

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ**

**Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ  
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ  
(ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ-ΔΙΑΣΤΑΣΟΛΟΓΗΣΗ-ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ  
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ)**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΝΤΑΣΙΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ**

**Επιβλέπων : Μπάκας Αλέξιος  
Καβαδίας Κοσμάς**

Copyright © ΝΤΑΣΙΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ, 2016

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 ΑΝΩΤΑΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος, ισχύος 20KW σε ξενοδοχειακή υφιστάμενη μονάδα στο γεωγραφικό πλάτος του νομού Δωδεκανήσου και συγκεκριμένα το νησί της Καρπάθου. Περιγράφεται τόσο η τεχνική μελέτη που πραγματοποιήθηκε όσο και οικονομική αξιολόγηση του έργου. Αρχικά παρουσιάζονται σε θεωρητικό επίπεδο κάποια στοιχεία για την σύγχρονη τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε τέτοιου είδους έργα καθώς και το νομικό πλαίσιο που τα διέπει. Αναφορά γίνεται ακόμα και στην φωτοβολταϊκή τεχνολογία, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που την χαρακτηρίζουν και στους τομείς στους οποίους βρίσκει εφαρμογή. Ακολουθεί η μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος, γίνεται το σενάριο και η αυτοψία του χώρου εγκατάσταση και η χωροθέτηση του συστήματος. Τέλος, πραγματοποιείται οικονομοτεχνική ανάλυση των δεδομένων και εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα της μελέτης.

### **ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ**

ΑΠΕ, Φωτοβολταϊκά, Διασυνδεδεμένο σύστημα, Net metering, Κάρπαθος, PVSyst, Bluesol

## **ABSTRACT**

The following thesis deals with the installation of an interlocking photovoltaic system, with power 20KW in a hotel unit geographically located in the County of Dodekanisa, in the region of Carpathos in detail, the thesis includes both the technical study of the project as well as its economic evaluation. First, the characteristics of modern technology employed in such projects along with the applicable legal framework are presented from a theoretical point of view. In the same vein, a reference is made in photovoltaic technology, its pros and cons and its fields of application. Second, the following elements are presented: the analysis of the photovoltaic system; its layouts; and the scenario along with the autopsy of the installation area. Finally, a feasibility analysis is performed and the final conclusions are listed.

### **KEY WORDS**

RES, Photovoltaic System, On grid solar system, Net metering, Carpathos, PVsyst, Bluesol

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου, κύριο ΚΑΒΒΑΔΙΑ ΚΟΣΜΑ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας. Ακόμη ευχαριστώ τον κύριο ΑΛΕΞΙΟ ΜΠΑΚΑ για την βοήθεια που μου παρείχε, την καθοδήγηση στην επιλογή του θέματος καθώς και την μεγάλη προσπάθεια που κατέβαλε ώστε να με εντάξει στον χώρο της μηχανολογίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση που μου έδειξε όλα αυτά τα χρόνια. Ιδιαίτερα, ευχαριστώ την Ειρήνη Σούκουλη και όλους εκείνους τους φίλους και συναδέλφους που κατά καιρούς αγωνίστηκαν μαζί μου στην μακρά αυτή πορεία.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

## Περιεχόμενα

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ.....	1
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ.....	1
Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ .....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ABSTRACT .....	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	8
1.1 Αντικείμενο – Σκοπός.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	9
2.1 Εισαγωγή - ΑΠΕ – Ηλιακή ενέργεια.....	9
2.2 Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	11
2.3 Ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (STC).....	15
2.4 Μέγιστο σημείο λειτουργίας(MPP)-Καμπύλη I-V και P-V.....	16
2.5 Προσανατολισμός και Κλίση.....	17
2.5.1 Γεωγραφικό πλάτος και μήκος.....	18
2.5.2 Σφαιρικές Συντεταγμένες.....	19
2.5.3 Γωνία πρόσπτωσης ηλιακών ακτινών.....	20
2.6 Επίδραση Σκίασης.....	22
2.7 Σύνδεση κελιών.....	23
2.7.1 Παράλληλη σύνδεση.....	23
2.7.2 Σε σειρά σύνδεση.....	24
2.8 Τρόποι Στήριξης.....	26
2.8.1 Σταθερές βάσεις.....	26
2.8.2 Σύστημα ιχνηλατήσις του ήλιου.....	27
2.9 Αντιστροφείς (inverters).....	31
2.9.1 Αντιστροφείς με μετασχηματιστή.....	33
2.10 Καλωδιώσεις και Ασφάλειες.....	34
2.11 Μέρη που αποτελείται ένα φ/β σύστημα.....	35
2.12 Αυτόνομα και Διασυνδεδεμένα Συστήματα.....	36
2.12.1 Αυτόνομο Σύστημα.....	36
2.12.2 Διασυνδεδεμένο Σύστημα.....	37
2.13 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα.....	38
2.13.1 Πλεονεκτήματα.....	39

