη λήψη της Άδειας Λειτουργίας και σύμφωνα με την Σύμβαση Αγοραπωλησίας.

ΙΙ. Έκδοση Άδειας Λειτουργίας - Υποχρεώσεις.

Για τη λειτουργία όσων σταθμών ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης, απαιτείται και Άδεια Λειτουργίας. Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση της ίδιας αρχής που χορήγησε και την Άδεια Εγκατάστασης, *μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου.* Προηγείται αυτοψία από τα αρμόδια όργανα όσον αφορά την τήρηση

των όρων της Άδειας Εγκατάστασης και έλεγχος από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) για την διασφάλιση των αναγκαίων λειτουργικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του σταθμού (ΥΑ.13310, αρθ.15, §3 και αρθ.16). Η Άδεια Λειτουργίας εκδίδεται εντός δεκαπέντε (15) ημερών από την ολοκλήρωση των ανωτέρω ελέγχων, εφόσον αυτοί αποβούν θετικοί (Ν.3468, αρθ.8, §5 και Ν.3734/2009, άρθ.27, §10).

Σύμφωνα με την §2 του άρθρου 15 του "Κανονισμού" ΥΑ.13310/2007, η αίτηση για την χορήγηση της άδειας πρέπει να υποβάλλεται *εις διπλούν* (δες παράρτημα του "Κανονισμού" για έντυπο και οδηγίες συμπλήρωσης) και να συνοδεύεται από τα ακόλουθα δικαιολογητικά :

1. Σύμβαση Σύνδεσης.
2. Σύμβαση Αγοραπωλησίας Ηλεκτρικής Ενέργειας.
3. Βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης της Δοκιμαστικής Λειτουργίας και ολοκλήρωσης των κατασκευών των εγκαταστάσεων για την πραγματοποίηση της σύνδεσης του σταθμού, που εκδίδεται από τον αρμόδιο Διαχειριστή κατά την πιο πάνω παράγραφο Ι.
4. Οικοδομικές Άδειες για τα έργα όπου αυτές απαιτούνται.
5. Πιστοποιητικό της Πυροσβεστικής ότι έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα πυρασφάλειας.
6. Υπεύθυνη δήλωση του κατόχου της Άδειας Εγκατάστασης ότι έχουν τηρηθεί οι όροι της απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων κατά την φάση της κατασκευής του έργου και ότι θα συνεχίσουν να τηρούνται και κατά την φάση της λειτουργίας του.
7. Υπεύθυνη δήλωση του ιδιοκτήτη του έργου για την ανάθεση της επίβλεψης της λειτουργίας του σταθμού σε αρμόδιο μηχανικό.
8. Υπεύθυνη δήλωση του μηχανικού επίβλεψης της λειτουργίας του σταθμού για αποδοχή της ανάθεσης και της τήρησης κατά την λειτουργία του σταθμού, των όρων και των κανονισμών για την προστασία του περιβάλλοντος και για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων στον σταθμό.

Μετά τη λήψη της Άδειας Λειτουργίας, ο κάτοχός της οφείλει *εντός του πρώτου διμήνου κάθε ημερολογιακού έτους* να ενημερώνει το Υπουργείο Ανάπτυξης και τη ΡΑΕ σχετικά με τα ακόλουθα στοιχεία που αφορούν το προηγούμενο έτος (βλ. "Κανονισμό Αδειών Παραγωγής" – ΥΑ.5707/2007, ΦΕΚ.Β'448, αρθ.38, §3):

- Την ετήσια παραγωγή ενέργειας και τη Μέγιστη Ισχύ Παραγωγής του Σταθμού που καταγράφηκε κατά το διάστημα αυτό.
- Το ετήσιο ποσοστό μη διαθεσιμότητας του Σταθμού και τους λόγους στους οποίους οφείλεται.
- Τυχόν προβλήματα λειτουργίας του Σταθμού που οφείλονται στο Σύστημα ή το Δίκτυο.

Η Άδεια Λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ ισχύει για είκοσι (20) τουλάχιστον έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα. Η χορήγηση της Άδειας Λειτουργίας δεν απαλλάσσει τον κάτοχό της από την υποχρέωση εφοδιασμού ή ανανέωσης της ισχύος άλλων αδειών.

Αν για οποιοδήποτε λόγο ανακληθεί η Άδεια Παραγωγής, ανακαλείται και η Άδεια Λειτουργίας.

Κομβικά σημεία που πρέπει να γνωρίζει ο παραγωγός

☛Συντελεστής Ισχύος

Σε συνθήκες παραγωγής άνω του 50% της ονομαστικής ικανότητας παραγωγής, ο συντελεστής ισχύος του Παραγωγού ($cos\varphi = P/\sqrt{P^2 + Q^2}$, , όπου P:ενεργός ισχύς ανά ώρα και Q:άεργος, απορροφούμενη η αποδιδόμενη στο δίκτυο) δεν θα πρέπει να είναι χαμηλότερος του 0,95 επαγωγικού και θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,95 επαγωγικού και 0,85 χωρητικού. Ειδικά σε περιπτώσεις μονάδων χωρίς δυνατότητα ελέγχου του Σ.Ι., ο παραγωγός οφείλει να εγκαταστήσει τον απαιτούμενο εξοπλισμό αντιστάθμισης.

Μάλιστα, σε περίπτωση που στη δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού διαπιστωθεί ότι ο συντελεστής ισχύος δεν διατηρείται στα καθορισμένα όρια, ο παραγωγός θα λάβει έγγραφη ειδοποίηση που θα του δίνει προθεσμία 6 μηνών για να λάβει τα κατάλληλα μέτρα. Σε περίπτωση μη συμμόρφωσης του Παραγωγού εντός της προθεσμίας, ο διαχειριστής διακόπτει την αγορά ενέργειας οριστικά μέχρι να ληφθούν διορθωτικά μέτρα.

Σε περίπτωση που ο μέσος ωριαίος συντελεστής ισχύος είναι μικρότερος του 0,95 επαγωγικού, η επιπλέον απορροφούμενη άεργος ενέργεια θα χρεώνεται στον παραγωγό στην τιμή του 5% της κιλοβατώρας του εκάστοτε τιμολογίου γενικής χρήσης και μηνιαίας χρέωσης στη χαμηλή τάση. Σε περιπτώσεις που αυτό δεν είναι εφικτό, η χρέωση θα γίνεται με βάση το μέσο μηνιαίο συντελεστή ισχύος. Σε περίπτωση που ο παραγωγός διοχετεύει άεργο ενέργεια στο υπόλοιπο διασυνδεδεμένο δίκτυο, δεν υφίσταται η υποχρέωση καταβολής οποιουδήποτε τιμήματος.

☛ Μετρητικές Διατάξεις

Οι μετρητικές διατάξεις που είναι απαραίτητες για την μέτρηση της ενεργού και άεργου ενέργειας καθώς και της ισχύος τοποθετούνται, **με έξοδα του Παραγωγού**, στα όρια Παραγωγού – Συστήματος και εγκρίνονται από το Διαχειριστή. Ο Διαχειριστής είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο των μετρητικών διατάξεων μετά από αίτημα του Παραγωγού, και τέλος, ο Παραγωγός οφείλει να επιτρέπει στο Διαχειριστή την πρόσβαση στις εγκαταστάσεις του.

☛ Απώλειες

Συμφωνείται ρητά ότι σε περίπτωση σύνδεσης του Παραγωγού, που δεν είναι Αυτοπαραγωγός, μέσω αποκλειστικής διασυνδετικής γραμμής ΜΤ, οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της γραμμής διασύνδεσης βαρύνουν εξ ολοκλήρου τον Παραγωγό, αν η γραμμή αυτή δεν εξυπηρετεί και καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας. Για το σκοπό αυτό τοποθετούνται δύο μετρητικές διατάξεις της εξερχόμενης από τον παραγωγό ενέργειας και ισχύος, μια σε κάθε άκρο της διασυνδετικής γραμμής του παραγωγού. Οι απώλειες ενέργειας και ισχύος είναι η διαφορά των ενδείξεων των kWh και kW των μετρητών πραγματικής ενέργειας και ισχύος.

Τέλος διευκρινίζεται ότι σε περίπτωση σύνδεσης άλλων Παραγωγών, που δεν είναι Αυτοπαραγωγοί, στην ίδια γραμμή διασύνδεσης, οι απώλειες βαρύνουν όλους τους Παραγωγούς κατ’ αναλογία της παραδιδόμενης στο Διασυνδεδεμένο Δίκτυο ηλεκτρικής

ενέργειας και του χρησιμοποιουμένου τμήματος της γραμμής αυτής από κάθε Παραγωγό, σύμφωνα με σχετική μεθοδολογία που θα περιλαμβάνεται στη σύμβαση σύνδεσης.

☛ Παραγόμενη ενέργεια και λογαριασμοί – πληρωμές

Η πίστωση από την παραγόμενη ενέργεια Φ/Β συστήματος εμφανίζεται στο λογαριασμό του ρεύματος του κυρίου του Φ/Β συστήματος. Το ποσό της πίστωσης συμψηφίζεται με τις χρεώσεις που προκύπτον από τη σύμβαση προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος με τη ΔΕΗ. Στην περίπτωση που ο συνολικός λογαριασμός είναι πιστωτικός, δηλαδή το ποσό λόγο πώλησης της παραγόμενης από το Φ/Β ενέργειας προς τη ΔΕΗ υπερβαίνει το ποσό που οφείλεται λόγω κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος, το ποσό αυτό πιστώνεται στον τραπεζικό λογαριασμό του κυρίου του Φ/Β συστήματος στην ημερομηνία λήξης του λογαριασμού ρεύματος.

Ως παραγόμενη ενέργεια από το φωτοβολταϊκό σύστημα θεωρείται η παραγόμενη ενέργεια μείον τη μικτή απορροφούμενη ενέργεια για ίδια κατανάλωση από το βράδυ και τυχόν συνοδευτικό εξοπλισμό (π.χ. κάμερες, συναγερμός, πρόσθετοι ηλεκτρονικοί μετρητές). Για το λόγο αυτό ο μετρητής του Φ/Β είναι διπλής εγγραφής, δηλαδή μετράει τόσο την παραγόμενη ενέργεια από το Φ/Β όσο και την απορροφούμενη από αυτό.
Ουσιαστικά δηλαδή η ΔΕΗ τοποθετεί έναν δεύτερο μετρητή ο οποίος μετράει την καθαρή παραγόμενη ενέργεια από το Φ/Β σύστημα. Αυτό που είναι σημαντικό να τονιστεί είναι **ότι ο συμψηφισμός** που πραγματοποιείται **είναι λογιστικός** και **όχι ενεργειακός.**

2.4 Τιμολόγηση Ενέργειας από ΑΠΕ

2.4.1 Τιμές Ειδικού Προγράμματος Φωτοβολταϊκών (≤10kW) πάνω σε Κτίρια

Για τα μικρά Φωτοβολταϊκά έως 10 kW_{peak} στον οικιακό τομέα και σε μικρές επιχειρήσεις (σύμφωνα με το ειδικό πρόγραμμα για Φ/Β σε κτίρια - ΥΑ.12323/4-6-2009, Β'1079), η τιμή της παραγόμενης ενέργειας που εγχέεται στο δίκτυο ορίζεται σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα (Απόφαση ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.2266/ΦΕΚ Β' 97/31-1-2012):

Μήνας / Έτος	**Τιμή Ενέργειας (€/MWh)**
Φεβρουάριος 2012	495,00
Αύγουστος 2012	470,25
Φεβρουάριος 2013	446,74
Αύγουστος 2013	424,40
Φεβρουάριος 2014	403,18
Αύγουστος 2014	383,02
Φεβρουάριος 2015	363,87
Αύγουστος 2015	345,68

Φεβρουάριος 2016	328,39
Αύγουστος 2016	311,97
Φεβρουάριος 2017	296,37
Αύγουστος 2017	281,56
Φεβρουάριος 2018	267,48
Αύγουστος 2018	254,10
Φεβρουάριος 2019	241,40
Αύγουστος 2019	229,33

2.4.2 Τιμές Φωτοβολταϊκών Συστημάτων (εκτός ειδικών προγραμμάτων)

Ειδικά για τα Φωτοβολταϊκά εισήχθησαν καινούργιες ρυθμίσεις αναπροσαρμόζοντας τις τιμές μεσοπρόθεσμα και συνδέοντάς τες απευθείας με την μέση Οριακή Τιμή του Συστήματος (μΟΤΣ) μακροπρόθεσμα. Πιο συγκεκριμένα, η τιμολόγηση της ενέργειας από Φωτοβολταϊκούς σταθμούς (πλην εκείνων του ειδικού προγράμματος για Φ/Β σε κτίρια) γίνεται με βάση τον ακόλουθο πίνακα:

Έτος / Μήνας	**Τιμή Ενέργειας (€/MWh)**		
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα		**Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά**
	Α	**Β**	**Γ**
	>100 kW	**<=100 kW**	**>100 kW**
2012 Φεβρουάριος	292,08	328,60	328,60
2012 Αύγουστος	271,64	305,60	305,60
2013 Φεβρουάριος	252,62	284,20	284,20
2013 Αύγουστος	234,94	264,31	264,31
2014 Φεβρουάριος	218,49	245,81	245,81
2014 Αύγουστος	203,20	228,60	228,60
Για κάθε έτος *ν* από το **2015** και μετά	1,3 x $μΟΤΣ_{ν-1}$	1,4 x $μΟΤΣ_{ν-1}$	1,4 x $μΟΤΣ_{ν-1}$

Οι τιμές του πίνακα αυτού:
α) μπορεί να **μεταβάλλονται** με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης που εκδίδεται μετά από γνώμη της ΡΑΕ (τελευταία τροποποίηση με την ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.2262/31-1-2012/ΦΕΚ Β' 97 με μειωμένες τιμές για αιτήματα μετά την δημοσίευσή της). Για την μεταβολή αυτή λαμβάνονται κυρίως υπόψη η διείσδυση των Φωτοβολταϊκών σταθμών στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, ο βαθμός επίτευξης των εθνικών στόχων διείσδυσης των ΑΠΕ και οι επιπτώσεις για τον καταναλωτή από τη σχετική επιβάρυνση λόγω του ειδικού τέλους ΑΠΕ και,
β) **αναπροσαρμόζονται** κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Τράπεζα της Ελλάδος. Αν η τιμή που αναφέρεται στον παραπάνω πίνακα αναπροσαρμοσμένη κατά τα ανωτέρω, είναι μικρότερη της μέσης Οριακής Τιμής του Συστήματος, όπως αυτή διαμορφώνεται κατά το προηγούμενο έτος, προσαυξημένης κατά 30%, 40% και 40% αντίστοιχα για τις περιπτώσεις Α, Β και Γ του ανωτέρω πίνακα, η τιμολόγηση γίνεται με βάση τη μέση Οριακή Τιμή του Συστήματος του προηγούμενου έτους, προσαυξημένη κατά τους αντίστοιχους ως άνω συντελεστές.

2.4.3 Τιμές ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (πλην Φ/Β)

Με σκοπό να καταδείξουμε την προσπάθεια που έχει γίνει προκειμένου να αποτελούν οι επενδύσεις στα Φ/Β συμφέρουσες επιλογές, μέσω των εγγυημένων τιμών Feed-In Tariff.

Συγκεκριμένα, με την αναπροσαρμογή των τιμολογίων του άρθρου 5 του Ν.3851/2010 (ΦΕΚ.Α’85), η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού χρήσης ΑΠΕ ή μέσω ΣΗΘΥΑ ή από υβριδικό σταθμό και απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, τιμολογείται σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (€/MWh) σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από:	**Τιμή Ενέργειας (€/MWh)**	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	**Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά**
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος > 50 kW	87,85	99,45
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με εγκαταστάσεις ισχύος ≤ 50 kW	250	
Υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται από μΥΗΣ με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 15 MWe	87,85	
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από Ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής	264,85	
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από Ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με	284,85	

σύστημα αποθήκευσης το οποίο εξασφαλίζει τουλάχιστον 2 ώρες λειτουργίας στο ονομαστικό φορτίο	
Γεωθερμική ενέργεια χαμηλής θερμοκρασίας (Ν.3175/2003, Α'207, αρθ.2, §1στ)	150
Γεωθερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας (Ν.3175/2003, Α'207, αρθ.2, §1στ)	99,45
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 1 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	200
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατ. ισχύ > 1 MW και ≤ 5 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων	175
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ ≥ 5 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων	150
-Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού -Βιοαέρια από βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 2 MW	120
-Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού -Βιοαέρια από βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ > 2 MW	99,45
Βιοαέριο που προέρχεται από Βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 3 MW	220
Βιοαέριο που προέρχεται από Βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ > 3 MW	200

Λοιπές ΑΠΕ (συμπεριλαμβανομένων και των σταθμών ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων που πληρούν τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας όπως εκάστοτε αυτές ισχύουν)	87,85	99,45
Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ)	87,85 x ΣΡ (*)	99,45 x ΣΡ (*)

(*) ΣΡ: Συντελεστής Ρήτρας Φυσικού Αερίου όπως ορίζεται στον Ν.3851

Σύμφωνα με την §2 του ίδιου άρθρου, οι τιμές του παραπάνω πίνακα (πλην φωτοβολταϊκών και ηλιοθερμικών σταθμών) προσαυξάνονται κατά 15% ως 20% ανάλογα με την περίπτωση, εφόσον έχουν υλοποιηθεί χωρίς την χρήση δημόσιας επιχορήγησης.

2.5 Ευκαιρίες Χρηματοδότησης

Οι εκάστοτε αναπτυξιακοί νόμοι, καθορίζουν πλαίσια ενίσχυσης της επιχειρηματικής δραστηριότητας που έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας, την προστασία του περιβάλλοντος και την επίτευξη της περιφερειακής σύγκλισης, μέσω επιδοτήσεων και απαλλαγών που καλύπτουν, όπως είναι αναμενόμενο, και τις επενδύσεις σε έργα ηλεκτροπαραγωγής με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Με το άρθρο 10 του Ν.3816 (ΦΕΚ Α’6/26.1.2010) ανεστάλη η υποβολή αιτήσεων υπαγωγής επενδυτικών σχεδίων στις διατάξεις του αναπτυξιακού νόμου 3299/2004.

Τον Ιανουάριο του 2010 ψηφίστηκε νέος αναπτυξιακός νόμος (Ν.3908/2011, ΦΕΚ.Α’8/1.2.2011), που όμως εξαιρεί από το καθεστώς των ενισχύσεών του την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ειδικά από Φωτοβολταϊκά συστήματα (άρθ.2, §3στ). Για την υπαγωγή έργων ηλεκτροπαραγωγής από άλλες μορφές ΑΠΕ πλην των Φ/Β, που μπορούν να ενταχθούν στα Γενικά Επενδυτικά Σχέδια του άρθρου 6, υποβάλλονται αιτήσεις κατά τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο και μόνο. Εξαίρεση αποτελούν τα ‘Μεγάλα Επενδυτικά Σχέδια’ για τα οποία αιτήσεις υποβάλλονται οποτεδήποτε.

Στα επενδυτικά σχέδια που υπάγονται στις διατάξεις του Ν.3908 παρέχονται τα ακόλουθα είδη ενισχύσεων είτε μεμονωμένα, είτε συνδυαστικά (άρθ.4):

α) Απαλλαγή από την καταβολή φόρου εισοδήματος,

β) Επιχορήγηση που συνίσταται στη δωρεάν παροχή από το Δημόσιο χρηματικού ποσού για την κάλυψη τμήματος των ενισχυόμενων δαπανών, και

γ) Επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο τμήματος των καταβαλλόμενων δόσεων για την απόκτηση μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού.

Στο νόμο αυτόν προβλέφθηκε η έκδοση Προεδρικών Διαταγμάτων και μιας σειράς Υπουργικών Αποφάσεων για τη ρύθμιση και την εξειδίκευση θεμάτων σχετικών με τη διαδικασία υποβολής, εξέτασης και έγκρισης των υποβαλλόμενων αιτήσεων και των λοιπών σταδίων υλοποίησης των επενδυτικών σχεδίων. Έτσι:

- Με το Προεδρικό Διάταγμα υπ’ αριθ. 33 (ΦΕΚ Α’83/14.4.2011), συστήνονται στο Υπουργείο Οικονομίας, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας και στις Διευθύνσεις

Αναπτυξιακού Προγραμματισμού των Περιφερειών, Γραφεία Εξυπηρέτησης Επενδυτών (αρθ.1). Αυτά αναλαμβάνουν όλη την επικοινωνία των αρμόδιων κρατικών φορέων με τους επενδυτές. Στις αρμοδιότητές τους συμπεριλαμβάνονται η παραλαβή των αιτήσεων υπαγωγής των επενδυτικών σχεδίων στις διατάξεις του νόμου 3908, η διενέργεια προελέγχου πληρότητας του φακέλου, η ενημέρωση για την πορεία εξέτασης των αιτημάτων, και η παραλαβή αιτήσεων και δικαιολογητικών για τα επόμενα στάδια υλοποίησης των επενδύσεων. Με τα επόμενα άρθρα του ΠΔ αυτού, καθορίζονται η διαδικασία αξιολόγησης (αρθ.4,7) και τελικής επιλογής των προς ενίσχυση σχεδίων, καθώς και διαδικασίες για τον έλεγχο κατά την φάση της υλοποίησης, αλλά και ύστερα, κατά την διάρκεια της παραγωγικής λειτουργίας της επένδυσης. (αρθ.8-11).

- Με το Προεδρικό Διάταγμα υπ' αριθ. 35 (ΦΕΚ Α'88/19.4.2011), καθορίζονται ο τρόπος υπολογισμού της ίδιας συμμετοχής του επενδυτή και ο τρόπος καταβολής των ενισχύσεων.
- Με την Υπουργική Απόφαση ΥΠΟΙΑΝ/17303 (ΦΕΚ.Β'651/20.4.2011) καθορίζονται τα δικαιολογητικά και τα τεχνοοικονομικά στοιχεία που πρέπει να συνοδεύουν τις αιτήσεις υπαγωγής στον αναπτυξιακό νόμο.
- Με την Υπουργική Απόφαση ΥΠΟΙΑΝ/17299 (ΦΕΚ.Β'652/20.4.2011) καθορίζονται τα στοιχεία αξιολόγησης και οι δείκτες βαθμολογίας και στάθμισης των επενδυτικών προτάσεων.
- Με τις σειρές Υπουργικών Αποφάσεων ΥΠΟΙΑΝ/17300, 17301, 17302, 17304, 17305 και ΥΠΟΙΑΝ/17296,17297 (όλες στο ΦΕΚ.Β'653/20.4.2011), ορίζονται οι επιχειρηματικές δραστηριότητες που εντάσσονται στις κατηγορίες της Περιφερειακής Συνοχής και της Τεχνολογικής Ανάπτυξης και κατανέμονται τα συνολικά ετησίως διαθέσιμα κονδύλια ανά κατηγορία και είδος ενίσχυσης.

2.6 Φορολογικό Πλαίσιο

Αναφορικά με το ειδικό πρόγραμμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών σε στέγες με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη των 10 kW ισχύει το ακόλουθο φορολογικό καθεστώς. Ο οικιακός καταναλωτής δεν χρειάζεται να πραγματοποιήσει έναρξη επιτηδεύματος και δεν έχει <u>καμία φορολογική ή ασφαλιστική υποχρέωση</u> (άνοιγμα βιβλίων, έκδοση τιμολογίων, ασφάλιση). Τα έσοδα που θα έχει ο εκάστοτε οικιακός μικροπαραγωγός δεν θα φορολογούνται.

Αντίθετα για εγκαταστάσεις ΦΒ συστημάτων σε εμπορικές- βιομηχανικές στέγες και εκτάσεις, ο ιδιοκτήτης θεωρείται επαγγελματίας και πρέπει να πραγματοποιήσει έναρξη επιτηδεύματος.

Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες φορολογικές απαλλαγές και στα επιχειρηματικά πάρκα και βιομηχανικές περιοχές. Συγκεκριμένα, απαλλαγή από το φόρο μεταβίβασης και δωρεάς ακινήτων καθώς και από το φόρο εισοδήματος παρέχεται σε φυσικά και νομικά πρόσωπα που εγκαθιστούν νέα φωτοβολταϊκά συστήματα σε αυτές τις περιοχές.

Ειδικότερα, απαλλάσσεται από φόρο μεταβίβασης ακινήτων και δωρεάς κάθε σύμβαση αγοραπωλησίας ή δωρεάς έκτασης κατά πλήρη κυριότητα ή κατ' επικαρπία που βρίσκεται εντός του επιχειρηματικού πάρκου καθώς και όλες οι πράξεις για την ίδρυση της εταιρείας και την κτήση της κυριότητας των αναγκαίων για την ίδρυση του επιχειρηματικού πάρκου εδαφικών εκτάσεων και κτιρίων. Στην απόφαση ορίζεται ότι δικαιούχοι απαλλαγής από φόρο μεταβίβασης ακινήτων και δωρεάς είναι τα φυσικά ή νομικά πρόσωπα που έχουν εγκατασταθεί, πρόκειται να εγκατασταθούν ή να μετεγκατασταθούν εντός του Επιχειρηματικού Πάρκου, ΒΙΠΕ, ΒΕΠΕ, ΒΙΠΑ και ΒΙΟΠΑ και

ασκούν ή πρόκειται να ασκήσουν επιχειρηματική δραστηριότητα της παρ. 1 του άρθρου 43 του Ν. 3982/ 2011.

Προϋποθέσεις

Οι προϋποθέσεις χορήγησης της απαλλαγής είναι σωρευτικά οι ακόλουθες:

1) Η μη περαιτέρω μεταβίβαση με οποιαδήποτε αιτία σε τρίτο ή η σύσταση δικαιώματος επικαρπίας υπέρ τρίτου επί της αποκτώμενης έκτασης, για 5 έτη από την ημερομηνία υπογραφής της σύμβασης.

2) Η έκδοση άδειας λειτουργίας στην αποκτώμενη έκταση επιχειρηματικής δραστηριότητας της παρ. 1 του άρθρου 43 του Ν. 3982/2011 μέσα σε χρονικό διάστημα πέντε ετών από την ημερομηνία υπογραφής της σύμβασης καθώς και η μη ανάκληση αυτής μέσα σε χρονικό διάστημα πέντε ετών από την ημερομηνία έκδοσής της.

Για τη χορήγηση της απαλλαγής, μαζί με την υποβαλλόμενη δήλωση φόρου μεταβίβασης ή δωρεάς κατά περίπτωση, συνυποβάλλονται στην αρμόδια ΔΟΥ τα ακόλουθα δικαιολογητικά:

α) Τοπογραφικό διάγραμμα με επ' αυτού δήλωση από ιδιώτη μηχανικό κατ' αναλογική εφαρμογή των διατάξεων των Ν. 651/1977 και Ν. 1337/1983 ότι η αποκτώμενη έκταση βρίσκεται μέσα σε Επιχειρηματικό Πάρκο, ΒΙΠΕ, ΒΕΠΕ, ΒΙΠΑ ή ΒΙΟΠΑ.

β) Υπεύθυνη δήλωση του δικαιούχου της απαλλαγής ότι δεν θα μεταβιβάσει με οποιαδήποτε αιτία ούτε θα συστήσει δικαίωμα επικαρπίας επί της αποκτώμενης έκτασης, πριν από την παρέλευση πενταετίας από την ημερομηνία υπογραφής της σύμβασης καθώς επίσης ότι θα λειτουργήσει σε αυτήν επιχειρηματική δραστηριότητα για πέντε έτη τουλάχιστον από την ημερομηνία έκδοσης της άδειας λειτουργίας.

Σε περίπτωση μη τήρησης των προϋποθέσεων αίρεται η χορηγηθείσα φορολογική απαλλαγή και ο δικαιούχος υποχρεούται, πριν από τη μεταβίβαση ή τη σύσταση δικαιώματος επικαρπίας επί της αποκτώμενης έκτασης ή εντός προθεσμίας ενός μηνός από την ανάκληση της άδειας λειτουργίας της επιχειρηματικής δραστηριότητας ή από την παρέλευση άπρακτου του χρονικού διαστήματος των πέντε ετών από την ημερομηνία υπογραφής της σύμβασης, χωρίς να εκδοθεί η άδεια λειτουργίας, σε υποβολή δήλωσης και καταβολή εφάπαξ του φόρου μεταβίβασης ή δωρεάς, κατά περίπτωση, που αναλογεί στην αξία του ακινήτου.

Ο φόρος υπολογίζεται με βάση την αξία του ακινήτου κατά το χρόνο άρσης της απαλλαγής ως ανωτέρω, με εφαρμογή των συντελεστών που ίσχυαν κατά το χρόνο χορήγησης της απαλλαγής, εκτός εάν ο φόρος που αναλογεί στην αξία του ακινήτου του χρόνου χορήγησης της απαλλαγής είναι μεγαλύτερος, οπότε καταβάλλεται ο μεγαλύτερος αυτός φόρος.

Απαλλαγή από το φόρο εισοδήματος

Δικαιούχοι της απαλλαγής από το φόρο εισοδήματος είναι επιχειρήσεις που ασκούν επιχειρηματική δραστηριότητα του δευτέρου μέρους του Ν. 3982/2011, οι οποίες μετεγκαθιστούν την επιχειρηματική τους δραστηριότητα σε Επιχειρηματικά Πάρκα, ΒΕΠΕ, ΒΙΠΕ, ΒΙΠΑ και ΒΙΟΠΑ, ανεξάρτητα από τη νομική μορφή με την οποία λειτουργούν.

Η υπεραξία που προκύπτει από την πώληση ακινήτων και λοιπών εγκαταστάσεων των επιχειρήσεων οι οποίες μετεγκαθίστανται στις παραπάνω περιοχές, απαλλάσσεται

από το φόρο εισοδήματος κατά το μέρος που αντιστοιχεί στο κόστος μετεγκατάστασής τους.

Στο κόστος μετεγκατάστασης δεν περιλαμβάνεται το κόστος αγοράς νέων πάγιων στοιχείων. Η απαλλαγή αυτή χορηγείται με την προϋπόθεση ότι το ποσό της προκύπτουσας υπεραξίας θα εμφανισθεί σε ιδιαίτερο λογαριασμό αφορολόγητου αποθεματικού, ανεξάρτητα από τη νομική μορφή της επιχείρησης και την κατηγορία των βιβλίων του ΚΒΣ που τηρούν.

Σε περίπτωση διανομής ή κεφαλαιοποίησης του πιο πάνω αποθεματικού, αυτό υπόκειται σε φορολογία.

Ο φόρος που προκύπτει καταβάλλεται σε τρεις ίσες μηνιαίες δόσεις, από τις οποίες η πρώτη ταυτόχρονα με την υποβολή της δήλωσης, οι δε υπόλοιπες δύο μέχρι την τελευταία εργάσιμη ημέρα των 2 επόμενων, από την υποβολή της δήλωσης μηνών.

Για τις ατομικές επιχειρήσεις, το διανεμόμενο ή κεφαλαιοποιούμενο αποθεματικό προστίθεται στα κέρδη της επιχείρησης στη χρήση εντός της οποίας πραγματοποιήθηκε η διανομή ή κεφαλαιοποίηση του αποθεματικού.

2.7 Μελλοντικές Προβλέψεις

Στο πλαίσιο του **Νέου Προγράμματος Οικονομικής Πολιτικής** έχει τεθεί η υποχρέωση για την κατάρτιση σχεδίου μεταρρύθμισης του υποστηρικτικού μηχανισμού ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) ώστε να καταστεί περισσότερος συμβατός με τις εξελίξεις της αγοράς και να μειωθούν τυχόν πιέσεις στα δημόσια οικονομικά.

Το ΥΠΕΚΑ αναφέρει ότι έχει προβεί ήδη σε διαρθρωτικές αλλαγές του συστήματος χρηματοδότησης των Α.Π.Ε. για την υποστήριξη και εν τέλει βιωσιμότητα του υποστηρικτικού μηχανισμού. Στο πλαίσιο αυτό, η ελληνική κυβέρνηση λαμβάνοντας υπόψη την περαιτέρω μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών συστημάτων την τριετία 2009-2011, ξεκίνησε στο τέλος του τρίτου τριμήνου του έτους 2011 διαβούλευση, με αντικείμενο τον εξορθολογισμό του μηχανισμού στήριξης των ΑΠΕ. Σε συνέχεια της διαδικασίας δημόσιου διαλόγου εντός του πρώτου τριμήνου του έτους 2012 έλαβε χώρα νέα μείωση των εγγυημένων τιμών για τα φωτοβολταϊκά κατά 12,5%, συνοδευόμενη από επιτάχυνση του ρυθμού της τακτικής (εξαμηνιαίας) απομείωσης.

Όπως αναφέρεται στην έκθεση του ΥΠΕΚΑ «η κατά τα επόμενα χρόνια ανάπτυξη της αγοράς ΑΠΕ, η αύξηση και η διασπορά των αιολικών εγκαταστάσεων και **η αύξηση και ωρίμανση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας**, σε συνδυασμό με την ωρίμανση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, θα επιτρέψουν πιθανά την αποτελεσματικότερη εισαγωγή ενός μηχανισμού FIP για ορισμένες τεχνολογίες με ελαχιστοποίηση των μειονεκτημάτων του. Το σύστημα της **εγγυημένης διαφορικής τιμής** (feed-in-premium-FIT) προβλέπει αποζημίωση των παραγωγών ΑΠΕ όχι με μία εγγυημένη τιμή για κάθε τεχνολογία, αλλά με την **Οριακή Τιμή Συστήματος συν ένα συγκεκριμένο επιπλέον ποσό** (premium).

Ενδεχόμενη εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος στην Ελλάδα θα μελετηθεί προσεκτικά με πρώτιστο μέλημα να μην ανατραπεί η ανοδική τάση του 2011. Η αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να εξεταστεί μέσω ενός προσεκτικού σχεδιασμού που θα λαμβάνει υπόψη τις ανωτέρω παραμέτρους και την ανάπτυξη τόσο της αγοράς Α.Π.Ε. όσο και της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

3. Σχεδιασμός Φωτοβολταϊκού Συστήματος

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσει ένας μηχανικός και τους παράγοντες που πρέπει να λάβει υπόψη κατά τη μελέτη και εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο.

3.2 Αρχική διερεύνηση και επίσκεψη του χώρου

Για να ξεκινήσει ο σχεδιασμός ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι απαραίτητη η επίσκεψη στο χώρο της μελλοντικής εγκατάστασης. Αυτό είναι απαραίτητο για να διαπιστωθεί αν το κτίριο είναι κατάλληλο για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος. Μια λεπτομερής μελέτη συμβάλλει στην αποφυγή λαθών σχεδιασμού και λανθασμένων υπολογισμών.

Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να εκτιμηθεί το έργο και το κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση του συστήματος, η τοποθεσία έδρασης των πλαισίων, των αντιστροφέων και των υπόλοιπων στοιχείων, οι καλωδιώσεις, η τοποθέτηση των επιπλέον μετρητών.

Επίσης, πριν ξεκινήσουμε το σχεδιασμό, θα πρέπει να ερωτηθεί ο πελάτης για το ποσό που διαθέτει να ξοδέψει, σε περίπτωση που δεν επιθυμεί η δεν είναι είναι εφικτό να συνάψει τραπεζικό δάνειο και φυσικά να ενημερωθεί για τυχόν επιδοτήσεις. Φυσικά είναι πολύ σημαντικό να είναι σαφές και ξεκάθαρο το οικονομικό πλαίσιο, οι πολεοδομικοί όροι και λοιπές διατάξεις που διέπουν τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις κάθε είδους.

Ένας ακόμα παράγοντας είναι οι σκιάσεις. Είναι γνωστό ότι η φωτοβολταϊκή τεχνολογία εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια που δέχεται το κάθε φ/β κελί, άρα η ύπαρξη σκιάσεων είναι ανεπιθύμητη και μειώνει σημαντικά την απόδοση. Μάλιστα σε περιπτώσεις εκτεταμένων σκιάσεων από παρακείμενα ψηλότερα κτίρια η εγκατάσταση του έργου μπορεί να κριθεί μέχρι και αδύνατη.

Μια ακόμα σημαντική παράμετρος είναι η κλίση και ο προσανατολισμός των πλαισίων. Ειδικότερα σε εγκαταστάσεις που αφορούν σε στέγες με κεραμοσκεπή, τα πλαίσια εφάπτονται με αποτέλεσμα να τους επιβάλλεται η κλίση και ο προσανατολισμός της στέγης. Αυτό συνεπάγεται συνήθως μείωση των προσδοκώμενων ενεργειακών απολαβών, καθότι είναι γνωστό ότι για την Ελλάδα οι βέλτιστες τιμές της κλίσης και του προσανατολισμού είναι 30° και αζιμούθια γωνία ίση με 0° αντίστοιχα (νότιος προσανατολισμός). Από την άλλη, στην περίπτωση των επίπεδων οροφών, τα πλαίσια τοποθετούνται πάνω σε μεταλλικές βάσεις με την κατάλληλη κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο και προς το νότο.

Επιγραμματικά, τα σημεία στα οποία πρέπει να επικεντρωθεί κανείς για το σωστό σχεδιασμό.

- Το ρυθμιστικό πλαίσιο όπως απορρέει από τους αντίστοιχους νόμους.
- Η κατάλληλη επιλογή των υλικών της εγκατάστασης, κυρίως των πλαισίων και του αντιστροφέα σε συνάρτηση με τις προσδοκώμενες απολαβές ενέργειας.
- Ο διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των πλαισίων και του αντιστροφέα σε συνάρτηση με τις προσδοκώμενες απολαβές ενέργειας.

- Οι σκιάσεις που υπάρχουν ή μπορούν να εμφανιστούν στο μέλλον και οι επιπτώσεις τους.
- Ο προσανατολισμός των πλαισίων σε σχέση με το νότο και η γωνία που σχηματίζουν σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, όπως απορρέουν από πιθανούς περιορισμούς της οροφής ή στέγης, καθώς και ο τρόπος έδρασής τους.
- Η ευκολία πρόσβασης στο χώρο εγκατάστασης (σκεπή – οροφή), ειδικά όταν για την εγκατάσταση των πλαισίων απαιτείται ειδικός εξοπλισμός (σκαλωσιές κ.α.)
- Μήκη καλωδίων όπως αυτά προκύπτουν από τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του χώρου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ιδιαίτερα χρήσιμα και συχνά απαραίτητο για το μηχανικό – μελετητή είναι:

- Σχέδιο διευθέτησης του χώρου του κτιρίου ώστε να εξακριβωθεί ο προσανατολισμός του.
- Κατασκευαστικά σχέδια του κτιρίου ώστε να εξακριβωθεί η κλίση της στέγης, η ωφέλιμη επιφάνεια και τα μήκη των καλωδίων.
- Φωτογραφία της οροφής για τυχούσες ιδιαιτερότητες.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε κάποια βασικά σημεία παρέχοντας πληροφορίες για το τρόπο με τον οποίο πρέπει αυτά να αντιμετωπίζονται, τόσο στο πλαίσιο του σχεδιασμού όσο και της υλοποίησης ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος σε **δώμα**. Η μελέτη και η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού σε ταράτσα (δώμα) έχει ορισμένες <u>ιδιαιτερότητες</u>:

Το δύο κυριότερα εμπόδια που συναντάμε κατά την μελέτη χωροθέτησης των πλαισίων σε ένα φωτοβολταικό σε ταράτσα είναι το κλιμακοστάσιο (αν υπάρχει) και το στηθαίο. Και τα δύο ανάλογα με τη θέση και το ύψος τους δημιουργούν ανεπιθύμητες σκιάσεις. Εμπόδιο που δημιουργεί σκίαση επίσης σε αντίθεση με τη στέγη είναι το ίδιο το φωτοβολταικό, καθώς η μπροστινή σειρά μπορεί να σκιάζει την πίσω της ορισμένες ώρες και εποχές του χρόνου (πχ το χειμώνα που ο ήλιος κινείται «χαμηλότερα»). Παρόμοιο πρόβλημα δημιουργούν καμινάδες από καλοριφέρ ή τζάκια, κεραίες, ηλιακοί θερμοσίφωνες, λέβητες κ.α.

Σε αντίθεση με τη στέγη, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε μια ταράτσα μπορούν να τοποθετηθούν όσο γίνεται σε βέλτιστο προσανατολισμό και κλίση. Το πλεονέκτημα αυτό της ταράτσας σε σύγκριση με τις στέγες ενέχει ένα κίνδυνο, τη μεγαλύτερη έκθεση σε ανεμοπιέσεις. Για αυτό το λόγο απαιτείται ουσιαστική διερεύνηση των κατάλληλων υλικών και των βάσεων για τη διατήρηση της στατικότατος και της στεγανότητας του δώματός. Τέλος, πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά της πλάκας της ταράτσας ώστε να μη διαταραχθεί η στατικότητά της από την τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού.

Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με την εγκατάσταση μικρής κλίμακας φωτοβολταϊκών συστημάτων στο Δήμο της Θεσσαλονίκης έχουν καταδείξει κάποια ενδιαφέροντα πρόσθετα στοιχεία.

- *<u>Λόγος Πλευρών δώματος</u>*

Αφορά το κριτήριο για το το κατά πόσο το δώμα προσεγγίζει τετραγωνικό η ορθογωνικό σχήμα. Αποτιμήθηκε ότι το ιδανικό σχήμα για το δώμα είναι το **ορθογώνιο με μεγαλύτερη πλευρά αυτήν του νότου και λόγο πλευρών ίσο με 1,3.** Αυτή είναι η βέλτιστη κατάσταση κατά την οποία η ηλιακά διαθέσιμη επιφάνεια παίρνει τη μέγιστη τιμή της, οι σκιάσεις από το στηθαίο είναι οι μικρότερες.

- *Λόγος περιμέτρου ως προς το εμβαδόν του δώματος*

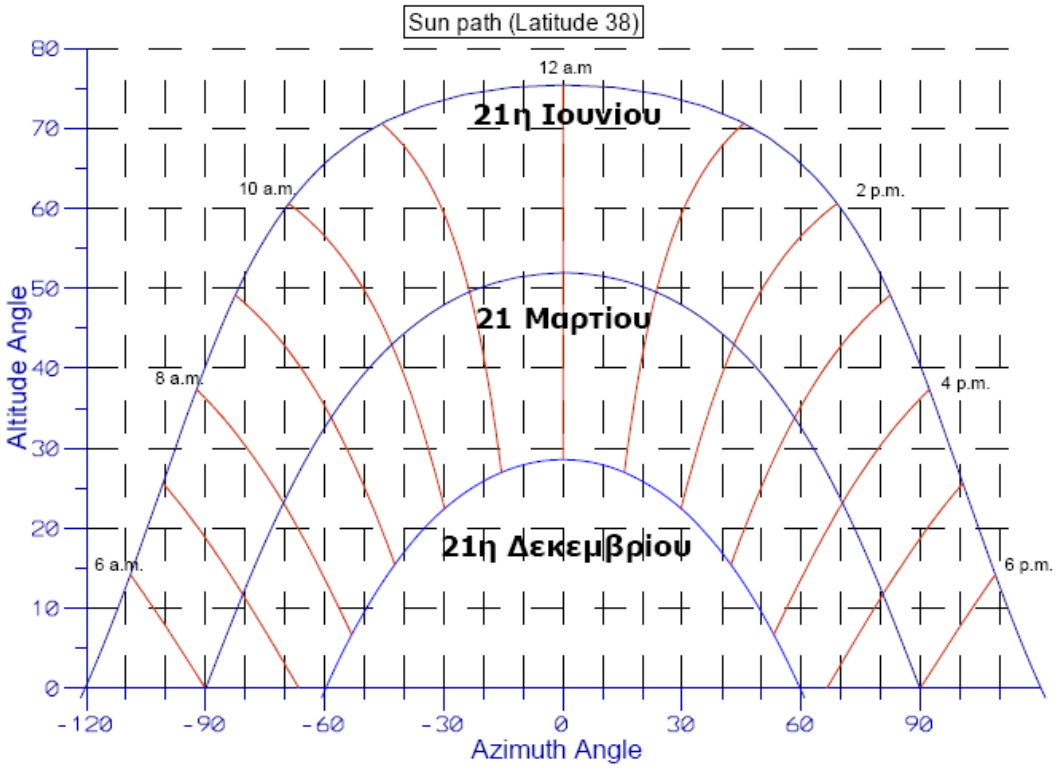
Ο λόγος αυτός δίνει πληροφορίες για το κατά πόσο το δώμα έχει εσοχές, εξοχές και διάφορες άλλες καταλήξεις στη γεωμετρία του. Εκτιμήθηκε ότι **μικρές τιμές αυτού του λόγου** υποδηλώνουν μικρή επίδραση της σκίασης στο δώμα και άρα περισσότερη διαθέσιμη επιφάνεια.

3.3 Προβλήματα σκιασμών

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας ο οποίος επιδρά καθοριστικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος είναι η ύπαρξη σκιασμών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι σε ένα Φ/Β πλαίσιο τόσο τα Φ/Β στοιχεία (ή μέρος αυτών) όσο και τα Φ/Β πλαίσια μιας στοιχειοσειράς συνδέονται μεταξύ τους εν σειρά, γίνεται κατανοητό ότι ακόμα κι ο σκιασμός ενός μέρους της Φ/Β συστοιχίας μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος συγκριτικά με την αναμενόμενη τιμή αυτής. Αναλυτικότερα, το συνολικό ρεύμα μιας στοιχειοσειράς Φ/Β πλαισίων καθορίζεται από το μειωμένο ρεύμα του σκιασμένου τμήματος της Φ/Β συστοιχίας. Βέβαια στην περίπτωση που ο σκιασμός περιορίσει την τάση του σκιασμένου πλαισίου αρκετά χαμηλά ώστε να εισέλθει σε αγωγή η δίοδος παράκαμψης, το πλαίσιο αυτό εξαιρείται της ηλεκτροπαραγωγής.

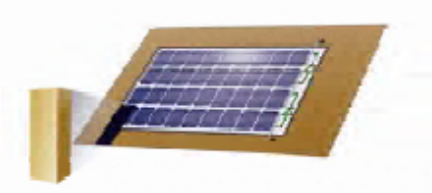
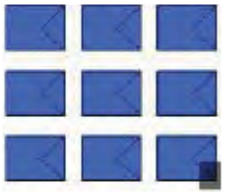
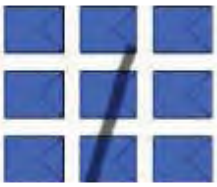
Από μια άλλη οπτική γωνία, μόνιμοι και επαναλαμβανόμενοι τοπικοί σκιασμοί σε ώρες υψηλής ακτινοβολίας δύναται να καταπονήσουν το σκιαζόμενο Φ/Β πλαίσιο, προκαλώντας την πρόωρη γήρανση αυτού. Συνεπώς είναι σημαντικό να αποφεύγονται σκιασμοί, έστω και από αντικείμενα μικρού όγκου όπως κολώνες, κεραίες ή ηλεκτρικά καλώδια ή, ακόμη περισσότερο, από δένδρα, παρακείμενα κτίρια κλπ.

Η επιλογή της θέσης έδρασης της Φ/Β συστοιχίας θα πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν θα υπάρξουν σκιασμοί καθ' όλο το έτος και ειδικά τις ώρες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας. **Εάν στην τοποθεσία έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού υπάρχουν μόνιμοι ή επαναλαμβανόμενοι σκιασμοί (π.χ. σκίαση από παρακείμενα κτήρια, κολώνες, στηθαίο, κλπ.) για μεγάλο χρονικό διάστημα γύρω από το ηλιακό μεσημέρι (από 09:00 έως 15:00), τότε η θέση εγκατάστασης θεωρείται ακατάλληλη.** Τέλος, για τη διασφάλιση της μακροχρόνιας απρόσκοπτης λειτουργίας του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο εμφάνισης μελλοντικών σκιασμών λόγω ανοικοδόμησης παρακείμενων κτηρίων. Εν κατακλείδι μπορούμε να πούμε ότι ο γενικός κανόνας ορθής τοποθεσίας έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού είναι ο ορίζοντας προς Νότο να είναι ελεύθερος και χωρίς εμπόδια. Για τον έλεγχο πιθανών σκιασμών καθ΄όλο το έτος καλό είναι να χρησιμοποιηθεί ένα διάγραμμα τροχιάς του ήλιου, όπως αυτό που παρατίθεται στο σχήμα . Στο εν λόγω διάγραμμα σχεδιάζεται η θέση του ήλιου σε γωνιακές συντεταγμένες, για γεωγραφικό πλάτος 38°.



Εικόνα 3.4: Διάγραμμα τροχιάς ήλιου σε Βόρειο γεωγραφικό πλάτος 38°

Επί του διαγράμματος έχουν σχεδιασθεί ενδεικτικά η 21η Δεκεμβρίου, η 21 Μαρτίου και η 21η Ιουνίου, ενώ επίσης σημειώνονται επί των τροχών και οι θέσεις του ήλιου για κάθε ώρα της ημέρας (σε τοπική ηλιακή ώρα). Με βάση το διάγραμμα της εικόνας 3.4 θα πρέπει να συγκριθούν τα περιγράμματα των εμποδίων (σε γωνιακές συντεταγμένες στο ίδιο σύστημα αξόνων) όπως φαίνονται από το δυσμενέστερο σημείο της Φ/Β συστοιχίας. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ελέγξουμε αν τα εμπόδια σκιάζουν την Φ/Β συστοιχία, δηλαδή αν η γωνία ύψους των εμποδίων είναι μεγαλύτερη από τη γωνία ύψους του ήλιου για την αντίστοιχη αζιμούθια γωνία. Στην εικόνα 3.5 παρουσιάζονται υπό μορφή πίνακα οι ενδεικτικές απώλειες για διαφορετικού τύπου συνδεσμολογίες και ποσοστά σκιάσεων. Γίνεται φανερό ότι σκίαση της τάξης του 0,15% επί της ενεργής επιφάνειας του φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να επιφέρει ακόμα και 25 φορές μεγαλύτερη απώλεια ισχύος (ποσοστιαία – εδώ -3,7%), σε περίπτωση που τα πλαίσια είναι συνδεδεμένα όλα σε μία στοιχειοσειρά.

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

3.5 Ενδεικτικές απώλειες σκίασης για διαφορετικές συνδεσμολογίες

3.4 Στατική μελέτη και υλικά στήριξης

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

απαιτείται) ώστε να διερευνάται η μηχανική καταπόνηση και η ανεμοπίεση της επιφάνειας έδρασης των πλαισίων.

Τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται σε ένα σύστημα στήριξης, εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη λειτουργία και την ασφάλεια της εγκατάστασης σε ακραίες συνθήκες ανέμου, χιονόπτωσης, σεισμού και θερμοκρασιακών μεταβολών. Οι ακραίες αυτές συνθήκες καθώς, ο συνδυασμός τους καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφάλειας, προδιαγράφονται στους Ευροκώδικες (Eurocodes), παράλληλα με επιπρόσθετους ελέγχους, όπως για το σύνολο των δομικών κατασκευών. Για τη στατική επάρκεια του συστήματος στήριξης καθεαυτού, μπορεί να ζητείται αντίστοιχο πιστοποιητικό από τον προμηθευτή. Το σύστημα στήριξης μπορεί να είναι μέρος υαλοπετάσματος, να αποτελεί σύνδεσμο με τους φορείς μίας στέγης ή να αποτελεί ένα αυτοτελές σύστημα τοποθετημένο στο δώμα ή με τρόπο που να δημιουργεί σκίαστρο. Το σύστημα στήριξης μπορεί να είναι είτε μεταλλικό, από αλουμίνιο ή εν θερμώ γαλβανισμένο χάλυβα, είτε από πλαστικό (κυρίως όσο αφορά στην περίπτωση λεκανών στήριξης). Στο εμπόριο διατίθεται πληθώρα συστημάτων στήριξης.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να δίνεται προσοχή στη συμβατότητά τους με τα λοιπά στοιχεία του εξοπλισμού και κατ' επέκταση στην εγκυρότητα των πιστοποιητικών στατικής επάρκειας επί του συνόλου της εγκατάστασης. Θα πρέπει ο τρόπος σύσφιξης των Φ/Β πλαισίων να είναι σύμφωνος με τις προδιαγραφές του συγκεκριμένου Φ/Β πλαισίου και επιπλέον οι διαστάσεις του πλαισίου να είναι αντίστοιχες (ή μικρότερες) με αυτές που έχουν θεωρηθεί στη στατική μελέτη για την έκδοση του πιστοποιητικού στατικής επάρκειας. Όσον αφορά στη σύνδεση του συστήματος στήριξης με το κτίριο, και ειδικότερα αναφορικά με σύστημα στήριξης σε δώμα, θα πρέπει να εφαρμόζεται κατάλληλη αγκύρωση. Αυτή γίνεται κυρίως με την προσθήκη φορτίου, ή με τη χρήση κοχλιών. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει το βάρος που θα τοποθετηθεί να είναι σύμφωνο με τη στατική μελέτη του κτηρίου. Στην περίπτωση χρήσεως κοχλιών, θα πρέπει να μην τραυματίζεται η υφιστάμενη μόνωση. Και στις δύο περιπτώσεις, όπως και στην περίπτωση άλλου συστήματος, παρέχονται οι προδιαγραφές για την αγκύρωση από τον προμηθευτή του συστήματος στήριξης. Ωστόσο η συμβατότητα με το κτήριο θα πρέπει να ελέγχεται από ένα μηχανικό. Τέλος, ο εγκαταστάτης θα πρέπει να έχει υπόψη του την διαφοροποίηση των συστημάτων στήριξης και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που το διέπουν, συμπεριλαμβανομένων της ευκολίας εγκατάστασης, της αξιοπιστίας και των λειτουργικών στοιχείων (όπως η δυνατότητα ή όχι φυσικού αερισμού του πλαισίου).

3.5 Επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων

Ένα από τα ζητήματα που χρήζουν προσοχής κατά το σχεδιασμό ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος, είναι η επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων. Συνήθως, οι μετατροπείς των εν λόγω ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων τοποθετούνται είτε στο εσωτερικό των κτηρίων που εγκαθίστανται, είτε σε ειδικά διαμορφωμένο κλειστό χώρο ο οποίος μπορεί να βρίσκεται πλησίον του Φ/Β εξοπλισμού. Μάλιστα, στη δεύτερη περίπτωση μειώνεται σημαντικά το μήκος των ηλεκτρικών αγωγών Σ.Ρ. με άμεσο αποτέλεσμα τον περιορισμό των ηλεκτρικών απωλειών, της πτώσης τάσης, αλλά και του κόστους καλωδίωσης.

Βέβαια υπάρχουν και ηλεκτρονικοί μετατροπείς οι οποίοι σύμφωνα με τα τεχνικά φυλλάδια του κατασκευαστή μπορούν να εγκατασταθούν είτε κάτω από τα Φ/Β πλαίσια, είτε στο μηχανισμό στήριξης αυτών, εφόσον υπάρχει αρκετός χώρος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο συγκεκριμένος τύπος έδρασης έχει ως αποτέλεσμα την άμεση έκθεση του μετατροπέα σε υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, αλλά, σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας, και σε αρκετά χαμηλές κατά τη διάρκεια του χειμώνα, προτείνεται να εφαρμόζεται μόνο στις περιπτώσεις που το προβλέπει ο κατασκευαστής. Συγκεκριμένα, στο φυλλάδιο του κατασκευαστή θα πρέπει να αναζητηθεί ο δείκτης προστασίας (IP) του μετατροπέα από σωματίδια σκόνης και νερού, καθώς και τα όρια της θερμοκρασίας μέσα στα οποία δεν επηρεάζεται η ασφαλής και απρόσκοπτη λειτουργία του. Σε αντίθετη περίπτωση υιοθέτησης του προαναφερθέντος τρόπου έδρασης μπορεί να επιφέρει μείωση του προσδόκιμου της διάρκειας ζωής του μετατροπέα. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ψύξη του ηλεκτρονικού μετατροπέα επηρεάζεται σημαντικά από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένο το Φ/Β σύστημα (θερμοκρασία περιβάλλοντος, συνθήκες ηλιοφάνειας, υγρασία και άνεμος), γίνεται κατανοητό ότι στις περιπτώσεις που ο μετατροπέας τοποθετείται σε κλειστό χώρο πλησίον του Φ/Β εξοπλισμού ίσως είναι απαραίτητη η τοποθέτηση μηχανισμού εξαναγκασμένης ψύξης (ανεμιστήρες). Στη συνέχεια παρουσιάζονται ειδικότερες οδηγίες που αφορούν στη σωστή εγκατάσταση και ασφαλή λειτουργία του Φ/Β συστήματος. Οι οδηγίες βασίζονται στην διεθνή πρακτική και εμπειρία, καθώς και σε πρότυπα, όπως το HD384 και το IEC 364-7-712.

3.6 Μελέτη Βιωσιμότητας Εγκατάστασης

Πολύ σημαντικό κριτήριο για την προκαταρτική μελέτη ενός έργου κατέχει η γνώση οικονομικών παραμέτρων και κριτηρίων, προκειμένου να διαπιστωθεί αν το έργο αποτελεί μια προσοδοφόρα επενδυτική κίνηση.

3.6.1 Οικονομικοί Δείκτες

Για την οικονομική αξιολόγηση μιας επένδυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι δείκτες με πιο συνηθισμένους την Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV-ΚΠΑ), τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (IRR-ΕΒΑ), την Έντοκη Περίοδο Αποπληρωμής (ΕΠΑ-DPP) και το Σταθμισμένο Κόστος Ενέργειας (LCOE). Οι πιο αντιπροσωπευτικοί από αυτούς τους δείκτες, οι οποίοι προτείνεται να χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των διαφόρων επενδύσεων, είναι ο IRR και η NPV.

Η **Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)** μίας επένδυσης είναι η αξία αυτής ανηγμένης στη χρονική στιγμή έναρξης της εμπορικής της λειτουργίας και δίνεται από τη σχέση:

$$NPV = -\mathrm{K}_0 + \sum_{t=1}^{N} \frac{\mathrm{KTP}_t}{(1+k)^t} + \frac{\mathrm{YA}_N}{(1+k)^N} \qquad \textbf{(1)}$$

όπου K_0 = το κόστος της επένδυσης,
KTP_t = η Καθαρή Ταμειακή Ροή του έτους t,
k = η ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση των κεφαλαίων που επενδύονται (επιτόκιο αναγωγής),

N = η διάρκεια της επένδυσης σε έτη,
YA_N = η υπολειμματική αξία της επένδυσης στο N-οστό έτος.

Αντίστοιχα, ο δείκτης **IRR (Internal Rate of Return – Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)** είναι η τιμή του επιτοκίου αναγωγής, που κάνει την NPV της επένδυσης, για τη διάρκεια της οικονομικής αξιολόγησης, ίση με το μηδέν. Ειδικότερα, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης εκφράζει την απόδοση κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης κατά τη διάρκεια του οικονομικού κύκλου ζωής της. Συνεπώς, ο IRR της επένδυσης προσδιορίζεται από τη λύση της εξίσωσης:

$$-K_0 + \sum_{t=1}^{N} \frac{KTP_t}{(1+IRR)^t} = 0 \qquad \textbf{(2)}$$

Η αξιολόγηση επένδυσης ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ γίνεται για χρονικό διάστημα ίσο με τη διάρκεια της σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Μία τρίτη μέθοδος αξιολόγησης της επένδυσης είναι η **Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (ΕΠΑ, DPP)** δηλαδή η περίοδος επανάκτησης του κόστους της επένδυσης (K0) από τις ΚΤΡ. Ειδικότερα είναι ο αριθμός των ετών που απαιτούνται ώστε να καλυφθεί η αρχική δαπάνη με την θεώρηση ότι η υπολειμματική αξία της επένδυσης είναι μηδενική:

$$-K_0 + \sum_{t=1}^{x} \frac{KTP_t}{(1+k)^t} = 0 \qquad \textbf{(3)}$$

Για τη σύγκριση εναλλακτικών επενδύσεων (πολλές φορές διαφορετικής κλίμακας, χρονικού ορίζοντα κλπ.), συχνά χρησιμοποιείται ο δείκτης του Σταθμισμένου Κόστους Ενέργειας (**Levelised Cost of Energy – LCOE**) ο οποίος αφορά συνήθως το σύνολο της επένδυσης και υπολογίζει το σταθμισμένο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. **€ / kWh**) κατά τη διάρκεια ζωής μιας επένδυσης σταθμού παραγωγής, ενσωματώνοντας όλα τα επί μέρους κόστη (επένδυσης, λειτουργίας, καυσίμου, ασφάλισης, παροπλισμού κλπ.) εκφρασμένα σε παρούσα αξία.

Ειδικότερα ως Σταθμισμένο Κόστος Ενέργειας (LCOE) ορίζεται η τιμή που θα πρέπει να αποζημιωθεί η παραγόμενη από τον σταθμό ενέργεια, ώστε να αποπληρώσει τον επενδυτή για το συνολικό του κόστος (κεφαλαίου, συντήρησης και λειτουργίας κλπ.) και υπολογίζεται ως το πηλίκο του συνολικού κόστους καθ' όλη την οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης (total lifetime expenses) προς τη συνολική παραγωγή του σταθμού, εκφρασμένα σε όρους παρούσας αξίας:
LCOE = (total lifetime expenses / total expected output) **(4)**

Στη συνέχεια ορίζονται οι χρησιμοποιούμενοι οικονομικοί δείκτες και εξηγείται ο τρόπος υπολογισμού τους για τις ανάγκες της αξιολόγησης.

3.6.2 Υπολογισμός των Οικονομικών Δεικτών

Η αξιολόγηση επενδύσεων χρησιμοποιεί την έννοια των Καθαρών Ταμειακών Ροών (ΚΤΡ). Σε γενικές γραμμές, η ΚΤΡ κάθε έτους είναι η διαφορά μεταξύ των εσόδων της επιχείρησης από τις πωλήσεις (ταμειακές εισροές) και των πληρωμών για τους

διάφορους συντελεστές παραγωγής και τη διάθεση των προϊόντων, καθώς επίσης και για την πληρωμή του φόρου εισοδήματος (ταμειακές εκροές). Για τις παρακάτω αναλύσεις, ας υιοθετήσουμε τους εξής συμβολισμούς για τα οικονομικά μεγέθη κάθε έτους t:

E_t: Τα έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.
$ΛΔ_t$: Οι λειτουργικές δαπάνες της επένδυσης που περιλαμβάνουν τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης (O&M – Operation and Maintenance), τα ασφαλιστικά κόστη, τα μισθολογικά κόστη και την καταβολή του 3% των ετήσιων ακαθάριστων εσόδων στην τοπική αυτοδιοίκηση και κοινωνία (απαλλάσσονται οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί) σύμφωνα με τον υφιστάμενο νόμο.
A_t: Οι προβλεπόμενες αποσβέσεις για την επένδυση.
ΦΣ: Ο φορολογικός συντελεστής για τον υπολογισμό του φόρου εισοδήματος.
Φt: Οι φόροι που καταβάλλει η επιχείρηση,
$ΔΔ_t$: Η δόση του δανείου σε περίπτωση ύπαρξης δανειακών κεφαλαίων,
T_t: Ο τόκος που καταβάλλεται ετησίως σε περίπτωση ύπαρξης δανειακών κεφαλαίων.
X_t: Το χρεολύσιο που καταβάλλεται ετησίως σε περίπτωση ύπαρξης δανειακών κεφαλαίων.

Οι ΚΤΡ και η NPV της επένδυσης διαφοροποιούνται εάν οι υπολογισμοί γίνονται ως προς το σύνολο της επένδυσης ή ως προς τα ίδια κεφάλαια της επένδυσης . Στην περίπτωση αξιολόγησης ως προς τα ίδια κεφάλαια, ο επενδυτής λαμβάνει ως επιτόκιο αναγωγής για τον υπολογισμό της NPV την ελάχιστη απόδοση που κρίνει ικανοποιητική για τα ίδια κεφάλαιά του. Από την άλλη πλευρά, μπορεί να αξιολογηθεί μια επένδυση στο σύνολό της (και να συγκριθεί για παράδειγμα με μια άλλη, είτε από την ίδια επιχείρηση, είτε από άλλον φορέα). Σε αυτή την περίπτωση ως επιτόκιο αναγωγής λαμβάνεται το μέσο σταθμισμένο κόστος του συνολικού επενδυόμενου κεφαλαίου, που συντίθεται από το κόστος των ιδίων και των δανειακών κεφαλαίων της επιχείρησης .

3.6.2.1. Αξιολόγηση επένδυσης ως προς τα ίδια κεφάλαια

Όπως προαναφέρθηκε, για τον υπολογισμό των ΚΤΡ κάθε έτους γίνεται αφαίρεση των εξόδων της επιχείρησης από τα ετήσια έσοδά της:

$$KTP_t=E_t-ΛΔ_t-Φ_t-ΔΔ_t=E_t-ΛΔ_t-Φ_t-T_t-X_t \quad \textbf{(5)}$$

Ο υπολογισμός των τόκων (T_t) και των χρεολυσίων (X_t) της εξ. (5) διαφοροποιείται ανάλογα με την εφαρμοζόμενη μέθοδο εξόφλησης του δανείου. Σε κάθε περίπτωση, η δόση του δανείου του έτους t ($ΔΔ_t$), ή αλλιώς το τοκοχρεολύσιο, ισούται με το άθροισμα των τόκων και των χρεολυσίων:

$$ΔΔ_t=X_t+T_t \quad \textbf{(6)}$$

Θεωρώντας εξόφληση με σταθερά τοκοχρεολύσια, στο τέλος κάθε έτους καταβάλλεται σταθερή δόση ΔΔt και από έτος σε έτος ο τόκος μειώνεται ενώ το χρεολύσιο αυξάνει. Τα χρεολύσια (Xt) κάθε έτους υπολογίζονται ως εξής:

$$X_t=\frac{k_d}{(1+k_d)^{N_d}-1}\cdot K_d\cdot(1+k_d)^{t-1} \quad \textbf{(7)}$$

όπου k_d: το επιτόκιο του δανείου
N_d: η περίοδος εξόφλησης του δανείου σε έτη
K_d: το δανειακό κεφάλαιο (Loan Capital)

Τα τοκοχρεολύσια κάθε έτους ($ΔΔ_t$) είναι ίσα μεταξύ τους και υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$ΔΔ_t = (k_d + \frac{k_d}{(1+k_d)^{N_d} - 1}) \cdot K_d \quad \textbf{(8)}$$

Οι τόκοι κάθε έτους (Tt) μπορούν να υπολογιστούν με απλή αφαίρεση:

$$\mathbf{Tt = ΔΔt - Xt} \quad \textbf{(9)}$$

Ο υπολογισμός των φόρων που πληρώνει η επιχείρηση γίνεται αφού από τα ακαθάριστα έσοδα της επιχείρησης αφαιρεθούν οι λειτουργικές δαπάνες, οι αποσβέσεις και οι τόκοι των δανείων. Έτσι οι φόροι στην (5) δίνονται από τον τύπο:

$$\mathbf{Φ_t = (E_t - ΛΔ_t - A_t - T_t)ΦΣ} \quad \textbf{(10)}$$

Μια συνηθισμένη μέθοδος απόσβεσης των επενδύσεων (A_t) είναι η γραμμική. Τότε, αν ο χρόνος απόσβεσης είναι N_A έτη, η ετήσια απόσβεση A_t είναι το $1/N_A$ του αρχικού κόστους της επένδυσης:

$$\boldsymbol{At = K0, total / NA} \quad \textbf{(11)}$$

Από τις (5) και (10) προκύπτει:

$$\begin{aligned} KTP_t &= E_t - ΛΔ_t - Φ_t - T_t - X_t = E_t - ΛΔ_t - ΦΣ\cdot(E_t - ΛΔ_t - A_t - T_t) - T_t - X_t = \\ &= E_t - ΛΔ_t - A_t + A_t - T_t - ΦΣ\cdot(E_t - ΛΔ_t - A_t - T_t) - X_t = \\ &= (E_t - ΛΔ_t - A_t - T_t)\cdot(1 - ΦΣ) + A_t - X_t \quad \textbf{(12)} \end{aligned}$$

Αφού υπολογιστούν οι χρηματοροές της επένδυσης, ακολουθεί ο υπολογισμός της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ, NPV) και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσής (IRR) της.

$$\boldsymbol{k_r = \frac{k_n - ir}{1 + ir}} \quad \textbf{(13)}$$

Ο υπολογισμός της ΚΠΑ μπορεί να γίνει με τη μέθοδο των σταθερών τιμών ή με τη μέθοδο των τρεχουσών τιμών. Στην πρώτη περίπτωση, για τον υπολογισμό των ΚΤΡ των διαφόρων ετών χρησιμοποιούνται οι τιμές του πρώτου έτους αξιολόγησης και γίνεται η θεώρηση ότι τόσο οι εκροές όσο και οι εισροές δεν μεταβάλλονται με τον πληθωρισμό κατά τη διάρκεια ζωής της επένδυσης.

Αντίθετα, όταν ο υπολογισμός των ΚΤΡ πραγματοποιείται με τη μέθοδο των τρεχουσών τιμών, όπως και προτείνεται, τα οικονομικά μεγέθη εκφράζονται σε αξίες του έτους στο οποίο πραγματοποιούνται, χρησιμοποιώντας για τα επιμέρους μεγέθη (π.χ. τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας, κόστος μισθοδοσίας κλπ.) τους σχετικούς δείκτες πληθωρισμού. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να δηλώνεται σαφώς ο δείκτης πληθωρισμού που έχει χρησιμοποιηθεί και όταν χρησιμοποιούνται ΚΤΡ εκφραζόμενες σε τρέχουσες τιμές θα πρέπει και τα επιτόκια της αξιολόγησης (αναγωγής και δανεισμού) να εκφράζονται σε τρέχουσες τιμές, δηλαδή να χρησιμοποιούνται τα ονομαστικά επιτόκια.

Για τον υπολογισμό της ΚΠΑ χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$NPV = -K_{0,Eq} + \sum_{t=1}^{N} \frac{KTP_t}{(1+k_{Eq})^t} + \frac{YA_N}{(1+k_{Eq})^N} \quad \textbf{(14)}$$

όπου $K_{0,Eq}$ = είναι τα ίδια κεφάλαια της επένδυσης,

KTP_t = η Καθαρή Ταμειακή Ροή κάθε έτους,

k_{Eq} = το επιτόκιο αναγωγής, που εκφράζει την επιθυμητή απόδοση των ιδίων κεφαλαίων,

N = η διάρκεια της επένδυσης σε έτη,

YA_N = η υπολειμματική αξία της επένδυσης στο N-οστό έτος.

Εάν η επένδυση γίνεται 100% από ίδια κεφάλαια τότε στις σχέσεις (1)-(12) οι όροι ΔΔt, Tt και Xt παίρνουν τιμή 0 και η σχέση (5) γίνεται

$$KTP_t = E_t - ΛΔ_t - Φ_t = E_t - ΛΔ_t - ΦΣ\cdot(E_t - ΛΔ_t - A_t) =$$

$= E_t - ΛΔ_t - A_t + A_t - ΦΣ \cdot (E_t - ΛΔ_t - A_t) =$

$= (E_t - ΛΔ_t - A_t - T_t) \cdot (1 - ΦΣ) + A_t - X_t$ **(15)**

Στον υπολογισμό της ΚΠΑ, ως $K_{0,Eq}$ τίθεται το σύνολο της επένδυσης (αφού στην επένδυση δεν συμμετέχουν άλλα κεφάλαια πέραν των ιδίων).

Ανάλογα με την τιμή της NPV που προκύπτει από την εφαρμογή της εξ. (14) αξιολογείται το επενδυτικό σχέδιο. Εάν εξετάζονται σε συνδυασμό περισσότερα του ενός εναλλακτικά επενδυτικά σχέδια, επιλέγεται εκείνο που έχει την μεγαλύτερη NPV, με την προϋπόθεση η διάρκεια ζωής όλων των σχεδίων να είναι η ίδια. Πιο συγκεκριμένα, για ένα σχέδιο:

- Εάν NPV > 0, έχουμε επιλογή του επενδυτικού σχεδίου,
- Εάν NPV < 0, έχουμε απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου,
- Εάν NPV = 0 υπάρχει αδιαφορία του επενδυτή ως προς την αποδοχή ή την απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου (οριακή κατάσταση).

Για την όσο το δυνατόν πιο ασφαλή αξιολόγηση μίας επένδυσης, είναι απαραίτητος και ο υπολογισμός του **Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης** (IRR).
Όπως προαναφέρθηκε, για τον υπολογισμό του IRR επιλύεται η εξίσωση

$$-K_{0,Eq} + \sum_{t=1}^{N} \frac{KTP_t}{(1+IRR)^t} = 0 \qquad \textbf{(16)}$$

Για κάθε επένδυση υπάρχει ένας και μόνο IRR και ανάλογα με την προκύπτουσα τιμή του και την ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση των κεφαλαίων του επενδυτή (kminEq) αξιολογείται η επένδυση. Στην περίπτωση που αξιολογείται ένα επενδυτικό σχέδιο ισχύουν τα εξής:

- Εάν IRR > k_{minEq} , έχουμε επιλογή του επενδυτικού σχεδίου,
- Εάν IRR < k_{minEq} , έχουμε απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου,
- Εάν IRR = k_{minEq} υπάρχει αδιαφορία του επενδυτή ως προς την αποδοχή ή την απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου

Για τον υπολογισμό της έντοκης περιόδου αποπληρωμής επιλύεται η εξίσωση

$$-K_{0,Eq} + \sum_{t=1}^{x} \frac{KTP_t}{(1+k_{Eq})^t} = 0 \qquad \textbf{(17)}$$

υπολογίζοντας έτσι τον αριθμό των ετών που απαιτούνται για να αποσβεστεί η επένδυση.

3.6.2.2. Αξιολόγηση ως προς το σύνολο της επένδυσης

Η σημαντικότερη διαφοροποίηση σε σχέση με την αξιολόγηση της επένδυσης ως προς τα ίδια κεφάλαια είναι ότι στο επιτόκιο αναγωγής θα πρέπει να ληφθεί υπόψη όχι μόνο η απόδοση των ιδίων κεφαλαίων που κρίνει ο επενδυτής ως ικανοποιητική, αλλά και το επιτόκιο των δανειακών κεφαλαίων της επιχείρησης, αφού το αρχικό κόστος της επένδυσης καλύπτεται τόσο από τα ίδια, όσο και από δανειακά κεφάλαια.
Ισχύουν οι γενικοί τύποι (για το σύνολο της επένδυσης αυτή τη φορά, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η δόση του δανείου):

$KTP_t = E_t - ΛΔ_t - Φ_t$ **(18)**

$$NPV = -K_{0,tot} + \sum_{t=1}^{N} \frac{KTP_t}{(1+k_{tot})^t} + \frac{YA_N}{(1+k_{tot})^N}$$ **(19)**

$$-K_{0,tot} + \sum_{t=1}^{N} \frac{KTP_t}{(1+IRR)^t} = 0$$ **(20)**

$$-K_{0,tot} + \sum_{t=1}^{x} \frac{KTP_t}{(1+k_{tot})^t} = 0$$ **(21)**

όπου

$K_{0,tot}$: το συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης

k_{tot} : το μέσο σταθμικό κόστος των ιδίων και ξένων κεφαλαίων της επιχείρησης (σχέση (23)),

$E_{gen,t}$: η ετήσια παραγωγής ενέργειας (kWh),

Σε αυτή την περίπτωση για τον υπολογισμό των φόρων δεν αφαιρούμε τους τόκους αλλά λαμβάνουμε τη σχέση:

(*tttt*) $\Phi_t=(E_t-\Lambda\Delta_t-A_t)\cdot\Phi\Sigma$ **(22)**

ενώ το μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου δίνεται από τη σχέση

$$k_{tot} = P_d \cdot k_d (1-\Phi\Sigma) + P_{Eq} \cdot k_{Eq}$$ **(23)**

όπου

k_{tot}: είναι το μέσο σταθμικό κόστος των ιδίων και ξένων κεφαλαίων της επιχείρησης,

P_d: η συμμετοχή (%) των δανειακών κεφαλαίων στο σύνολο της επένδυσης,

k_d: το επιτόκιο δανεισμού,

P_{Eq}: η συμμετοχή (%) των ιδίων κεφαλαίων στο σύνολο της επένδυσης,

k_{Eq}: το κόστος ιδίων κεφαλαίων της επιχείρησης.

ΦΣ: ο φορολογικός συντελεστής

Συμπληρωματικά αναφέρεται ότι θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη οι τόκοι στον υπολογισμό των φόρων και στον προσδιορισμό του Σταθμισμένου Κόστους Ενέργειας, όπως αυτή αναφέρεται στη σχέση (10). Τότε το επιτόκιο αναγωγής στην ΚΠΑ, στο IRR, στην ΕΠΑ και στο LCOE θα δινόταν από τη σχέση:

$$\mathbf{k_{tot} = P_d \cdot k_d + P_{Eq} \cdot k_{Eq}}$$ **(24)**

Κατά την αξιολόγηση της επένδυσης με βάση την Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) ισχύουν τα κριτήρια που περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Αντίστοιχα, η απόφαση για πρόκριση ή όχι της επένδυσης γίνεται σε αυτή την περίπτωση μετά από σύγκριση του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) (όπως αυτός προκύπτει από την επίλυση της εξίσωσης (20) με το μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου (ktot). Δηλαδή:

- Εάν IRR > k_{tot} , έχουμε επιλογή του επενδυτικού σχεδίου,
- Εάν IRR < k_{tot} , έχουμε απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου,
- Εάν IRR = k_{tot} υπάρχει αδιαφορία ως προς την αποδοχή ή την απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου

Οι δύο τρόποι υπολογισμού του μέσου σταθμικού κόστους k_{tot} που αναφέρθηκαν προηγουμένως θα οδηγήσουν σε διαφορετικές τιμές ως αποτέλεσμα, αλλά θα προκύπτει το ίδιο συμπέρασμα για την επένδυση (εκτός αν η ΚΠΑ είναι κοντά στο 0).

3.6.2.3. Σταθμισμένο Κόστος Ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για τη σύγκριση εναλλακτικών επενδύσεων παραγωγής ενέργειας συχνά χρησιμοποιείται ο δείκτης του Σταθμισμένου Κόστους Ενέργειας (**Levelised Cost of Energy – LCOE**), που εκφράζει τη μέση τιμή με την οποία πρέπει να αποζημιώνεται η παραγωγή του σταθμού ώστε να αποσβένεται το αρχικό κόστος επένδυσης και το σύνολο των λειτουργικών εξόδων. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στην ελάχιστη αποδεκτή τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας, προκειμένου η επένδυση να είναι βιώσιμη. Συνήθως το LCOE υπολογίζεται ως το πηλίκο των συνολικών δαπανών προς την ολική παραγωγή ενέργειας καθ' όλη την οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης (γενικά από 20 μέχρι 40 έτη), εκφρασμένα σε παρούσες αξίες.

Σημαντικός παράγοντας στον υπολογισμό του LCOE είναι το χρησιμοποιούμενο επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία, το οποίο εξαρτάται από το αν αξιολογείται η επένδυση στο σύνολό της ή ως προς τα ίδια κεφάλαια, όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες ενότητες. Συνήθως για τον υπολογισμό του LCOE γίνεται ανάλυση ως προς το σύνολο της επένδυσης, οπότε μια ευρέως χρησιμοποιούμενη σχέση είναι η εξής:

$$LCOE = \frac{K_{0,tot} + \left(\sum_{t=1}^{N} \frac{\Lambda\Delta_t}{(1+k_{tot})^t}\right) - \frac{\mathrm{YA_N}}{(1+k_{tot})^N}}{\sum_{t=1}^{N} \frac{E_{gen,t}}{(1+k_{tot})^t}} \qquad \textbf{(25)}$$

όπου

I_t : το κόστος επένδυσης κατά το έτος t

$E_{gen,t}$: η ετήσια παραγωγή ενέργειας

Όταν το μόνο επενδυόμενο κεφάλαιο είναι το αρχικό κόστος εγκατάστασης, η σχέση (25) γίνεται:

$$LCOE = \frac{K_{0,tot} + \left(\sum_{t=1}^{N} \frac{\Lambda\Delta_t}{(1+k_{tot})^t}\right) - \frac{\mathrm{YA_N}}{(1+k_{tot})^N}}{\sum_{t=1}^{N} \frac{E_{gen,t}}{(1+k_{tot})^t}} \qquad \textbf{(26)}$$

Στη σχέση (25) περιλαμβάνονται το συνολικό επενδυτικό κόστος, τα ετήσια λειτουργικά έξοδα και η τελική υπολειμματική αξία, αλλά δεν λαμβάνονται υπόψη οι αποσβέσεις καθώς και τα φορολογικά έξοδα της επιχείρησης. Προκειμένου να ληφθούν υπόψη τα τελευταία, στη βιβλιογραφία [7,8] προτείνεται επίσης η παρακάτω σχέση:

$$LCOE = \frac{\dfrac{K_{0,tot} + \left(\sum_{t=1}^{N} \dfrac{-A_t \cdot \Phi\Sigma + \Lambda\Delta_t \cdot (1-\Phi\Sigma)}{(1+k_{tot})^t}\right) - \dfrac{YA_N}{(1+k_{tot})^N}}{(1-\Phi\Sigma)}}{\sum_{t=1}^{N} \dfrac{E_{gen,t}}{(1+k_{tot})^t}} \Rightarrow$$

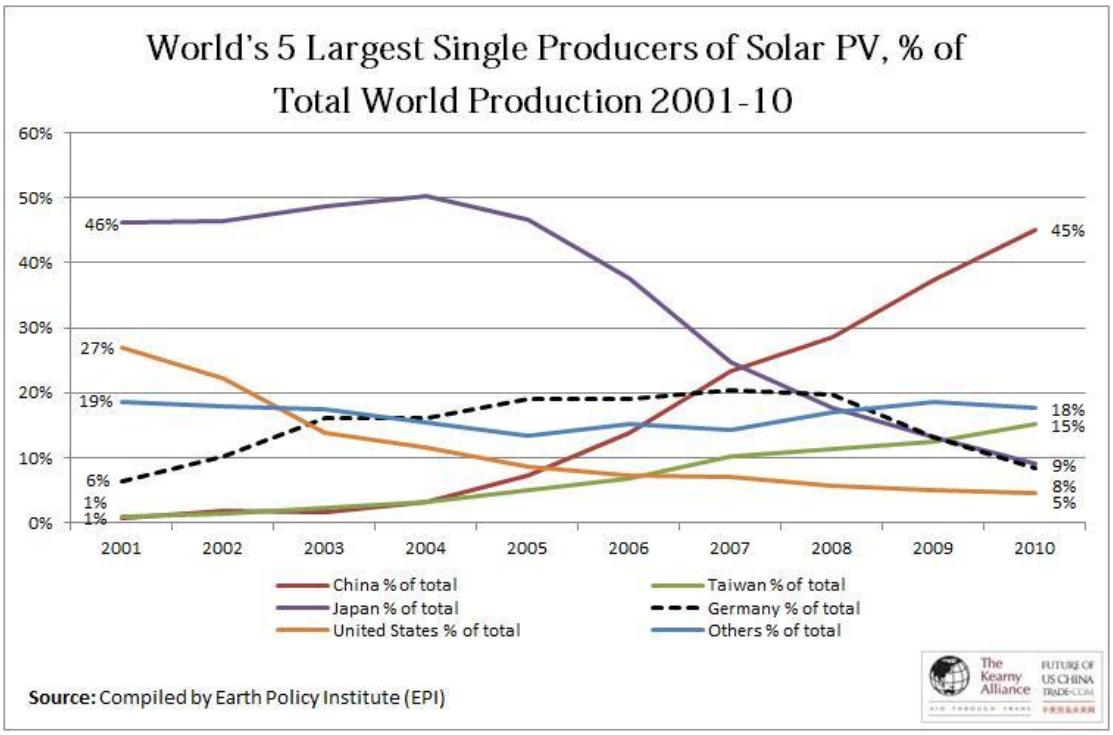
$$LCOE = \frac{K_{0,tot} + \left(\sum_{t=1}^{N} \dfrac{-A_t \cdot \Phi\Sigma + \Lambda\Delta_t \cdot (1-\Phi\Sigma)}{(1+k_{tot})^t}\right) - \dfrac{YA_N}{(1+k_{tot})^N}}{(1-\Phi\Sigma) \cdot \sum_{t=1}^{N} \dfrac{E_{gen,t}}{(1+k_{tot})^t}} \quad \textbf{(27)}$$

Αντίστοιχες σχέσεις μπορούν να διατυπωθούν όταν υφίσταται δανεισμός και γίνεται αξιολόγηση ως προς τα ίδια κεφάλαια.

4. ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ

Στην ενότητα αυτή θα αναφερθούμε σε διαφορές τιμολογιακές εκτιμήσεις των συστατικών μερών ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Η έρευνα αγοράς παίζει καταλυτικό ρόλο στην οικονομική βιωσιμότητα του έργου και για αυτό απαιτείται ενδελεχής μελέτη τόσο των Ελληνικών όσο και των διεθνών προσφορών. Καταρχάς πρέπει να τονιστεί, ότι η μαζική παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων ξεκίνησε πριν μια δεκαετία και υπάρχει μεγάλη πληθώρα επιλογών. Ενδεικτικό στοιχείο είναι ότι στη βάση δεδομένων του υπολογιστικού προγράμματος PVsyst περιλαμβάνονται οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές και παρόλα αυτά ο αριθμός των διαθέσιμων πλαισίων ξεπερνάει τις 8.500 διαφορετικές επιλογές. Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι εταιρίες με τις περισσότερες πωλήσεις παγκοσμίως και η κατανομή της αγοράς από την πλευρά των χωρών έλευσης των κατασκευαστικών εταιρειών.

2011 Ranking	**Solar Module Company**
1	Suntech
2	First Solar
3	Yingli
4	Trina
5	Canadian
6	Sharp
7	Sunpower
8	Hanwha Solarone
9	Jinko
10	REC
Source	*Pvinsights*



Συνολικά όμως, οι εταιρίες που υπάρχουν στο χώρο κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι πολλές και δραστηριοποιούνται εδώ αρκετά χρόνια. Οι πιο γνωστές αναφέρονται στη συνέχεια. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 1, υπάρχουν και πέντε Ελληνικές εταιρίες.

Generic	**BHEL**	**Eastech Solar**
3E	**BIC**	**Eclipsall**
3S Swiss Solar Systems	**Biohaus**	**Eco-Energy**
Advent	**BiSol**	**Eco-Europe**
Aero-Sharp	**BLD**	**EcoSolargy**
AE Solar	**Blitzstrom**	**Ecostream**
Aide Solar	**Bomex Solar**	**Ecostream Ubbink**
Aimex	**Bosch**	**Ekarat Solar**
AIT	**Bosch Solar Energy AG**	**Elettro Sannio**
Akhter	**BP Solar**	**Emmvee Solar**
Akkanat	**Buderus**	**EmPresa**
Aleo Solar	**Brisban Solar**	**Enecom Italia**
Alex SolAr	**BYD**	**Energetica**
AlfaSolar	**Calyxo**	**Energiebau**
Algatec	**Canadian Solar Inc.**	**Energy Solutions**
Alka Sol	**Canrom PV**	**Enfinity**
Alwitra	**Centennial Solar**	**Eni Power**
Amerisolar	**Central Electronics**	**EniTecnologie**
Ammini Solar	**Centrosolar**	**ENN Solar Energy**
Anel	**Centrosolar America**	**EPV**
Anji Dasol Solar	**Centrosolar-Solara**	**ERIT**
Ansaldo	**Centrosolar-SolarStocc**	**ErSol**
Antec-Solar	**CETC Solar**	**Ertex Solar**
Arco / Siemens	**Chaori Solar**	**ET Solar**
ARCO SOLAR	**Chi Mei**	**Eurener**
ASE	**Chinalight Solar**	**Eurotronic**
Astronergy	**China Sunergy**	**Eurosolare**
Astro Power	**Cixi City Rixing**	**Evergreen**
A-Sun by Aton Energy	**CNBM International**	**Evergreen Solar**
Atersa	**CNPV**	**Exel Group**
Atlantis Energie	**Coenergia**	**Fath solar**
AUO	**Conergy**	**Federal Prison Industries**
Auria	**Corus**	**First Solar**
Auversun	**CP-Solar**	**FitCraft Production**
Avancis	**Creaton**	**FiveStarEnergy**
Axitec	**Crown Renewable**	**Flabeg Solar**
Azur Solar	**CSG Solar AG**	**Fluitecnik**
Bangkok Solar	**CSI**	**FoVo Handles**
Baoding Tianwei Solarfilms	**Cuantum Solar**	**Free Energy**
Baoding Yingli	**Day4**	**Fuji Electric**
BatiSolar	**DelSolar**	**FVG Energy**
Bauer Solartechnik	**Depasol**	**Gadir Solar SA**
Beijing Hope	**DGenergy**	**Gaia Solar**
BEL	**Dongguan Quoncion**	**Galaxy**
Beyond Building Energy	**Doorline**	**Gamesa**
Beyond PV	**Dopt**	**GB-Sol**

Bharat Electronics	**Dunasolar**	**GE Energy**
Bharat Heavy Electricals	**DuPont Apollo**	**GEG**
General Solar Power	**Jinkosolar**	**Pacific Solar Tech**
GermanSolar	**Juli / Solarform**	**Parabel**
GESOLAR	**Jumao Photonic**	**Pasol**
Getwatt	**Kaneka**	**Perfect Solar**
GH Solar	**KDG Energy**	**Perfect Source**
Giem S.A.S.	**Kioto Photovoltaics**	**Perfect Energy**
Global Service	**KL Solar**	**Pevafersa**
Gloria Solar	**Kohima (Eternus)**	**Pfleiderer**
GOLDSTAR	**Koncar**	**Phaesun**
GPPV	**Korax**	**Phoenix**
GPV	**Kotak Urja**	**Photovoltech**
GranitSystem	**Kvazar**	**Photowatt**
Grape Solar	**Kyocera**	**Pilkington**
GreenBrilliance	**Lafarge Braas**	**Powercom**
Greenway	**LC Solar**	**Powerlight**
Gruposolar	**LDK Solar Co., Ltd.**	**Powerquant**
GSS	**LG Electronics**	**Pramac_Swiss**
GSS / IPEG	**Lightway**	**PV Enterprise**
GS Solar	**Ligitek Electronics**	**PV Flex**
HAMC	**Linuo**	**PV Power Tech**
Hansol Technics	**Lucky Power**	**PVT Austria**
Hanwha SolarOne	**Lumeta**	**Qixin**
Hareon	**Luxor**	**Q-Cells SE**
HBL Power Systems Ltd	**Maas**	**QS Solar**
Heckert Solar	**Mage Solar**	**RAP**
Heizmann	**Maharishi**	**Rathscheck**
Heliene inc. - Helios Energy Europe	**Magog**	**REC**
Heliene Inc	**Martifer Solar**	**Renergies Italia**
Heliosphera	**Masdar PV GmbH**	**Renesola**
Helios Technology	**MDT**	**Renergies Italia**
Helios USA	**Megasol**	**Renesola**
Hitachi	**Mereg**	**Risen Energy Co., Ltd**
Hoesh Contecna	**MHH**	**Risun Solar Energy**
Honda	**MHI**	**Ritek**
HOXAN	**Microsol**	**Romag**
Hyundai	**Millenium**	**Roto Frank**
IATSO	**Mitsubishi**	**S. E. Project**
IBC Solar	**Moser Baer Solar Limited**	**S.A.G.**
Ibersolar	**Motech Americas**	**Saint-Gobain**
ILB Helios	**MSK Corporation**	**Sainty Solar**
Imerys	**MX Solar USA**	**Saiphil Sunny**
Intersolar	**Nanosolar**	**Samsung SDI. Co. Ltd.**
Intertechnology	**NAPS**	**Sanyo**
Invent	**Nau**	**Scheuten**
Inventux	**NESL**	**Schott Solar AG**
Ires	**Neste**	**Schueco**
Isofoton	**Newtec**	**Schwaben Solar**
Issol	**NexPower**	**SED**
Italsolar	**Ningbo Dragon Solar**	**Sencera**
JA Solar	**Ningbo Qixin Solar**	**S.E. Project**
Jetion	**Ningbo Solar**	**Seraphim**

Servifil	**Solarwatt**	**Technotherm**
SES 21	**Solarwerk**	**Telecom-STV**
Sesol	**Solarwood**	**Tenesol**
Shandong Linuo	**SolarWorld**	**Terrasolar**
Shanghai Chaori	**Solea**	**Thyssen**
Shanghai Jinglong	**Solec**	**Titan Energy**
Shanghai Prim	**Soleos**	**Topco**
Shanghai Solar Energy	**Solibro**	**Topsolar Green**
Shanghai Solar	**Solon SE**	**TOPSUN**
Sharp	**Solsonica**	**Total Energie**
Sharp Corporation	**Soltecture**	**TransformSolar**
Shell Solar	**Soluxtec**	**Trina Solar**
Shenzhen ZY PV	**Solvis**	**Trimex Tesla**
Shuqimeng	**Solyndra**	**Trony**
Shurjo Energy	**Sontor**	**T-Solar**
Siemens Solar	**Sorelec**	**Tynsolar**
Siemens/Shell	**Sorgenia**	**Ubbink**
Signet Solar	**Sovello AG**	**Ulica Solar**
Silcio	**Spheral Solar**	**Union Solar**
Silfab	**Star Unity**	**Uni-solar**
Siliken	**Stefan Nau**	**Unison**
Sillia ınergie	**Stion**	**Unitec Europa**
Sinona Technologies	**Sulfurcell**	**Universal Energy**
Sinonar	**Sunage**	**Upsolar**
SIT	**Sun Earth Solar Power Co Ltd**	**USL (Udhaya)**
Sky Global	**Sunfilm**	**UTTsolar**
SMIC	**Sungate**	**Van de Loo**
Solar cells Hellas	**SunGen**	**Vemosol**
Solar Fabrik	**Suniva**	**VHF Technologie**
Solar For People	**Sunlink**	**Vidursolar**
Solar Frontier Ltd	**Sunlink PV**	**Viessmann**
Solarkauf	**Sunner solar**	**Voltec Solar**
Solar Plus	**SunnySwiss**	**Waaree**
Solar Power Tech.	**Sunovation**	**WanXiang Solar**
Solar Semiconductor	**SunPower**	**Watton**
Solar Swiss	**Sunset**	**WEBASTO**
Solar Wind	**Sunshine Electronics**	**Webel**
Solara	**Sunstrom**	**Weihai Bluestar**
Solarcentury	**Suntech**	**Winergy Solar**
Solarday	**Sun Tech Solar**	**Wurth Solar**
Solarenergy Anstalt	**SunTechnics**	**Wurz**
Solarex	**Sunware**	**Wuxi Jiacheng**
Solarfotonica	**Sunways**	**XGroup**
Solarfun	**Sun Well**	**Xiamen Fortune-Wide**
Solaria Energia	**SunWellSolar**	**XL Telecom**
Solaris	**Sunworld**	**Xunlight Corporation**
SolarNova	**Sunworx**	**Yangzhou Tianhua**
SolarPark	**Symphony En.**	**Yingli Solar**
SolarPro	**Synergy**	**Yocasol**
Solarstocc	**Systaic**	**Yohkon Energia**
Solarstoxx	**System Photonics**	**Yunnan**
Solartec	**Systovi**	**Yunnan Tianda**
Solartechnics	**Taiwan Sun Energy**	**Zhejiang Sunflower**
Solarution	**Taizhou SoPray**	**Zytech**

Στη συνέχεια θα περιορίσουμε την αναζήτηση μας και θα αναφερθούμε σε ολοκληρωμένες προτάσεις της Ελληνικής αγοράς συνολικής ισχύος περίπου 10 kW. Στις τιμές δεν περιλαμβάνονται έξοδα εγκατάστασης, μεταφοράς κ.λ.π, αλλά μόνο έξοδα εξοπλισμού, με ΦΠΑ.