2.13.2 Μειονεκτήματα.....	40
ΚΑΦΑΛΑΙΟ 3 .....	42
3.1 Αυτοκατανάλωση – Net metering .....	42
3.2 Άδειες και Πιστοποιήσεις .....	44
3.2.1 Νόμοι.....	44
3.2.2 Υπουργικές Αποφάσεις .....	45
3.2.3 Εγκύκλιοι .....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	47
4.1 Κάρπαθος και Ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας .....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	50
5.1 Σενάριο και αυτοψία χώρου .....	50
5.2 Χωροθέτηση του χώρου .....	51
5.3 Τεχνική Περιγραφή .....	52
5.3.1 Εξοπλισμός εγκατάστασης .....	52
5.3.2 Χωροθέτηση Φ/Β πλαισίων .....	54
5.3.3 Ενεργειακή μελέτη .....	57
5.3.4 Αποτελέσματα Μελέτης .....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....	61
6.1 Οικονομική αξιολόγηση .....	61
6.1.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Έργου .....	61
6.1.3 Οικονομικά χαρακτηριστικά επένδυσης .....	62
6.2 Αξιολόγηση Επένδυσης.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 .....	67
7.1 Κάλυψη ενεργειακών αναγκών Υ.Ξ.Μ.....	67
7.2 Συμπεράσματα .....	69
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΡΓΟΥ.....	71
ΠΑΡΑΤΗΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	74
ΦΥΛΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ .....	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	80

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 Αντικείμενο – Σκοπός

Από τις αρχές του 2009 και μετά ξεκίνησε να ανθίζει στην Ελλάδα μια νέα πολλά υποσχόμενη αγορά, αυτή των φωτοβολταϊκών. Μέσα σε μόλις δύο χρόνια, στο τέλος του 2010, η συνολική εγχώρια εγκατεστημένη ισχύς είχε δεκαπλασιαστεί. Ενώ στη συνέχεια, ο ρυθμός ανάπτυξης αυξήθηκε ακόμα περισσότερο, παρά την πρωτοφανή οικονομική κρίση, που κορυφώθηκε στο ίδιο χρονικό διάστημα, φτάνοντας από τα 200 MWp εγκατεστημένης ισχύος στις αρχές του 2011 στα 1.000 MWp μόλις στο τέλος του πρώτου εξαμήνου του 2012.

Αρχικά, και ιδιαίτερα τα δύο πρώτα χρόνια, το βάρος της ανάπτυξης του κλάδου, έπεσε στα λεγόμενα «αγροτικά» φωτοβολταϊκά. Σε εγκαταστάσεις, δηλαδή έως 100 kWp επί εδάφους, από αγρότες ανά την ελληνική επικράτεια. Στην διάρκεια, όμως του 2011 και εν συνεχεία και το 2012, παρατηρήθηκε μια πολύ έντονη ανάπτυξη στα λεγόμενα «οικιακά» φωτοβολταϊκά. Σε εγκαταστάσεις, δηλαδή στην στέγη ή το δώμα κατοικιών, έως 10 kWp, από ιδιώτες. Το ευνοϊκό νομικό πλαίσιο σε συνδυασμό με την ανάπτυξη χιλιάδων επιχειρήσεων γύρω από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, έκαναν δυνατή αυτή την θεαματική πρόοδο, παρά την οικονομική ασφυξία, λόγω της κρίσης την ίδια περίοδο.

Στα πλαίσια, λοιπόν, αυτής της δραστηριότητας, αναπτύχθηκε στην Ελλάδα, μια τεχνογνωσία γύρω από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, τόσο σε τεχνικό επίπεδο όσο και υπό το πρίσμα ενός πολλά υποσχόμενου επενδυτικού σχεδίου. Ωστόσο, αυτή η γνώση, είναι τμήμα της αγοράς, τόσο σε επίπεδο μελετητών και εγκαταστατών όσο και σε επίπεδο οικονομικών συμβούλων και τραπεζικών στελεχών.

Ο σκοπός λοιπόν αυτής της πτυχιακής εργασίας, είναι να δημιουργηθεί μια πρώτη σύνδεση ανάμεσα στην πρακτική γνώση της αγοράς και της ακαδημαϊκής μεθόδου διερεύνησης για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, χρησιμοποιηθήκαν όλα τα σύγχρονα επιστημονικά εργαλεία, όπως ενδεδειγμένη μελέτη σε έρευνες άλλων ακαδημαϊκών φορέων στο σχετικό αντικείμενο, ανάλυση και χρήση εξειδικευμένου λογισμικού, όπως *Google Sketchup*, *Sunnydesing*, *PVGIS* και τέλος σύνδεση όλων αυτών με πραγματικά στοιχεία από όλους τους αρμόδιους φορείς της αγοράς.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Εισαγωγή - ΑΠΕ – Ηλιακή ενέργεια

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια στροφή παγκοσμίως στις ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας). Περιβαλλοντικοί κυρίως λόγοι έχουν οδηγήσει σε αυτή τη μεταστροφή της παγκόσμιας αγοράς ενέργειας, όπως επίσης και πολύ σημαντικά θέματα βιωσιμότητας του ίδιου του πλανήτη, καθώς επίσης και η ποιότητα ζωής των κατοίκων του, δηλαδή των ίδιων των ανθρώπων. Οι συνθήκες που έχουν δημιουργηθεί στον πλανήτη από την βιομηχανική επανάσταση και έπειτα γίνονται όλο και χειρότερες, ενώ όλο και συχνότερα κάνουν την εμφάνισή τους μεγάλες περιβαλλοντικές καταστροφές.

Μια κατηγορία ΑΠΕ είναι αυτή που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια. Ανάμεσα στις τεχνολογίες που κάνουν χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι και τα γνωστά, σε όλους πλέον **φωτοβολταϊκά**.

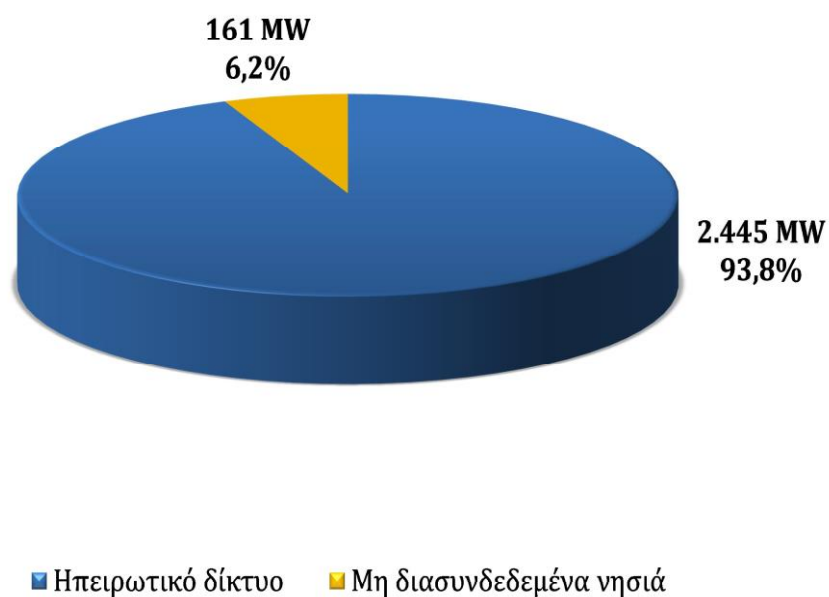
Το ηλιακό φως είναι η κυριότερη πηγή ενέργειας για την Γη. Η ύπαρξη ζωής στην γη τροφοδοτείται σχεδόν αποκλειστικά από τον ήλιο. Μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, τα φυτά χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να κατασκευάσουν τις οργανικές ουσίες εκείνες τις οποίες χρειάζονται για να τραφούν. Έτσι, δημιουργείται η βάση της διατροφικής αλυσίδας και κατ' επέκταση τροφοδοτείται με ενέργεια το σύνολο των ανώτερων ζωντανών οργανισμών. Ακόμη και τα ορυκτά καύσιμα προέρχονται από την βιομάζα, που επίσης, παράγεται από τον μετασχηματισμό της ηλιακής ενέργειας σε χημική από τα πράσινα φυτά. Επιπλέον, η επιφάνεια της γης, οι ωκεανοί και η ατμόσφαιρα απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και αυτό αυξάνει την θερμοκρασία τους, διατηρώντας έναν μέσο όρο 14 °C, απαραίτητο για την διατήρηση της ζωής. Παράλληλα, το νερό των ωκεανών αρχίζει να εξατμίζεται προκαλώντας την κυκλοφορία αέριων μαζών. Μόλις αυτές οι αέριες μάζες φτάσουν σε υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλή, οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε σύννεφα και καταλήγουν σε βροχή, ολοκληρώνοντας έτσι τον κύκλο του νερού. Όλη αυτή η διαδικασία είναι με απλά λόγια και η γενεσιουργός αιτία καιρικών φαινομένων όπως ο άνεμος, οι κυκλώνες και οι μουσώνες.