1) SunPower 9.92 kW, 25.770,00 € με ΦΠΑ

Περιλαμβάνονται:

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
32	SUNPOWER SOLAR PANEL 310W
1	INVERTER: POWER One
32	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

Προσφέρεται :

- 10 ετής εγγύηση προϊόντος,
- εγγύηση απόδοσης: τα πρώτα 10 έτη χρήσης στο 90% της ελάχιστης ισχύος, και στα 25 έτη χρήσης στο 80% της ελάχιστης ισχύος.

2) Sanyo Solar 9.87 kW, 22.250,00 €

Περιλαμβάνονται:

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
42	SANYO SOLAR PANEL HIT-N 235W
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
42	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

Προσφέρεται :

- 10 ετής εγγύηση προϊόντος,
- εγγύηση απόδοσης: τα πρώτα 10 έτη χρήσης στο 90% της ελάχιστης ισχύος, και στα 25 έτη χρήσης στο 80% της ελάχιστης ισχύος.

3) Power Bright Solar 9.89 kW, 16.400,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
43	PB Panel 230W
1	INVERTER: KOSTAL PICO 10.1(Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
43	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

4) Canadian Solar 9.89 kw, 17.300,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
43	CANADIAN SOLAR SOLAR PANEL 230W POLY
1	INVERTER: KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
43	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ – ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

5) Qixin Solar 9.84 kW,17.600,00 €

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
41	QIXIN SOLAR PANEL 240W
1	INVERTER :KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
41	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ – ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

6) ReneSola 10 kW, 17.700,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
40	RENESOLA SOLAR PANEL 250W VIRTUS POLY
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
40	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

7) Yingli Solar 9.89 kW, 17.800,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
43	YINGLI SOLAR PANEL 230W POLY
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
43	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	NEOZET
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

Προσφέρεται :

- 5 ετής εγγύηση προϊόντος,
- εγγύηση απόδοσης: τα πρώτα 10 έτη χρήσης στο 90% της ελάχιστης ισχύος, και στα 25 έτη χρήσης στο 80% της ελάχιστης ισχύος.

8) ZNSHINE PV-TECH 9.88 kW, 18.800,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
38	ZNSHINE SOLAR PANEL MONO 260W
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
38	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

9) SUNTECH 9.84 kW, 18.900,00 €

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
41	SUNTECH SOLAR PANEL 240W POLY
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
41	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

Προσφέρεται :

- 10 ετής εγγύηση προϊόντος,
- Γραμμική εγγύηση απόδοσης: : τα πρώτα 5 έτη χρήσης στο 95% της ελάχιστης ισχύος, στα 12 έτη χρήσης στο 90% της ελάχιστης ισχύος στα 18 χρόνια στο 85% της ελάχιστης ισχύος και στα 25 χρόνια το 80% της ελάχιστης ισχύος.

10) MX Group USA 9,87 kW, 19.000,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
42	MxGROUP USA SOLAR PANEL 235W
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
42	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB DC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

11) QSOLAR 9,9 kW, 19.000,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
33	QSolar solar Panel 300 W
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
38	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

Προσφέρεται:

- 25 χρόνια εγγυημένης απόδοσης για 90%
- 30 χρόνια εγγυημένης απόδοσης για 80%

12) ZNShine Solar 9.87 kW, 19.500,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
42	SOLAR PANEL 235W POLY
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
42	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	NEOZET
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

Προσφέρεται :

- 5 ετής εγγύηση προϊόντος,
- εγγύηση απόδοσης: τα πρώτα 10 έτη χρήσης στο 90% της ελάχιστης ισχύος, και στα 25 έτη χρήσης στο 80% της ελάχιστης ισχύος.

13) Sharp 9.84 kW, 19.500,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
41	SHARP SOLAR PANEL 240W POLY
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
41	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	NEOZET
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

Προσφέρεται :

- 5 ετής εγγύηση προϊόντος,
- εγγύηση απόδοσης: τα πρώτα 10 έτη χρήσης στο 90% της ελάχιστης ισχύος, και στα 25 έτη χρήσης στο 80% της ελάχιστης ισχύος.

14) LUXOR Solar 9.89 kW, 19.600,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
43	LUXOR SOLAR PANEL 230W POLY
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
43	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	NEOZET
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

15) AS Solar GER 9.87 kW, 20.000,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
42	AS Seginius 235W
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
42	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

Προσφέρεται :

- 5 ετής εγγύηση προϊόντος,
- εγγύηση απόδοσης: τα πρώτα 10 έτη χρήσης στο 90% της ελάχιστης ισχύος, και στα 25 έτη χρήσης στο 80% της ελάχιστης ισχύος.

16) Bosch Solar Energy 9.84 kW, 21.200,00 €

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
41	BOSCH SOLAR PANEL 240W MONO
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
41	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

17) Q-Cells 9.84 kW, 21.500,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
41	Q CELLS SOLAR PANEL 240W POLY
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
41	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

18) Shuco 9.84 kW, 21.500,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
41	SOLAR PANEL 240W
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
41	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

19) Kryocera 9.87 kW, 21.500,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
42	KYOCERA SOLAR PANEL POLY 235W
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
42	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	NEOZET
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

20) Day4 Energy 9.84 kW, 23.300,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
41	DAY4 ENERGY SOLAR PANEL 240W POLY
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
41	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	ΝΕΟΖΕΤ
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

21) Sun Power 9.81 kW, 26.900,00€

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΜ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
30	SUNPOWER SOLAR PANEL 327W
1	INVERTER : KOSTAL PICO 10.1 (Υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης με inverter SMA υπό προϋποθέσεις)
30	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟ ΧΑΛΥΒΑ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
100m	DC ΚΑΛΩΔΙΟ 6mm
6	6 male 6 female DC CONNECTORS
1	ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ABB
3	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB AC
1	ΑΣΦΑΛΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ABB DC
4	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ABB AC
1	ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ABB
3	NEOZET
2	ΦΥΣΙΓΓΙΑ DC
40m	ΚΑΛΩΔΙΟ ΗΛΕΚ/ΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ 5Χ10

22) PhonoSolar 9.81 kW, 9.500,00€

Περιλαμβάνονται 52 φωτοβολταϊκά πλαίσια των 185watt.

Προσφέρεται:

- Εγγύηση υλικού 5 χρόνια
- Εγγύηση απόδοσης για το 90% 10 χρόνια
- Εγγύηση απόδοσης για το 80% 25 χρόνια
- Διάρκεια ζωής 45-50 χρόνια

23) Solar Energy 9.88 kW, 11.950,00€

Περιλαμβάνονται 52 φωτοβολταϊκά πλαίσια των 190 watt.

Προσφέρεται:

- Εγγύηση υλικού 10 χρόνια
- Εγγύηση απόδοσης για το 90% 10 χρόνια
- Εγγύηση απόδοσης για το 80% 25 χρόνια

24) Yingli Solar 9.87 kW, 10.500,00€

Περιλαμβάνονται 42 φωτοβολταϊκά πλαίσια των 235watt.

Προσφέρεται:

- Εγγύηση υλικού 10 χρόνια
- Εγγύηση απόδοσης για το 90% 10 χρόνια
- Εγγύηση απόδοσης για το 80% 25 χρόνια

25) Sovello Solar 9.84 kW, 13.700,00€

Περιλαμβάνονται 48 φωτοβολταϊκά πλαίσια των 205watt.

Προσφέρεται:

- Εγγύηση υλικού 10 χρόνια
- Εγγύηση απόδοσης για το 90% 10 χρόνια
- Εγγύηση απόδοσης για το 80% 25 χρόνια

26) BP 9.89 kW, 13.900,00€

Περιλαμβάνονται 43 φωτοβολταϊκά πλαίσια (poly) των 230watt.Προσφέρεται:

- Εγγύηση υλικού 10 χρόνια
- Εγγύηση απόδοσης για το 90% 10 χρόνια
- Εγγύηση απόδοσης για το 80% 25 χρόνια

27) Harris Microwave Electronics 10 kW, 21.315,00€

Υπάρχουν διάφοροι εφικτοί συνδυασμοί τιμής 1,85€/watt. Προσφέρονται οι τυπικές εγγυήσεις. Αφορά μόνο μονοκρυσταλλικά πλαίσια. Επίσης περιλαμβάνεται τριφασικός inverter Danfoss TripleLynx 10k, με Σ.Α.:98% αξίας 3.000€.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε σε ορισμένες οικονομικές αλλά και ποιοτικές ευκαιρίες αγοράς πλαισίων. Η τιμή είναι ανά πλαίσιο μαζί με ΦΠΑ.

28) Φωτοβολταϊκό πλαίσιο Bosch 240 Wp, 356,00€

Εγγύηση:

- γερμανική εγγύηση κατασκευής 10 ετών
- εγγύηση 10 ετών για το 90% της ονομαστικής τους ισχύος
- και εγγύηση 25 ετών για το 80% της ισχύος τους

Έχουν περάσει από όλες τις απαιτούμενες δοκιμές και πήραν την πιστοποίηση του γερμανικού οργανισμού TÜV. Επίσης καλύπτουν τις προδιαγραφές IEC61215, IEC 61730, ενώ διαθέτουν και τις πιστοποιήσεις CE, ISO και ROHS.

Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά:
Τάση (at max. power) 30 V
Ένταση (at max. power) 7,95A
Διαστάσεις 166,0 x 99 x 5 cm
Βάρος 21,0 KG

29) Φωτοβολταϊκό πλαίσιο Luxor 230 Wp, 339,00€

Εγγύηση:

- γερμανική εγγύηση κατασκευής 10 ετών
- εγγύηση 10 ετών για το 90% της ονομαστικής τους ισχύος
- και εγγύηση 25 ετών για το 80% της ισχύος τους

Έχουν περάσει από όλες τις απαιτούμενες δοκιμές και πήραν την πιστοποίηση του γερμανικού οργανισμού TÜV. Επίσης καλύπτουν τις προδιαγραφές IEC61215, IEC 61730, ενώ διαθέτουν και τις πιστοποιήσεις CE, ISO και ROHS.
Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Τάση (at max. power) 30,0 V
Ένταση (at max. power) 7,67A
Διαστάσεις 164,0 x 99,2 x 4,0 cm
Βάρος 20,0 KG

30) Φωτοβολταϊκό πλαίσιο Solar Energy 240 Wp, 299,0€

Εγγυήσεις
Εγγύηση υλικού 10 χρόνια
Εγγύηση απόδοσης για το 90% 10 χρόνια
Εγγύηση απόδοσης για το 80% 25 χρόνια

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Rating Power (Pm)	240W
Tolerance	0 +5%
Rated Voltage (Vm)	31.1V
Rated Current (Im)	7.95A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.9 V
Short Circuit Voltage (Isc)	8.32 A
Size	1636mm*992mm*50mm
Number of cells	60pcs
Size of cells	156mm*156mm poly
Weight	21 KG
Maximum Voltage	1000V
Efficiency of cells	>17.2%
Efficiency of modules	>15.1%
Certificates	TUV, UL, IEC61215, IEC 61730, CE, ISO9001, ISO14001
Quality Assurance	10 years product guarantee for power output more than 90% within 10 years, and 80% within 25 years

Τώρα θα αναφερθούμε σε κάποιους επιλεγμένους αντιστροφείς.

31) Inverter Victron Phoenix 5.000VA, 2.750,00€

Ολλανδικός Inverter Victron Phoenix 5.000VA (10.000W max) 24V, καθαρού ημίτονου, πολύ υψηλής απόδοσης, με δυνατότητα παράλληλης σύνδεσης μέχρι και έξι μετατροπέων μεταξύ τους για συνολική ισχύ 30 kVA (max 60,00 kW).

Μαζί με τον Inverter Victron παρέχεται μια συσκευή παρακολούθησης, μέτρησης και καταγραφής της κατανάλωσης ρεύματος του συστήματος (π.χ. Τάση, Ένταση, μέση Ισχύς, μέγιστο peak ισχύος, συνολική κατανάλωση κ.ά.).

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

Μοντέλο 5.000 VA - 24V
Ισχύς διαρκούς λειτουργίας 5.000VA
Μέγιστη ισχύς εκκίνησης 10.000W
Τάση εισόδου DC 19V-33V (9,5V-16,5V)
Τάση εξόδου 230VAC ±3%
Συχνότητα 50Hz ±0,1%
Μέγιστη Απόδοση 94%
Ημίτονο Καθαρό - Pure Sine Wave
Προστασία υπερθέρμανσης με θερμοστάτη
Προστασία τάσης ΝΑΙ
Προστασία αντίστροφης σύνδεσης ΝΑΙ
Προστασία βραχυκυκλώματος ΝΑΙ
Προστασία υπερφόρτωσης ΝΑΙ

Με ελάχιστη αυτοκατανάλωση ~10W!
Καθαρό βάρος ~16 kgs
Διαστάσεις 52,0 X 25,5 X 12,5 cm
2 χρόνια εγγύηση

32) Inverter Multiplus 5.000VA, 2.950,00€

Μαζί με τον Inverter Victron παρέχεται μια συσκευή παρακολούθησης, μέτρησης και καταγραφής της κατανάλωσης ρεύματος του συστήματος (π.χ. Τάση, Ένταση, μέση Ισχύς, μέγιστο peak ισχύος, συνολική κατανάλωση κ.ά.).

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

Μοντέλο 5.000 VA
Ισχύς διαρκούς λειτουργίας 5000VA
Μέγιστη ισχύς εκκίνησης 10000W
Τάση εισόδου DC 19V-33V (9,5V-16,5V)
Τάση εξόδου 230VAC ±3%
Συχνότητα 50Hz ±0,1%
Μέγιστη Απόδοση 94%
Ημίτονο Καθαρό - Pure Sine Wave
Προστασία υπερθέρμανσης με θερμοστάτη
Προστασία τάσης ΝΑΙ
Προστασία αντίστροφης σύνδεσης ΝΑΙ
Προστασία βραχυκυκλώματος ΝΑΙ
Προστασία υπερφόρτωσης ΝΑΙ

- Με ελάχιστη αυτοκατανάλωση ~5W!
- Με φορτιστή συσσωρευτών 70A, αφού μπορεί να δεχτεί και είσοδο 230V από τη ΔΕΗ ή από Ηλεκτρογεννήτρια (230V AC INPUT).
- Με λειτουργία UPS (Αδιάλειπτη Παροχή Ενέργειας) αν διαπιστώσει διακοπή ρεύματος στην είσοδο 230V.

Καθαρό βάρος 30 kgs
Διαστάσεις 444X328X240 mm
Με Πιστοποίηση CE
Εγγύηση 2 έτη

33) Inverter Cotek SK 3000, 24 V, 1230,00 € με ΦΠΑ

Χαρακτηριστικά:
3000 watt (3800VA)/24v Τάση εισόδου : 21V- 30V DC.
Τάση εξόδου 220V AC 50Hz / 3000W ημίτονο.
Αυτόματη επανεκκίνηση μετά την επαναφόρτιση της μπαταρίας.
Προστασίες : Από βραχυκύκλωμα και υπερφόρτωση.
Προστασία : Από υπερθέρμανση.
Στιγμιαίο peak εκκίνησης το διπλάσιο ονομαστικής του ισχύος.
Ψύξη με ελεύθερο αερισμό και ανεμιστήρα (fan).

Επαφές ΕΙΣΟΔΟΥ : τερματικά block με βίδες. - ΕΞΟΔΟΥ: ΣΟΥΚΟ.

Διαστάσεις Cotek SK 3000-24
Μήκος 452.00 mm
Πλάτος 208.00 mm
Ύψος 166.00 mm
Βάρος 9.8kg

34) Inverter Studer Xtender 8000-48, 5300,00€ με ΦΠΑ

Ο Studer Xtender μετατροπέας, αποτελεί την ιδανική λύση για πολύπλοκα υβριδικά συστήματα. Μπορεί να προσαρμοστεί και να συνδεθεί με Φ/Β πλαίσια μικρές ανεμογεννήτριες, ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου ακόμα και με το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο, ανεξάρτητα από το αν λειτουργεί ως μονοφασικός ή τριφασικός μετατροπέας. Ο μετατροπέας Studer Xtender, προσφέρει σε μια συσκευή, όλες τις λειτουργίες ενός ημιτονοειδή μετατροπέα, ενός φορτιστή συσσωρευτών και ενός συστήματος μεταφοράς. Ο φορτιστής μπαταριών φορτίζει τις μπαταρίες μέχρι και σε 5 στάδια διασφαλίζοντας την ορθή λειτουργία τους. Ο μετατροπέας Studer Xtender μπορεί να συνδεθεί σε μονοφασική ή τριφασική συνδεσμολογία αποδίδοντας μέχρι και 63kVA ισχύος. Με τη προσθήκη του προαιρετικού συστήματος ελέγχου και καταγραφής δεδομένων το σύστημα αποδίδει τα μέγιστα και βελτιστοποιεί τη λειτουργία του υβριδικού συστήματος. Οι εξαιρετικές του δυνατότητες, το ψηφιακό σύστημα ελέγχου και λειτουργίας, η ευκολία χρήσης του, στοιχειοθετούν νέα εξαιρετικά σημεία αναφοράς και παρέχουν εξαιρετικές δυνατότητες χρήσης

Τεχνικά στοιχεία Studer XTH 8000
Nominal battery voltage:48 V
Input voltage range:38 - 68 V
Continuous power @ 25°C:7000 VA
Power Smart- Boost:7000 VA
Power 30 min. @ 25°C: 8000 VA
Maximum power load 5 sec:3 x Pnom
Maximum load:Up to short-circuit
Charging current adjustable:0 - 120 A
Output voltage: Sine wave 230Vac
Output frequency:50Hz +/- 0.05% (crystal controlled)
Maximum efficiency:96%
Dimensions:220 x 290 x 500 mm
Weight: 42 kg
Protection index:IP20 (IP23 with top cover CxxxxIP23)
Warranty: 2 Έτη

35) Inverter Studer Compact 8000-48, 4636,00€ με ΦΠΑ

Στους μετατροπείς της σειράς Compact, συνυπάρχουν 3 συσκευές- ένας ημιτονοειδής μετατροπέας, ένας φορτιστής συσσωρευτών και ένα σύστημα μεταφοράς. Ο μετατροπέας παράγει μια εξαιρετικά ακριβή, ημιτονοειδούς μορφής, εναλλασσόμενη τάση για όλες τις συσκευές. Μέσω του ενσωματωμένου φορτιστή συσσωρευτών , οι συνδεδεμένοι συσσωρευτές μπορούν να φορτιστούν γρήγορα και με ασφάλεια. Το σύστημα μεταφοράς

αλλάζει αυτόματα, μέσα σε 20msec (UPS) από τη διακοπή του δικτύου σε τροφοδότηση από το συσσωρευτή. Μετά από υπερένταση ή βραχυκύκλωμα, η συσκευή μπαίνει αυτόματα σε λειτουργία (μετά από 3 επαναλαμβανόμενες προσπάθειες). Υπάρχει δυνατότητα τηλεπρογραμματισμού - εκκίνηση - παύση, εκκίνηση ηλεκτρογεννήτριας, ρυθμιζόμενα όρια τάσης καθώς και προγραμματιζόμενη ρύθμιση λειτουργίας και προστασία IP23 για εισαγωγή καλωδίου AC.

Χαρακτηριστικά:

Μήκος 242.00 mm
Πλάτος 288.00 mm
Ύψος 500.00 mm
Βάρος 45.00 kg

Inverter Power 7000VA
Battery charger current 70Adc
Battery voltage 48Vdc

Ακολούθως, θα αναφέρουμε ενδεικτικές βάσεις στήριξης.

36) Βάση στήριξης για ταράτσα της εταιρείας Green Energy Parts

Βάση στήριξης φωτοβολταϊκών για ταράτσα ή άλλη επίπεδη επιφάνεια. Πρόκειται για ένα έτοιμο σετ δύο τεμαχίων για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάνελ σε επίπεδη επιφάνεια (π.χ. ταράτσα). Η βάση στήριξης είναι κατάλληλη για ένα πάνελ μέχρι 250Wp.Το κόστος με ΦΠΑ ανέρχεται σε 65€ανά τεμάχιο.

36) Βάση στήριξης για σκεπή της εταιρείας Green Energy Parts

Επαγγελματικό σύστημα στήριξης φωτοβολταϊκών για σκεπή. Πρόκειται για ένα έτοιμο σετ που περιλαμβάνει όλα τα εξαρτήματα που απαιτούνται για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ σε σκεπή με κεραμίδια. Η βάση στήριξης είναι κατάλληλη για 2-4 πάνελ, ανάλογα με το πλάτος τους.
Η βάση έχει πλάτος 250 εκατοστά ενώ το ύψος είναι ρυθμιζόμενο και κατάλληλο για όλα τα πάνελ. Έκαστη κοστίζει μαζί με ΦΠΑ 130€.

37) Καλώδιο 1 X 6 mm^2 της εταιρείας Green Energy Parts

Καλώδιο 1 X 6 mm^2 ειδικής κατασκευής για φωτοβολταϊκά, με τιμή 2€ το μέτρο. Ανθεκτικό στην ηλιακή ακτινοβολία και γενικότερα στις καιρικές συνθήκες αφού είναι κατασκευασμένο ειδικά για αυτή τη χρήση.
Υπολογίζουμε τα μέτρα που χρειαζόμαστε, πολλαπλασιάζοντας μετά επί δύο αφού θα χρειαστούμε ένα για θετικό και ένα για αρνητικό.

Τέλος αναφέρουμε και τους ειδικούς συνδέσμους για γρήγορη, ασφαλή και στεγανή χωρίς απώλειες διασύνδεση των φωτοβολταϊκών πάνελ μεταξύ τους.

38) Σετ συνδέσμων MC4, 5 € έκαστο, της εταιρείας Green Energy Parts

Σετ που αποτελείται από δύο συνδέσμους φωτοβολταϊκών τύπου MC4, έναν αρσενικό και έναν θηλυκό, για τη διασύνδεση φωτοβολταϊκών πάνελ μεταξύ τους ή και την κατασκευή καλωδίων επέκτασης. Χρησιμοποιούνται με καλώδιο φωτοβολταϊκών διατομής έως 6mm για εύκολη, ασφαλή και στεγανή διασύνδεση των φωτοβολταϊκών πάνελ μεταξύ τους.
Οι σύνδεσμοι αυτοί είναι γερμανικής κατασκευής και είναι πιστοποιημένοι για έως 50 Ampere (π.χ. για φωτοβολταϊκά 1.200Wp στα 24V).

5. Μελέτη διασυνδεδεμένου ΦΒ συστήματος σε κτίριο της Εθνικής Τράπεζας της Ελλάδος

5.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε μια οικονομοτεχνική μελέτη σχεδίασης και εγκατάστασης ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο της Εθνική Τράπεζας της Ελλάδος στην Αθήνα. Η Εθνική Τράπεζα θεωρείται Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου και η εγκατάσταση του συστήματος θα γίνει στην ταράτσα του κτιρίου.

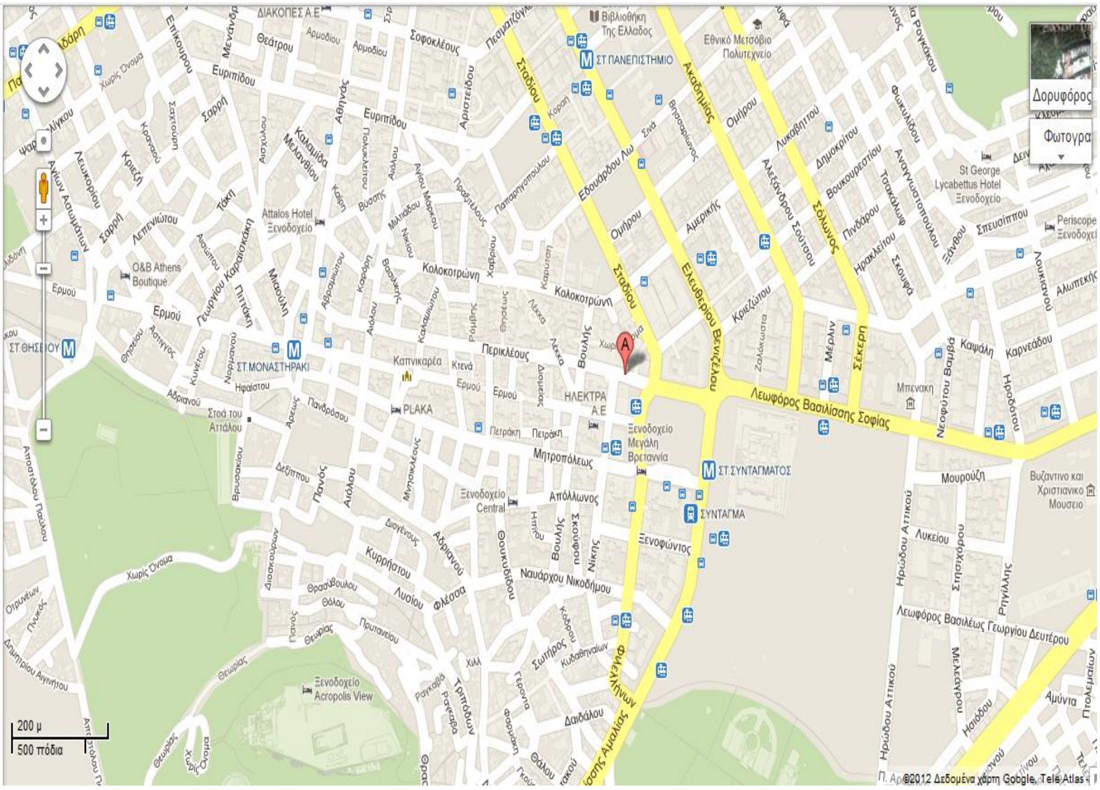
Θα αναλύσουμε δύο σενάρια: στο *πρώτο* θα τοποθετήσουμε μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια που θα αξιοποιεί όλο το διαθέσιμο χώρο και θα παράγει τη μέγιστη δυνατή ισχύ, υπό δεδομένες συνθήκες και στο *δεύτερο* θα τοποθετήσουμε μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια ισχύος $\leq 10\,kW$, η οποία θα εντάσσεται στο ειδικό πρόγραμμα για μικρά φωτοβολταϊκά.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι το δεύτερο σενάριο είναι υποθετικό, δεδομένου ότι η υπό μελέτη εγκατάσταση δεν ανήκει στο ειδικό πρόγραμμα με βάση την **ΚΥΑ 12323/2009**: "Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων", ΦΕΚ 1079Β'/4-6-2009. Η συγκεκριμένη υπουργική απόφαση αναφέρεται σε οικιακούς καταναλωτές και πολύ μικρές επιχειρήσεις, δηλαδή αυτές που απασχολούν ως 10 άτομα και έχουν ετήσιο τζίρο 2 εκατομμύρια €. Οπότε η συγκεκριμένη εγκατάσταση κανονικά ανήκει στις βιομηχανικές- εμπορικές στέγες. Παρόλα αυτά, στο πλαίσιο του συγκεκριμένου σεναρίου δεν λήφθηκε υπόψη ο συγκεκριμένος περιορισμός, προκειμένου να καταλήξουμε σε χρήσιμα συμπεράσματα από τη σύγκριση των δύο σεναρίων σχετικά με την ύπαρξη του εν λόγω νομοθετικού πλαισίου.

Συνολικά, στο πρώτο σενάριο δεν δεσμευόμαστε από το όριο ισχύος και αναφερόμαστε σε βιομηχανική-εμπορική στέγη, ενώ στο δεύτερο δεσμευόμαστε από το όριο ισχύος των 10 KW αλλά εκμεταλλευόμαστε το ευνοϊκό οικονομικό πλαίσιο.

5.2 Το κτίριο και ο περιβάλλων χώρος

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται το κτίριο της Εθνικής Τράπεζας της Ελλάδος που στεγάζει το κατάστημα και τα γραφεί, των διοικητικών υπηρεσιών της Τράπεζας δίπλα στην πλατεία Συντάγματος. Το εν λόγω κτίριο βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας και συγκεκριμένα στην οδό Καραγεώργη Σερβίας 6. Η κατασκευή του κτιρίου ολοκληρώθηκε πριν το 1979 και από τότε δεν έχει γίνει καμία αλλαγή χρήσης ή ιδιοκτησίας, ούτε σημαντικές επεμβάσεις στο κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Το Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το απόσπασμα χάρτη όπου φαίνεται η θέση του κτιρίου.

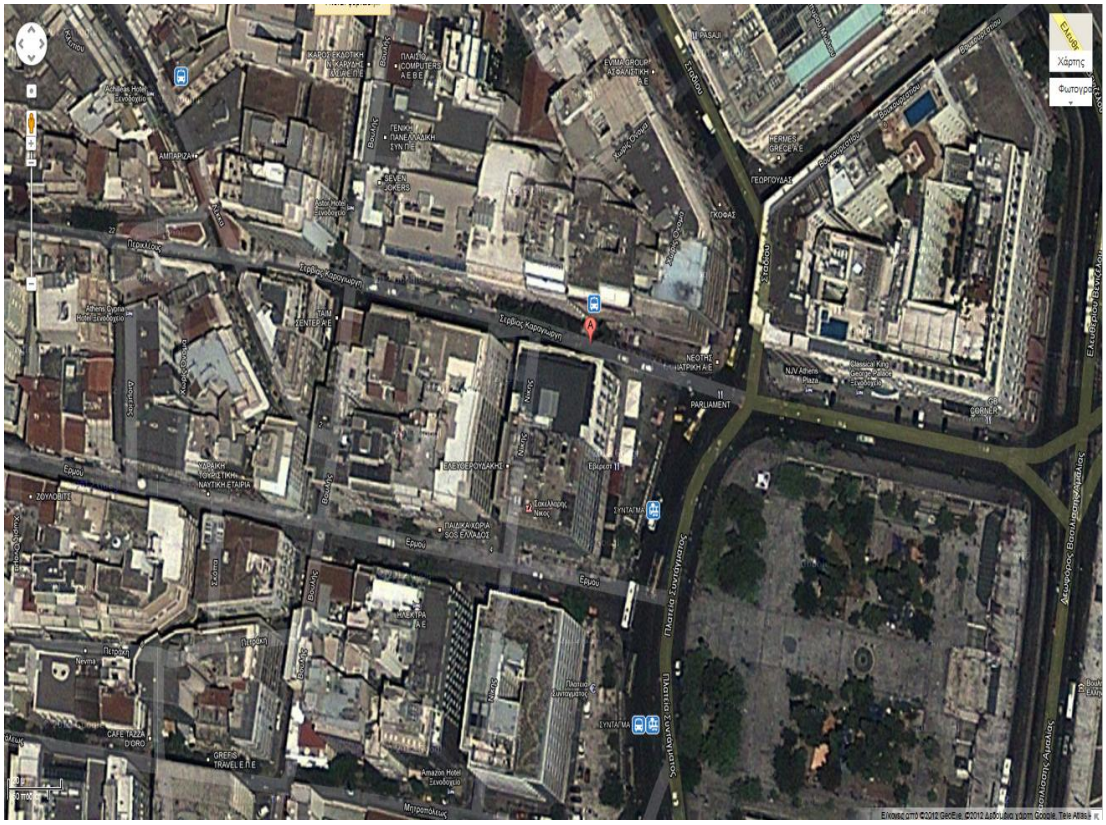


Εικόνα 5.1

Και στο επόμενο μια δορυφορική εικόνα.

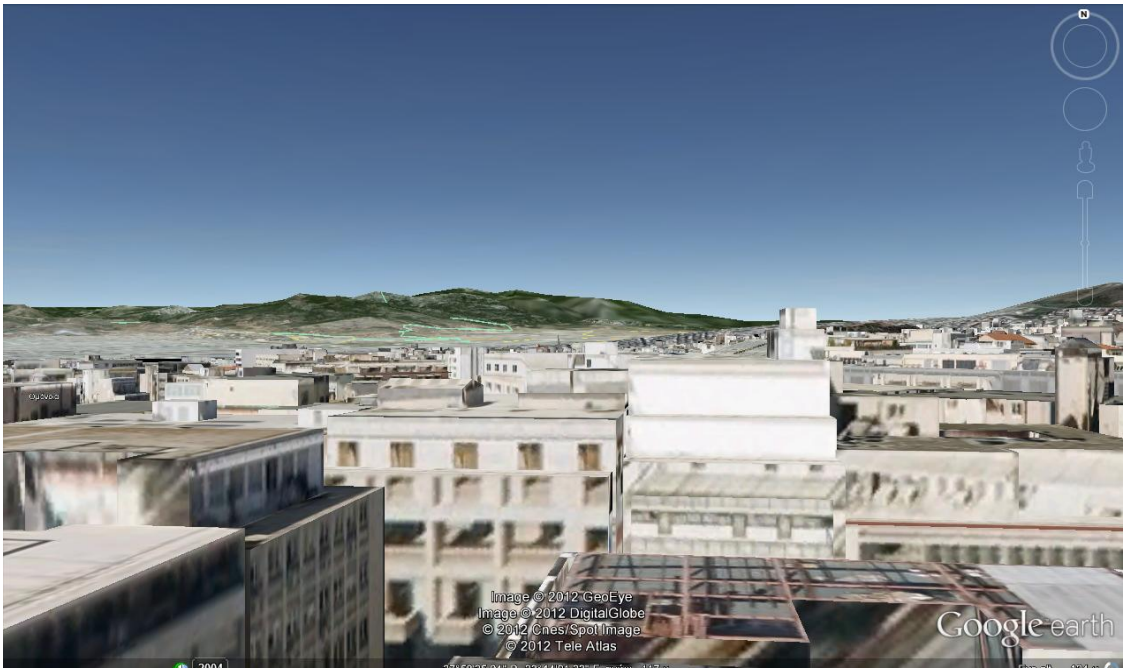
Εικόνα 5.2

Και μια πιο κοντινή εικόνα.



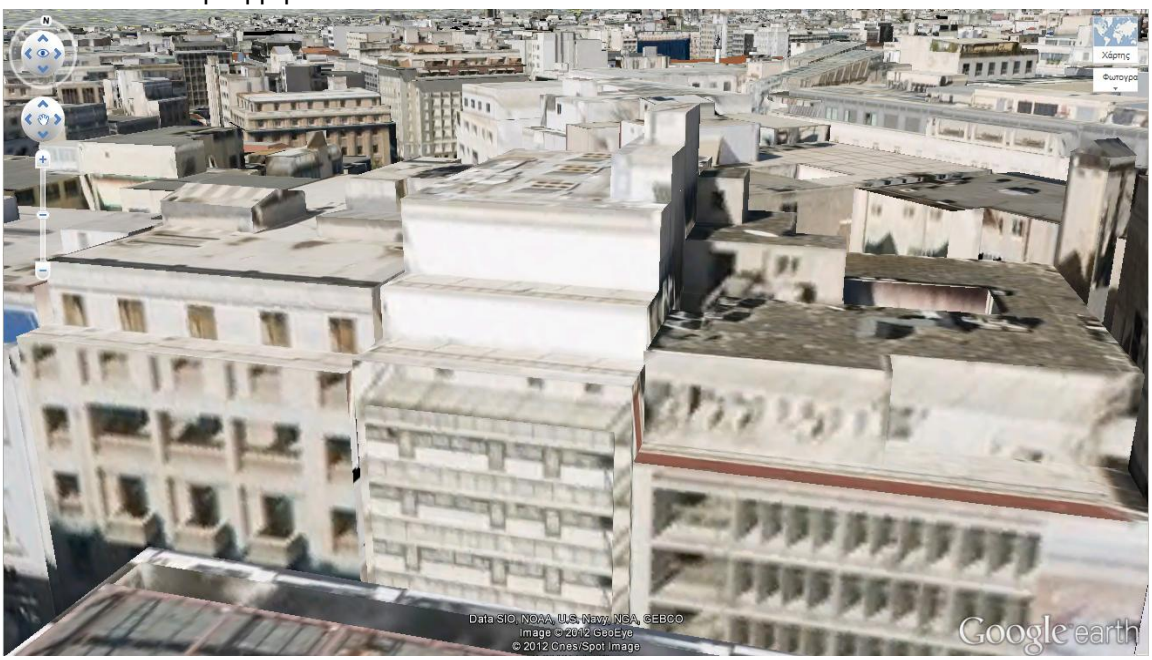
Εικόνα 5.3

Το κτίριο αναπτύσσεται καθ' ύψος σε έντεκα επίπεδα επάνω από το έδαφος (Ισόγειο, Ημιώροφος, Α, Β, Γ, Δ, Ε, ΣΤ, Ζ, Η,Θ όροφος) με ύψος επιπέδου 3m και σε δύο επίπεδα κάτω από το έδαφος (Α και Β Υπόγειο) με ύψος επιπέδου 3m. Η



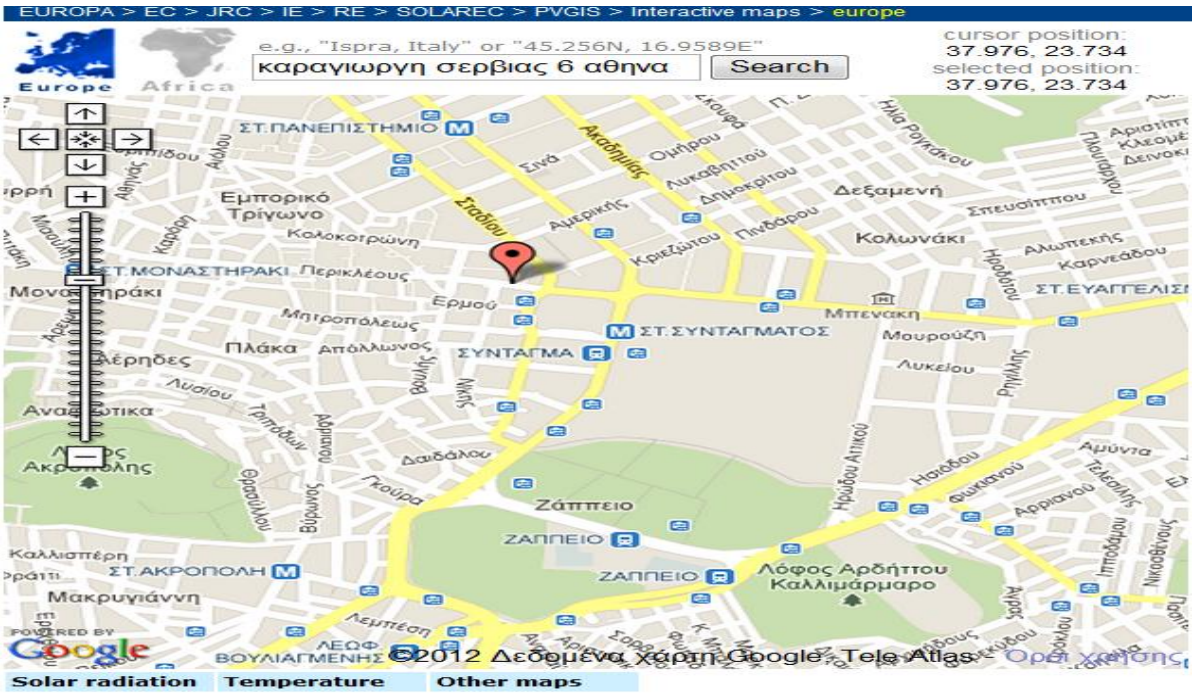
Εικόνα 5.4

Μια πιο κοντινή λήψη.



Εικόνα 5.5

Όπως διαπιστώνεται μέσω του προγράμματος PVGIS:



Εικόνα 5.6

Monthly Solar Irradiation

PVGIS Estimates of long-term monthly averages

Location: 37°58'34" North, 23°44'1" East, Elevation: 105 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

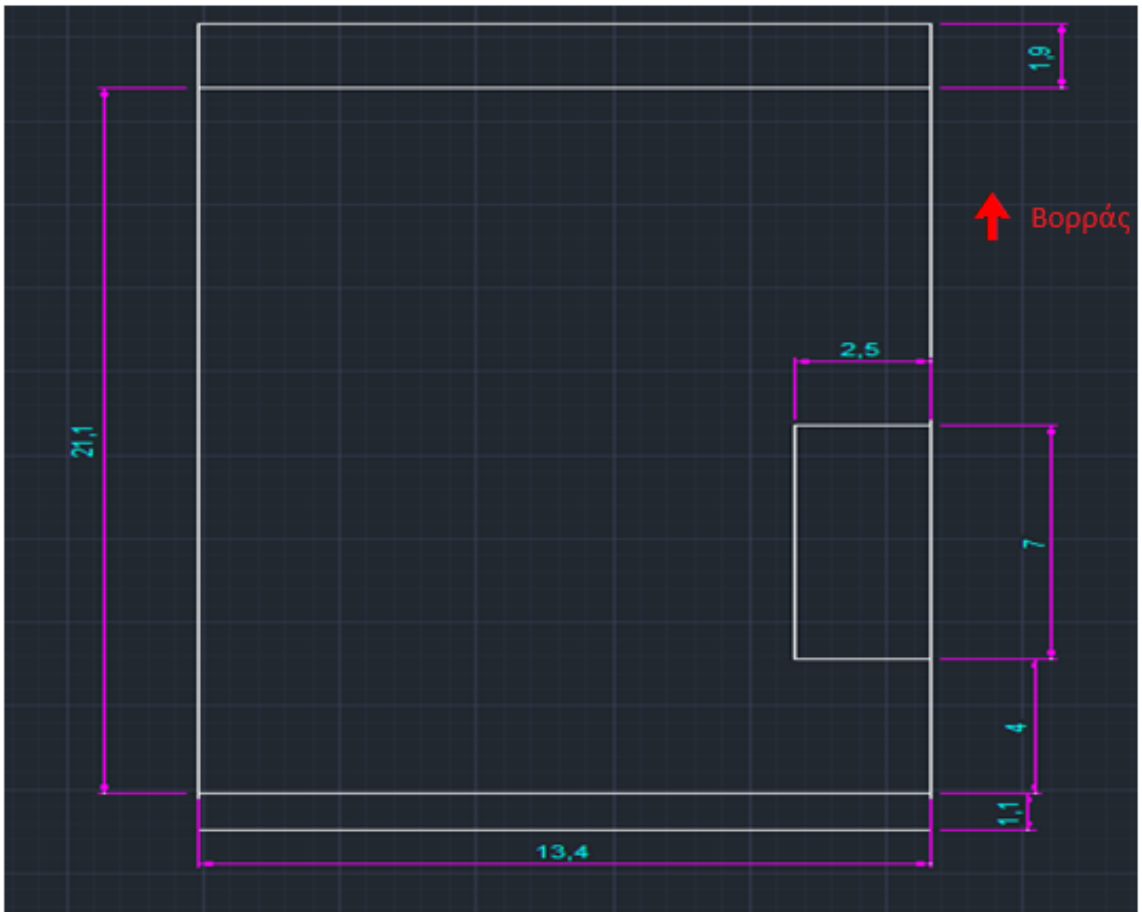
τα γεωγραφικά στοιχεία του κτιρίου είναι:

- Γεωγραφικό Μήκος: 37° 58′ 34′′ ή 37,976 Βόρεια
- Γεωγραφικό Πλάτος: 23° 44′ 1′′ ή 23,734 Ανατολικά
- Υψόμετρο: 105 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας

5.3 Σχεδιασμός Ταράτσας

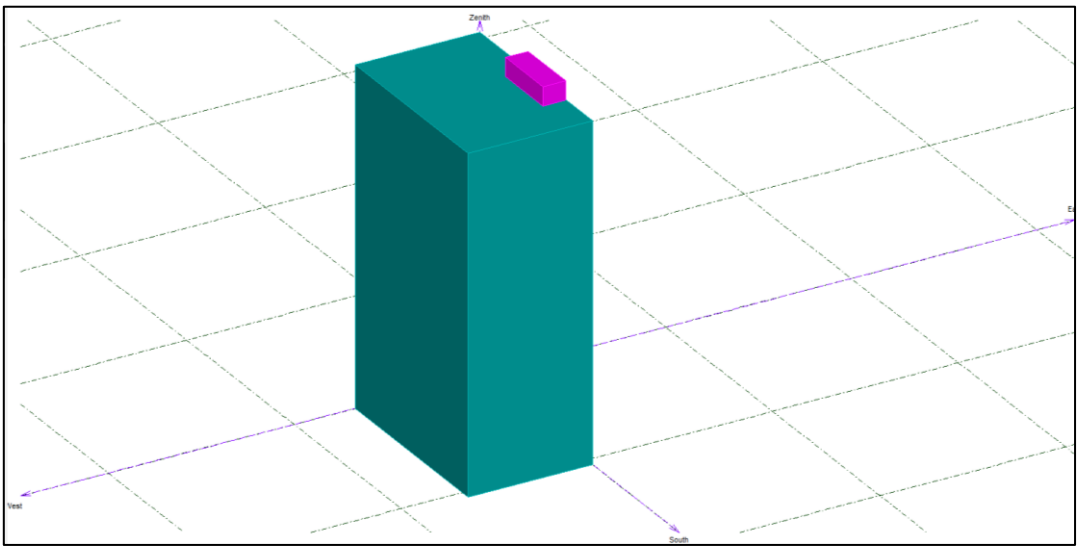
Η εγκατάσταση του Φ/Β συστήματος που εξετάζεται θα γίνει αποκλειστικά στην ταράτσα του κτιρίου της Εθνικής. Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο ο λεπτομερής σχεδιασμός της οροφής καθώς και δεδομένες ιδιαιτερότητες της παίζουν καταλυτικό ρόλο στην εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού μας συστήματος. Το σχεδιαστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το "AutoCAD 2012". Πρέπει να σημειωθεί ότι στο νότιο-ανατολικό μέρος της ταράτσας υπάρχει δώμα ύψους 2m. Το εμβαδόν της ταράτσας είναι 282,74 m^2 ενώ του δώματος 17,5 m^2.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η κάτοψη της οροφής με τις αντίστοιχες διαστάσεις.



Εικόνα 5.7

Και στη συνέχεια μια τρισδιάστατη σχεδίαση.



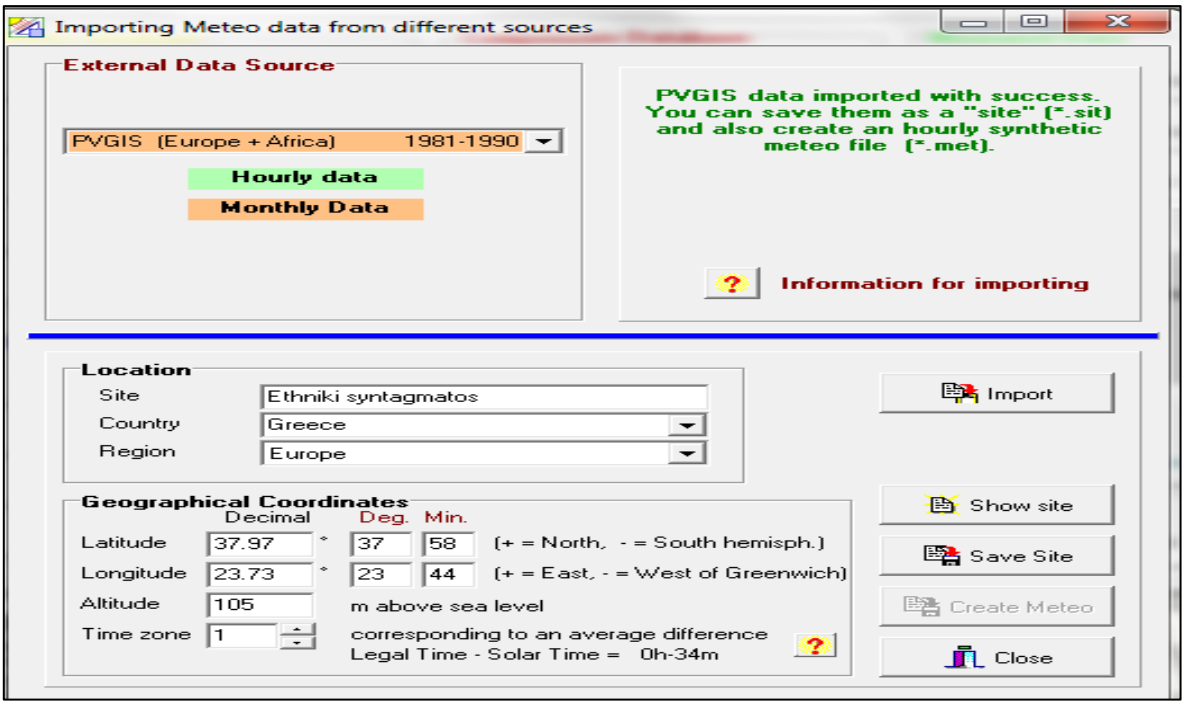
Εικόνα 5.8

5.4 Λογισμικό Προσομοίωσης PVSyst

Στη παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα PVSyst το είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο στην αγορά και θεωρείται ένα από τα πιο πλήρη και αξιόπιστα στον τομέα του. Το PVSyst είναι ένα εργαλείο που επιτρέπει να αναλυθούν με ακρίβεια όλες οι δυνατές συνθέσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων και να αξιολογηθούν τα αποτελέσματά, προκειμένου να βρεθεί η καλύτερη λύση.

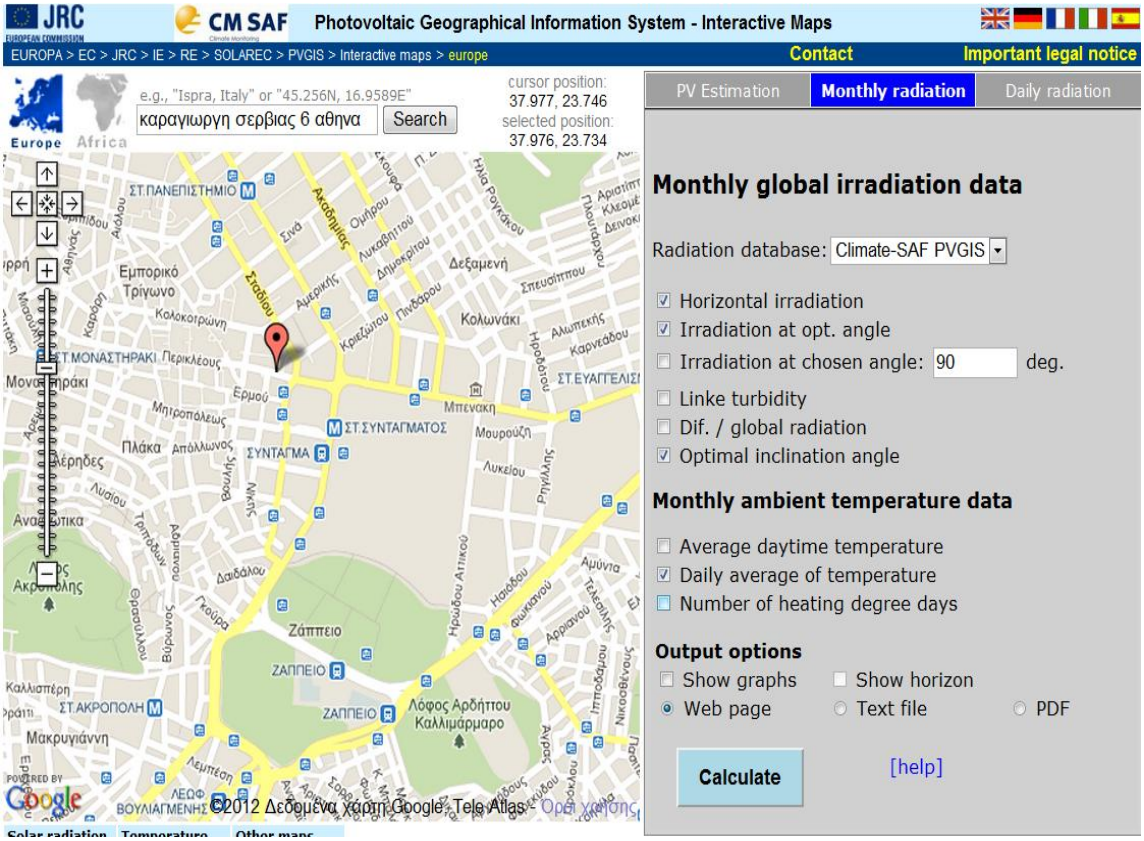
5.5 Εισαγωγή Μετεωρολογικών Δεδομένων

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει τα μετεωρολογικά δεδομένα παίζουν καταλυτικό ρόλο στο εκάστοτε σύστημα. Το PVSyst χρησιμοποιεί σαν βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα της NASA τα οποία αναφέρονται σε στοιχεία της προηγούμενης δεκαετίας και δεν είναι ιδιαίτερα αξιόπιστα. Ωστόσο παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει δεδομένα από άλλες κλιματικές βάσεις. Για αυτό το λόγο επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό PVGIS το οποίο ανανεώνεται διαρκώς και θεωρείται ένα από τα πιο ακριβή. Ο τρόπος εισαγωγής των δεδομένων φαίνεται στη συνέχεια.



Εικόνα 5.9

Επιλέχθηκε η πιο σύγχρονη βάση δεδομένων που διαθέτει το πρόγραμμα όπως φαίνεται και στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 5.10

Τα μετεωρολογικά στοιχεία τα οποία εισάγαμε είναι τα ακόλουθα.

Monthly Solar Irradiation

PVGIS Estimates of long-term monthly averages

Location: 37°58'34" North, 23°44'1" East, Elevation: 105 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Optimal inclination angle is: 32 degrees
Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	H_h	I_{opt}	D/G	T_{24h}
Jan	2250	60	0.45	9.4
Feb	2990	53	0.42	9.9
Mar	4430	41	0.38	11.4
Apr	5810	26	0.36	14.6
May	7010	13	0.32	19.6
Jun	8040	6	0.25	24.3
Jul	8070	9	0.22	26.6
Aug	7270	21	0.22	26.5
Sep	5500	36	0.30	22.8
Oct	3870	49	0.36	18.6
Nov	2600	59	0.41	14.3
Dec	2090	61	0.54	10.9
Year	5000	32	0.32	17.4

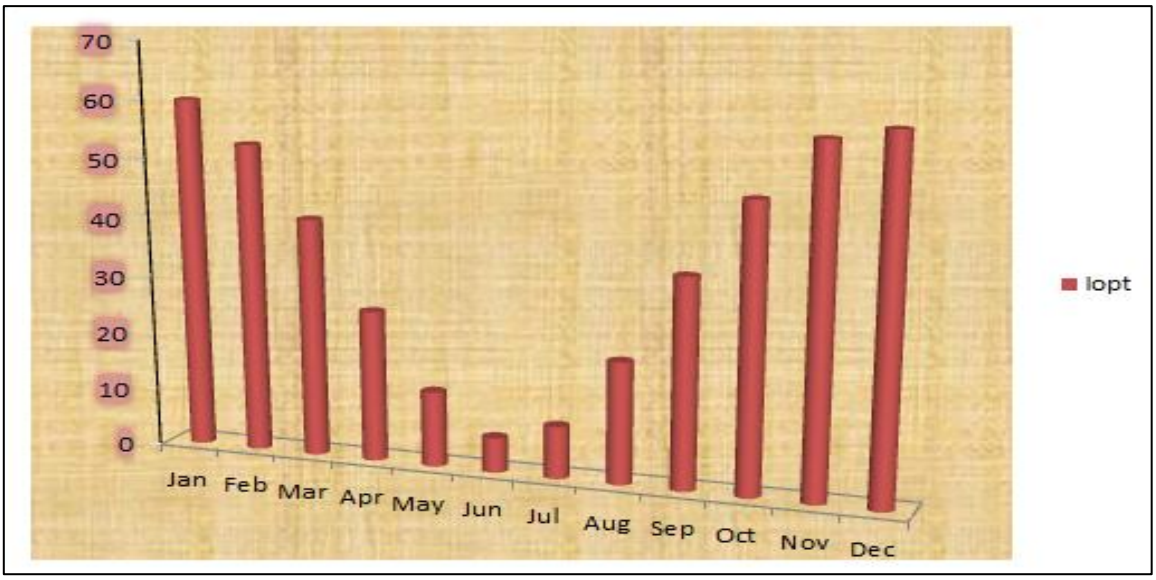
H_h: Irradiation on horizontal plane (Wh/m^2/day)
I_{opt}: Optimal inclination (deg.)
D/G: Ratio of diffuse to global irradiation (-)
T_{24h}: 24 hour average of temperature (°C)

Εικόνα 5.11

H_h: ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο
I_{opt}: βέλτιστη κλίση των πάνελ για κάθε μήνα
D/G: λόγος διάχυτης προς ολικής ακτινοβολίας

5.6 Προσανατολισμός Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

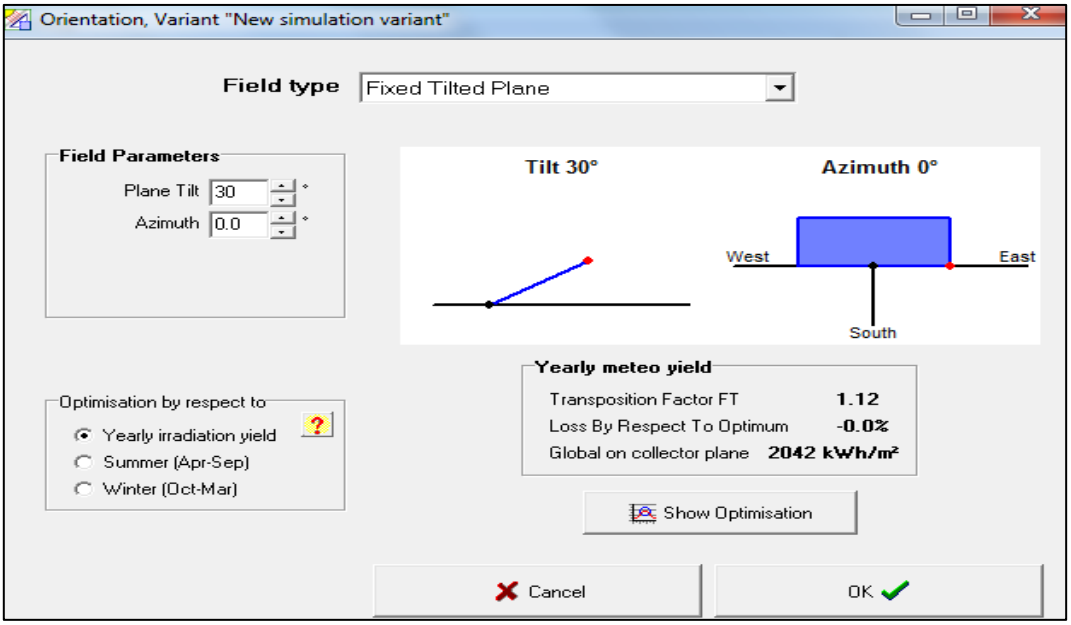
Ο στόχος της εκάστοτε μελέτης για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών αποσκοπεί στην επιλογή των παραμέτρων που βελτιστοποιούν την ενεργειακή παραγωγή. Όπως διαπιστώθηκε με το PVGIS η βέλτιστη κλίση των πλαισίων αλλάζει από μήνα σε μήνα. Αναλυτικότερα φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



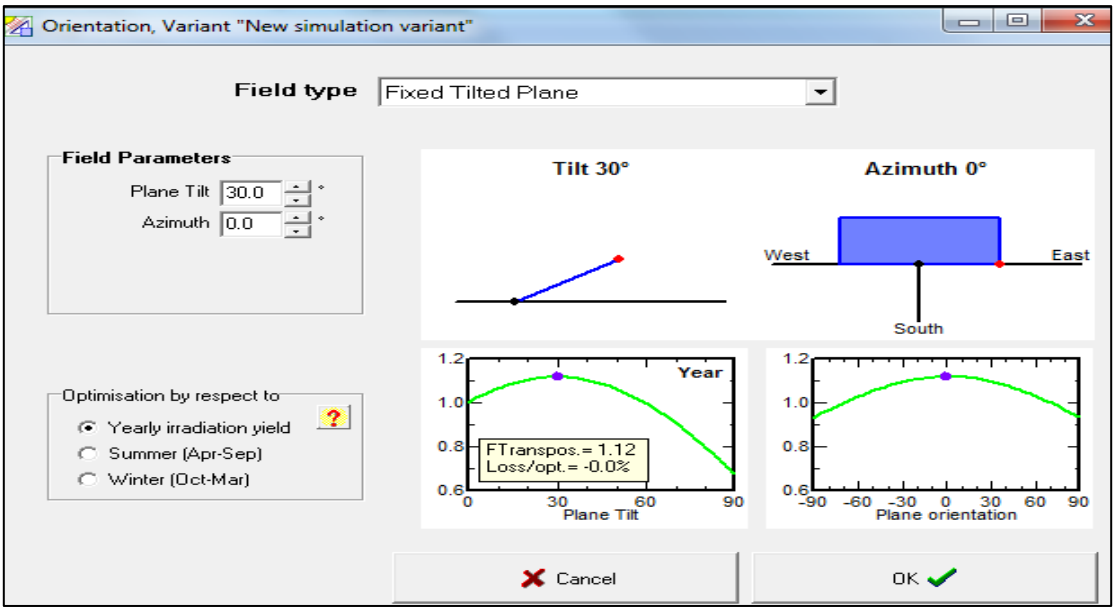
Εικόνα 5.12

Δεδομένου όμως ότι θα επιλέξουμε σταθερές βάσεις λόγω της εγκατάστασης σε μικρό χώρο και σε ταράτσα, δεν υπάρχει η επιλογή της βέλτιστης γωνίας ανά μήνα. Αντίθετα θα επιλέξουμε τη βέλτιστη γωνία για όλο το έτος, η οποία αντιστοιχεί σε κλίση **30°**.

Επίσης, όσον αφορά την αζιμούθια γωνία, λόγω της θέσης της Ελλάδας στο Βόρειο ημισφαίριο της γης προτιμάται νότιο προσανατολισμός των πάνελ και αζιμούθια γωνία ίση με το 0°. Όπως φαίνεται και στη συνέχεια οι επιλογές αυτές είναι οι βέλτιστες.



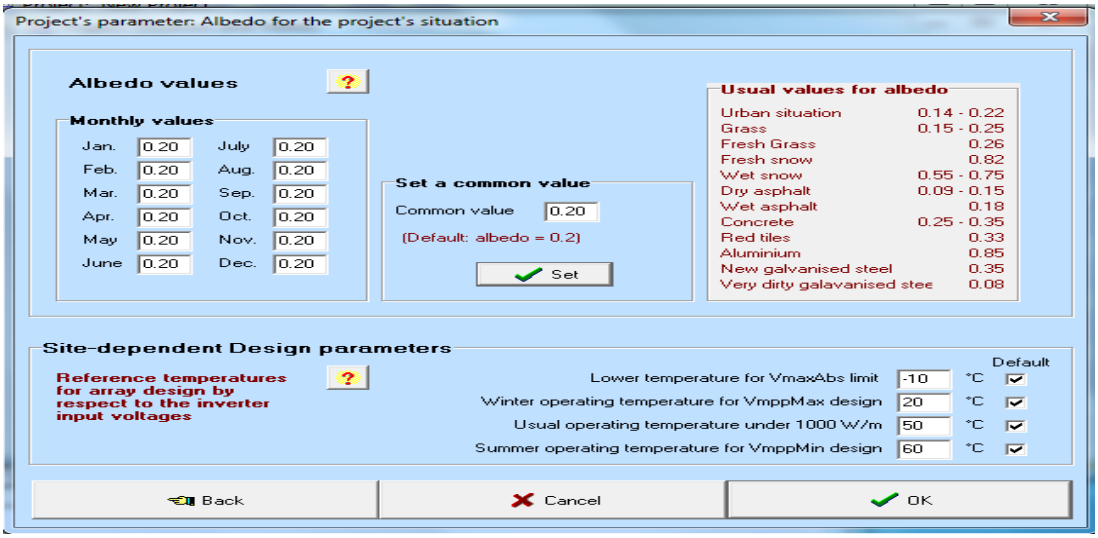
Εικόνα 5.13



Εικόνα 5.14

5.7 Επιλογή συντελεστή διάχυτης ακτινοβολίας – albedo

Ο συντελεστής albedo αποτυπώνει τη δυνατότητα που έχει το εκάστοτε υλικό να αντανακλά ή να απορροφά την ακτινοβολία που δέχεται. Οι συνήθεις τιμές που επιλέγονται για την παράμετρο αυτήν φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 5.15

Η τιμή που επιλέχθηκε λαμβάνοντας υπόψη τους ανωτέρω παράγοντες είναι **0,20**.

5.8 Διαθέσιμος Χώρος Εγκατάστασης – Πολεοδομικά κριτήρια

Όσον αφορά τους κανόνες χωροθέτησης, όπως καθορίζονται από τους πολεοδομικούς όρους, συγκεντρωτικά είναι οι εξής:

- Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πάνω από την απόληξη του κλιμακοστασίου, του φρεατίου ανελκυστήρα και οποιασδήποτε άλλης κατασκευής.

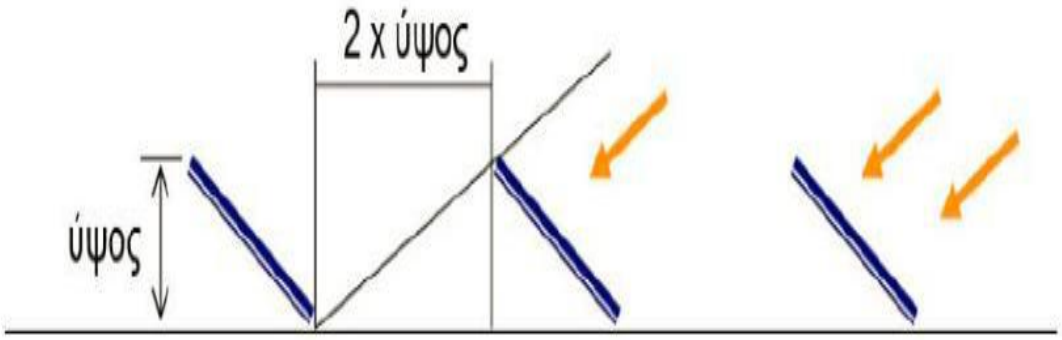
- Σε περίπτωση τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών σε υπάρχουσες στέγες, θα πρέπει αυτή να γίνεται εντός του όγκου της στέγης ακολουθώντας την κλίση τους και να απέχει μισό μέτρο από τη περίγραμμά της.

- **Αν τα φωτοβολταϊκά τοποθετούνται σε δώμα, θα πρέπει η απόσταση από το στηθαίο του δώματος να είναι μισό (0,5) μέτρο εσωτερικά αυτού για λόγους ασφαλείας.**

- Το ολικό ύψος της εγκατάστασης δε θα πρέπει να ξεπερνάει τα 2,5 μέτρα.

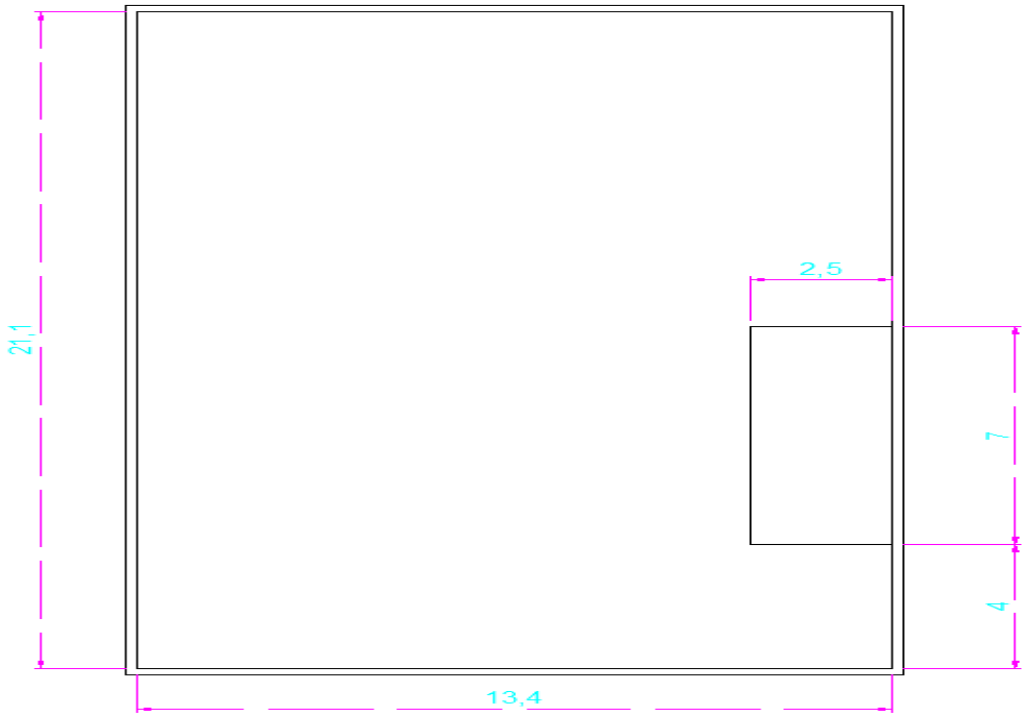
- Επιτρέπεται η τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων στις προσόψεις κτιρίων.

Όσον αφορά τις σκιάσεις της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, θα πρέπει να πρέπει να αποφεύγονται μέρη με επαναλαμβανόμενους και μόνιμους σκιασμούς, γιατί καταπονούνται τα πλαίσια συντομότερα και μειώνεται αισθητά η απόδοση τους. Για αυτό το λόγο κατά τη χωροθέτηση των συλλεκτών ένας πρακτικός κανόνας τοποθέτησης είναι **η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σειρών να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους της εγκατάστασης** όπως φαίνεται στην εικόνα.



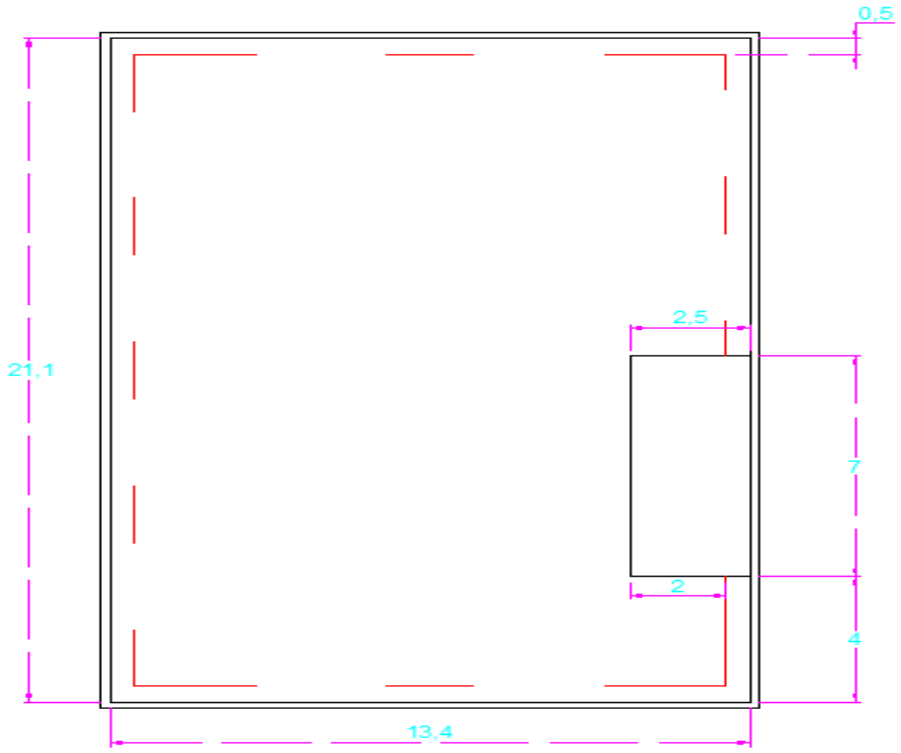
Εικόνα 5.16: Βέλτιστη τοποθέτηση σειρών φωτοβολταϊκών πάνελ για μείωση της επίδρασης της σκίασης των σειρών μεταξύ τους.

Οπότε στην περίπτωση που εξετάζουμε ο συνολικός χώρος της ταράτσας αποτυπώνεται στο σχήμα. Οι διαστάσεις αντιστοιχούν σε μέτρα.



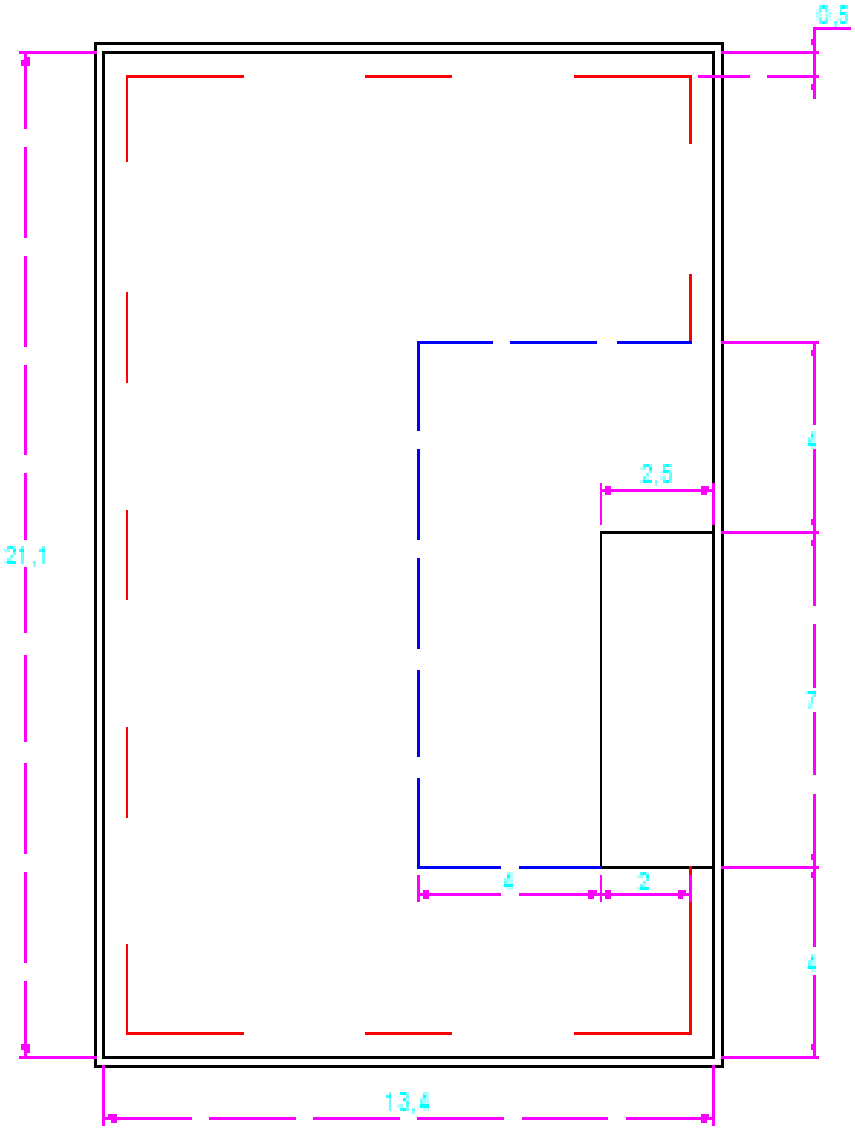
Εικόνα 5.17

Λαμβάνοντας υπόψη τον περιορισμό του μισού μέτρου από το στηθαίο. Ο καθαρός χώρος οριοθετείται με τις διακεκομμένες κόκκινες γραμμές.



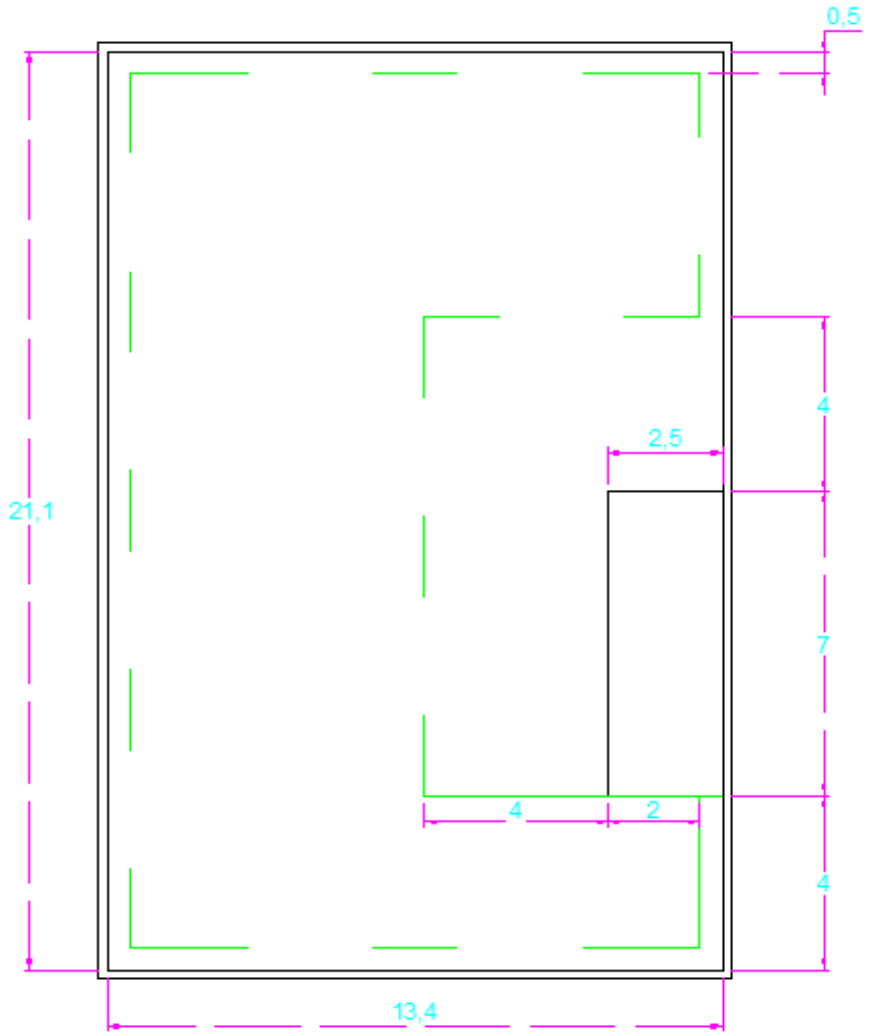
Εικόνα 5.18

Στη συνέχεια πρέπει να υπολογίσουμε το δεύτερο περιορισμό, την επίδραση του ύψους του δώματος. Το ύψος είναι 2m, οπότε μπορούμε να τοποθετήσουμε φωτοβολταϊκά πάνελ σε απόσταση ίση με 2*2=4m. Με μπλε γραμμή αποτυπώνεται ο πρόσθετος περιορισμός.



Εικόνα 5.19

Λαμβάνοντας υπόψη και τους δύο περιορισμούς καταλήγουμε στο συνολικά διαθέσιμο χώρο ο οποίος οριοθετείται από τις πράσινες γραμμές.



Εικόνα 5.20

5.9 Επιλογή Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Η επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων που θα χρησιμοποιηθούν για μία εγκατάσταση είναι ένα σύνθετο και πολυπαραμετρικό πρόβλημα και το οποίο δυσκολεύει κι άλλο αν ληφθεί υπόψη η πληθώρα των εταιριών που δραστηριοποιούνται στον χώρο.

Τα κριτήρια με τα οποία πρέπει να γίνεται η επιλογή των πλαισίων είναι πρώτα η τεχνολογία τους, η μέγιστη ισχύς που παράγουν, η απόδοσή τους, η αξιοπιστία και η τεχνογνωσία της κατασκευάστριας εταιρίας και φυσικά το κόστος του πλαισίου εκφρασμένο σε ευρώ ανά Wp.

Εφόσον έχει σε προηγούμενο κεφάλαιο εκτενής αναφορά σε κάθε τεχνολογία αλλά και επιγραμματική αναφορά των πλεονεκτημάτων – μειονεκτημάτων κάθε μίας, η καλύτερη επιλογή είναι αυτή των τεχνολογιών κρυσταλλικού πυριτίου και το πρόβλημα είναι πλέον είναι η επιλογή πλαισίων μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Όλες οι άλλες τεχνολογίες που αναφέρθηκαν έχουν περιορισμένες εφαρμογές λόγω της χαμηλής απόδοσης που παρουσιάζουν ή και ακόμα όταν εμφανίζουν υψηλή απόδοση το κόστος τους δεν την δικαιολογεί. Οι τεχνολογίες αυτές είναι υπό έρευνα και δεν πρέπει

να αγνοούνται, στο μέλλον αναμένονται ότι θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο και θα καταλάβουν σημαντικό μερίδιο της αγοράς των φωτοβολταϊκών.

Συνεπώς η επιλογή πρέπει να γίνει μεταξύ του υψηλού απόδοσης και ακριβού μονοκρυσταλλικού και του λίγο χαμηλότερης και φθηνότερης τεχνολογίας του πολυκρυσταλλικού. Με μια πρόχειρη έρευνα αγοράς είναι δύσκολο να διαπιστώσει κάποιος αν η υψηλότερη απόδοση που εγγυάται η τεχνολογία του μονοκρυσταλλικού αντισταθμίζει το κόστος τους. Συνεπώς πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες. Η μέγιστη διάρκεια ζωής και ο συνολικά διαθέσιμος χώρος που θα γίνει η εγκατάσταση.

Συνολικά, λόγω του μικρού διαθέσιμου χώρου της ταράτσας πρέπει να επιλεχθούν **μονοκρυσταλλικά** πλαίσια αφού παράγουν μεγαλύτερη ισχύ ανά m^2. Λόγω της ανάγκης για πλαίσια μεγάλης ισχύος, επιλέχθηκαν πλαίσια των **305W**. Τέλος, λόγω αξιοπιστίας και εγγύησης επιλέξαμε μια από τις μεγαλύτερες κατασκευαστικές εταιρίες την **SunPower**.

Τα συγκεκριμένα πλαίσια, **SPR-305-WHT-D** καλύπτουν τις προδιαγραφές που έχουμε θέσει και έχουν τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

- STC Power Rating 305W
- PTC Power Rating 280.6W
- STC Power per unit of area 186.9W/m^2 (17.4W/ft^2)
- Peak Efficiency 18.7%
- Power Tolerances -5%/+5%
- Number of Cells 96
- Nominal Voltage not applicable
- Imp 5.58A
- Vmp 54.7V
- Isc 5.96A
- Voc 64.2V
- NOCT data not available
- Temp. Coefficient of Power -0.38%/C
- Temp. Coefficient of Voltage -0,18V/C
- Series Fuse Rating 15A
- Maximum System Voltage 600V

Mechanical Characteristics

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

- Type Monocrystalline Silicon
- Output Terminal Type Multicontact Connector Type 4
- Frame Color Clear
- Length 1.560,6mm (61,4in)
- Width 1.045,5mm (41,2in)
- Depth 46mm (1,8in)
- Weight 24kg (53lb)

ΕΓΓΥΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

- 80% Power Output Warranty Period 25yrs
- 90% Power Output Warranty Period 10yrs
- Workmanship Warranty Period 10yrs
- CSI Listed Yes

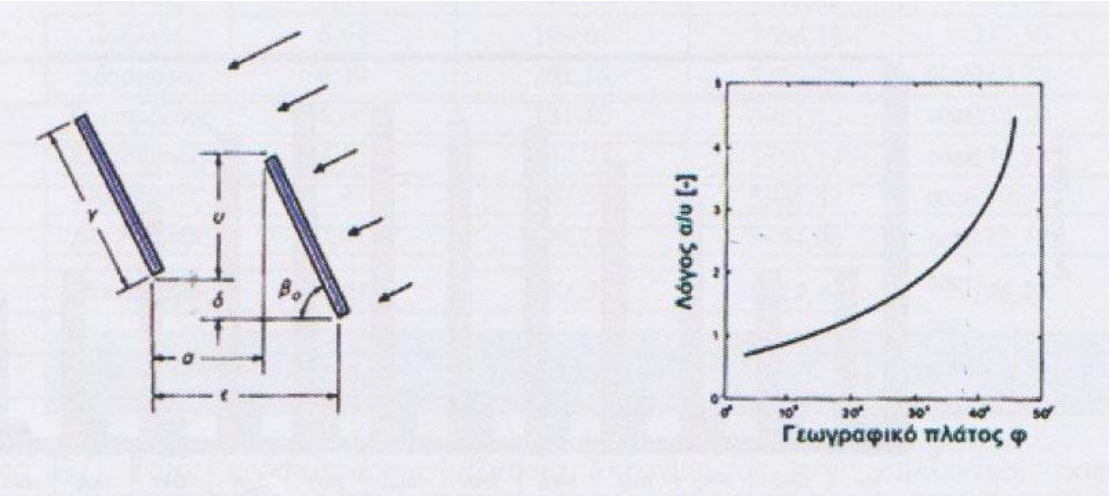
5.10 Οριζόντια και Κάθετη Διάταξη των πλαισίων

Κύριος στόχος της παρούσας μελέτης είναι να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή ενέργειας από το σύστημα, ώστε να επιτευχθεί και μεγιστοποίηση των εσόδων από την πώληση αυτής της ενέργειας. Όπως αποδεικνύεται από τα παραπάνω, η οριζόντια διάταξη των πανέλων απαιτεί μικρότερη ελάχιστη απόσταση ε μεταξύ δύο γειτονικών σειρών. Αυτό συμβαίνει επειδή λόγω μικρότερου ύψους, δημιουργείται μικρότερη επικάλυψη, και ως εκ τούτου σκίαση, των πιο πίσω σειρών. Από την άλλη, δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση του ίδιου αριθμού πλαισίων στην ίδια σειρά, λόγω αύξησης του μήκους τους. Έτσι, μπορεί η απόσταση μεταξύ των σειρών να είναι μικρότερη, αλλά χρησιμοποιούνται και λιγότερα πανέλα σε κάθε σειρά.

Ανάλογα με τις διαστάσεις της ταράτσας, στην οποία θα γίνει η τοποθέτηση, προκύπτει και διαφορετική βέλτιστη επιλογή. Στην περίπτωση μας, η μεγιστοποίηση της εγκατεστημένης ισχύος της εγκατάστασης επιτυγχάνεται μέσω της **οριζόντιας διάταξης**. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε πιο αναλυτικά.

5.11 Inter-Row Shadings

Σημαντικό ρόλο στην απόδοση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας κατέχει η αναγκαία απόσταση μεταξύ των πλαισίων. Με την εφαρμογή των κατάλληλων αποστάσεων μειώνονται σημαντικά οι απώλειες λόγω επικάλυψης των πάνελ. Οι τύποι που θα εφαρμόσουμε φαίνονται στα διαγράμματα της εικόνας.



Εικόνα 5.21:Γραφική παράσταση του λόγου της ελεύθερης απόστασης (α) δύο Φ/Β πλαισίων σε παράλληλες όμορες σειρές προς την επικάλυψη του ύψους υ, σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος φ του χώρου εγκατάστασης.

Το πλαίσιο που έχουμε επιλέξει με δεδομένο οριζόντιο προσανατολισμό τοποθέτησης έχει μήκος γ=1,56m και πλάτος 1,046m. Το ύψος του πλαισίου μας δίνεται από τη σχέση: $\boldsymbol{\upsilon = \gamma sin\beta - \delta}$ όπου β η γωνία κλίσης των πλαισίων και δ η διαφορά ύψους μεταξύ διαδοχικών σειρών. Δεδομένου ότι δ=0 και β=32°, υ=0,83 m.

Για να υπολογίσουμε την ελεύθερη απόσταση (α) μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών Φ/Β πλαισίων, χρησιμοποιούμε το διάγραμμα της εικόνας. Η αναλυτική έκφραση της σχέσης είναι $\boldsymbol{(\alpha/\upsilon) = 0,0042 * \varphi^2 - 0,1661 * \varphi + 2,8653}$. Για γεωγραφικό πλάτος φ = 37° είναι (α/υ) = 2,5 οπότε α = 2,075 m. Αυτή είναι η ελάχιστη ελεύθερη απόσταση που πρέπει να τηρείται, ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν θα υπάρχει σκίαση μεταξύ των σειρών.

5.12 1° Σενάριο – Μέγιστη δυνατή παραγόμενη ισχύς

5.12.1 Χωροθέτηση Πλαισίων

Δεδομένου ότι επιθυμούμε να τοποθετήσουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη φωτοβολταϊκή ισχύ πρέπει να επιλέξουμε το πλήθος των πλαισίων μέσω του διαθέσιμου χώρου. Αρχικά υπολογίζουμε το καθαρά διαθέσιμο χώρο, με τη βοήθεια του σχήματος του AutoCAD και μετά υπολογίζουμε το εμβαδόν του χώρου που χρειάζεται ένα πλαίσιο. Στη συνέχεια διαιρώντας τους 2 όρους, βρίσκουμε το πλήθος των πλαισίων που μπορούμε να τοποθετήσουμε.

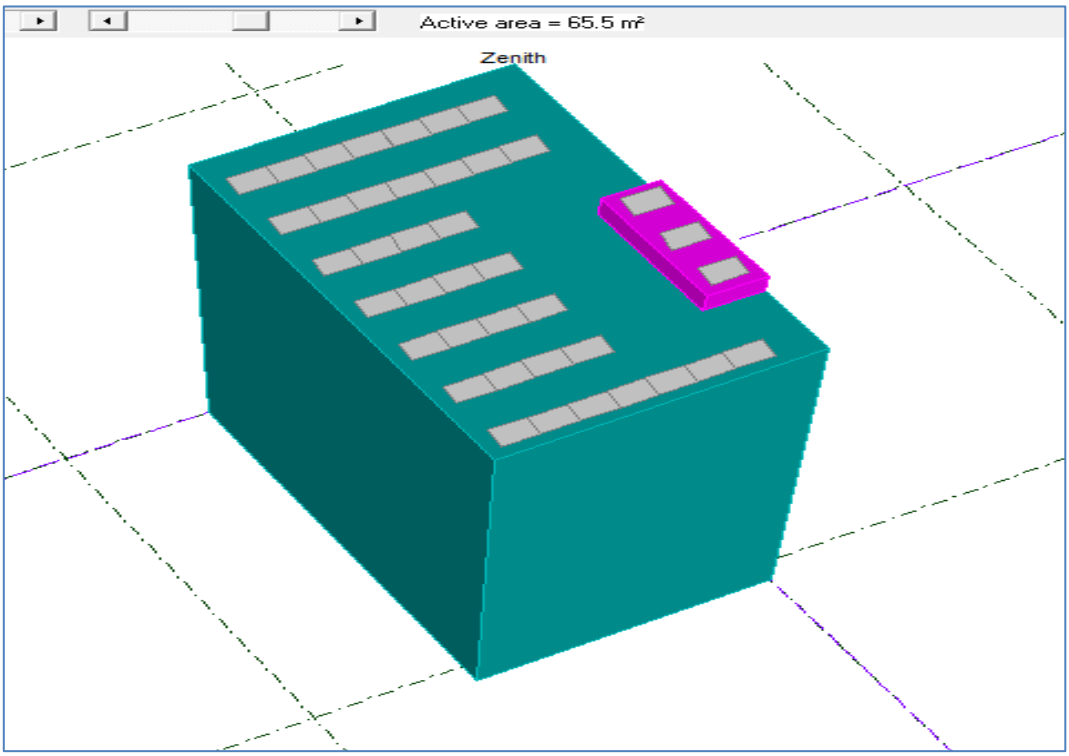
Ωστόσο ως αναγκαία ελεύθερη απόσταση απόσταση έχουμε χρησιμοποιήσει τη θεωρητική τιμή α = 2,075 m. μέτρα. Ο υπολογισμός της με τους τύπους που έγινε παραπάνω, δεν λαμβάνει υπ' όψιν ούτε τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, ούτε τον αριθμό των πανέλων που θα έχει κάθε συστοιχία, ούτε τον αριθμό των συστοιχιών. Για αυτό το λόγο πριν καταλήξουμε σε οποιοδήποτε συμπέρασμα πρέπει να πραγματοποιήσουμε μελέτη σκίασης.