Η ποσότητα της ενέργειας που φτάνει στην επιφάνεια της γης υπό την μορφή φωτός ισοδυναμεί με περίπου 10.000 φορές την παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση. Συνεπώς, μόνο το 0,01% της ενέργειας που εμπεριέχει το φως του ήλιου, θα χρειαζόνταν, να απορροφηθεί για την κάλυψη όλων των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπινου είδους. Αυτό φανερώνει τις τεράστιες προοπτικές για φθηνή, πρακτικά ανεξάντλητη και καθαρή ενέργεια καθώς και τους λόγους που παγκοσμίως επιδιώκεται άνοδος της συνεισφοράς των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο μέσω επενδυτικών σχεδίων, ανάμεσα στα οποία μεγάλη έμφαση δίνεται και σε αυτά που χρησιμοποιούν φωτοβολταϊκή τεχνολογία.

Στην Ευρώπη και συγκεκριμένα στις χώρες της Ε.Ε. υπάρχει ο στόχος για την κάλυψη του 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ έως το 2020, όσο ακριβώς είναι και ο στόχος της Ελλάδας για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα.

Ο εθνικός στόχος που έχει βάλει το ΥΠΕΚΑ και έχει δεσμευτεί στην Ε.Ε. για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκά (2500 MW) όπως φαίνεται από την Εικόνα 1 έχει καταρριφθεί.

### Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (2015)



Εικόνα 1 "Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών 2015" (helapco.gr, n.d.)

## 2.2 Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών πλαισίων

Σήμερα, στην αγορά καταγράφεται μεγάλος αριθμός τεχνολογιών Φ/Β πλαισίων, όπως:

- Κρυσταλλικές: Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο (msi) και Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (psi).
- Τεχνολογίες λεπτού Υμενίου: Thin film πυρίτιο - Άμορφο πυρίτιο (asi)
  - Δισεληνοειδίου χαλκός (CIS) - Τελουριούχο κάδμιο (CdTe) - Αρσενικούχο γάλιο (GaAs).
- Λιγότερο ενεργές τεχνολογίες: String Ribbon Process.
- Υβριδικές τεχνολογίες: Heterojunction with Intrinsic Thin layer (HIT)

Πρωταρχικό ρόλο στην αγορά κατέχουν τα Φ/Β πάνελ τεχνολογίας κρυσταλλικού πυριτίου με μερίδιο αγοράς της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β γεννητριών ύψους 86%. Σημαντικό μερίδιο όμως στην αγορά έχει και η τεχνολογία thin film πυριτίου, που συνεχώς κερδίζει έδαφος. Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες και οι αποδόσεις που αυτές επιτυγχάνουν.

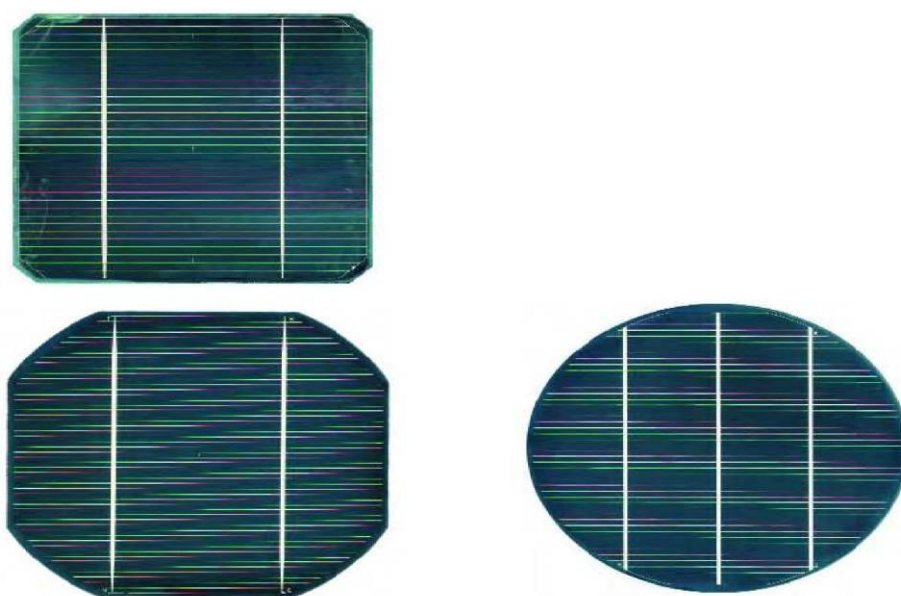
ΤΥΠΟΣ	ΑΜΟΡΦΟΥ	ΠΟΛΥΚΡΥ- ΣΤΑΛΛΙΚΑ	ΜΟΝΟΚΡΥ- ΣΤΑΛΛΙΚΑ
ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΝΑ ΜΟ- ΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	a-Si: 4,5-6,5%	11-16%	11-19%
	μ-Si: 8-9%		
	CIS-CIGS: 6-12%		
	CdTe: 6-11%		
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑ kWp	9-25 m <sup>2</sup>	7-9 m <sup>2</sup>	5,5-9 m <sup>2</sup>

Πίνακας 1 "Απόδοση φωτοβολταϊκών επιφανειών" (Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος )

Στη συνέχεια, παρατίθενται περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα κυριότερα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των προαναφερθέντων τεχνολογιών Φ/Β πλαισίων.