5.12.2 Μελέτη Σκιάσεων

Αρχικά, πρέπει να περαστούν τα δεδομένα στο πρόγραμμα με σχηματικό τρόπο, ώστε να υπάρχει οπτική απεικόνιση και να είναι εύκολα κατανοητή η αναπαράσταση της κατάστασης, όπως φαίνεται στην εικόνα. Με μωβ χρώμα έχουμε σχεδιάσει το δώμα, ένω με το μπλε όλο το κτίριο. Οι διαστάσεις του κτιρίου είναι: **13,4m** μήκος, **21,1m** πλάτος και **36m** ύψος.Στη συγκεκριμένη εργασία τα πανέλα που επιλέχθηκαν έχουν μήκος 1,56 μέτρα και πλάτος 1,046 μέτρα. Όσον αφορά την συγκεκριμένη μελέτη υπολογίζεται το πλήθος των πάνελ μέσω της μεταβλητής pitch η οποία είναι η ελάχιστη απόσταση που υπολογίστηκε παραπάνω. Στόχος μας ήταν η μειώση των απωλειών σκιάσης στην τάξη του 1%. Μέσω δοκιμών βρήκαμε ότι η βέλτιστη λύση είναι να θέσουμε τη γωνία pitch ίση με 3 μέτρα. Αυτό οδηγεί στη δυνατότητα τοποθέτησης **40 πλαισίων** συμπεριλαμβανομένου 3 στην οροφή του δώματος. Φυσικά τηρήθηκαν τα απαραίτητα

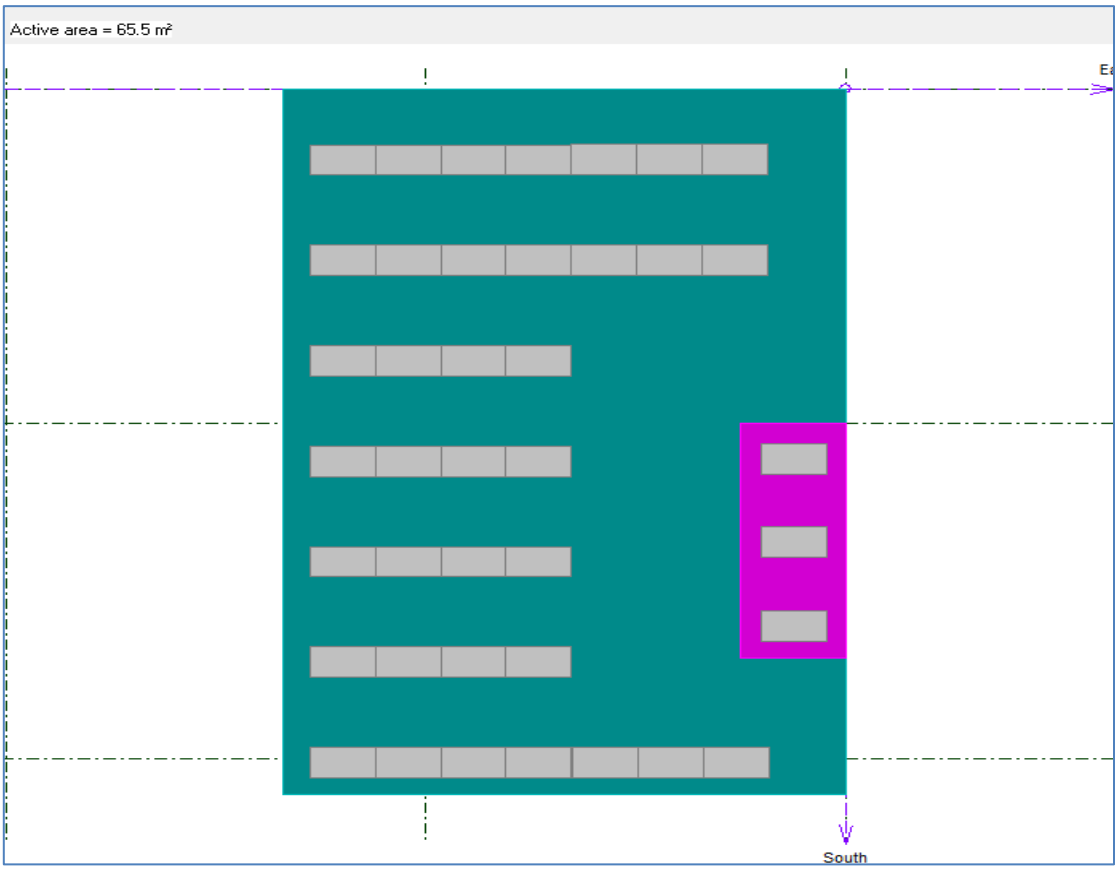
όρια που αναφέραμε στην ενότητα 4.12.8 και υπολογίστηκε ο χώρος της επιφάνειας ο οποίος καλύπτεται από φβ συστοιχίες.

Σχηματικά, σε τρισδιάστατη κλίμακα.



Εικόνα 5.22

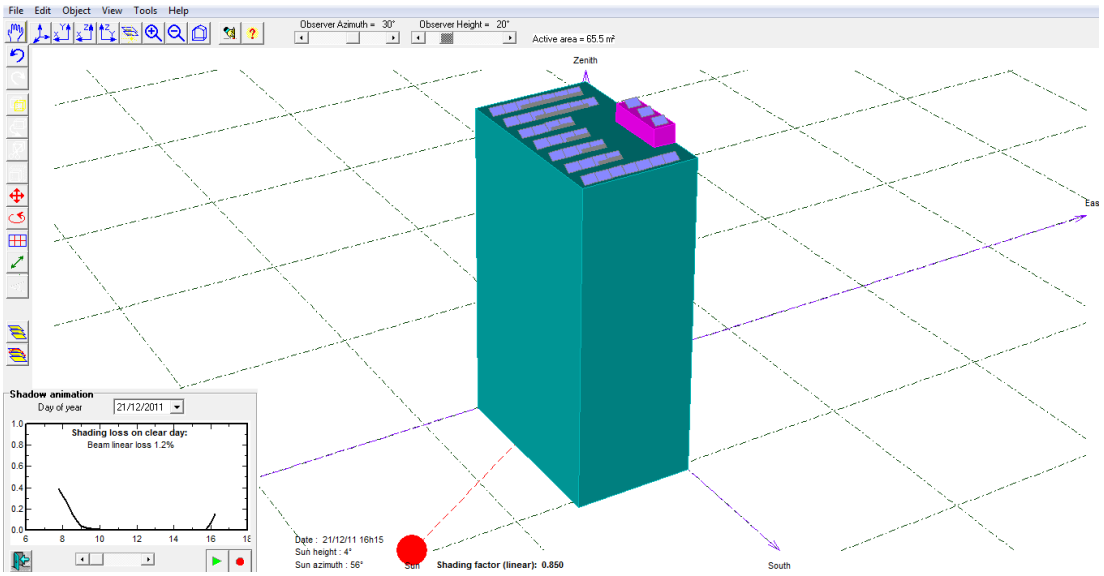
Και η κάτοψη.



Εικόνα 5.23

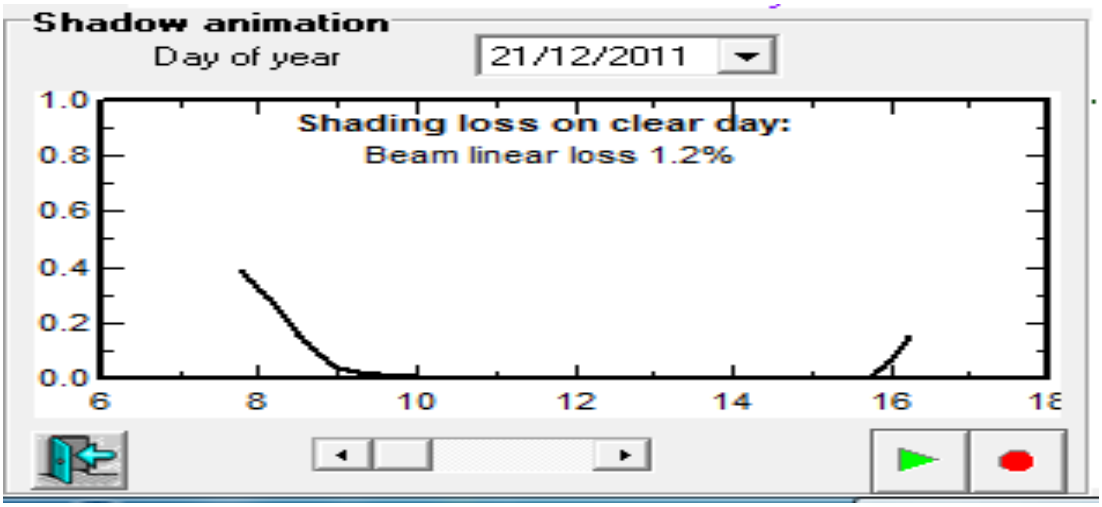
Στη συνέχεια, πραγματοποιήσαμε προσομοίωση της μεγαλύτερης μέρας του χρόνου. Η προσομοίωση ξεκινά από την ανατολή και φτάνει μέχρι τη δύση του ηλίου με δεκαπεντάλεπτα βήματα. Προσομοιώνουμε αυτήν την ημέρα γιατί ισοδυναμεί στη χειρότερη περίπτωση του χρόνου. Ο ήλιος ανατέλλει και δύει στο πιο χαμηλό του σημείο και οι σκιάσεις είναι οι μέγιστες που μπορεί να εμφανιστούν στη διάρκεια του έτους. Με pitch λοιπόν 3 μέτρα η συνολική ημερησία ακτινοβολία έχει απώλειες της τάξης του 1.2%.

Αξίζει να σημειωθεί ότι εδώ παρουσιάζουμε τη σκίαση στα πλαίσια από το δώμα της ταράτσας του κτιρίου μας. Παρόλο που το δώμα δεν είναι η μοναδική πηγή σκίασης για το έργο, είναι αυτή που παίζει καθοριστικό ρόλο στα δύο σενάρια που εξετάζουμε. Άλλωστε τα τριγύρω κτίρια είναι μικρότερου ύψους.



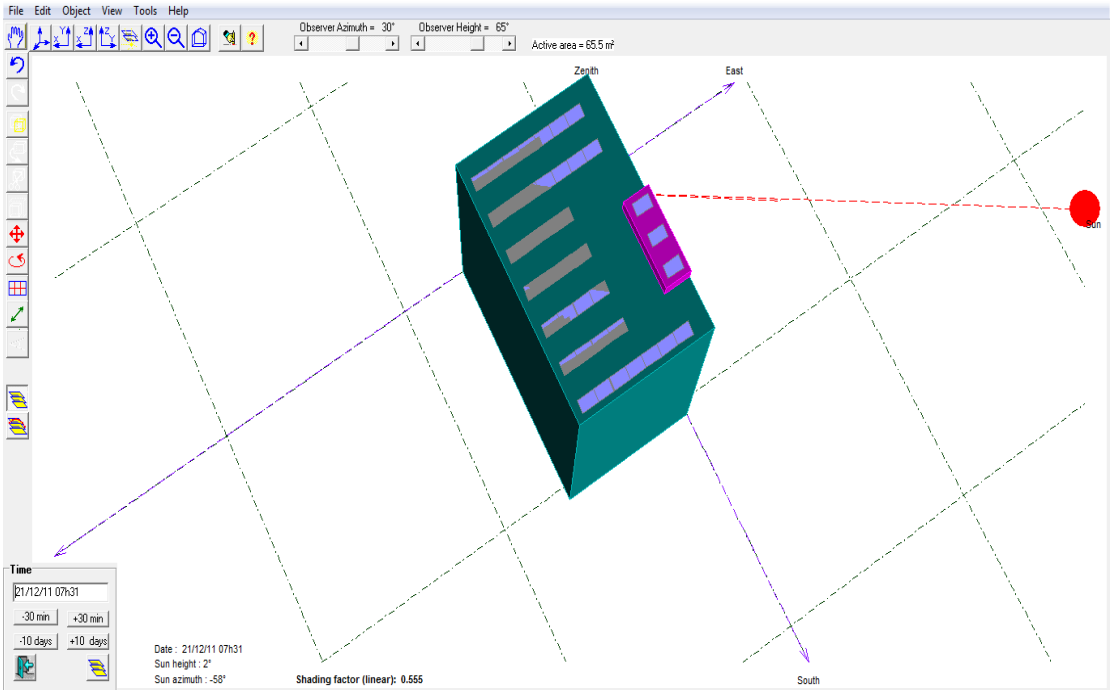
Εικόνα 5.24

Και αναλυτικά οι απώλειες για κάθε ώρα της ημέρας σε ένα διάγραμμα.

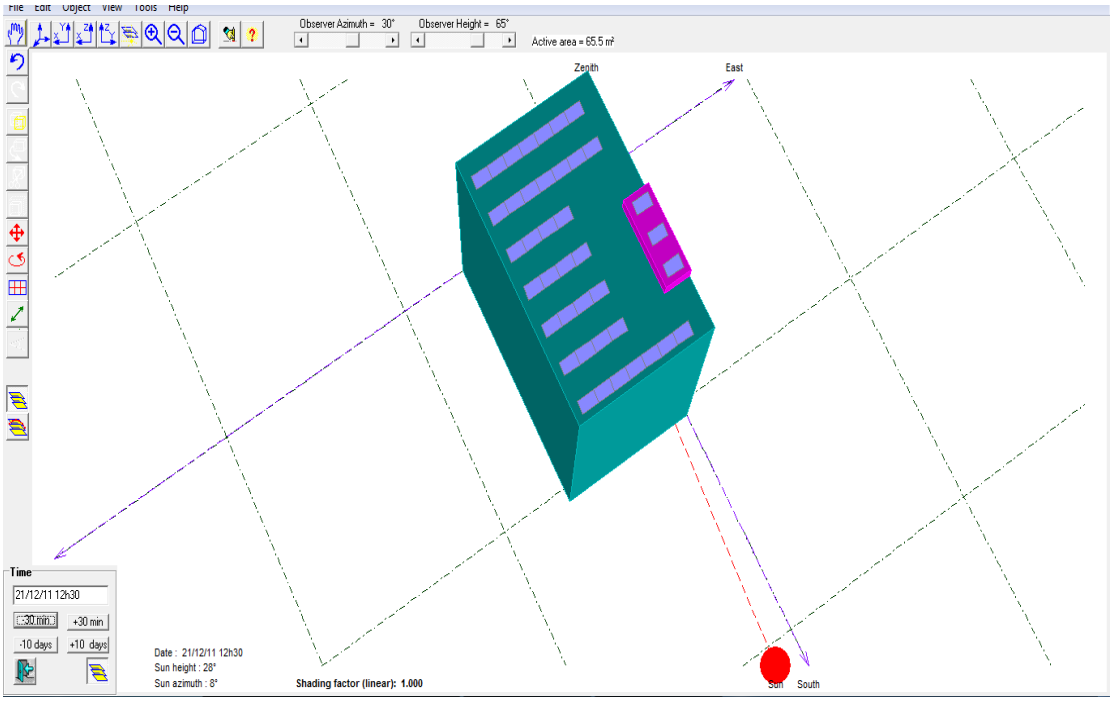


Εικόνα 5.25

Ενδεικτικά, δύο στιγμιότυπα που δηλώνουν τα πλαίσια και το ποσοστό σκίασης τους. Το πρώτο αντιστοιχεί στις 7.30 και το δεύτερο στις 12.30.

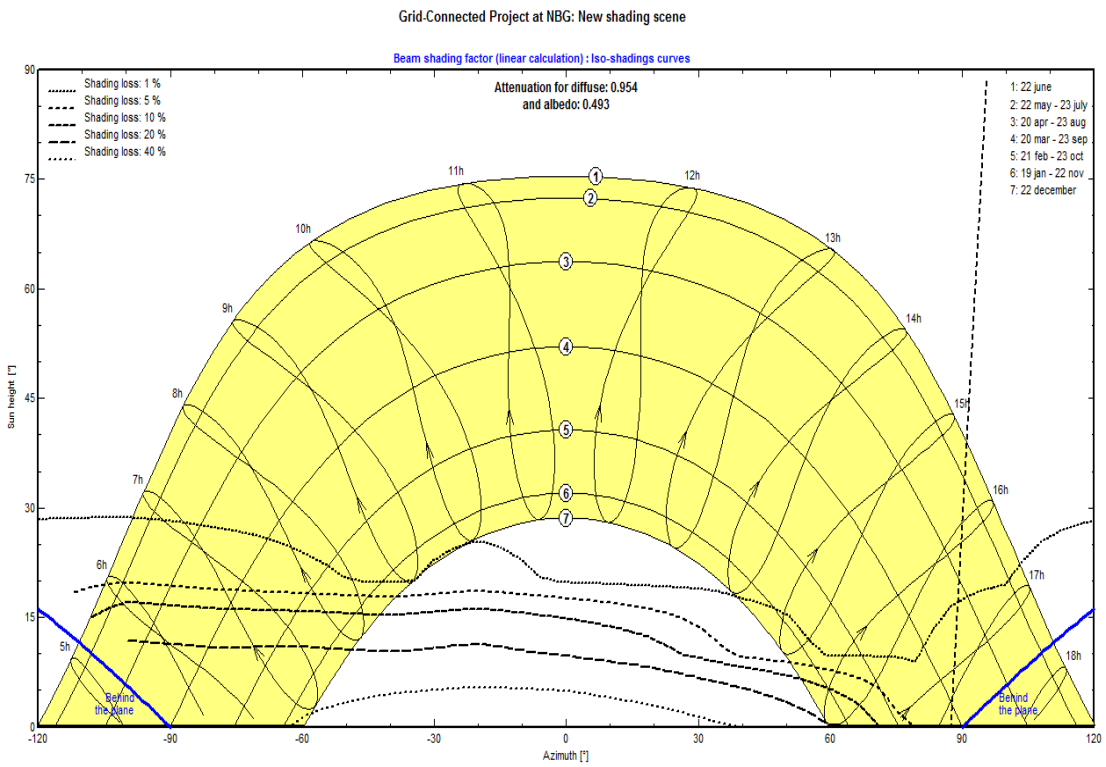


Εικόνα 5.26



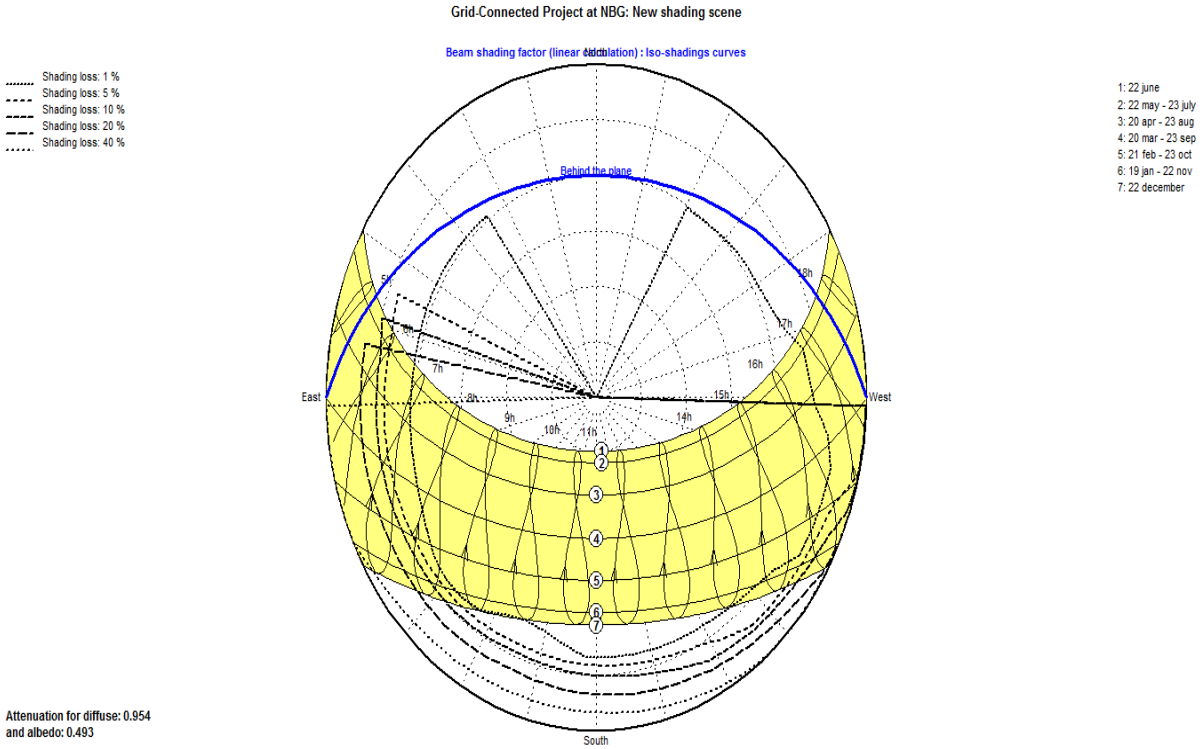
Εικόνα 5.27

Εν συνεχεία το PVSyst προσομοιώνει κάθε μέρα του χρόνου ώστε να υπολογίσει τις συνολικές ετήσιες απώλειες από σκιάσεις καθώς και τη συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το διάγραμμα σκιάσεων για κάθε ώρα και μέρα του έτους.



Εικόνα 5.28

Και σχηματικά με τη χρήση πολικών συντεταγμένων



Εικόνα 5.29

Παρατηρούμε ότι κατά τους μήνες Σεπτέμβρη ως Μάρτιο έχουμε τις μεγαλύτερες απώλειες σκιάσεις γεγονός που δικαιολογείται από τη θέση του ήλιου. Τους υπόλοιπους μήνες και κυρίως τους καλοκαιρινούς ο ήλιος είναι πιο ψηλά με αποτέλεσμα το δώμα να

σκιάζει ελάχιστα το φωτοβολταϊκό μας σύστημα. Επίσης σε όλες τις περιπτώσεις τις μεγαλύτερες σκιάσεις τις έχουμε τις πρωινές ώρες.
Τέλος, αναφέρουμε ένα συνολικό διάγραμμα που απεικονίζει για διαφορετικές γωνίες κλίσεις το συντελεστή σκίασης συναρτήσει της αζιμούθιας γωνίας.

Shading factor table (linear), for the beam component

Azimuth / Height	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
90°	0.175	0.850	1.000	1.000	1.000	0.925	0.775	0.600	0.450	1.000	0.925	1.000	1.000	1.000	0.925	0.825	0.625	0.375	0.200
80°	0.325	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.325
70°	0.325	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	0.325
60°	0.350	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.325
50°	0.350	0.999	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999	0.325
40°	0.350	0.998	0.997	0.997	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999	1.000	0.999	0.999	0.998	0.997	0.997	0.996	0.996	0.997	0.325
30°	0.350	0.991	0.991	0.994	0.995	0.997	0.998	0.999	0.999	1.000	0.999	0.998	0.998	0.996	0.995	0.993	0.990	0.990	0.325
20°	Behind	0.984	0.985	0.971	0.953	0.972	0.985	0.995	0.978	0.994	0.999	0.998	0.997	0.995	0.991	0.976	0.983	0.982	Behind
10°	Behind	Behind	Behind	0.949	0.766	0.784	0.780	0.795	0.770	0.810	0.874	0.966	0.996	0.991	0.970	0.959	Behind	Behind	Behind
2°	Behind	Behind	Behind	Behind	0.580	0.755	0.571	0.438	0.391	0.394	0.487	0.612	0.798	0.983	0.949	Behind	Behind	Behind	Behind

Shading factor for diffuse: 0.954 and for albedo: 0.493

Εικόνα 5.30

5.12.3 Επιλογή Αντιστροφέα

Όσον αφορά τον αριθμό και τον τύπο των αντιστροφέων που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η παραγωγή του ηλεκτρισμού από τα φ/β παραμένει ακριβή, σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής. Επομένως είναι απαραίτητη η προσεκτική επιλογή καθενός στοιχείου που απαρτίζει ένα διασυνδεδεμένο σταθμό προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη ενεργειακή και οικονομική απόδοση. Μέρος της ενεργειακής βελτιστοποίησης είναι η κατάλληλη επιλογή της ονομαστικής ισχύος της φ/β συστοιχίας. Μια συνήθη πρακτική είναι η επιλογή αντιστροφέα ονομαστικής ισχύος περίπου ίσης με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ της φ/β συστοιχίας. Παρόλο που αυτή η πρακτική οδηγεί σε συστήματα χωρίς προβλήματα, δεν είναι η βέλτιστη επιλογή για τους ακόλουθους λόγους:

1) η ονομαστική ισχύς των εγκατεστημένων πλαισίων επιτυγχάνεται μόνο στις πρότυπες (STC) συνθήκες, γεγονός ανέφικτο για τις περισσότερες περιπτώσεις
2) η ηλιακή ακτινοβολία ποικίλει κατά τη διάρκεια της ημέρας από το μηδέν μέχρι ένα μέγιστο σημείο, το όποιο εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση της εγκατάστασης αλλά και από την ώρα του χρόνου
3) η απόδοση ενός inverter δεν είναι σταθερή σε όλον το εύρος λειτουργίας του αλλά πέφτει σημαντικά όταν ο αντιστροφέας λειτούργει στο 10- 20% κάτω της ονομαστικής του ισχύος.

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι η ενεργειακά βέλτιστη διαστασιολόγηση του αντιστροφέα, εξαρτάται από το σχήμα της καμπύλης απόδοσης του αντιστροφέα, από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου της εγκατάστασης και από τη γωνία κλίσης των πλαισίων.

Γενικά η βέλτιστη απόδοση επιτυγχάνεται είτε με *υποδιαστασιολόγηση* είτε με *υπερδιαστασιολόγηση* της ισχύος του αντιστροφές σε σχέση με την ονομαστική ισχύ εξόδου της φβ συστοιχίας. Η αναλογία που πρέπει να τηρείται είναι:

$$\mathbf{0,9}\boldsymbol{P}_{\mathbf{pv}} < \boldsymbol{P}_{\mathbf{inv\_dc}} < \mathbf{1,2}\ \boldsymbol{P}_{\mathbf{pv}}$$

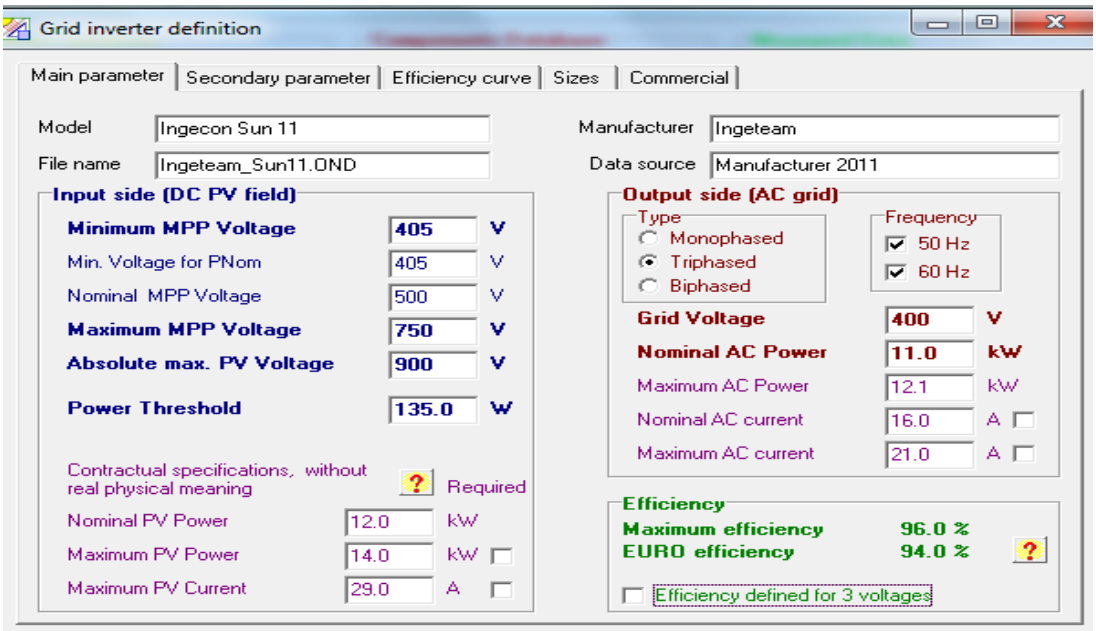
<u>Βάσει νομοθεσίας</u> για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε δώματα, οι εγκαταστάσεις μέχρι 5 kW συνδέονται σε μονοφασικά συστήματα, ενώ σε τριφασικά συστήματα άνω των 5 KW μέχρι 10 KW. Για αυτό το λόγο αλλά και για τη συμμετρική φόρτιση των τριών φάσεων, συστήματα άνω των 5 KW θα συνδέονται σε τρεις αντιστροφείς. Για τη σωστή διαστασιολόγηση του αντιστροφέα πρέπει ο αριθμός των συλλεκτών που συνδέονται σε σειρά να ικανοποιεί τα εξής κριτήρια:

- Η ελάχιστη τάση λειτουργίας της συστοιχίας[Vmpp(60°C)] πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη τάση λειτουργίας του αντιστροφέα.
- Η μέγιστη τάση λειτουργίας της συστοιχίας [Vmpp(20°C)] πρέπει να είναι μικρότερη από τη μέγιστη τάση λειτουργίας του αντιστροφέα.
- Η μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος [Voc(-10°C)] πρέπει να είναι μικρότερη της μέγιστης τάσης εισόδου του αντιστροφέα.
- Η μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος [Voc(-10°C)] πρέπει να μην ξεπερνά τη μέγιστη τάση του συστήματος.

Με κριτήριο την εγκατεστημένη ισχύ επιλέγεται ο κατάλληλος αντιστροφέας. Αν έχει γίνει λάθος κατά τη διαστασιολόγηση τότε εμφανίζεται μήνυμα σφάλματος και ενημερώνει τον χρήστη για το ποιο κριτήριο δεν ικανοποιείται. Εφόσον επιλεχθεί ο κατάλληλος αντιστροφέας, το πρόγραμμα ενημερώνει το χρήστη για το πόσες σειρές συλλεκτών εξυπηρετεί ο αντιστροφέας και για τον αριθμό των συλλεκτών σε κάθε σειρά.

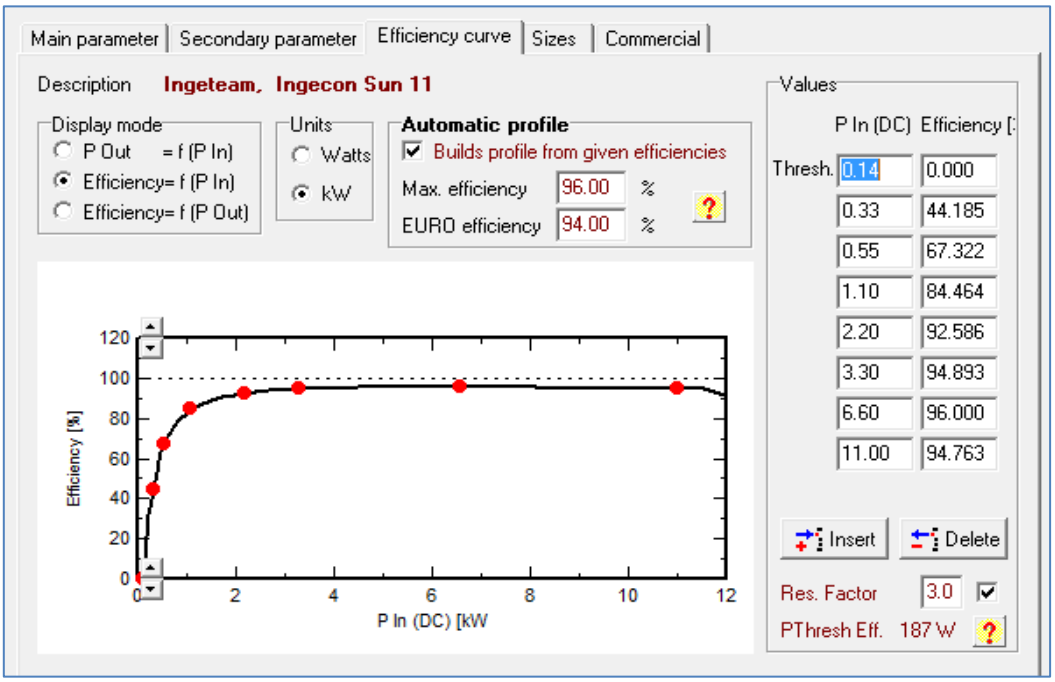
Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις της παρούσας μελέτης και μετά από προσομοιώσεις στο PVSyst, υπολογίστηκε ότι ο βέλτιστος σχεδιασμός θα προκύψει με 1 αντιστροφέα ονομαστικής ισχύος 11 kW.

Βλέπουμε δηλαδή ότι η **υποδιαστασιολόγηση** της συνολικής ισχύος των αντιστροφέων σε σχέση με την ονομαστική ισχύ εξόδου των πλαισίων 12,2 KW, οδηγεί σε βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης και παραγωγής. Ο αντιστροφέας που επιλέξαμε είναι ο Ingecon Sun 11, της ισπανικής εταιρείας Ingeteam, ο οποίος δεν διαθέτει μετασχηματιστή και έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά.



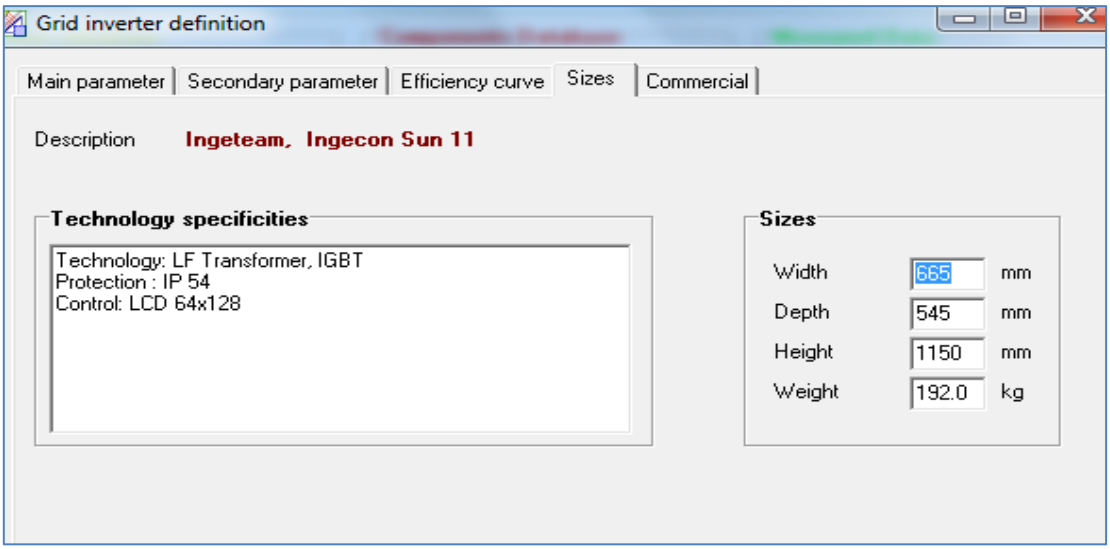
Εικόνα 5.31

Η καμπύλη απόδοσης του φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 5.32

Τέλος αναφέρουμε τις διαστάσεις του αντιστροφέα μας.

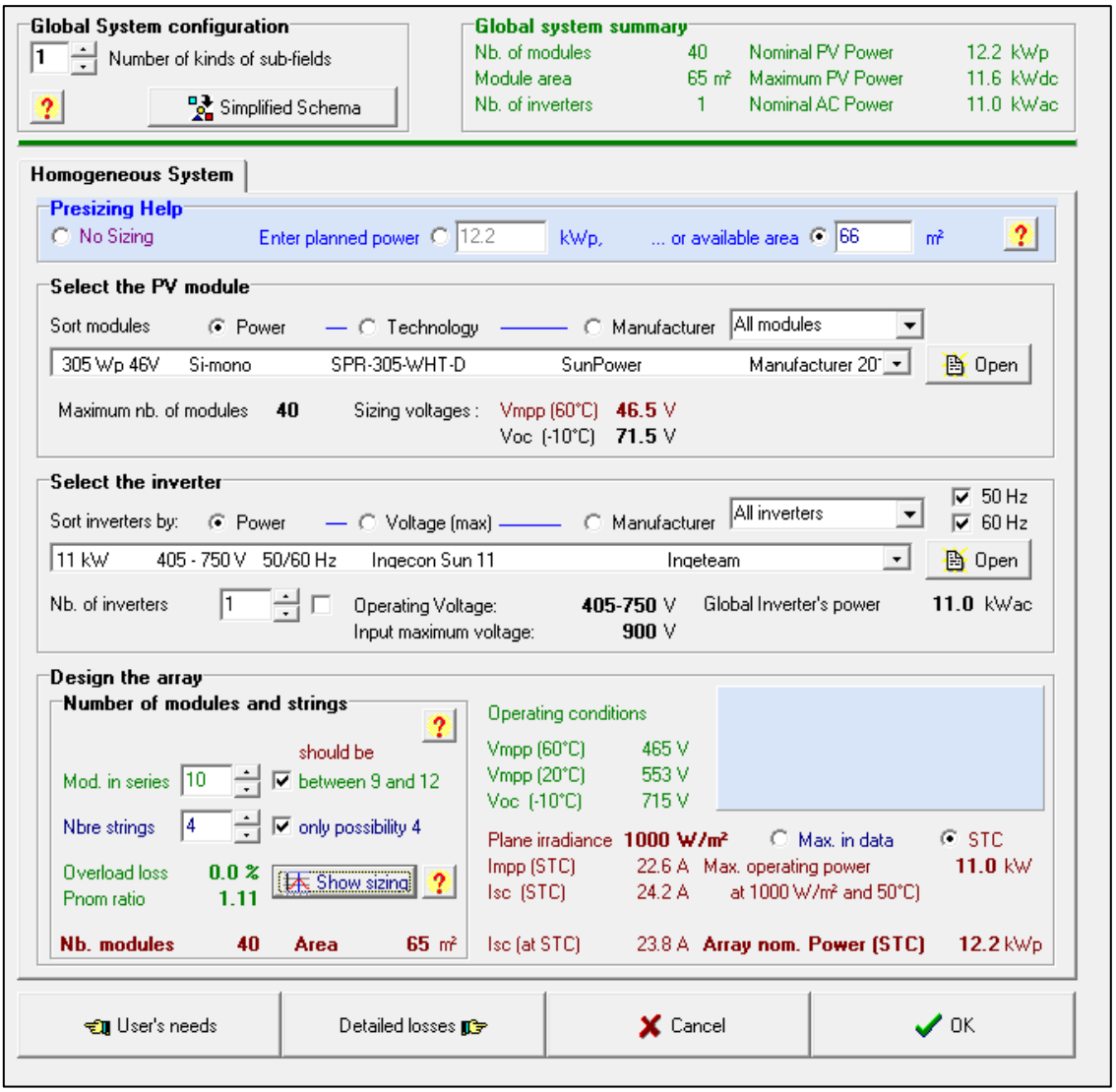


Εικόνα 5.33

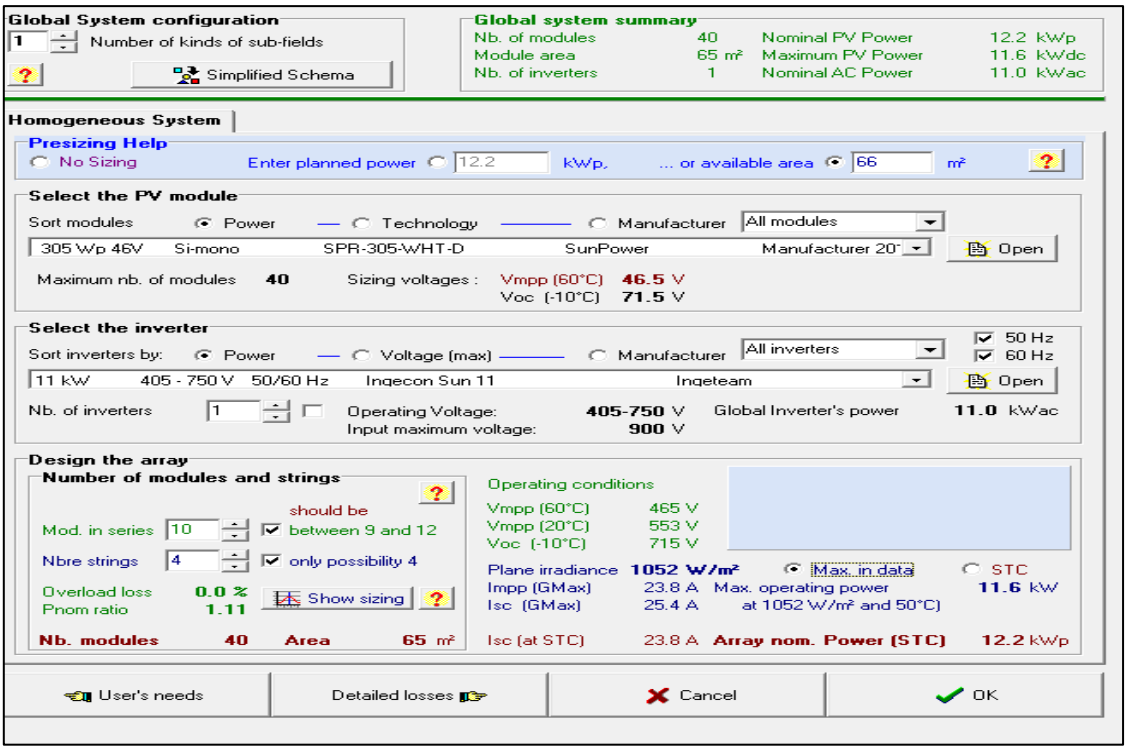
Στο δικό μας έργο $V_{MPP}(60^o)$ = 750V που είναι μεγαλύτερο από τα 405 V που είναι η τάση εισόδου του αντιστροφέα. Επίσης η τάση ανοικτού κυκλώματος $V_{oc}(-10^o)$ των πλαισίων = 959 V που είναι μικρότερη από τη μέγιστη τάση εισόδου του αντιστροφέα, που είναι 750 V. Ο λόγος ισχύος προκύπτει: 11.000/12.200 * 100% = 90,2%. Τέλος, η μόνη εφικτή επιλογή που μας παρέχει το πρόγραμμα για τη διαθέσιμη επιφάνεια μας είναι αυτή των 4 στοιχειοσειρών.

5.12.4 Διαστασιολόγηση Συνολικού Συστήματος

Τοποθετούμε τα στοιχεία που έχουμε βρει προηγουμένως στη επιλογή system της διεπαφής του PVSyst. Επιλέγουμε τα πλαίσια, τον inverter, τον αριθμό και τη σύνδεση των strings και επιβεβαιώνουμε και μέσω του προγράμματος τη συμβατότητα των επιλεγμένων στοιχείων. Στο πρώτο σχήμα γίνεται ο έλεγχος για STC καταστάσεις και στο δεύτερο για μέγιστες.