### **A. Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο**

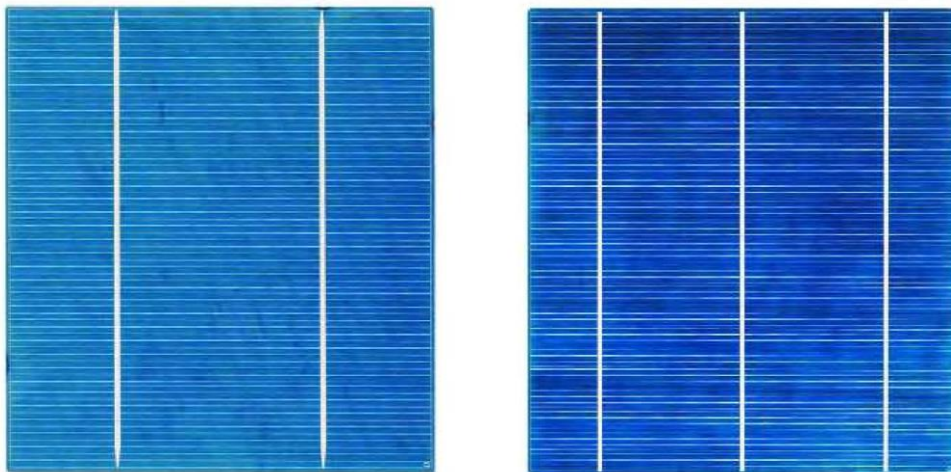
Τα κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από έναν μεγάλο κρυσταλλικό δίσκο (wafer) πυριτίου. Τα κελιά αυτά κατασκευάζονται με μία διαδικασία γνωστή ως διαδικασία “Czochralski”. Χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση, της τάξης του 15-18% αλλά και υψηλότερο κόστος. Τα ηλιακά κελιά κατασκευάζονται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



*Εικόνα 2 "Μονοκρυσταλλικό κελί πυριτίου" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )*

### **B. Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο**

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



Εικόνα 3 "Πολυκρυσταλλικό κελί πυριτίου" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

### **Γ. Τεχνολογίες λεπτού Υμενίου (thin-film)**

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

#### **Γα. Κελιά άμορφου πυριτίου (amorphous-Si)**

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



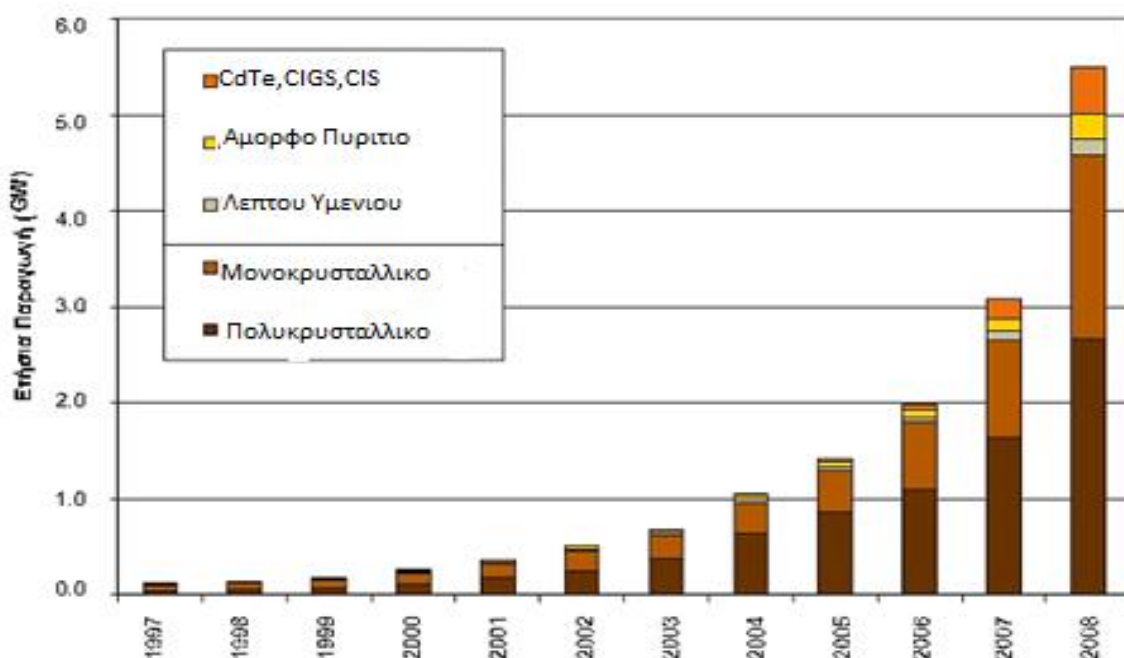
Εικόνα 4 "Κελί άμορφου πυριτίου" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