Global System configuration
1
Number of kinds of sub-fields
Simplified Schema
Global system summary
Nb. of modules 40
Module area 65 m²
Nb. of inverters 1
Nominal PV Power 12.2 kWp
Maximum PV Power 11.6 kWdc
Nominal AC Power 11.0 kWac
Homogeneous System
Presizing Help
No Sizing
Enter planned power 12.2 kWp,
... or available area 66 m²
Select the PV module
Sort modules Power Technology Manufacturer All modules
305 Wp 46V Si-mono SPR-305-WHT-D SunPower Manufacturer 20
Open
Maximum nb. of modules 40
Sizing voltages : Vmpp (60°C) 46.5 V
Voc (-10°C) 71.5 V
Select the inverter
Sort inverters by: Power Voltage (max) Manufacturer All inverters
50 Hz
60 Hz
11 kW 405 - 750 V 50/60 Hz Ingecon Sun 11 Ingeteam
Open
Nb. of inverters 1
Operating Voltage: 405-750 V
Input maximum voltage: 900 V
Global Inverter's power 11.0 kWac
Design the array
Number of modules and strings
Mod. in series 10
should be between 9 and 12
Nbre strings 4
only possibility 4
Overload loss 0.0 %
Pnom ratio 1.11
Show sizing
Nb. modules 40 Area 65 m²
Operating conditions
Vmpp (60°C) 465 V
Vmpp (20°C) 553 V
Voc (-10°C) 715 V
Plane irradiance 1000 W/m²
Max. in data
STC
Impp (STC) 22.6 A
Isc (STC) 24.2 A
Max. operating power 11.0 kW
at 1000 W/m² and 50°C)
Isc (at STC) 23.8 A
Array nom. Power (STC) 12.2 kWp
User's needs
Detailed losses
Cancel
OK

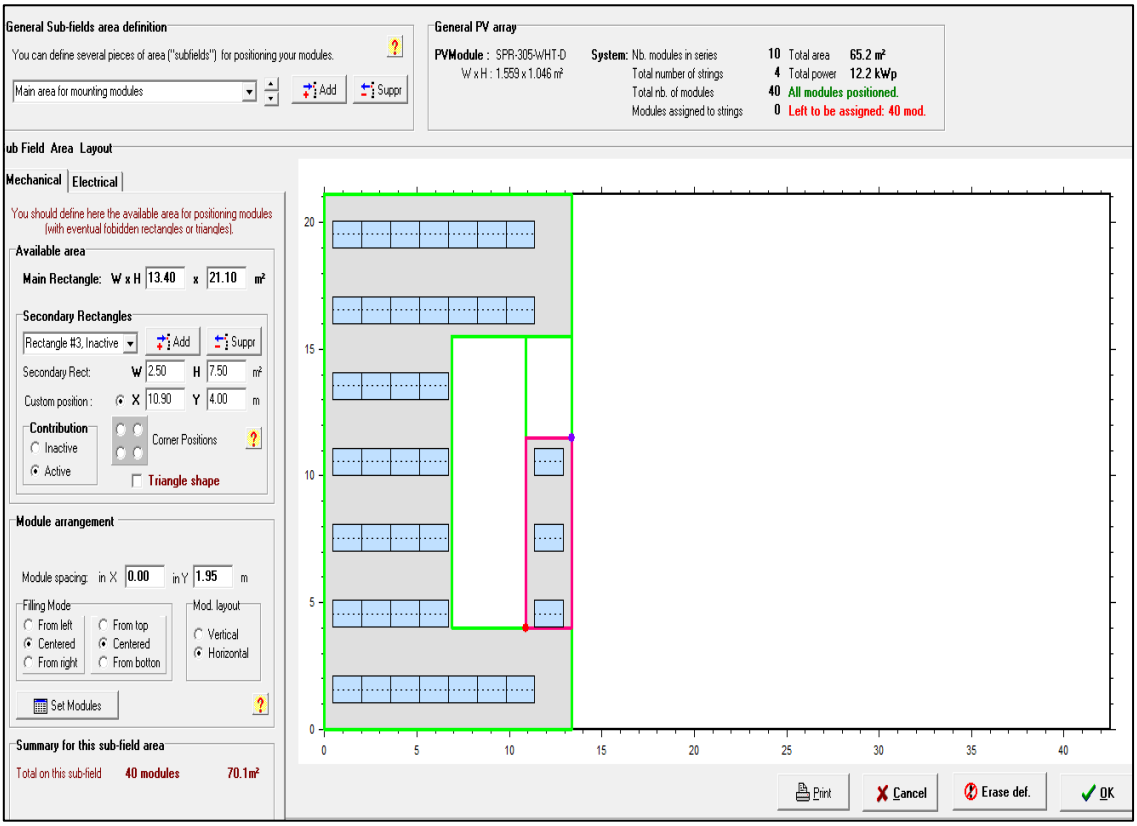
Εικόνα 5.34



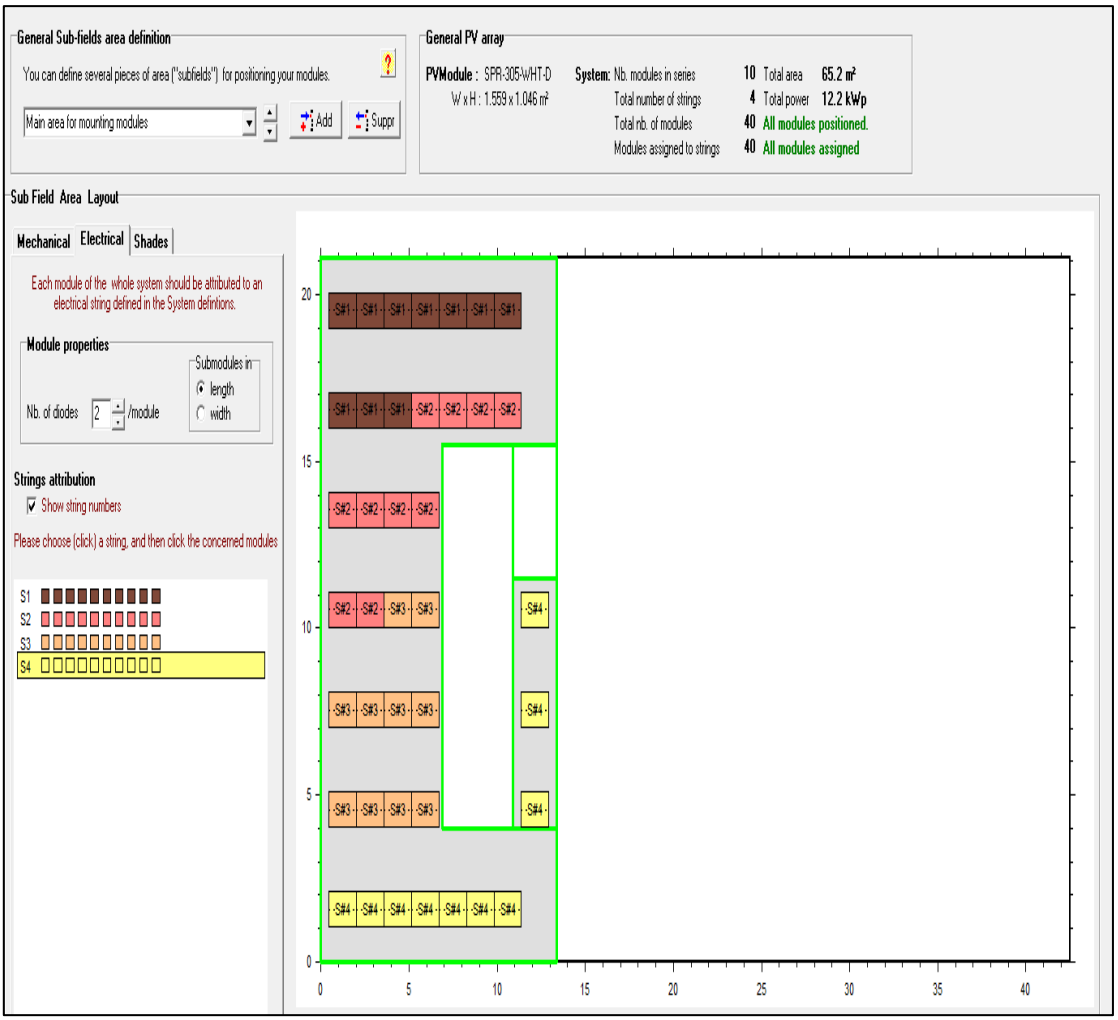
Εικόνα 5.35

Όπως διαπιστώνεται, οι επιλογές μας είναι αποδεκτές και σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας(STC) αλλά και στις οριακές καταστάσεις.

Στη συνέχεια χωροθετούμε τα πλαίσια και επιλέγουμε ποια θα τοποθετηθούν σε καθένα από τα 4 strings.

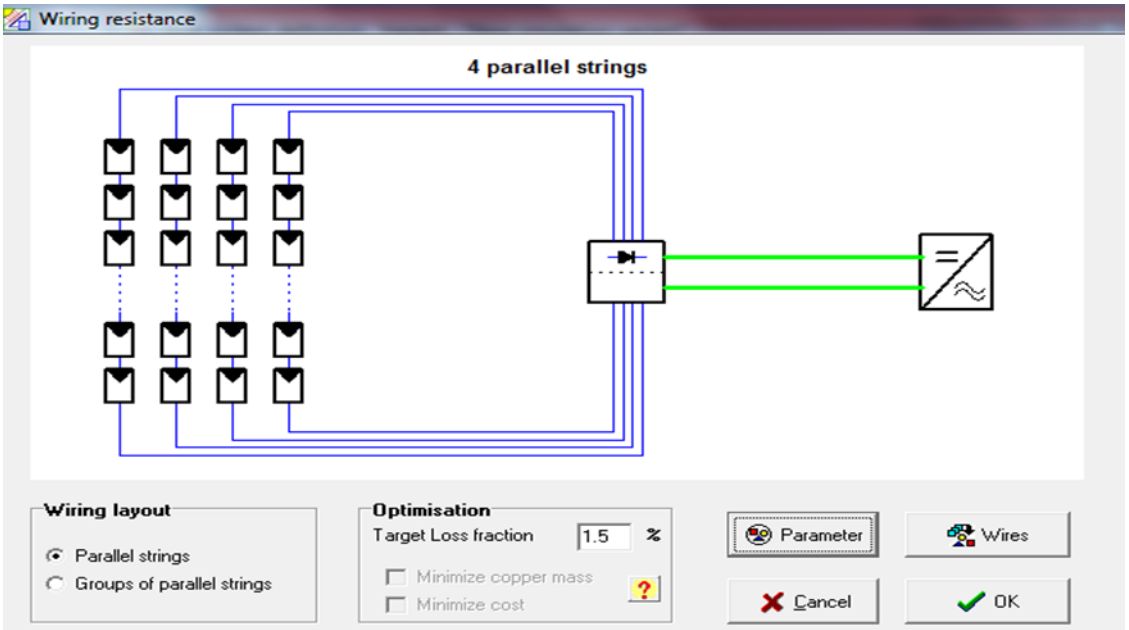


Εικόνα 5.36



Εικόνα 5.37

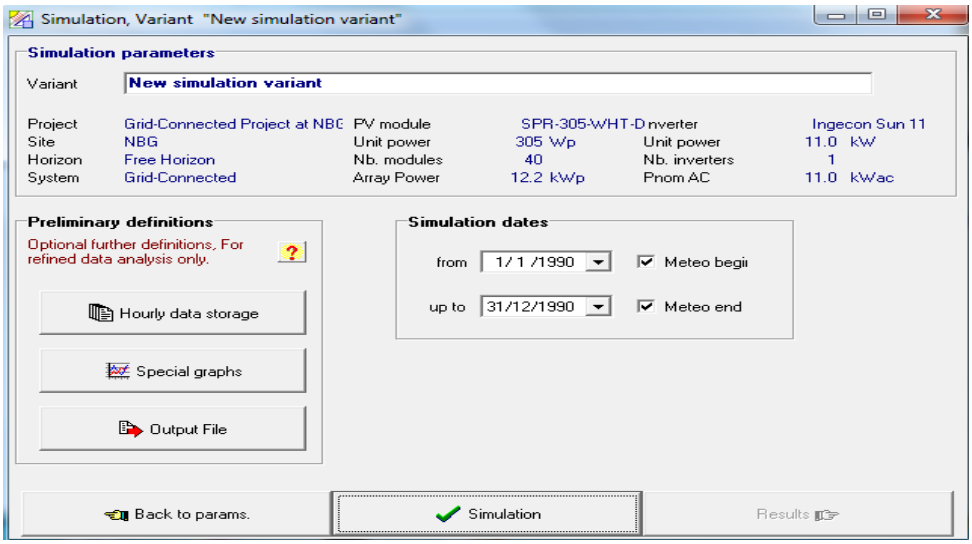
Με κριτήριο τη μεγαλύτερη αξιοπιστία του συστήματος επιλέξαμε 2 διόδους παράκαμψης ανά πάνελ. Τέλος σχεδιάσαμε τη σύνδεση των καλωδίων.



Εικόνα 5.38

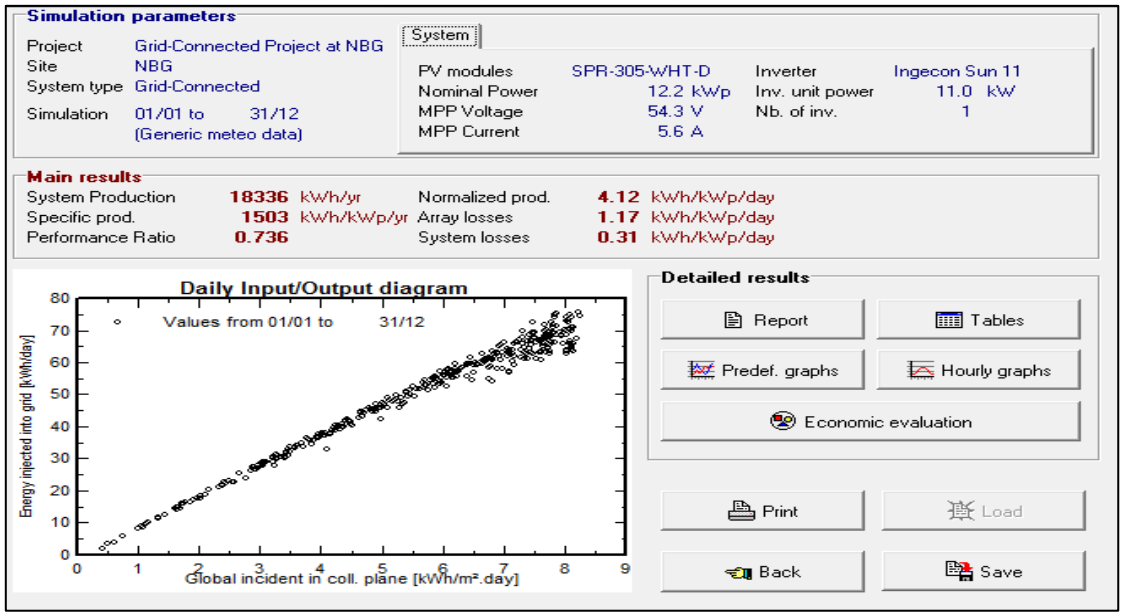
5.12.5 Προσομοίωση – Αποτελέσματα

Στην πρώτη εικόνα που εμφανίζεται όταν διαλέγουμε την επιλογή simulation, καθορίζουμε τις παραμέτρους της προσομοίωσης.



Εικόνα 5.39

Στην εικόνα αποτυπώνονται τα πρώτα αποτελέσματα για το σενάριο τοποθέτησης του μέγιστου δυνατού πλήθους πλαισίων.



Εικόνα 5.40

Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι δηλαδή **18.336KWh/yr** και ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος είναι 0,736. Οι μηνιαίες ηλιακές ακτινοβολίες, οι παραγόμενες κιλοβατώρες με και χωρίς απώλειες παρουσιάζονται στο διάγραμμα.

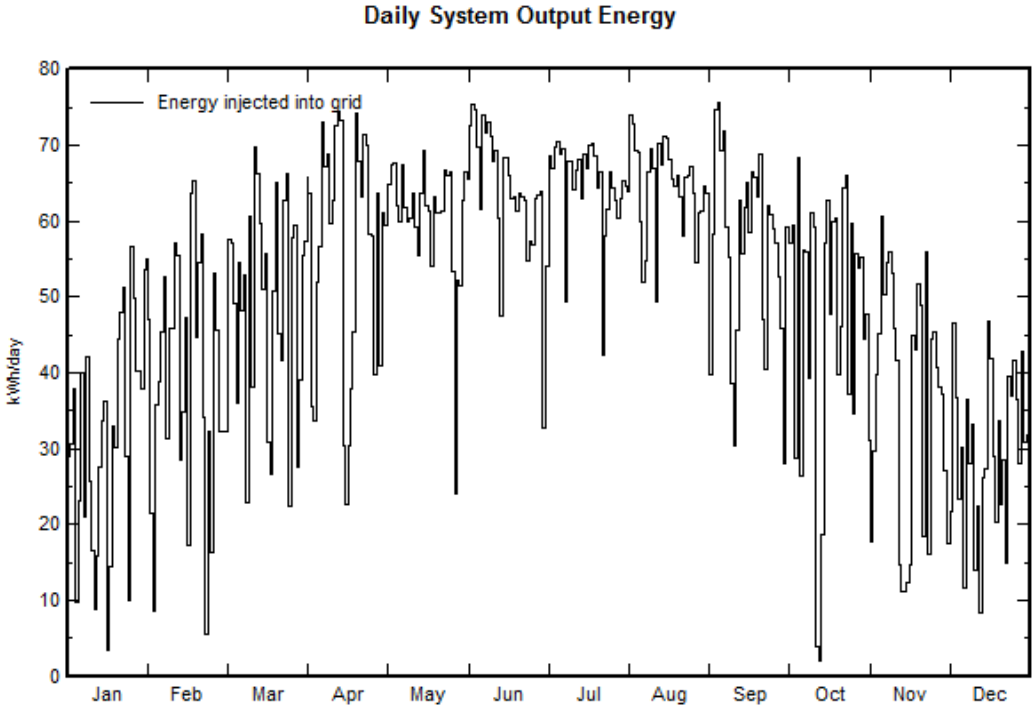
New simulation variant

Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	69.7	9.40	106.1	99.8	1073	995	15.52	14.39
February	86.7	9.90	119.2	112.9	1205	1119	15.49	14.39
March	137.3	11.40	166.0	157.6	1666	1554	15.38	14.35
April	174.3	14.60	184.5	175.1	1815	1688	15.08	14.03
May	217.3	19.60	209.8	199.1	2019	1881	14.75	13.75
June	241.2	24.30	220.2	208.7	2058	1915	14.33	13.33
July	250.2	26.60	233.8	222.3	2156	2010	14.14	13.18
August	225.4	26.50	231.4	220.8	2142	1998	14.20	13.24
September	165.0	22.80	192.1	182.8	1822	1699	14.54	13.56
October	120.0	18.60	161.2	153.2	1567	1460	14.91	13.88
November	78.0	14.30	118.4	111.6	1171	1087	15.15	14.08
December	64.8	10.90	99.8	93.0	1001	929	15.37	14.27
Year	1829.9	17.45	2042.5	1936.9	19695	18336	14.78	13.76

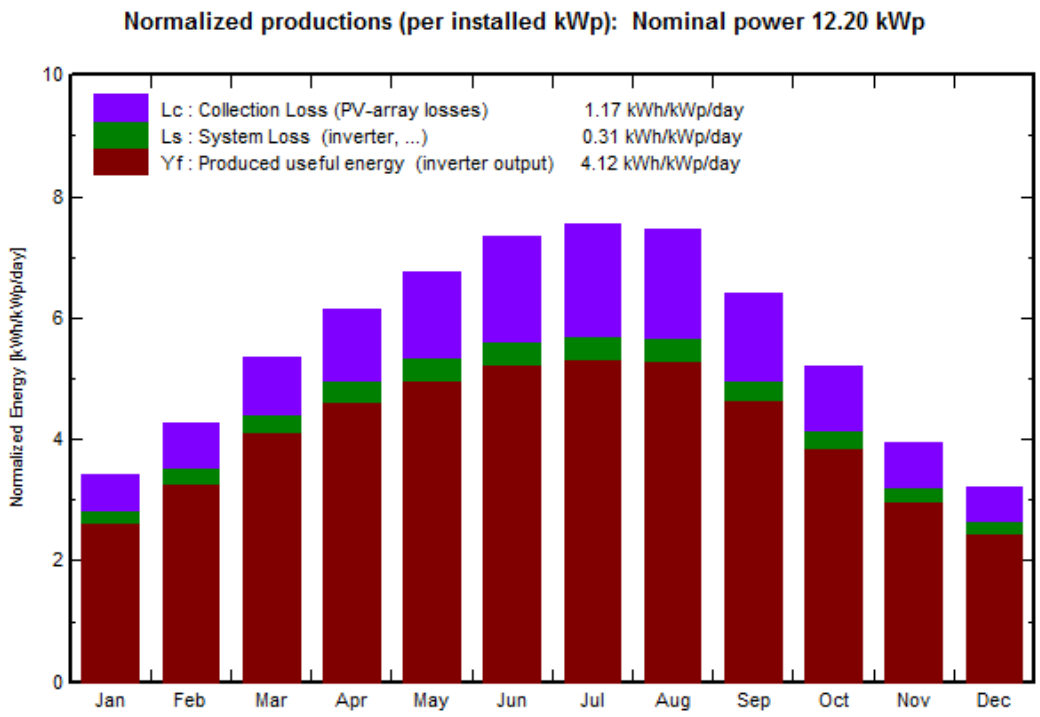
Εικόνα 5.41

Ένα διάγραμμα που δείχνει την ημερήσια παραγωγή ενέργειας.

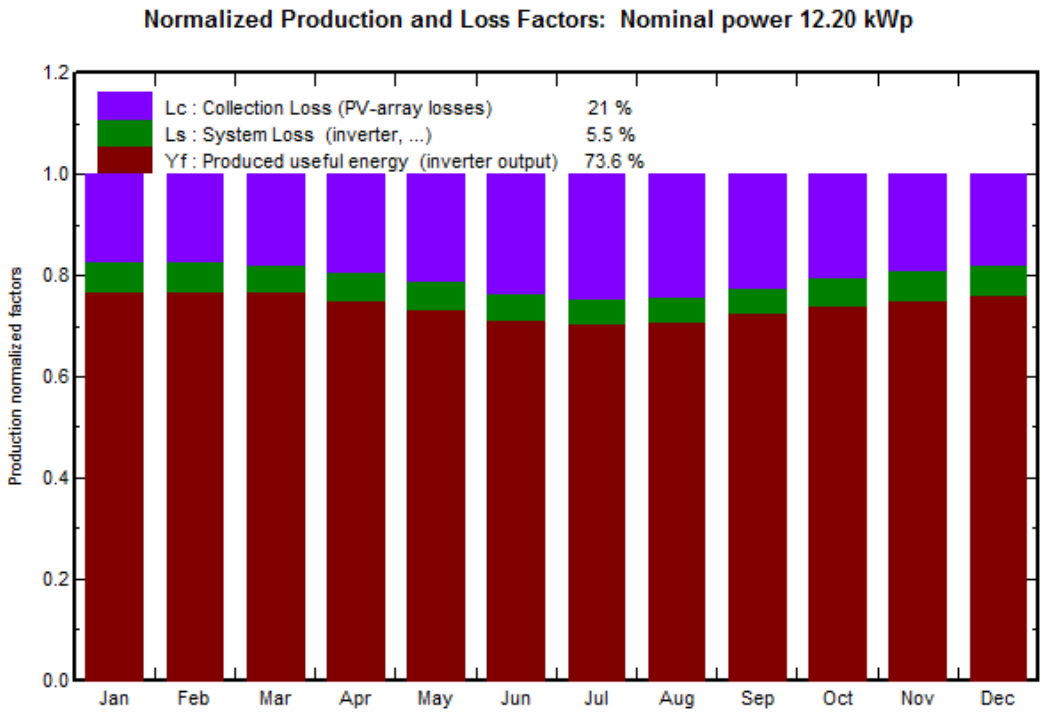


Εικόνα 5.42

Στα επόμενα δύο, παρουσιάζονται οι τιμές της κανονικοποιημένης παραγωγής ενέργειας σε απόλυτη τιμή αλλά και ποσοστό.

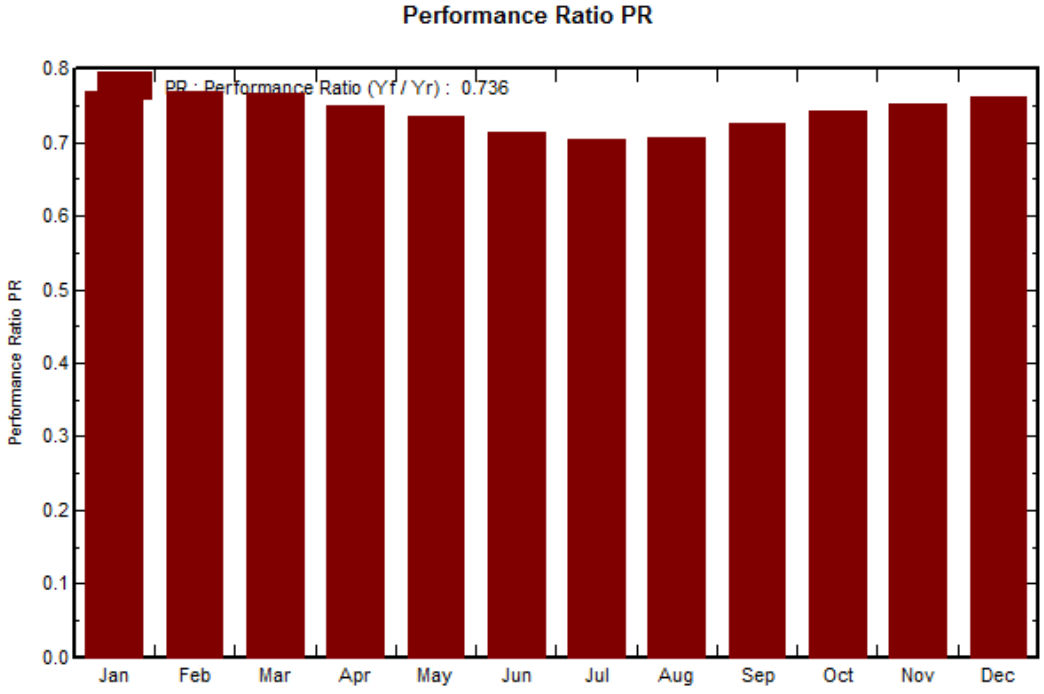


Εικόνα 5.43



Εικόνα 5.44

Στο διάγραμμα αποτυπώνεται ο μηνιαίος βαθμός απόδοσης του συστήματος.



Εικόνα 5.45

Τέλος, αναλύονται λεπτομερώς οι απώλειες του συστήματος.

PVSYST V5.57		03/07/12	Page 4/4

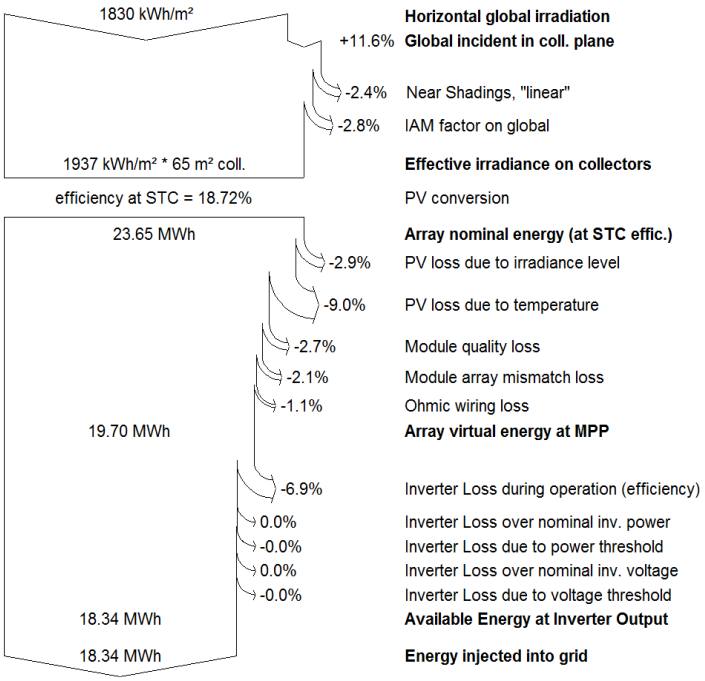
Grid-Connected System: Loss diagram

Project : **Grid-Connected Project at NBG**

Simulation variant : **New simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	Linear shadings			
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth	0°
PV modules	Model	SPR-305-WHT-D	Pnom	305 Wp
PV Array	Nb. of modules	40	Pnom total	**12.20 kWp**
Inverter	Model	Ingecon Sun 11	Pnom	11.00 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year



Εικόνα 5.46

5.13 2ο Σενάριο – Ειδικό Πρόγραμμα για Στέγες και Δώματα

5.13.1 Επιλογή πλήθους πλαισίων

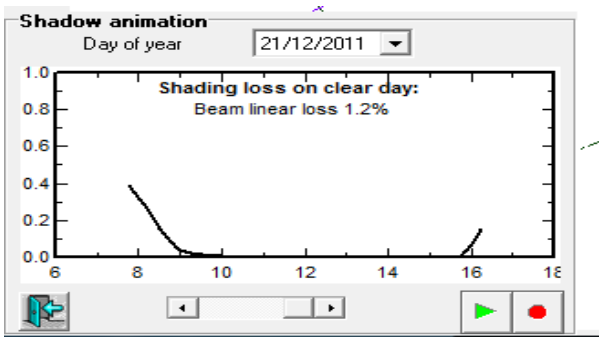
Στο σενάριο αυτό θα επιλέξουμε συγκεκριμένο αριθμό πλαισίων προκειμένου η συνολικά εγκατεστημένη ισχύ να είναι μικρότερη των 10 kW και το σύστημα μας να μπορεί να ενταχθεί στο ειδικό πρόγραμμα, που έχει ευνοϊκότερη ενεργειακή τιμολόγηση. Για να είναι πιο αποτελεσματική η σύγκριση των 2 σεναρίων θα χρησιμοποιήσουμε τον ίδιο τύπο φωτοβολταϊκών των 305W της SunPower.

Για να βρούμε τον ακριβή αριθμό αυτό διαιρούμε τα 10 kW με τα 305W που παράγει το κάθε πλαίσιο. Συνεπώς, θα τοποθετήσουμε **32 πλαίσια**.

5.13.2 Μελέτη Σκιάσεων

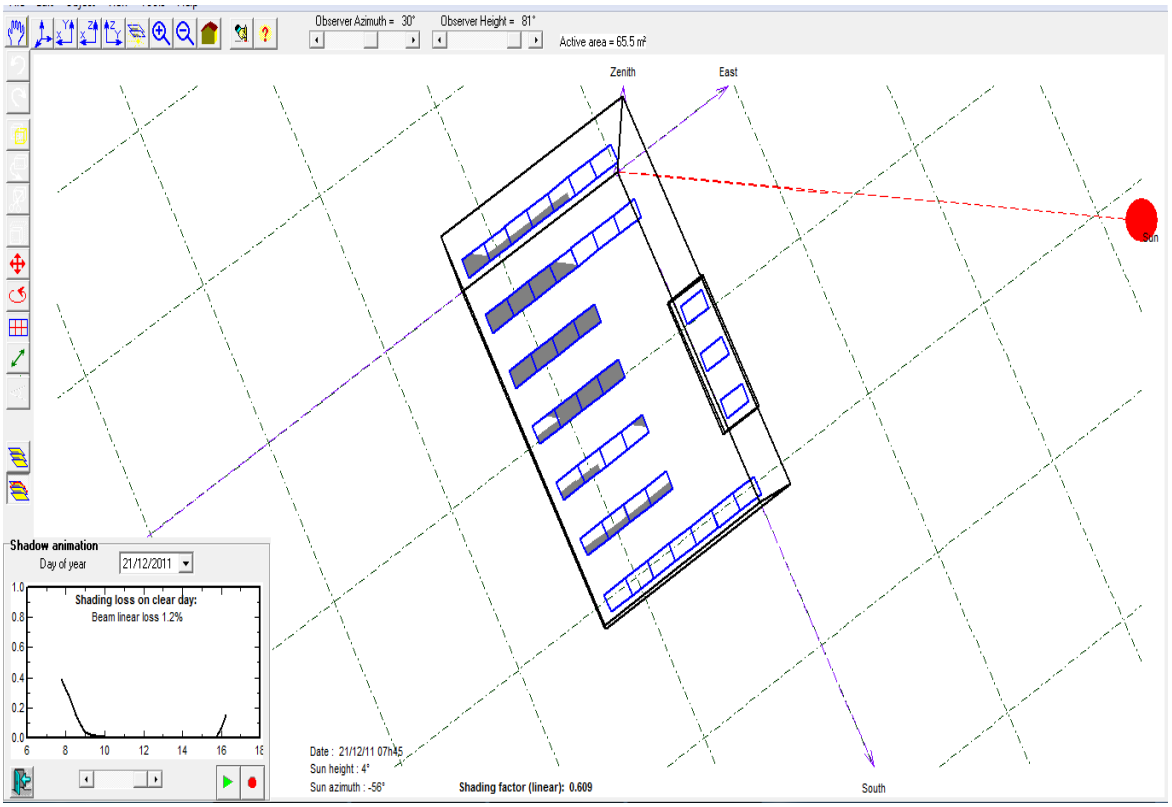
Προκειμένου να χωροθετήσουμε τα 32 αυτά φωτοβολταϊκά πλαίσια πρέπει από την προηγούμενη εγκατάσταση να αφαιρέσουμε 8 πλαίσια. Η επιλογή θα γίνει με κριτήριο τη συχνότητα σκίασης των πλαισίων. Θα αφαιρέσουμε δηλαδή αυτά τα οποία σκιάζονται περισσότερη στη μονάδα του χρόνου.

Για να το πετύχουμε αυτό θα επιλέξουμε τη δυσμενέστερη μέρα, 21 Δεκεμβρίου και αξιοποιώντας τα διαδοχικά στιγμιότυπα θα βρούμε που έχουμε τη μεγαλύτερη σκίαση. Φυσικά θα λάβουμε υπόψη μας και τις ώρες που πραγματοποιείται η σκίαση των κελιών και θα επικεντρωθούμε στις ώρες γύρω από το ηλιακό μεσημέρι που έχουμε το υψηλότερο ηλιακό δυναμικό. Αρχικά, αναφέρουμε το συντελεστή σκίασης που είχαμε υπολογίσει στην ενότητα 4.12.2.

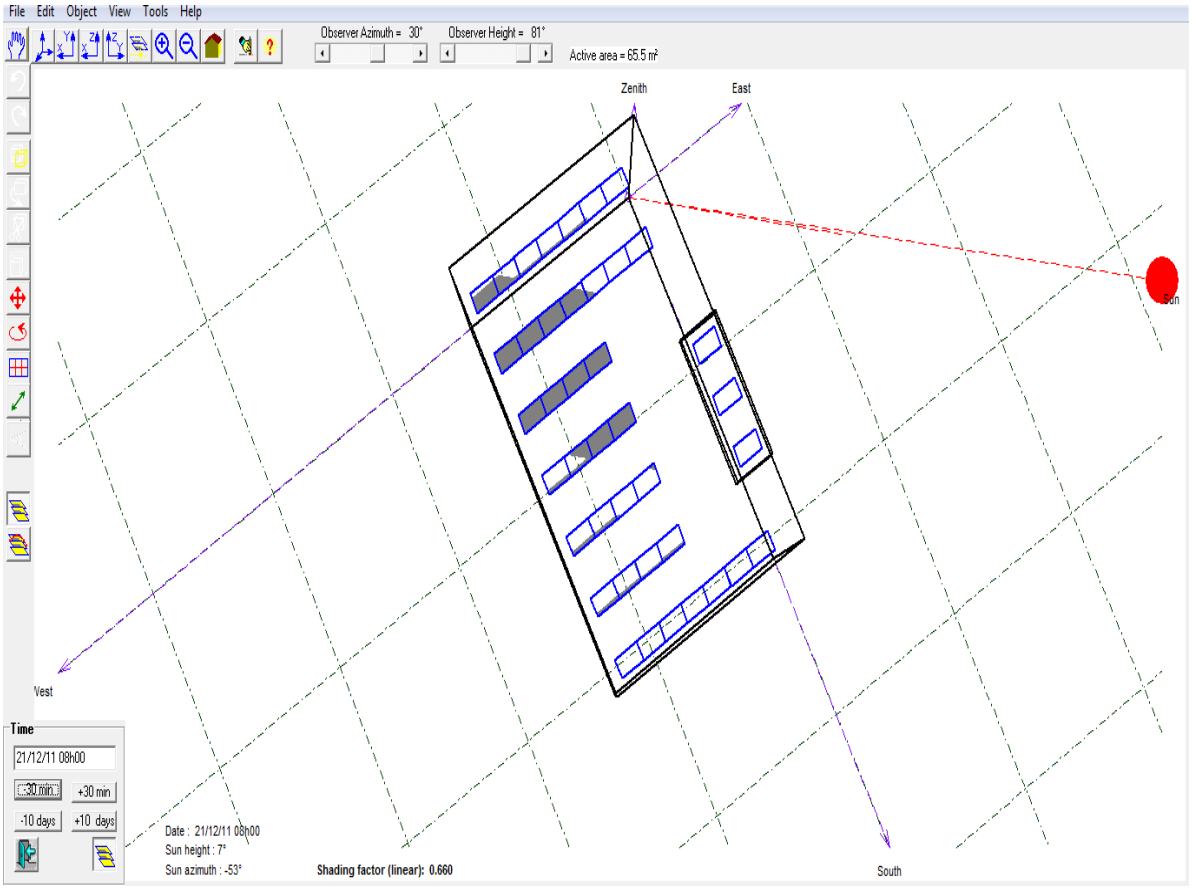


Εικόνα 5.47

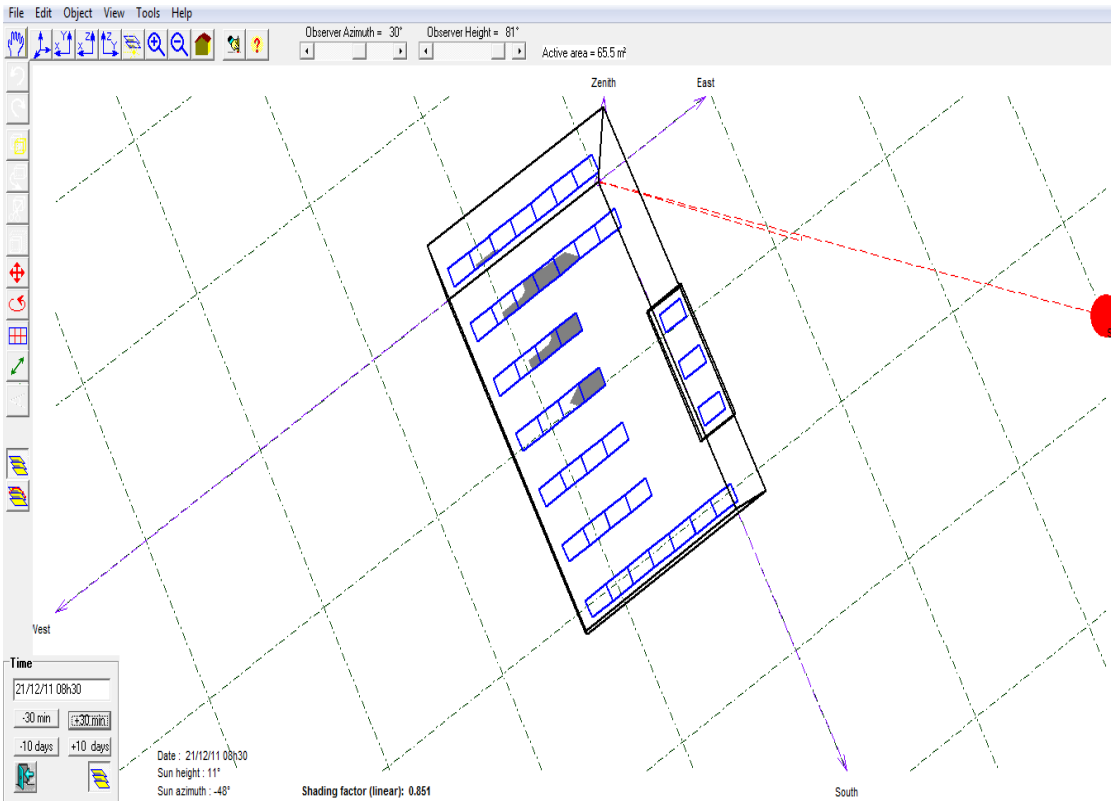
Τώρα, καταγράφουμε διαδοχικά στιγμιότυπα τις ώρες με τις μεγαλύτερες απώλειες και προσέχουμε τη τιμή του συντελεστή σκίασης και τα πλαίσια που σκιάζονται περισσότερο και πιο συχνά.



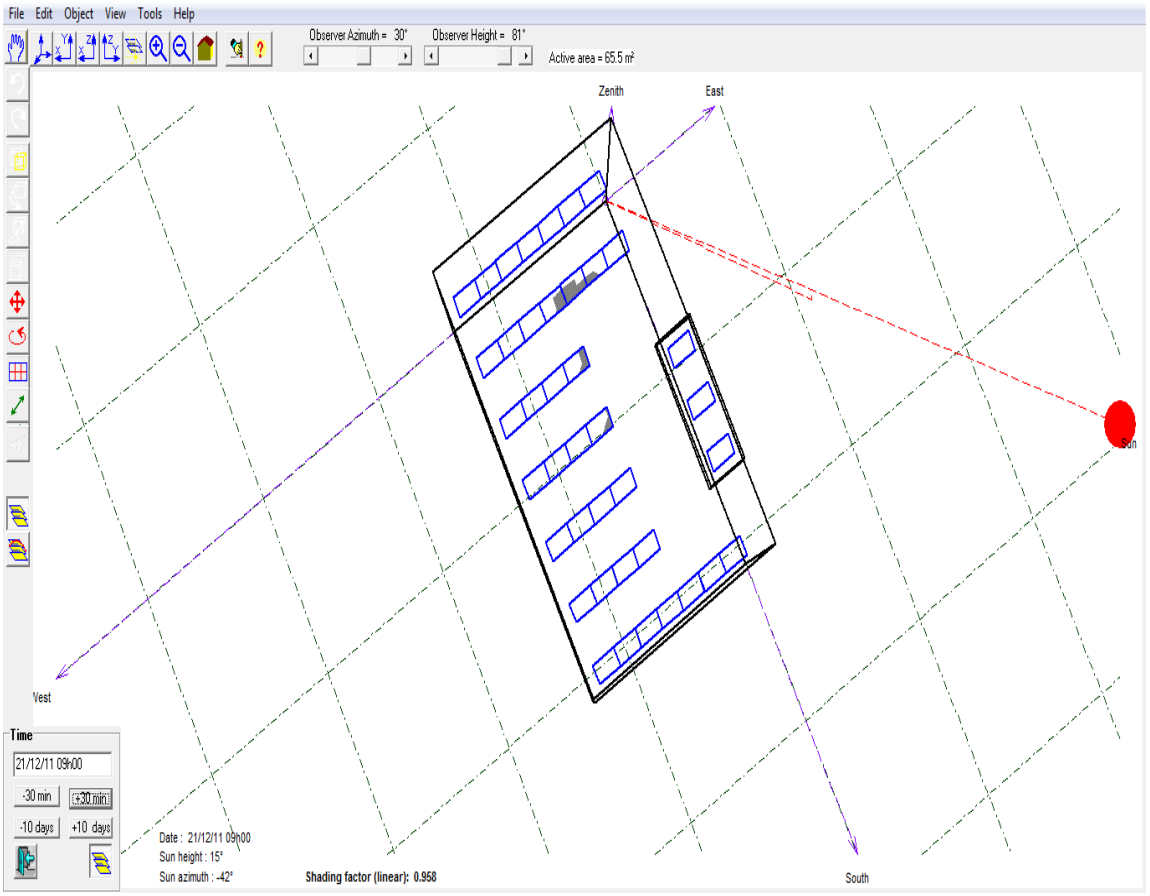
Εικόνα 5.48



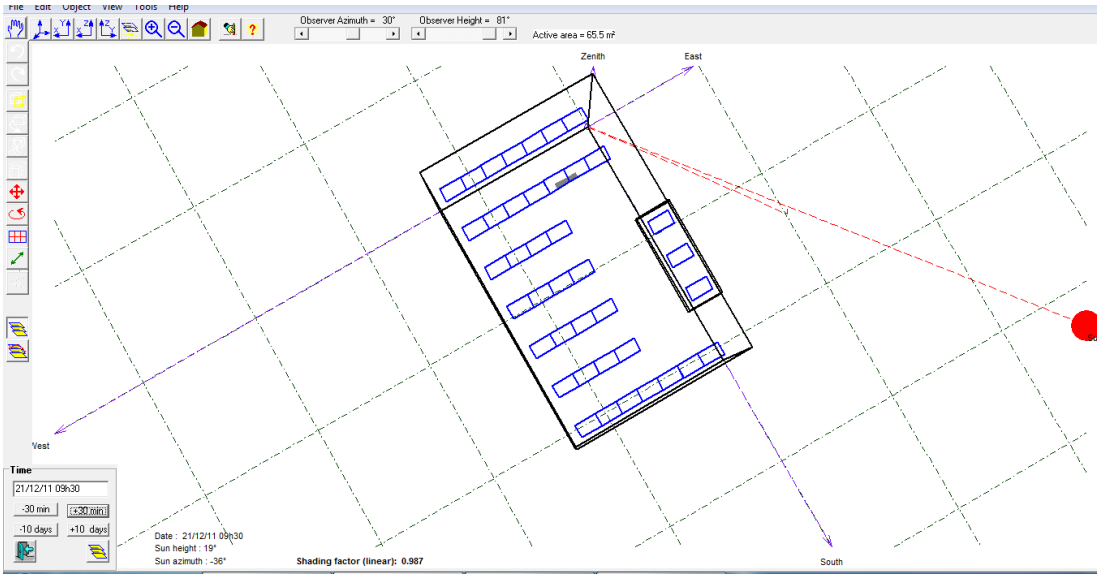
Εικόνα 5.49



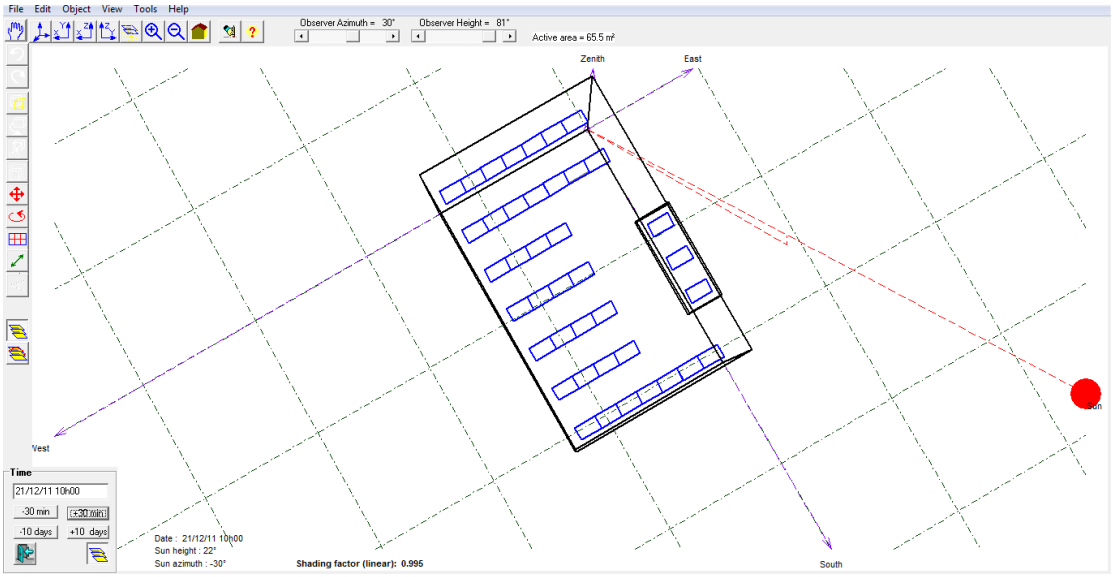
Εικόνα 5.50



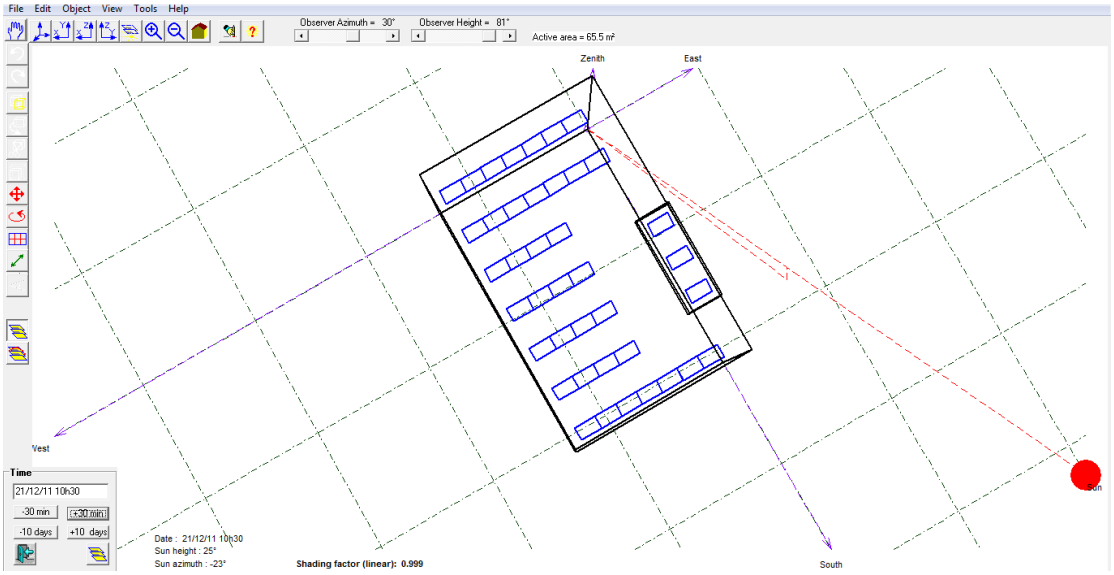
Εικόνα 5.51



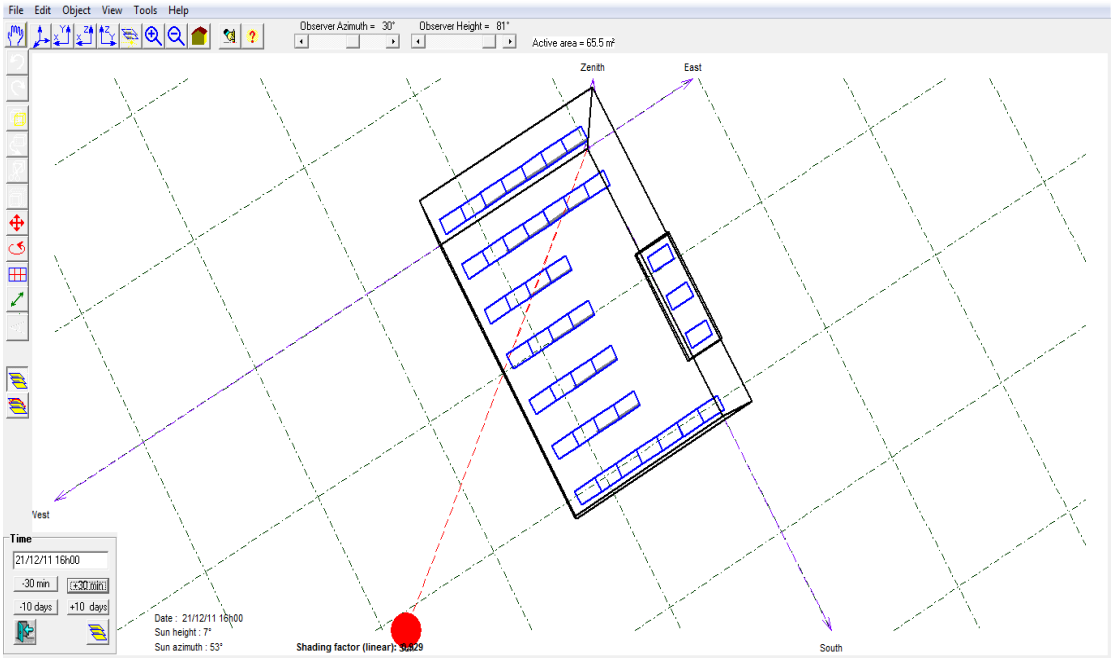
Εικόνα 5.52



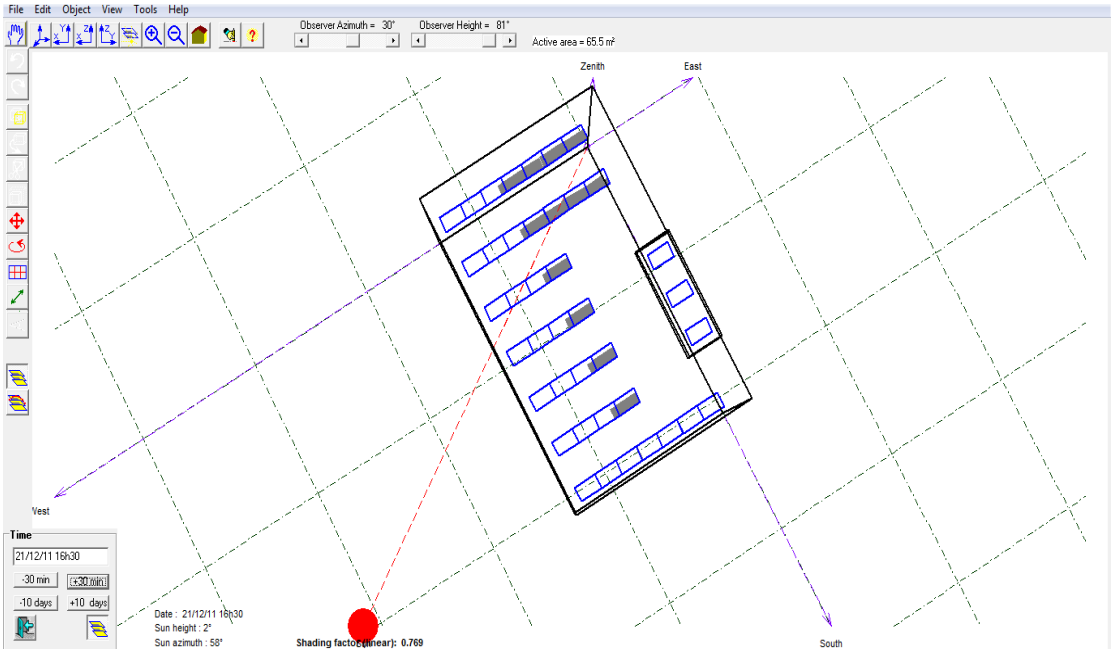
Εικόνα 5.53



Εικόνα 5.54

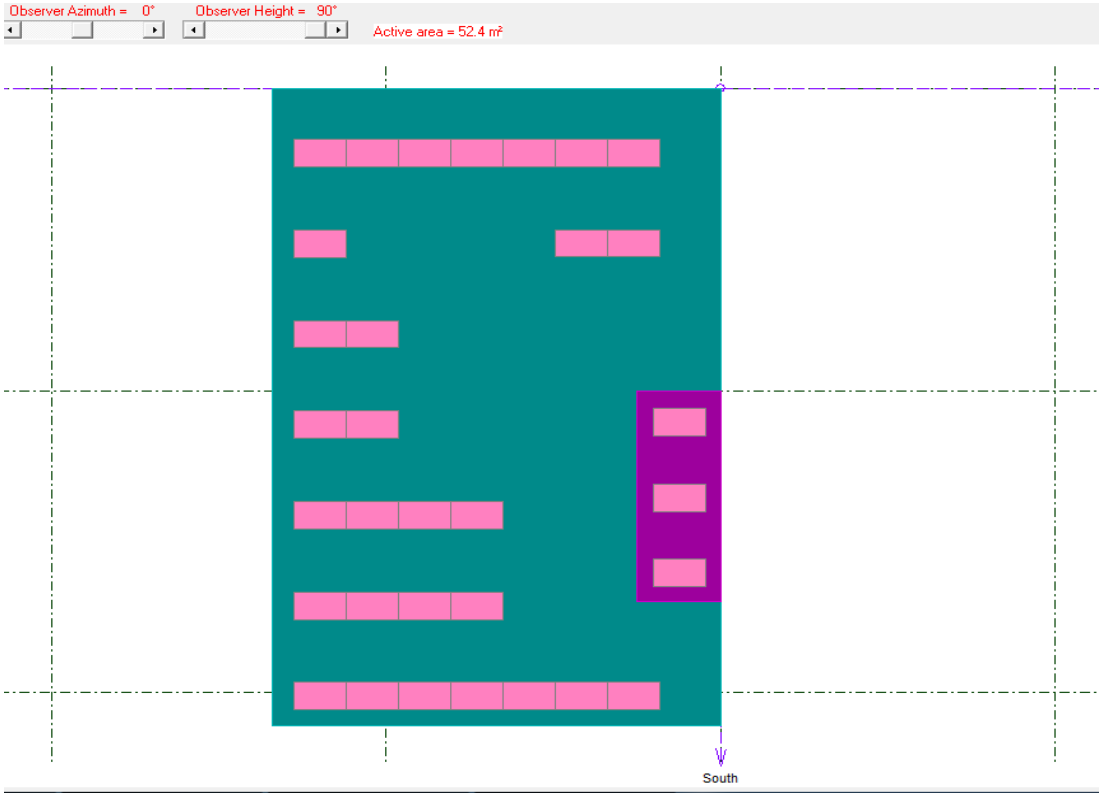


Εικόνα 5.55



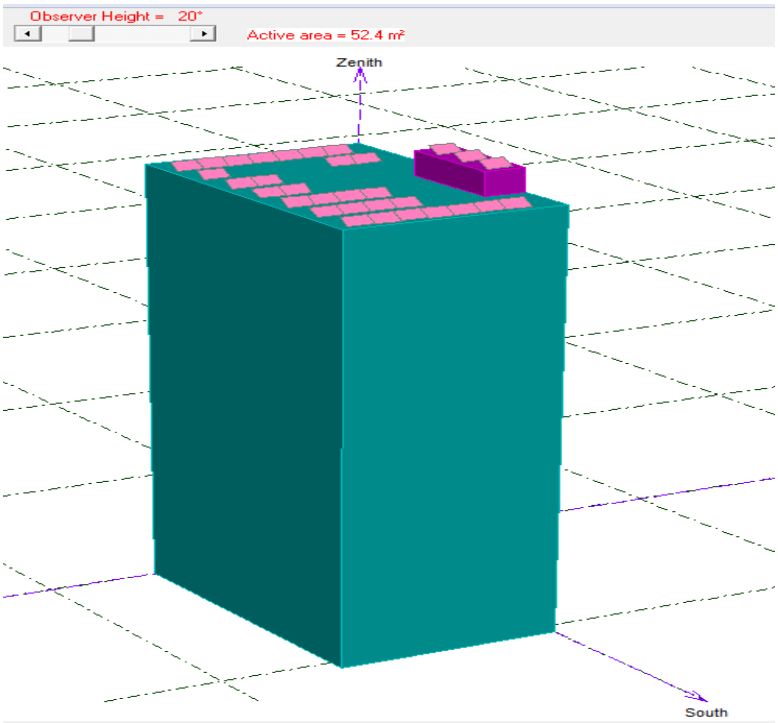
Εικόνα 5.56

Εύκολα τώρα μπορούμε να αφαιρέσουμε τα 8 πλαίσια και έχουμε το νέο σχήμα.



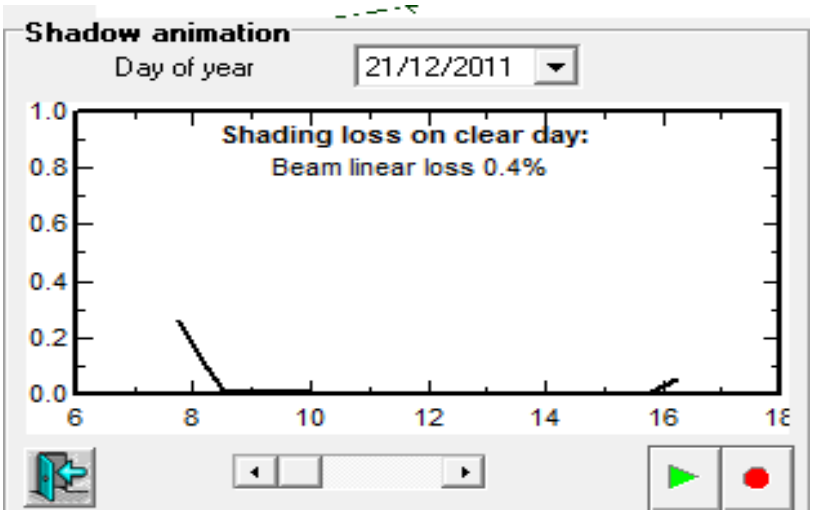
Εικόνα 5.57

Τρισδιάστατα,



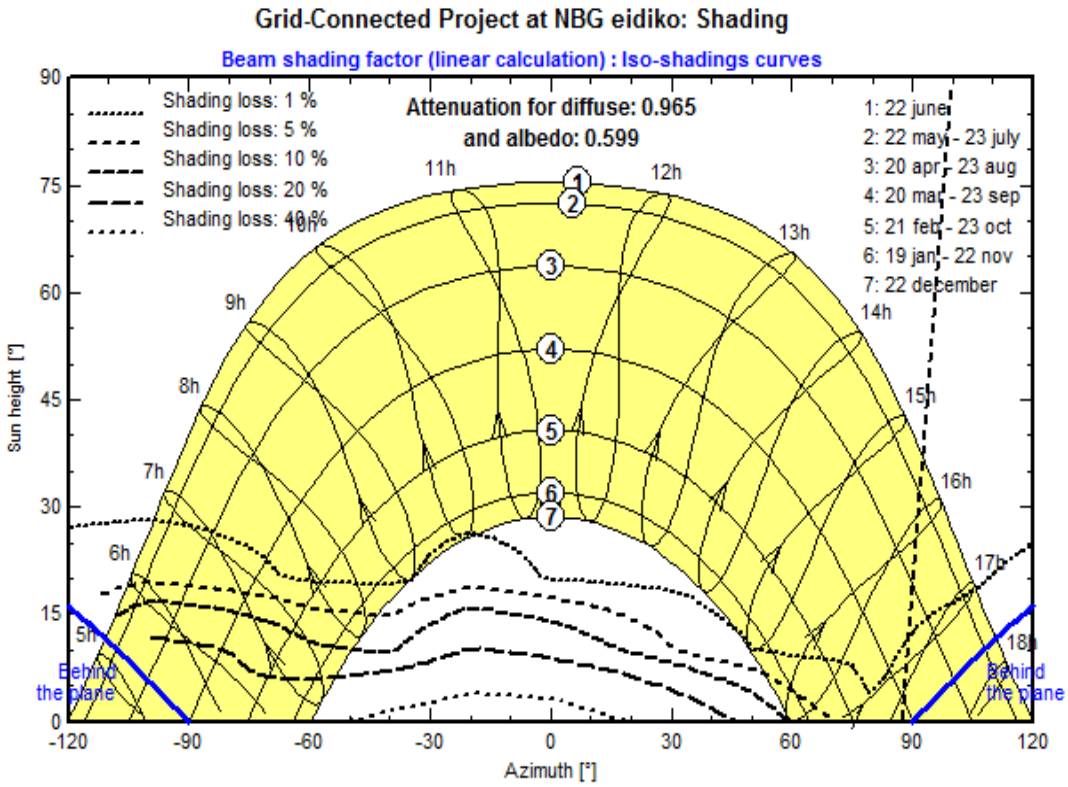
Εικόνα 5.58

Τώρα, υπολογίζουμε τις απώλειες του νέου συστήματος οι οποίες είναι της τάξης του 0,4 %.



Εικόνα 5.59

Τέλος, σχεδιάζουμε το διάγραμμα σκιάσεων για κάθε ώρα και μέρα του έτους και τις τιμές του συντελεστή απωλειών.



Εικόνα 5.60

Shading factor table (linear), for the beam component

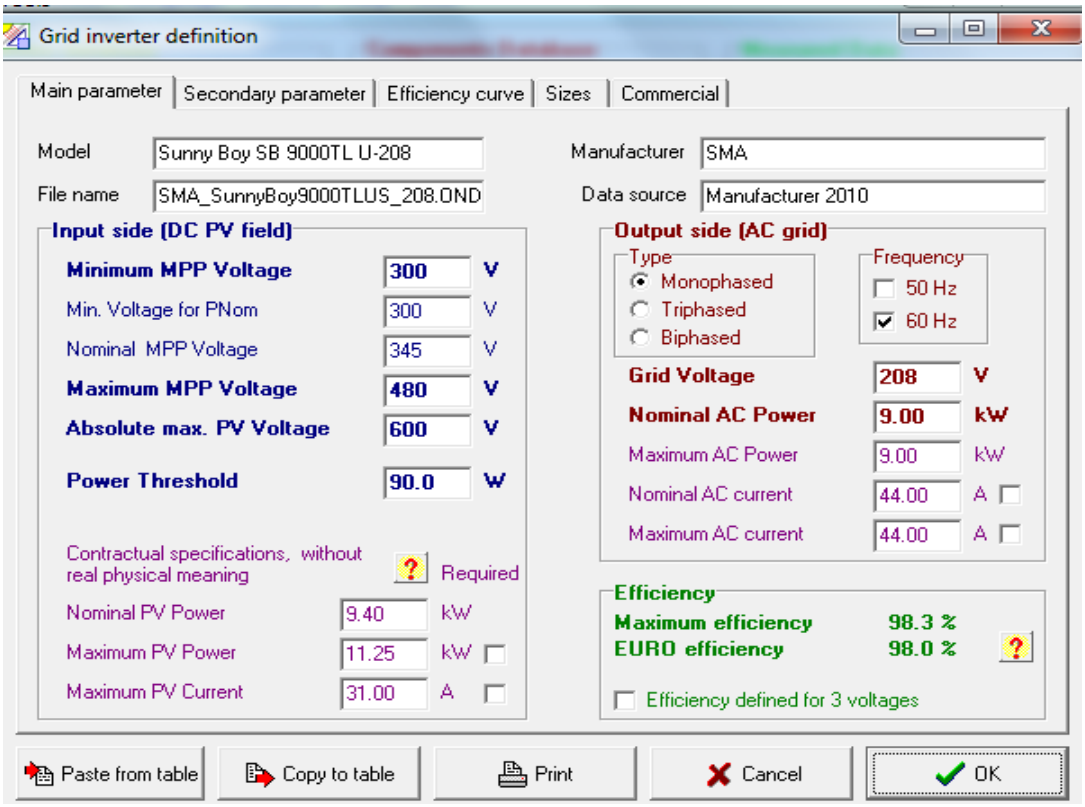
Azimuth / Height	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
90°	0.468	1.000	1.000	1.000	1.000	0.937	0.750	0.687	0.687	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.937	0.781	0.750	0.750	0.437
80°	0.468	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	0.468
70°	0.468	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.468
60°	0.468	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.468
50°	0.468	0.999	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.468
40°	0.468	0.998	0.997	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	1.000	0.999	0.999	0.999	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.468
30°	0.468	0.994	0.994	0.995	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999	1.000	0.999	0.999	0.999	0.998	0.997	0.996	0.994	0.993	0.468
20°	Behind	0.989	0.990	0.977	0.960	0.981	0.995	0.998	0.972	0.992	0.999	0.999	0.998	0.997	0.995	0.985	0.990	0.987	Behind
10°	Behind	Behind	Behind	0.958	0.764	0.799	0.888	0.912	0.789	0.839	0.911	0.981	0.997	0.995	0.981	0.974	Behind	Behind	Behind
2°	Behind	Behind	Behind	Behind	0.568	0.766	0.682	0.540	0.475	0.486	0.608	0.760	0.916	0.989	0.968	Behind	Behind	Behind	Behind

Shading factor for diffuse: 0.965 and for albedo: 0.599

Εικόνα 5.61

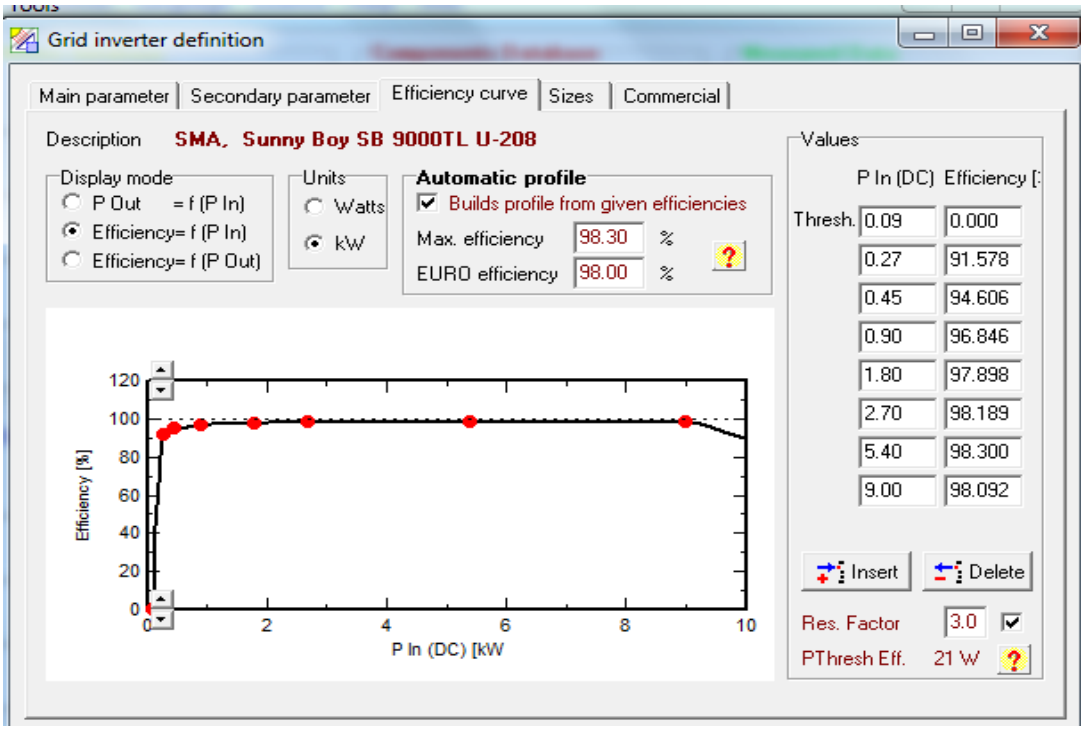
5.13.3 Επιλογή Αντιστροφέα

Σε αυτήν την περίπτωση έχουμε ονομαστική ισχύ εγκατάστασης ίση με 9,8 KW και επιλέγουμε τριφασικό αντιστροφέα της SMA, transformerless των 9 kW. Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στην επόμενη εικόνα.



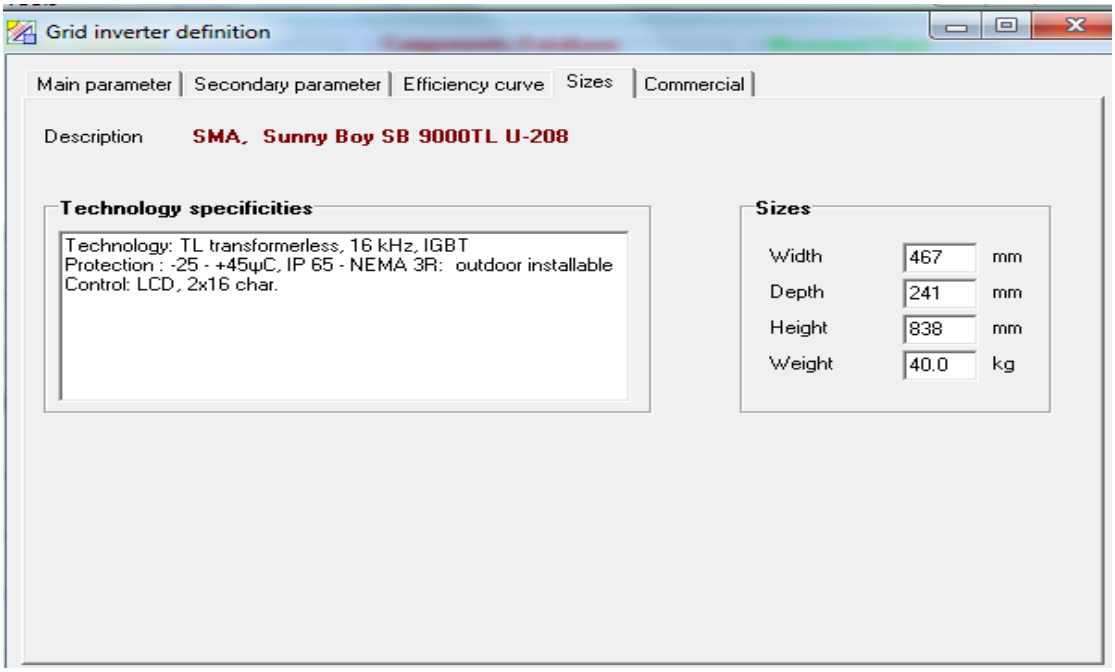
Εικόνα 5.61

Στη συνέχεια, σημειώνεται το διάγραμμα της απόδοσης του αντιστροφέα.



Εικόνα 5.62

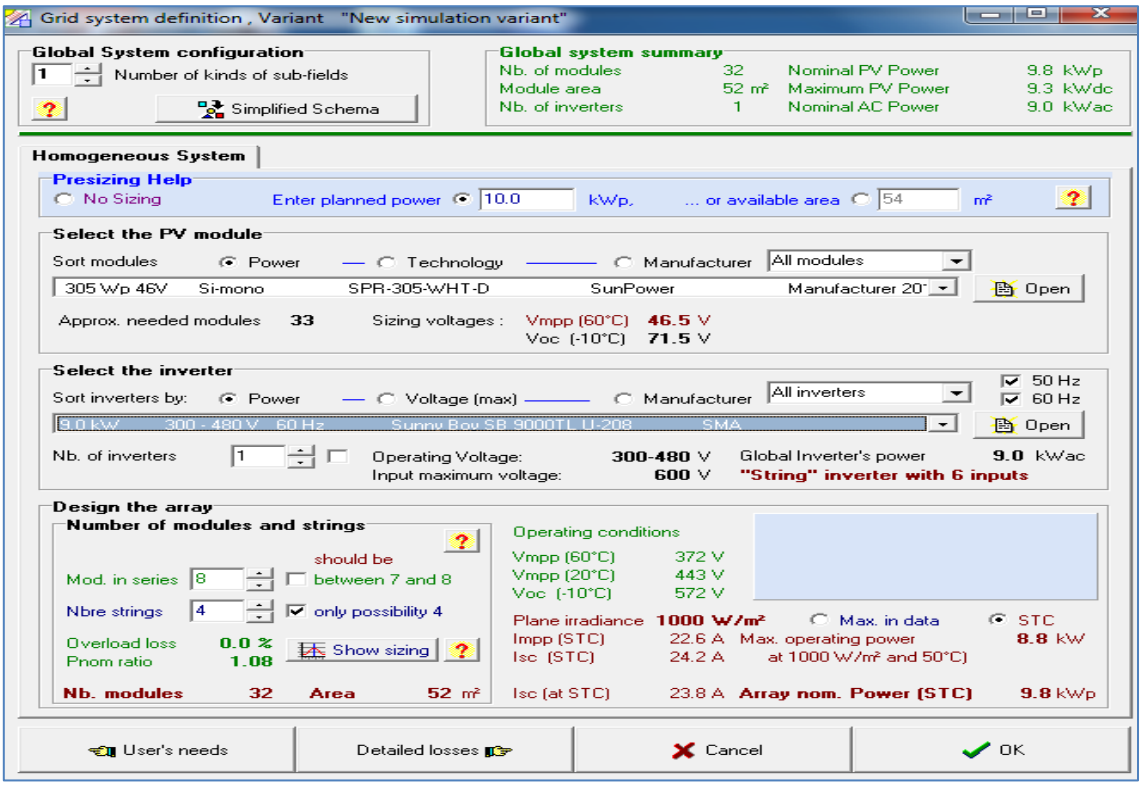
Οι διαστάσεις του αντιστροφέα.



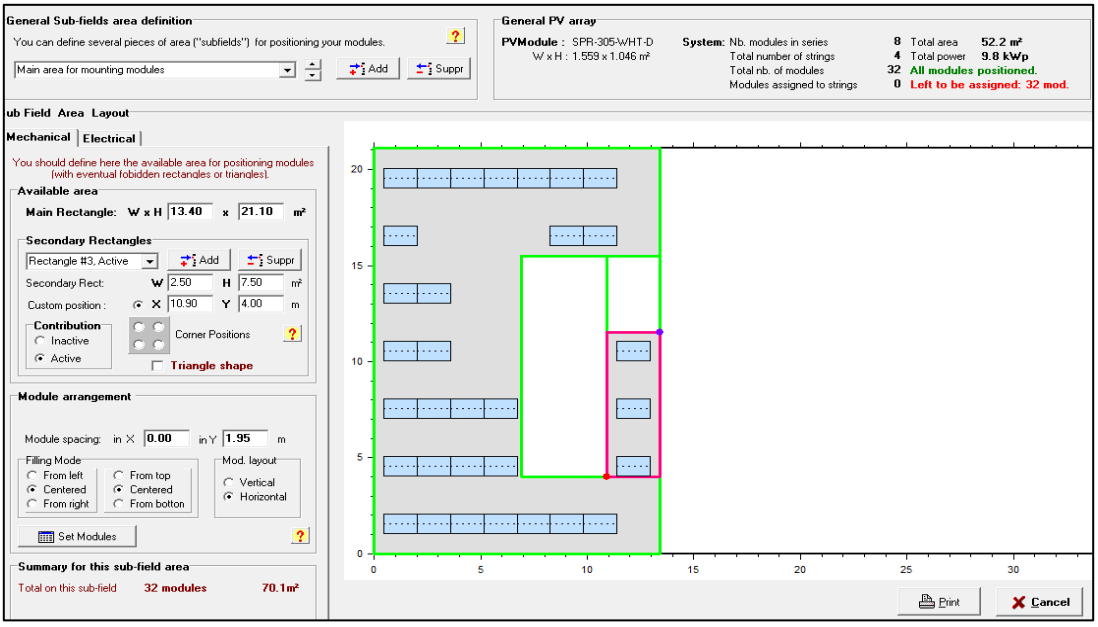
Εικόνα 5.63

5.13.4 Διαστασιολόγηση Συνολικού Συστήματος

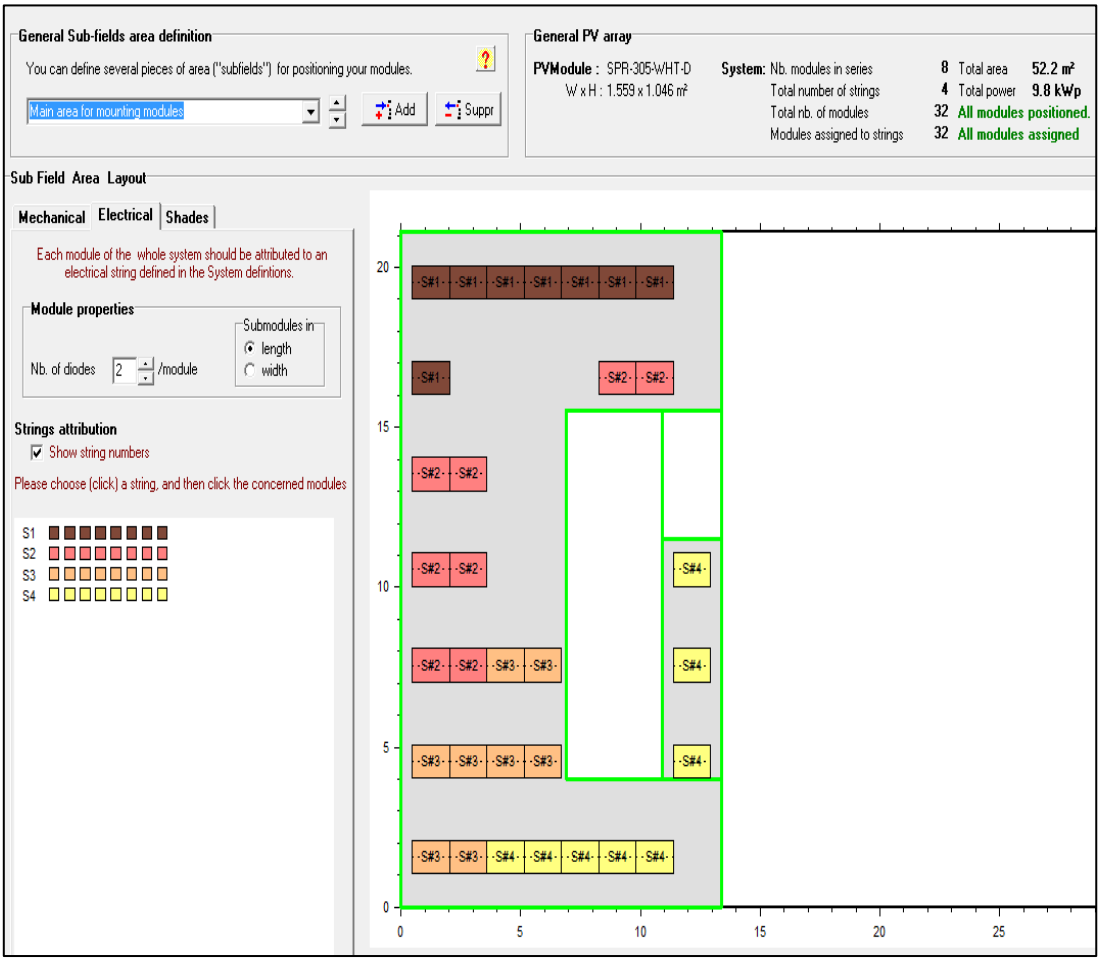
Τοποθετούμε τα στοιχεία που έχουμε βρει προηγουμένως στη επιλογή system της διεπαφής του PVSyst. Επιλέγουμε τα πλαίσια, τον inverter, τον αριθμό και τη σύνδεση των strings και επιβεβαιώνουμε και μέσω του προγράμματος τη συμβατότητα των επιλεγμένων στοιχείων.



Εικόνα 5.64

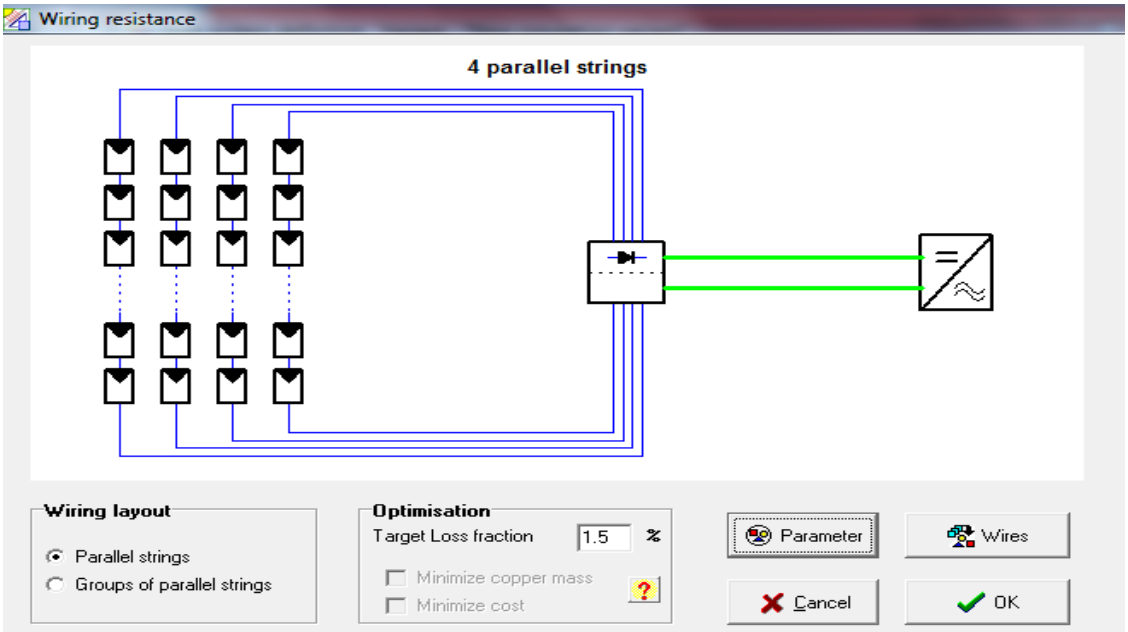


Εικόνα 5.65



Εικόνα 5.66

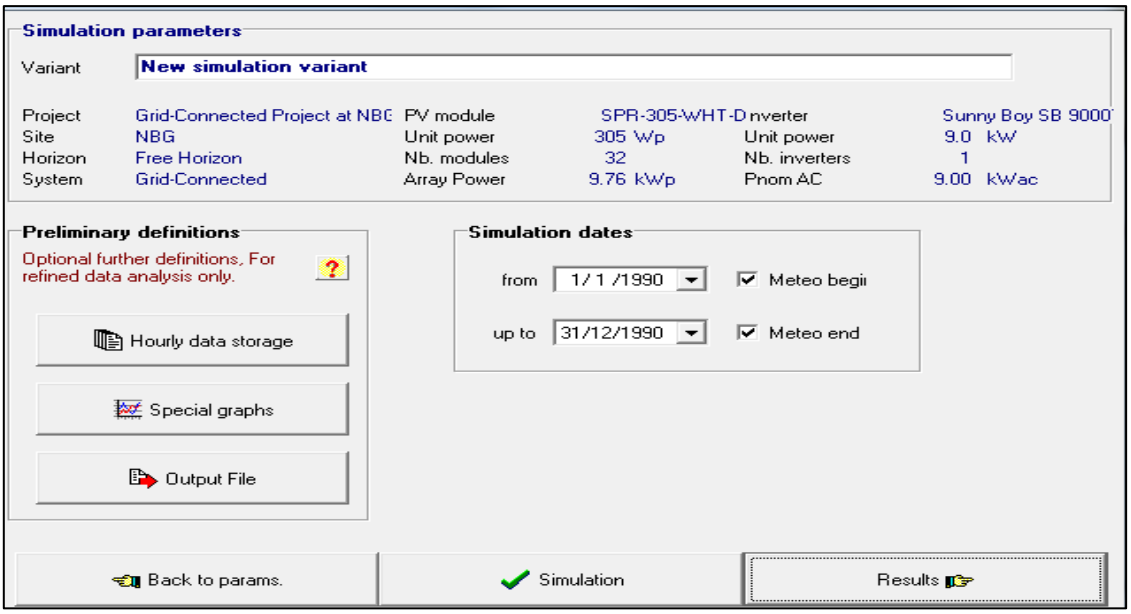
Τέλος σχεδιάσαμε τη σύνδεση των καλωδίων



Εικόνα 5.67

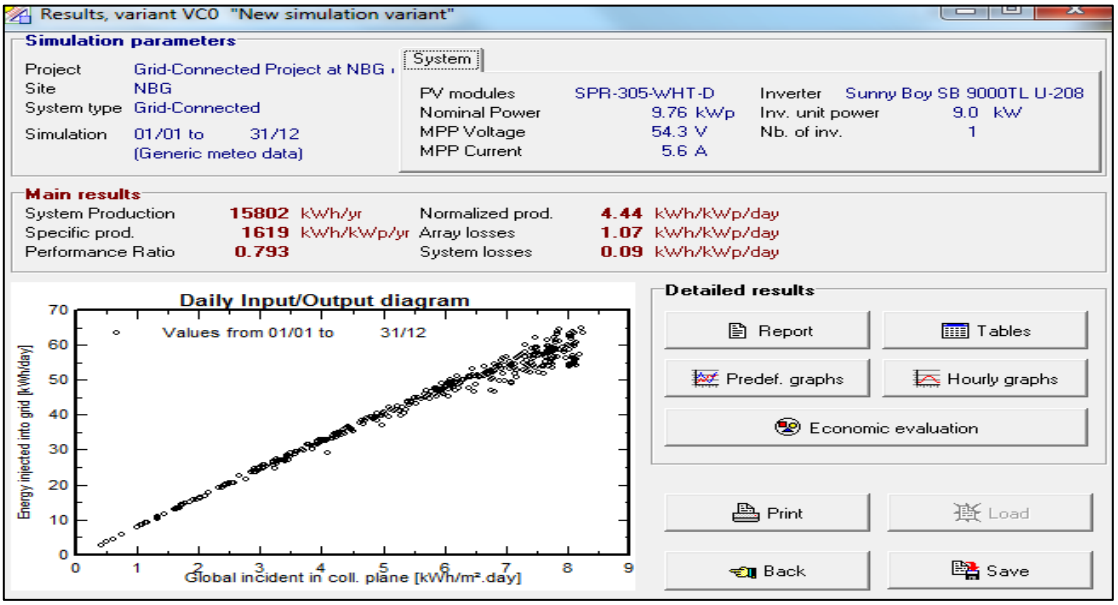
5.13.5 Προσομοίωση – Αποτελέσματα

Τα δεδομένα που έχουμε εισάγει είναι τα ακόλουθα.



Εικόνα 5.68

Τα πρώτα βασικά αποτελέσματα αποτυπώνονται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 5.69

Έχουμε συνολικά παραγόμενη ενέργεια ίση με 15.802 KWh ανά έτος, με συνολικό βαθμό απόδοσης ίσο με 79,3%.

Στη συνέχεια φαίνονται οι βασικότεροι παράμετροι.