### **Γβ. Κελιά καδμίου-τελλουρίου (CdTe)**

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

### **Γγ. Κελιά χαλκού-Ινδίου / Γαλλίου-Δισεληνιούχου**

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



Εικόνα 5 "Μερίδιο Αγοράς Φωτοβολταϊκών" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

## 2.3 Ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (STC)

Η ισχύς των φωτοβολταϊκών πλαισίων όπως και ο βαθμός απόδοσης, δίνεται σε μέγιστη ισχύς από τους κατασκευαστές σε κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες οι οποίες ονομάζονται «πρότυπες συνθήκες ελέγχου» (Standard testing Conditions, STC).

Οι πρότυπες συνθήκες ελέγχου είναι οι εξής:

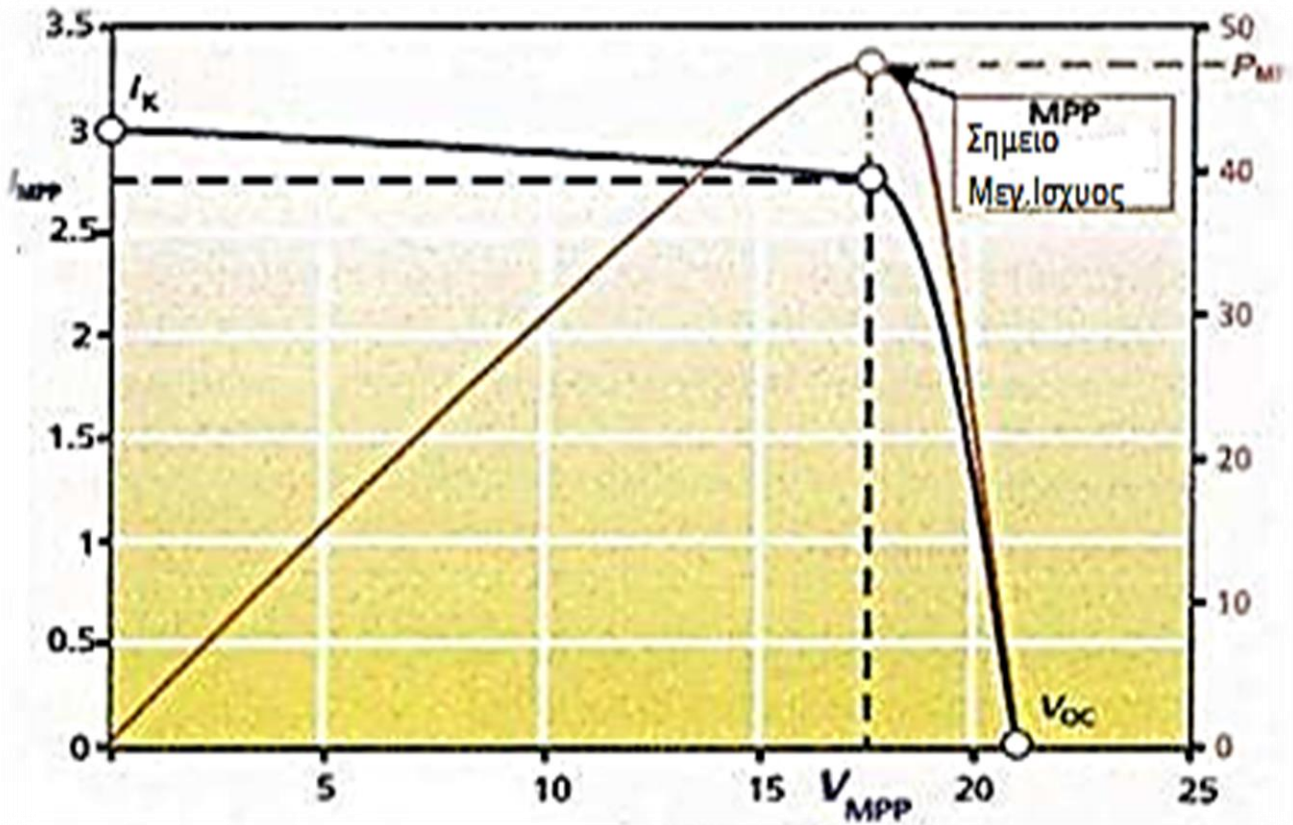
- Θερμοκρασία κυψέλης, ίση με 25°C
- Ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του πλαισίου, ίση με 1000W/m<sup>2</sup>
- Φασματική κατανομή AM = 1,5. Το AM = 1,5 είναι ένα τυπικό ηλιακό φάσμα πάνω στην επιφάνεια της γης για μια καθαρή μέρα, με ολική ηλιακή ένταση 1000W/m<sup>2</sup>.

Βέβαια, η τελική απόδοση εξαρτάται και από ένα σύνολο παραγόντων που πρέπει να εξετάζονται κατά τη φάση του σχεδιασμού της εγκατάστασης, κυριότεροι εκ των οποίων είναι:

- 1 **Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας:** Η ενέργεια που παράγεται από ένα Φ/Β πλαίσιο σε ετήσια βάση, είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία και ως εκ τούτου, εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση της εγκατάστασης, καθώς επίσης και από τον προσανατολισμό των πλαισίων ως προς τον ήλιο.
- 2 **Ταχύτητα ανέμου:** Η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου, έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου και συνεπώς καλύτερη απόδοση (ειδικά στην περίπτωση των βορείων ανέμων).
- 3 **Σκίαση:** Το φαινόμενο της σκίασης σε περιπτώσεις που συναντώνται εμπόδια στον ορίζοντα των πλαισίων όπως παρακείμενα κτίρια, βλάστηση κ.α., είτε σε περιπτώσεις όπου προκαλείται σκίαση από τη μία σειρά στην επόμενη είναι πιθανό να επιφέρει σημαντικές απώλειες στην απόδοση, ακόμα και ενδεχόμενη καταστροφή των πλαισίων.
- 4 **Ρύπανση:** Σε περίπτωση ρύπανσης της επιφάνειας των Φ/Β πλαισίων (από σκόνη, φύλλα, χιόνια, αλάτι, έντομα, αιθάλη) είναι πιθανό να μειωθεί η ηλεκτροπαραγωγή των πλαισίων.
- 5 **Γήρανση:** Με την πάροδο του χρόνου παρουσιάζεται μία μικρή βαθμιαία μείωση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, εξαιτίας της γήρανσης των Φ/Β πλαισίων.

## 2.4 Μέγιστο σημείο λειτουργίας(MPP)-Καμπύλη I-V και P-V

Για την επίτευξη της μεγαλύτερης δυνατής (μέγιστης) απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου και τη μέγιστη δυνατή ισχύος στην έξοδο πλαισίου, θα πρέπει αυτό να λειτουργεί σε ένα συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας της χαρακτηριστικής καμπύλης I-V, κάτω υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες. Το σημείο αυτό, ονομάζεται και σημείο μέγιστης ισχύος (Maximum Power Point, MPP).



Εικόνα 6 "Χαρακτηριστική καμπύλη I-V και P-V" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

Επιπλέον, η μέγιστη απόδοση του πλαισίου και η μέγιστη ισχύ στην έξοδο του πλαισίου ( $P_{MPP}$ ) μπορεί να εξασφαλιστεί με συνδυασμό του ρεύματος και της τάσης στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Αυτός ο συνδυασμός, γίνεται βέλτιστος όταν το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα με τιμή ίση με  $I_{MPP}$  και εμφανίζει διαφορά δυναμικού ίση με  $V_{MPP}$ .



## 2.5 Προσανατολισμός και Κλίση

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

Για την μέγιστη απολαβή ενέργειας, τα πάνελ είναι απαραίτητο να τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό με κλίση η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Για τα ελληνικά δεδομένα, μία τυπική μέση χαρακτηριστική κλίση είναι αυτή των 30 μοιρών. Ωστόσο είναι δυνατόν να αυξηθεί η ενεργειακή απολαβή αναγκάζοντας τα φωτοβολταϊκά πάνελ να ακολουθούν καθημερινώς την πορεία του ήλιου από ανατολή προς δύση με μεταβλητή κλίση, ώστε να λαμβάνεται υπόψη και η θέση του ήλιου στον ορίζοντα. Η τοποθέτηση των πάνελ σε νότιο προσανατολισμό με περίπου 30 μοίρες κλίση ως προς την οριζόντιο, δίνουν έναν πρακτικό κανόνα τοποθέτησης των πάνελ όπως βλέπουμε στην Εικόνα 7.