New simulation variant
Balances and main results

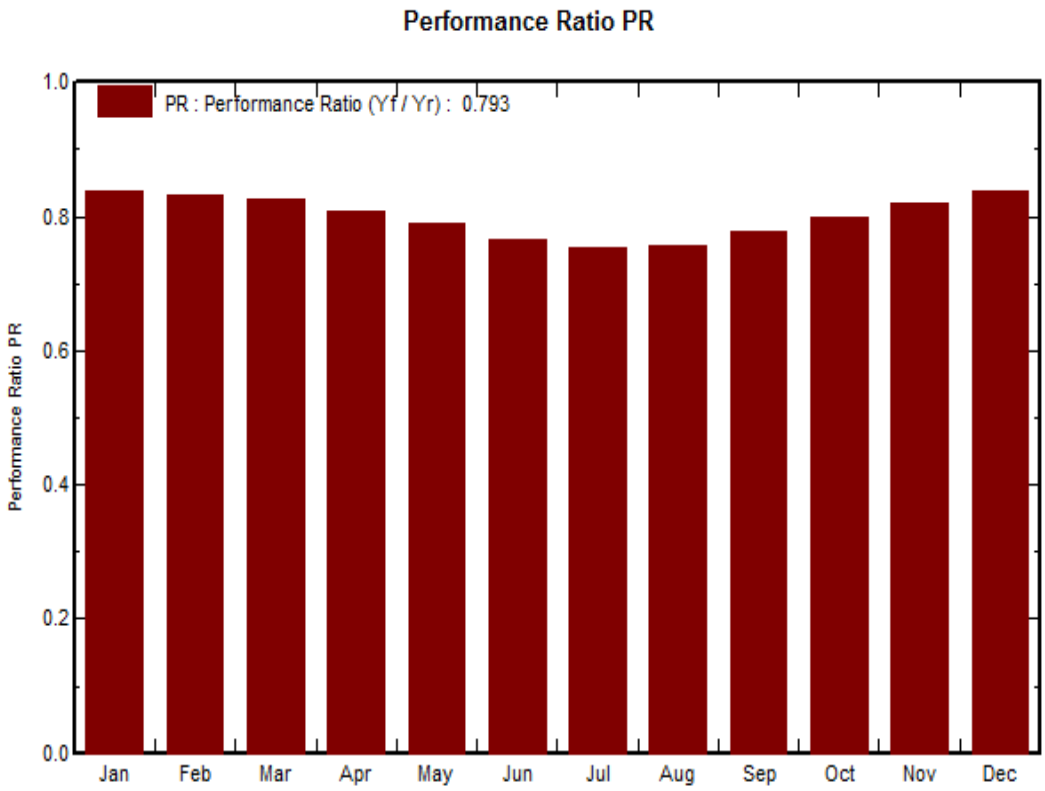
	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	69.7	9.40	106.1	103.0	886	869	16.02	15.70
February	86.7	9.90	119.2	115.9	989	970	15.90	15.59
March	137.3	11.40	166.0	161.3	1365	1339	15.75	15.46
April	174.3	14.60	184.5	179.0	1484	1454	15.41	15.11
May	217.3	19.60	209.8	203.3	1649	1617	15.06	14.77
June	241.2	24.30	220.2	212.7	1677	1643	14.59	14.29
July	250.2	26.60	233.8	226.2	1755	1720	14.38	14.10
August	225.4	26.50	231.4	224.6	1742	1708	14.43	14.15
September	165.0	22.80	192.1	186.6	1487	1458	14.84	14.55
October	120.0	18.60	161.2	156.8	1284	1259	15.26	14.97
November	78.0	14.30	118.4	115.1	966	947	15.62	15.32
December	64.8	10.90	99.8	96.7	834	818	16.00	15.69
Year	1829.9	17.45	2042.5	1981.2	16117	15802	15.12	14.83

Εικόνα 5.70

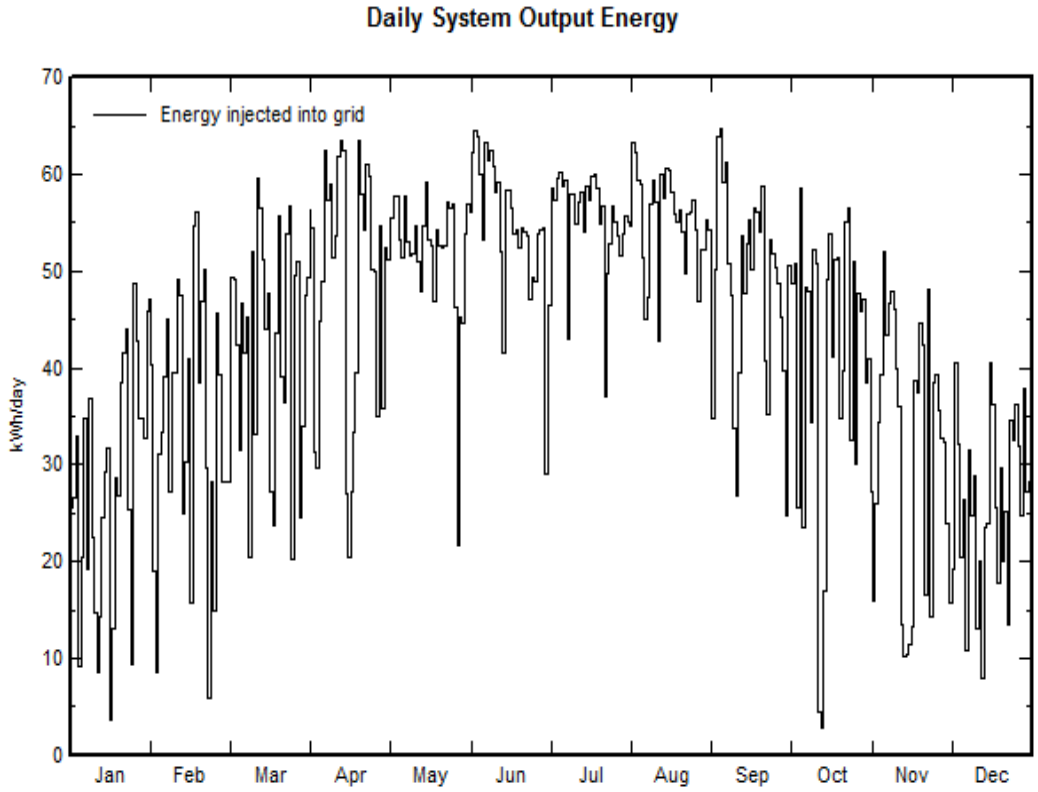
New simulation variant
Normalized Performance Coefficients

	Yr	Lc	Ya	Ls	Yf	Lcr	Lsr	PR
	kWh/m².day		kWh/kWp/d		kWh/kWp/d			
January	3.42	0.491	2.93	0.058	2.87	0.144	0.017	0.839
February	4.26	0.639	3.62	0.071	3.55	0.150	0.017	0.833
March	5.36	0.845	4.51	0.085	4.43	0.158	0.016	0.826
April	6.15	1.081	5.07	0.101	4.97	0.176	0.016	0.808
May	6.77	1.317	5.45	0.106	5.35	0.195	0.016	0.790
June	7.34	1.614	5.73	0.117	5.61	0.220	0.016	0.764
July	7.54	1.743	5.80	0.115	5.69	0.231	0.015	0.754
August	7.46	1.706	5.76	0.111	5.65	0.229	0.015	0.757
September	6.40	1.323	5.08	0.099	4.98	0.207	0.015	0.778
October	5.20	0.958	4.24	0.080	4.16	0.184	0.015	0.800
November	3.95	0.650	3.30	0.064	3.23	0.165	0.016	0.819
December	3.22	0.465	2.75	0.053	2.70	0.145	0.016	0.839
Year	5.60	1.072	4.52	0.088	4.44	0.192	0.016	0.793

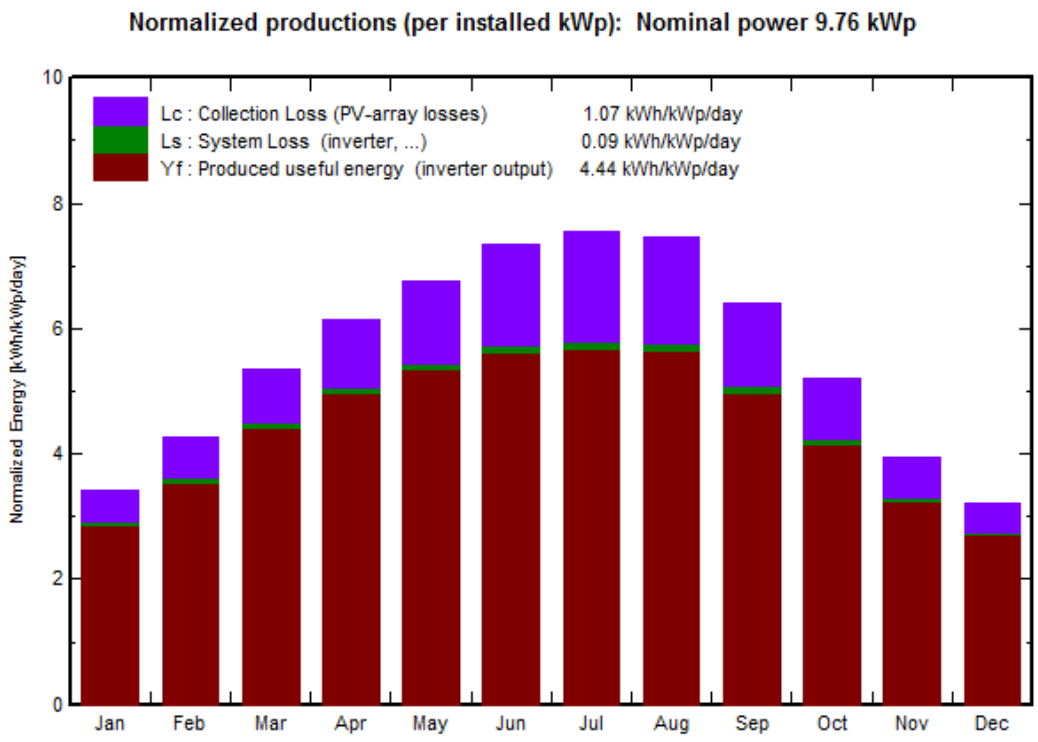
Εικόνα 5.71



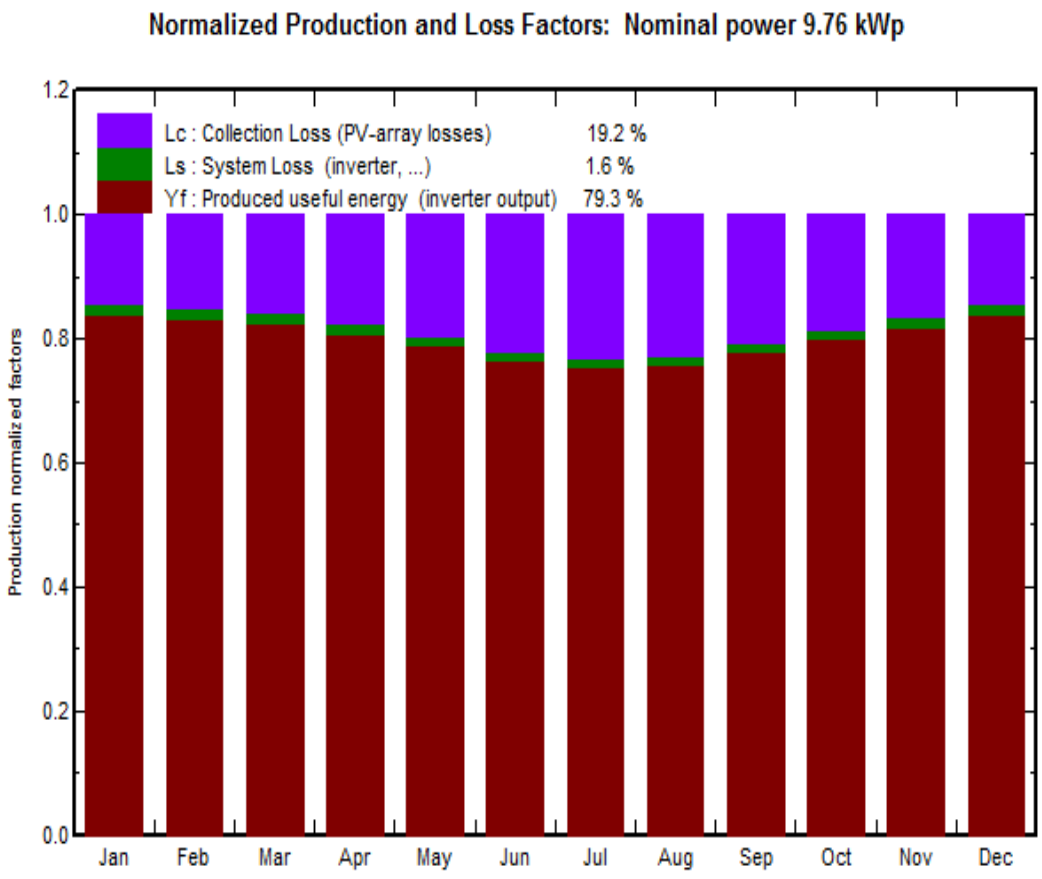
Εικόνα 5.72



Εικόνα 5.72



Εικόνα 5.73



Εικόνα 5.74

PVSYST V5.57		05/07/12	Page 3/3

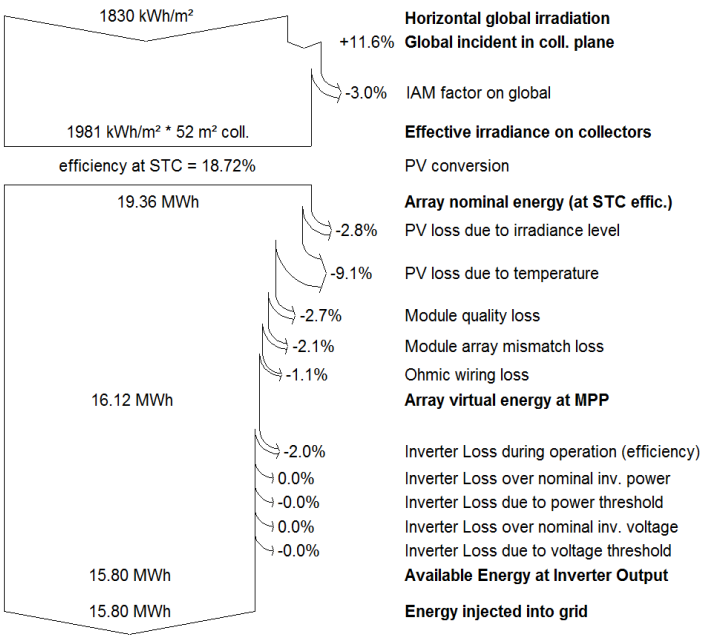
Grid-Connected System: Loss diagram

Project : **Grid-Connected Project at NBG eidiko**

Simulation variant : **New simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth	0°
PV modules	Model	SPR-305-WHT-D	Pnom	305 Wp
PV Array	Nb. of modules	32	Pnom total	**9.76 kWp**
Inverter	Model	Sunny Boy SB 9000TL U-20	Pnom	9.00 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year



Εικόνα 5.75

6. Οικονομική Μελέτη της Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης - Συμπεράσματα

Όπως σε κάθε επένδυση ,έτσι και στα Φωτοβολταϊκά, προτού ληφθεί μια απόφαση εκκίνησης, θα πρέπει να λαμβάνονται μια πληθώρα παραγόντων που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τον ανάληψη του ρίσκου που εμπεριέχει οποιαδήποτε επένδυση. Παράγοντες όπως:

- Διάρκεια Συμβολαίου αγοραπωλησίας
- Τιμή πώλησης
- Διακύμανση τιμής πώλησης
- Τραπεζική Χρηματοδότηση
- Θεσμικό πλαίσιο
- Έτη απόσβεσης επένδυσης
- Φορολογία κερδών

Είναι καθοριστικοί ώστε να ληφθεί η σωστή απόφαση.

6.1 Σενάριο 1

Στο σενάριο αυτό έχουμε το μέγιστο αριθμό πλαισίων στη ταράτσα του κτιρίου της Εθνικής και κατά συνέπεια επιτυγχάνουμε τη μέγιστη δυνατή παραγομένη ενέργεια από το φ/β σύστημα. Η σύμβαση αγοραπωλησίας είναι 25 χρόνια.

6.1.1 Αρχικό Κόστος

Το αρχικό κόστος περιλαμβάνει το κόστος αγοράς του εξοπλισμού, το κόστος εγκατάστασης, τα κόστη έκδοσης των αδειών και τα κόστη παρακολούθησης. Το κόστος εξοπλισμού αποτελείται από τα ακόλουθα κόστη.

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Αντιστροφείς
- Βάσεις στήριξης
- Υλικά πάκτωσης
- Καλωδιώσεις
- Πίνακας με αντικεραυνική προστασία
- Πρόσθετα μέσα προστασίας
- Συσσωρευτές και ρυθμιστές τάσεων, για αυτόνομα συστήματα

Για τα συγκεκριμένα πλαίσια των 305 Watt της SunPower η τιμή αγοράς είναι **2 €/watt**, η οποία περιλαμβάνει, πέρα από την αγορά των πλαισίων, την ασφαλή μεταφορά στο επιθυμητό μέρος. Άρα, για τα 40 πλαίσια, συνολικής ισχύος 12.200 watt απαιτούνται: *2 €/watt * 12.200 watt = 24.400 €*

Συμπεριλαμβανομένου και του ΦΠΑ της τάξεως του 23%, το κόστος για τα Φ/Β πλαίσια είναι: *24.400 * 1,23 = 30.012 €*

Τώρα για τον τριφασικό αντιστροφέα Ingecon Sun TL 11kW της Ingeteam, η τιμή αγοράς, χωρίς το ΦΠΑ, είναι 3.310 €. Με ΦΠΑ φτάνει τις **4.071,3€.**

Όσον αφορά τις βάσεις στήριξης, οι οποίες είναι απαραίτητες για την υλοποίηση του σταθμού, η τιμή τους, συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ είναι **0,31 €/watt**. Οπότε, για την συγκεκριμένη εγκατάσταση: *0,31 €/watt * 12.200 watt = 3782€*
Όσον αφορά τον πίνακα και τις καλωδιώσεις που θα χρειαστούν για την εγκατάσταση, το κόστος ανέρχεται στα 1.500 € συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ, μετά από σχετική έρευνα. Επίσης, το κόστος για στηρίγματα καλωδίων, τα βύσματα απαιτούνται 200€. Το κόστος των υλικών πάκτωσης για ολόκληρη την εγκατάσταση εκτιμάται στα 600€.

Ακόμα, το κόστος τοποθέτησης νέου ρολογιού με διπλό μετρητή, που απαιτείται για να γίνει σύνδεση με την ΔΕΗ ανέρχεται στα 850€ μαζί με ΦΠΑ. Παράλληλα να σημειωθεί ότι σε περίπτωση που η ταράτσα δεν διαθέτει ηλιακό θερμοσίφωνα ή άλλη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας υπάρχει πρόσθετο κόστος. Για φβ συστήματα δεν απαιτούνται υποχρεωτικά μονάδες παρακολούθησης (π.χ κάμερες). Βέβαια, σε περίπτωση τραπεζικού δανείου κάτι τέτοιο είναι αναγκαίο.

Το κόστος του φάκελου αδειοδότησης μαζί με τα παράβολα και τα δικαιολογητικά είναι 1000€.

Επίσης, στο αρχικό κόστος της επένδυσης περιλαμβάνεται και το κόστος εγκατάστασης του σταθμού ανέρχονται στα 4.750€ μαζί με το ΦΠΑ.

Τα επιμέρους κόστη και το συνολικό κόστος δίνονται συνοπτικά στην εικόνα.

	Κατηγορία	**Κόστος**
1	Κόστος πλαισίων	30.012€
2	Κόστος αντιστροφέα	4071,3€
3	Κόστος βάσεων	3782€
4	Κόστος πίνακα και καλωδιώσεων	2300€
5	Κόστος σύνδεσης με τη ΔΕΗ	850€
6	Κόστος αδειών	1000€
7	Κόστος εγκατάστασης	4750€
8	Κόστος παρακολούθησης	0€
	Σύνολο	**46.765,3€**

Πίνακας 6.1

6.1.2 Ετήσια Έξοδα

Σε αντίθεση με το αρχικό κόστος, υπάρχουν και ετήσια κόστη. Στα ετήσια κόστη περιλαμβάνονται το **κόστος λειτουργίας και το κόστος συντήρησης** της εγκατάστασης. Στο κόστος λειτουργίας περιλαμβάνεται και η ασφάλιση του εξοπλισμού, η οποία είναι απαραίτητη προϋπόθεση σε περίπτωση χορήγησης τραπεζικού δανείου, αλλά προστατεύει και την εγκατάσταση από ακραία καιρικά φαινόμενα που μπορεί να προκύψουν.

Το ποσό για την ασφάλιση ενός Φ/Β συστήματος 12KW είναι 250 € μαζί με το Φ.Π.Α. Επίσης, στο κόστος λειτουργίας περιλαμβάνεται και η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι αντιστροφείς. Επίσης, συντήρηση του συστήματος είναι απαραίτητη.

Το σύστημα απαιτεί μια τυπική συντήρηση και έλεγχο, ώστε να επιβεβαιώνεται η καλή λειτουργία μέσα στα πλαίσια και τις προδιαγραφές λειτουργίας που περιγράφονται και από τη σύμβαση με τη ΔΕΗ. Από στοιχεία της αγοράς προκύπτει ότι το ετήσιο κόστος συντήρησης ενός συστήματος 12KW είναι περίπου 350 € με το ΦΠΑ. Στα ετήσια κόστη του συστήματος, όπως είναι το κόστος λειτουργίας και το κόστος συντήρησης, θεωρείται ότι μπορεί να προκύψουν και κάποια απρόβλεπτα κόστη.

Παράλληλα, σε περίπτωση ύπαρξης φύλακα η μίσθωσης χώρου υπάρχουν πρόσθετα έξοδα, όπως φυσικά σε περίπτωση σύναξης δανειακής συμφωνίας. Στη παρούσα μελέτη δεν θα χρειαστεί να επισυνάψουμε δάνειο γιατί επενδυτής θεωρείται το μετοχικό ταμείο της τράπεζας. Τέλος, υπάρχουν τα έξοδα λογιστή καθώς και του ασφαλιστικού ταμείου. Τα συνολικά λειτουργικά έξοδα που υπολογίζουμε στην περίπτωση μας φαίνονται στο επόμενο διάγραμμα.

	Κατηγορία	**Κόστος**
1	Κόστος συντήρησης	350€
2	Κόστος ασφάλισης	250€
3	Έξοδα λογιστή	250€
4	Ασφαλιστικές Εισφορές	300€
5	Κόστος μίσθωσης χώρου	0€
6	Κόστος φύλαξης	0€
7	Αποπληρωμή δανείου	0€
	Σύνολο	**750€**

Πίνακας 6.2

Επίσης πρέπει να υπολογίσουμε τα ετήσια έξοδα σε ορίζοντα εικοσιπενταετίας, που αντιστοιχεί στην 25ετή σύμβαση αγοραπωλησίας με το Λ.Α.Γ.Η.Ε. Θεωρήθηκε μια αύξηση των ετήσιων δαπανών της τάξης του 3%, λόγω γήρανσης του εξοπλισμού.
Οπότε έχουμε:

Έτος	**Λειτουργικά Έξοδα με προσάυξηση**		
0		13	1069,321
1	750	14	1101,4
2	772,5	15	1134,442
3	795,675	16	1168,476
4	819,5453	17	1203,53
5	844,1316	18	1239,636
6	869,4556	19	1276,825
7	895,5392	20	1315,13
8	922,4054	21	1354,583
9	950,0776	22	1395,221
10	978,5799	23	1437,078
11	1007,937	24	1480,19
12	1038,175	25	1524,596

Πίνακας 6.3

6.1.3 Ετήσια Έσοδα

Τα ετήσια έσοδα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βασίζονται στη σύμβαση αγοραπωλησίας με το Λ.Α.Γ.Η.Ε. Πρόκειται για 25ετή σύμβαση, με δεδομένη τιμή πώλησης, όπως φαίνεται από τον διάγραμμα 6.4..

Έτος Μήνας	Διασυνδεδεμένο		Μη Διασυνδεδεμένο
	Α	Β	Γ (ανεξαρτήτως ισχύος)
	>100kW	<=100kW	
2009 Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00
2009 Αύγουστος	400,00	450,00	450,00
2010 Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00
2010 Αύγουστος	392,04	441,05	441,05
2011 Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43
2011 Αύγουστος	351,01	394,89	394,89
2012 Φεβρουάριος	333,81	375,54	375,54
2012 Αύγουστος	314,27	353,55	353,55
2013 Φεβρουάριος	298,87	336,23	336,23
2013 Αύγουστος	281,38	316,55	316,55
2014 Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56
2014 Αύγουστος	260,97	293,59	293,59
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά	1,3χμΟΤΣ$_{ν-1}$	1,4χμΟΤΣ$_{ν-1}$	1,4χμΟΤΣ$_{ν-1}$

μΟΤΣ$_{ν-1}$: Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν−1»

Πίνακας 6.4

Οπότε θεωρώντας ως περίοδο αναφοράς τον Αύγουστο του 2012, η τιμή πώλησης θα είναι 352,55 €/KWh. Επίσης υπολογίσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι η συνολική παραγόμενη ενέργεια του συστήματος σε ένα χρόνο είναι 18.336 KWh/έτος. Όποτε οι ετήσιες εισροές θα είναι 18,336*352,55=6.464,36€.

Αρχικά θεωρούμε σταθερή την παραγόμενη ενέργεια κάθε έτους παρότι η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί σχετικά αστάθμητο παράγοντα. Επίσης η απόδοση του συστήματος δεν γίνεται να παραμένει σταθερή. Όπως αναφέρεται και στην εγγύηση των προϊόντων, μας παρέχεται εγγύηση ίση με το 90% της ονομαστικής απόδοσης για τα πρώτα 10 χρόνια και ίση με το 80% για τα υπόλοιπα 15. Άρα στο τέλος του 10^{ου} έτους θα έχουμε παραγόμενη ενέργεια μεγαλύτερη των 16.502KWh στο τέλος 25^{ου} έτους μεγαλύτερη των 14.669KWh. Θεωρώντας αυτούς τους περιορισμούς και γραμμική μείωση της απόδοσης ανά έτος, θα έχουμε μέγιστο ετήσιο συντελεστή μείωσης ίσο με 0,9%. Αν αυτό δε συμβεί θα έχουμε αντικατάσταση του εξοπλισμού μας. Επιπλέον, η τιμή πώλησης αναπροσαρμόζεται κάθε χρόνο σε ποσοστό ίσο με το 25% του πληθωρισμού του προηγούμενου έτους. Με βάση τα πρόσφατα στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας, για το μήνα Ιούνιο του 2012 ο πληθωρισμός είναι 1,8%. Στη μελέτη μας θα

θεωρήσουμε λοιπόν σταθερό ετήσιο πληθωρισμό στο 1,8% και προσαύξηση της τιμής πώλησης ίσης με 1,8*0,25= 0,45%. Οπότε, υπολογίζουμε τον επόμενο πίνακα.

Έτος	**Τιμή Ενέργειας (€/MWh)**	**Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας(KWh)**	**Ετήσια Ακαθάριστα Έσοδα**
0			
1	352,55	18336	6.464,36 €
2	354,136475	18170,98	6.435,01 €
3	355,730089	18007,44	6.405,79 €
4	357,330875	17845,37	6.376,70 €
5	358,938863	17684,76	6.347,75 €
6	360,554088	17525,6	6.318,93 €
7	362,176582	17367,87	6.290,24 €
8	363,806376	17211,56	6.261,67 €
9	365,443505	17056,65	6.233,24 €
10	367,088001	16903,14	6.204,94 €
11	368,739897	16751,02	6.176,77 €
12	370,399226	16600,26	6.148,72 €
13	372,066023	16450,85	6.120,80 €
14	373,74032	16302,8	6.093,01 €
15	375,422151	16156,07	6.065,35 €
16	377,111551	16010,67	6.037,81 €
17	378,808553	15866,57	6.010,39 €
18	380,513192	15723,77	5.983,10 €
19	382,225501	15582,26	5.955,94 €
20	383,945516	15442,02	5.928,89 €
21	385,673271	15303,04	5.901,97 €
22	387,4088	15165,31	5.875,18 €
23	389,15214	15028,82	5.848,50 €
24	390,903324	14893,56	5.821,94 €
25	392,662389	14759,52	5.795,51 €

Πίνακας 6.5

6.1.4 Υπολογισμός Οικονομικών Μεγεθών

Αφού έχουμε υπολογίσει το αρχικό κόστος και τις ετήσιες χρηματορροές μπορούμε να αξιολογήσουμε τη σκοπιμότητα της επένδυσης. Αρχικά, η διάρκεια αξιολόγησης της επένδυσης ορίζεται ίσο με τη σύμβαση αγοραπωλησίας στα 25 χρόνια. Επίσης, πρέπει να επιλέξουμε τη τιμή του προεξοφλητικού επιτοκίου (επιτοκίου αναγωγής). Το επιτόκιο αναγωγής επειδή υποδηλώνει το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου σε παρούσα αξία. Επιλέγουμε την τιμή ίση με **4%,** λαμβάνοντας τη μεγάλη οικονομική κρίση που βιώνουμε.

Επιπλέον ο πραγματικός φορολογικός συντελεστής που καταβάλλουν οι τράπεζες είναι στο **20%.** Οι ετήσιες αποσβέσεις υπολογίζονται γραμμικά και είναι ίσες με $\mathbf{44.765,3/25 = 1870,54}$€. Η υπολλειματική αξία των συστατικών μερών της φ/β εγκατάστασης θεωρείται μηδενική. Υπολογίζουμε τώρα τις καθαρές ταμειακές ροές κάθε έτους, με βάση τους τύπους της ενότητας 3.6.

Έτος	**Ετήσια Ακαθάριστα Έσοδα(€)**	**Κόστος Επένδυσης(€)**	**Ετήσια Έξοδα (€)**	**Καθαρές Ταμειακές Ροές(€)**
0		44765,3		
1	6464,357		750	4945,593
2	6435,005		772,5	4904,112
3	6405,787		795,675	4862,198
4	6376,702		819,545	4819,833
5	6347,748		844,132	4777,001
6	6318,926		869,456	4733,685
7	6290,235		895,539	4689,865
8	6261,675		922,405	4645,523
9	6233,243		950,078	4600,641
10	6204,941		978,580	4555,197
11	6176,768		1007,937	4509,172
12	6148,722		1038,175	4462,545
13	6120,804		1069,321	4415,295
14	6093,012		1101,400	4367,398
15	6065,347		1134,442	4318,832
16	6037,807		1168,476	4269,573
17	6010,393		1203,530	4219,598
18	5983,103		1239,636	4168,881
19	5955,936		1276,825	4117,397
20	5928,893		1315,130	4065,119
21	5901,973		1354,58	4012,02
22	5875,175		1395,22	3958,071
23	5848,499		1437,078	3903,245
24	5821,944		1480,190	3847,511
25	5795,509		1524,596	3790,839

Πίνακας 6.6

Με επιτόκιο αναγωγής 4%, υπολογίστηκε η Κ.Π.Α, ο ΕΒΑ και η ΕΠΑ από τις σχέσεις ενότητας 3.6.

- **ΚΠΑ=25.441,021€**, εφόσον ΚΠΑ>0 η επένδυση θεωρείται αποδεκτή.
- **ΕΒΑ= 9,1%,** εφόσον ΕΒΑ>4% η επένδυση είναι αποδεκτή και με αυτό το κριτήριο.
- **ΕΠΑ= 12,5 χρόνια**

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα δηλαδή ότι η επένδυση είναι βιώσιμη και συμφέρουσα.

6.2 Σενάριο 2

Στην περίπτωση αυτή ανήκει η εγκατάσταση στο προνομιακό ειδικό πρόγραμμα, αλλά περιορίζεται η συνολική ισχύς των πλαισίων στα 9,8KW.

6.2.1 Αρχικό Κόστος

Για τα συγκεκριμένα πλαίσια των 305 Watt της SunPower η τιμή αγοράς είναι **2 €/ W**, η οποία περιλαμβάνει, πέρα από την αγορά των πλαισίων, την ασφαλή μεταφορά στο επιθυμητό μέρος. Άρα, για τα 32 πλαίσια, συνολικής ισχύος 9.760 watt απαιτούνται:

*2 €/watt * 9.760 watt = 19.520 €*

Συμπεριλαμβανομένου και του ΦΠΑ της τάξεως του 23%, το κόστος για τα Φ/Β πλαίσια είναι: *19.520 * 1,23 = 24.009,6 €*

Τώρα για τον τριφασικό αντιστροφέα Sunny Boy SB 9000 TL 11kW της SMA, η τιμή αγοράς, χωρίς το ΦΠΑ, είναι 3.200 €. Με ΦΠΑ φτάνει τις **3.936€.**

Όσον αφορά τις βάσεις στήριξης, οι οποίες είναι απαραίτητες για την υλοποίηση του σταθμού, η τιμή τους, συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ είναι **0,31 €/watt**. Οπότε, για την συγκεκριμένη εγκατάσταση: *0,31 €/watt * 9.760 watt = 3025,6€.*

Όσον αφορά τον πίνακα και τις καλωδιώσεις που θα χρειαστούν για την εγκατάσταση, το κόστος ανέρχεται στα 1.500 € συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ, μετά από σχετική έρευνα. Επίσης, το κόστος για στηρίγματα καλωδίων, τα βύσματα απαιτούνται 200€. Το κόστος των υλικών πάκτωσης για ολόκληρη την εγκατάσταση εκτιμάται στα 500€.

Ακόμα, το κόστος τοποθέτησης νέου ρολογιού με διπλό μετρητή, που απαιτείται για να γίνει σύνδεση με την ΔΕΗ ανέρχεται στα 850€ μαζί με ΦΠΑ. Παράλληλα να σημειωθεί ότι σε περίπτωση που η ταράτσα δεν διαθέτει ηλιακό θερμοσίφωνα ή άλλη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας υπάρχει πρόσθετο κόστος. Για φβ συστήματα δεν απαιτούνται υποχρεωτικά μονάδες παρακολούθησης (π.χ κάμερες). Βέβαια, σε περίπτωση τραπεζικού δανείου κάτι τέτοιο είναι αναγκαίο.

Το κόστος του φάκελου αδειοδότησης μαζί με τα παράβολα και τα δικαιολογητικά είναι 600€.

Επίσης, στο αρχικό κόστος της επένδυσης περιλαμβάνεται και το κόστος εγκατάστασης του σταθμού ανέρχονται στα 4.550€ μαζί με το ΦΠΑ.Τα επιμέρους κόστη και το συνολικό κόστος δίνονται συνοπτικά στην εικόνα.

	Κατηγορία	**Κόστος**
1	Κόστος πλαισίων	24.009,6€
2	Κόστος αντιστροφέα	3.936€
3	Κόστος βάσεων	3.025,6€
4	Κόστος πίνακα και καλωδιώσεων	2.200€
5	Κόστος σύνδεσης με τη ΔΕΗ	850€
6	Κόστος αδειών	600€
7	Κόστος εγκατάστασης	4.550€
8	Κόστος παρακολούθησης	0€
	Σύνολο	**39.171,2€**

Πίνακας 6.7

6.2.2 Ετήσια Έξοδα

Το ποσό για την ασφάλιση ενός Φ/Β συστήματος 9,8KW είναι 230 € μαζί με το Φ.Π.Α. Επίσης, στο κόστος λειτουργίας περιλαμβάνεται και η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι αντιστροφείς. Επίσης, συντήρηση του συστήματος είναι απαραίτητη. Το σύστημα απαιτεί μια τυπική συντήρηση και έλεγχο, ώστε να επιβεβαιώνεται η καλή λειτουργία μέσα στα πλαίσια και τις προδιαγραφές λειτουργίας που περιγράφονται και από τη σύμβαση με τη ΔΕΗ. Από στοιχεία της αγοράς προκύπτει ότι το ετήσιο κόστος συντήρησης ενός συστήματος 9,8KW είναι περίπου 330 € με το ΦΠΑ. Στα ετήσια κόστη του συστήματος, όπως είναι το κόστος λειτουργίας και το κόστος συντήρησης, θεωρείται ότι μπορεί να προκύψουν και κάποια απρόβλεπτα κόστη.

Παράλληλα, σε περίπτωση ύπαρξης φύλακα η μίσθωσης χώρου υπάρχουν πρόσθετα έξοδα, όπως φυσικά σε περίπτωση σύναξης δανειακής συμφωνίας. Στη παρούσα μελέτη δεν θα χρειαστεί να επισυνάψουμε δάνειο γιατί επενδυτής θεωρείται το μετοχικό ταμείο της τράπεζας. Τέλος, δεν υπάρχουν τα έξοδα λογιστή καθώς και του ασφαλιστικού ταμείου, αφού δεν γίνεται άνοιγμα βιβλίων ούτε έναρξη επαγγέλματος. Τα συνολικά λειτουργικά έξοδα που υπολογίζουμε στην περίπτωση μας φαίνονται στο επόμενο διάγραμμα.

	Κατηγορία	**Κόστος**
1	Κόστος συντήρησης	330€
2	Κόστος ασφάλισης	230€
3	Έξοδα λογιστή	0€
4	Ασφαλιστικές Εισφορές	0€
5	Κόστος μίσθωσης χώρου	0€
6	Κόστος φύλαξης	0€
7	Αποπληρωμή δανείου	0€
	Σύνολο	**560€**

Πίνακας 6.8

Επίσης πρέπει να υπολογίσουμε τα ετήσια έξοδα σε ορίζοντα εικοσιπενταετίας, που αντιστοιχεί στην 25ετή σύμβαση αγοραπωλησίας με το Λ.Α.Γ.Η.Ε. Θεωρήθηκε μια αύξηση των ετήσιων δαπανών της τάξης του 3%, λόγω γήρανσης του εξοπλισμού.
Οπότε έχουμε:

Έτος	**Λειτουργικά Έξοδα με προσάυξηση**		
0		13	798,4261
1	560	14	822,3789
2	576,8	15	847,0502
3	594,104	16	872,4618
4	611,9271	17	898,6356
5	630,2849	18	925,5947
6	649,1935	19	953,3625
7	668,6693	20	981,9634
8	688,7294	21	1011,422
9	709,3912	22	1041,765
10	730,673	23	1073,018
11	752,5932	24	1105,208
12	775,171	25	1138,365

Πίνακας 6.9

6.2.3 Ετήσια Έσοδα

Τα ετήσια έσοδα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βασίζονται στη σύμβαση αγοραπωλησίας με το Λ.Α.Γ.Η.Ε. Πρόκειται για 25ετή σύμβαση, με δεδομένη τιμή πώλησης, όπως φαίνεται από τον πίνακα τιμολόγησης 6.11.

Μήνας / Έτος	**Τιμή Ενέργειας (€/MWh)**
Φεβρουάριος 2012	495,00
Αύγουστος 2012	470,25
Φεβρουάριος 2013	446,74
Αύγουστος 2013	424,40
Φεβρουάριος 2014	403,18
Αύγουστος 2014	383,02
Φεβρουάριος 2015	363,87
Αύγουστος 2015	345,68
Φεβρουάριος 2016	328,39
Αύγουστος 2016	311,97
Φεβρουάριος 2017	296,37
Αύγουστος 2017	281,56
Φεβρουάριος 2018	267,48
Αύγουστος 2018	254,10
Φεβρουάριος 2019	241,40
Αύγουστος 2019	229,33

Πίνακας 6.10

Οπότε θεωρώντας ως περίοδο αναφοράς τον Αύγουστο του 2012, η τιμή πώλησης θα είναι 470,25 €/KWh. Επίσης υπολογίσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι η συνολική παραγόμενη ενέργεια του συστήματος σε ένα χρόνο είναι 15.802 KWh/έτος. Όποτε οι ετήσιες εισροές θα είναι 15,802*470,25=7430,89€.

Αρχικά θεωρούμε σταθερή την παραγόμενη ενέργεια κάθε έτους παρότι η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί σχετικά αστάθμητο παράγοντα. Επίσης η απόδοση του συστήματος δεν γίνεται να παραμένει σταθερή. Όπως αναφέρεται και στην εγγύηση των προϊόντων, μας παρέχεται εγγύηση ίση με το 90% της ονομαστικής απόδοσης για τα πρώτα 10 χρόνια και ίση με το 80% για τα υπόλοιπα 15. Θεωρώντας αυτούς τους περιορισμούς και γραμμική μείωση της απόδοσης ανά έτος, θα έχουμε μέγιστο ετήσιο συντελεστή μείωσης ίσο με 0,9%. Αν αυτό δε συμβεί θα έχουμε αντικατάσταση του εξοπλισμού μας.

Επιπλέον, η τιμή πώλησης αναπροσαρμόζεται κάθε χρόνο σε ποσοστό ίσο με το 25% του πληθωρισμού του προηγούμενου έτους. Με βάση τα πρόσφατα στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας, για το μήνα Ιούνιο του 2012 ο πληθωρισμός είναι 1,8%. Στη μελέτη μας θα θεωρήσουμε λοιπόν σταθερό ετήσιο πληθωρισμό στο 1,8% και προσαύξηση της τιμής πώλησης ίσης με 1,8*0,25= 0,45%. Οπότε υπολογίζουμε τον επόμενο πίνακα.

Έτος	**Ετήσια Ακαθάριστα Έσοδα**	**Κόστος Επένδυσης**	**Ετήσια Έξοδα**	**Καθαρές Ταμειακές Ροές**
0		39171,2		
1	7.430,89 €		560	6.870,89 €
2	7.397,15 €		576,8	6.820,35 €
3	7.363,56 €		594,104	6.769,46 €
4	7.330,13 €		611,9271	6.718,20 €
5	7.296,85 €		630,2849	6.666,56 €
6	7.263,72 €		649,1935	6.614,52 €
7	7.230,73 €		668,6693	6.562,07 €
8	7.197,90 €		688,7294	6.509,17 €
9	7.165,22 €		709,3912	6.455,83 €
10	7.132,69 €		730,673	6.402,01 €
11	7.100,30 €		752,5932	6.347,71 €
12	7.068,06 €		775,171	6.292,89 €
13	7.035,97 €		798,4261	6.237,54 €
14	7.004,02 €		822,3789	6.181,64 €
15	6.972,22 €		847,0502	6.125,17 €
16	6.940,56 €		872,4618	6.068,10 €
17	6.909,05 €		898,6356	6.010,42 €
18	6.877,68 €		925,5947	5.952,09 €
19	6.846,45 €		953,3625	5.893,09 €
20	6.815,37 €		981,9634	5.833,40 €
21	6.784,42 €		1011,422	5.773,00 €
22	6.753,62 €		1041,765	5.711,85 €

23	6.722,95 €		1073,018	5.649,93 €
24	6.692,43 €		1105,208	5.587,22 €
25	6.662,04 €		1138,365	5.523,67 €

Πίνακας 6.11

6.2.4 Υπολογισμός Οικονομικών Μεγεθών

Αφού έχουμε υπολογίσει το αρχικό κόστος και τις ετήσιες χρηματοροές μπορούμε να αξιολογήσουμε τη σκοπιμότητα της επένδυσης. Επιπλέον ο πραγματικός φορολογικός συντελεστής που καταβάλλουν οι τράπεζες είναι στο **20%.** Ωστόσο, στο ειδικό πρόγραμμα τα έσοδα είναι αφορολόγητα. Οι ετήσιες αποσβέσεις υπολογίζονται γραμμικά και είναι ίσες με $\mathbf{39.171,2/25 = 1566,85}$€. Η υπολλειματική αξία των συστατικών μερών της φ/β εγκατάστασης θεωρείται μηδενική. Υπολογίζουμε τώρα τις καθαρές ταμειακές ροές κάθε έτους, με βάση τους τύπους της ενότητας 3.6.

Έτος	**Ετήσια Ακαθάριστα Έσοδα**	**Κόστος Επένδυσης**	**Ετήσια Έξοδα**	**Καθαρές Ταμειακές Ροές**
0		39171,2€		
1	7.430,89 €		560	6.870,89 €
2	7.397,15 €		576,8	6.820,35 €
3	7.363,56 €		594,104	6.769,46 €
4	7.330,13 €		611,9271	6.718,20 €
5	7.296,85 €		630,2849	6.666,56 €
6	7.263,72 €		649,1935	6.614,52 €
7	7.230,73 €		668,6693	6.562,07 €
8	7.197,90 €		688,7294	6.509,17 €
9	7.165,22 €		709,3912	6.455,83 €
10	7.132,69 €		730,673	6.402,01 €
11	7.100,30 €		752,5932	6.347,71 €
12	7.068,06 €		775,171	6.292,89 €
13	7.035,97 €		798,4261	6.237,54 €
14	7.004,02 €		822,3789	6.181,64 €
15	6.972,22 €		847,0502	6.125,17 €
16	6.940,56 €		872,4618	6.068,10 €
17	6.909,05 €		898,6356	6.010,42 €
18	6.877,68 €		925,5947	5.952,09 €
19	6.846,45 €		953,3625	5.893,09 €
20	6.815,37 €		981,9634	5.833,40 €
21	6.784,42 €		1011,422	5.773,00 €
22	6.753,62 €		1041,765	5.711,85 €
23	6.722,95 €		1073,018	5.649,93 €
24	6.692,43 €		1105,208	5.587,22 €
25	6.662,04 €		1138,365	5.523,67 €

Πίνακας 6.12

Με επιτόκιο αναγωγής 4%, υπολογίστηκε η Κ.Π.Α, ο ΕΒΑ και η ΕΠΑ από τις σχέσεις ενότητας 3.6.

- **ΚΠΑ=63.752,46€**, εφόσον ΚΠΑ>0 η επένδυση θεωρείται αποδεκτή.
- **ΕΒΑ= 20%,** εφόσον ΕΒΑ>4% η επένδυση είναι αποδεκτή και με αυτό το κριτήριο.
- **ΕΠΑ= 6,7 χρόνια**

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα δηλαδή ότι η επένδυση είναι βιώσιμη και συμφέρουσα.

6.3 Σύγκριση – Συμπεράσματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα κερδίζουν συνεχώς έδαφος στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Όντας ευέλικτα, αποκεντρωμένα, με δυνατότητες ενσωμάτωσης σε κτίρια και με την τεχνολογία να αναπτύσσεται με γρήγορους ρυθμούς, τα ΦΒ συστήματα φαίνεται οτι θα παίξουν πρωταγωνιστικό ρόλο τόσο σε εγχώριο όσο και σε διεθνές επίπεδο. Ήδη στην Ελλάδα το 2010 η νέα εγκατεστημένη ισχύς από φωτοβολταϊκά τριπλασιάστηκε σε σχέση το 2009 καθότι εφαρμόστηκε για πρώτη φορά feed-in tariff. Από τότε έχουν απλοποιηθεί κ άλλο οι αδειοδοτικές και γραφειοκρατικές διαδικασίες. Επίσης παρότι οι τιμές πωλήσεις έχουν αρχίσει να μειώνονται, η απόδοση των συστημάτων συνεχώς βελτιώνεται και το κόστος εξοπλισμού φθίνει.

Είναι φανερό ότι τα κίνητρα που το κράτος προσδίδει στους επενδυτές μέσα από το νομικό πλαίσιο που προωθεί καθώς και η άρτια εκπαίδευση και τεχνικές γνώσεις των μηχανικών και εγκαταστατών κατά τα στάδια της σχεδίασης και υλοποίησης των φωτοβολταϊκών μελετών παίζουν και θα παίξουν καθοριστικό ρόλο στην περαιτέρω άνθιση και ανάπτυξη του πολλά υποσχόμενου τομέα της «καθαρής» ηλιακής ενέργειας.

Σχετικά με το κύριο αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής, δηλαδή την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο της Εθνικής Τράπεζας της Ελλάδας στην Αθήνα, κάναμε αρχικά ενεργειακή ανάλυση και έπειτα προχωρήσαμε σε οικονομική αξιολόγηση δύο σεναρίων. Στο πρώτο είχαμε τη δυνατότητα να εκμεταλλευθούμε όλο το εμβαδόν της ταράτσας και να υπολογίσουμε το μέγιστο πλήθος πλαισίων που μπορούν να τοποθετηθούν. Επιλέγοντας πλαίσια μονοκρυσταλλικά μεγάλης ισχύς, καταφέραμε να υπολογίσουμε τη μέγιστη δυνατή παραγομένη ενέργεια. Στο δεύτερο σενάριο, προτιμήθηκε η τοποθέτηση μικρότερου αριθμού πλαισίων με κριτήριο την ικανοποίηση των κριτηρίων του ειδικού προγράμματος. Καθοριστικό ρόλο στο τελικό συμπέρασμα έπαιξε η ύπαρξη του ευνοϊκού οικονομικού πλαισίου του ειδικού προγράμματος για τις στέγες. Εκτιμήθηκε η ενεργειακή απόδοση στα δύο αυτά σενάρια και πραγματοποιήθηκε οικονομική μελέτη. Δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στη γεωμετρία του δώματος καθώς προκαλούσε μεγάλες σκιάσεις και έπρεπε να τηρηθούν πρόσθετα όρια.

Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις τεχνικές και οικονομικές παραμέτρους, στο πρώτο σενάριο η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια προκύπτει 18.336 KWh και οι οικονομικές απολαβές σε ορίζοντα εικοσιπενταετίας είναι 25.441,02€. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα για το δεύτερο σενάριο είναι 15.802 kWh και 63.752,46€. Συμπεραίνουμε ότι και οι δύο δυνατές επιλογές είναι βιώσιμες και αποδοτικές. Μάλιστα αν θεωρούσαμε ότι έχει υπολειμματική αξία ο εξοπλισμός στο τέλος της 25 ετίας, οι παραπάνω τιμές θα ήταν ακόμα ψηλότερες. Υπάρχουν κιόλας σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, δεομένου ότι αποφευχθεί η χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοτήτων συμβατικών πηγών και καυσίμων. Κατά συνέπεια, θα υπάρχει μείωση στις εκλύσεις διοξειδίου του άνθρακα στη στρατόσφαιρα της γης.

Συγκρίνοντας πάντως, τα 2 αυτά σενάρια, παρατηρούμε ότι, το δεύτερο σενάριο είναι πιο προσοδοφόρο, αποπληρώνουμε το αρχικό κόστος της επένδυσης συντομότερα και έχουμε και μεγαλύτερο κέρδος.

Σενάριο 1ο	**Σενάριο 2ο**
ΚΠΑ= 25.441,021€	ΚΠΑ=63.752,46€
ΕΒΑ=9,1%	ΕΒΑ= 20
ΕΠΑ=12,5 χρόνια	ΕΠΑ= 6,7 χρόνια

Πίνακας 6.13

Αυτό δικαιολογείται από την ευνοϊκή πολιτικής τιμολόγησης καθώς και στις λιγότερες αδειοδοτικές απαιτήσεις και οικονομικές υποχρεώσεις. Αποδεικνύεται δηλαδή ότι στην περίπτωση του κτιρίου της Εθνικής συμφέρει να χάσουμε σε ισχύ και παραγόμενη ενέργεια προς όφελος του κέρδους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **www.dei.gr**
2. **www.ypeka.gr**
3. **www.helapco.gr**
4. **www.cres.gr**
5. **www.abb.com**
6. **www.rae.gr**
7. **www.silcio.gr**
8. **www.admhe.gr**
9. **www.laghe.gr**
10. **www.michanikos.gr**
11. **Renewable Energy Volume 29**, Issue 8, July 2004, (Murat Kacira, Mehmet Simsek)
12. **www.photovoltaics.com**
13. **"Ένας Πρακτικός οδηγός για Φωτοβολταϊκά",** ΕΚΘΕΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2011
14. **www.eere.energy.gov**
15. **www.solar.com.gr**
16. **Deutsche Gesellshaft fur Sonnenenergie:** «Photovoltaic System – Planning and Installing» (Second Edition)
17. **SMA Solar Technology** (SMA – http://www.sma-hellas.com/el.html)
18. **Installation of PV systems in Greece –** Reliability improvement in the transmission and distribution system , A.Bouhouras, A.Marinopoulos, D.Labridis, P.Dokopoulos
19. **Σύγχρονες εξελίξεις σε φωτοβολταϊκά συστήματα για διεσπαρμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας**, Ι.Κομπούγιας, Α.Κυρίτσης, Έρευνα Πανεπιστήμιου Πατρών
20. **Κ.Θ. Δέρβος**, Εισαγωγή στα ημιαγώγιμα υλικά και στις φωτοβολταϊκές διατάξεις, Ε.Μ.Π. 2010.
21. **Solar Cells**, Artech House, INC, 1993.
22. **R. Messenger and J.Ventre**, Photovoltaic System Engineering, CRC Press, 2000.
23. **M. Buresh**, Photovoltaic Energy System Design and Installation, Mc Graw Hill Book Company, 1983.
24. **Ι.Ε. Φραγκιαδάκης**, Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 2009.
25. **M.S. Imamura, P. Helm and Pazl**, Photovoltaic System Technology, European Handbook Commission of the European Communities 1992.
26. **Σ.Παπαθανασίου**, Σημειώσεις του μαθήματος Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας 2009
27. **R.L. Hulstrom**, Solar Resourses, MIT Press, 1989.
28. **J. Twidell and T.Weir**, Renewable Energy Resources, W&FN Spon, 2000.
29. **T. Markvart**, Solar Electricity, John Willey &Sons, LTD, Second edition, 2001.
30. **E. Radziemska**, The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells, Renewable Energy vol.28, 2003.
31. **C. Edwin Witt, Richard L. Mitchell, Holly P. Thomas, Martha Symko-Davies**, Terrestrial photovoltaic technologies update, Renewable energy vol. 23, 2001.