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

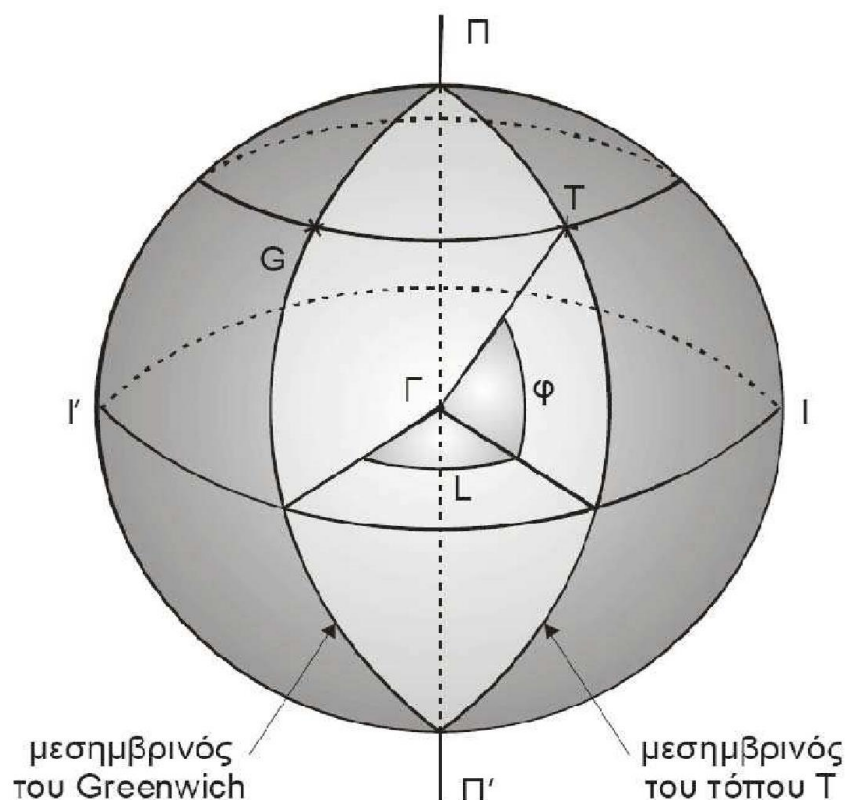
Εικόνα 7 "Κλίση πάνελ ως το οριζόντιο επίπεδο" (Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος)

### 2.5.1 Γεωγραφικό πλάτος και μήκος

Οι κύκλοι που είναι παράλληλοι στον ισημερινό ονομάζονται παράλληλοι κύκλοι. Τα ημικύκλια που διέρχονται από τους πόλους ονομάζονται μεσημβρινοί. Από κάθε σημείο της επιφάνειας της γης περνάει ένας παράλληλος κύκλος και ένας μεσημβρινός. Βασικός μεσημβρινός θεωρείται αυτός που περνάει από το αστεροσκοπείο του Greenwich (G). Προκειμένου να καθορισθεί η θέση ενός τόπου (T) στην επιφάνεια της γης απαιτείται να ορισθεί το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος όπως βλέπουμε και με την βοήθεια της Εικόνας 8.

**Γεωγραφικό πλάτος ( $\phi$ )** ενός τόπου είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ευθείας που ενώνει το κέντρο της γης με τον τόπο και του ισημερινού επιπέδου. Το γεωγραφικό πλάτος παίρνει τιμές από  $0^\circ$  μέχρι  $90^\circ$  για το βόρειο ημισφαίριο και από  $0^\circ$  μέχρι  $-90^\circ$  για το νότιο ημισφαίριο.

**Γεωγραφικό μήκος (L)** ενός τόπου είναι η γωνία που σχηματίζεται από το μεσημβρινό του Greenwich και το μεσημβρινό επίπεδο του τόπου. Το γεωγραφικό μήκος παίρνει τιμές από  $0^\circ$  μέχρι  $-180^\circ$  για τόπους ανατολικά του Greenwich και από  $0^\circ$  μέχρι  $180^\circ$  για τόπους δυτικά του Greenwich.



Εικόνα 8 "Γωνίες γεωγραφικού μήκους και πλάτους" (Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Τεχνολογίες, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος)

## 2.5.2 Σφαιρικές Συντεταγμένες

Για τον καθαρισμό της ακριβής θέσης ενός άστρου όπως είναι ο ήλιος στον ουράνιο θόλο, χρησιμοποιούνται σφαιρικές συντεταγμένες.

**Αζιμούθιο του ήλιου** ( $\alpha$ ) ονομάζεται το τόξο ΝΛ. Μετράτε επί του ορίζοντα από το νότο (N) προς τη δύση από  $0^\circ$  μέχρι  $180^\circ$  και από το νότο (N) προς την ανατολή από  $0^\circ$  μέχρι  $180^\circ$  (Εικόνα 9).

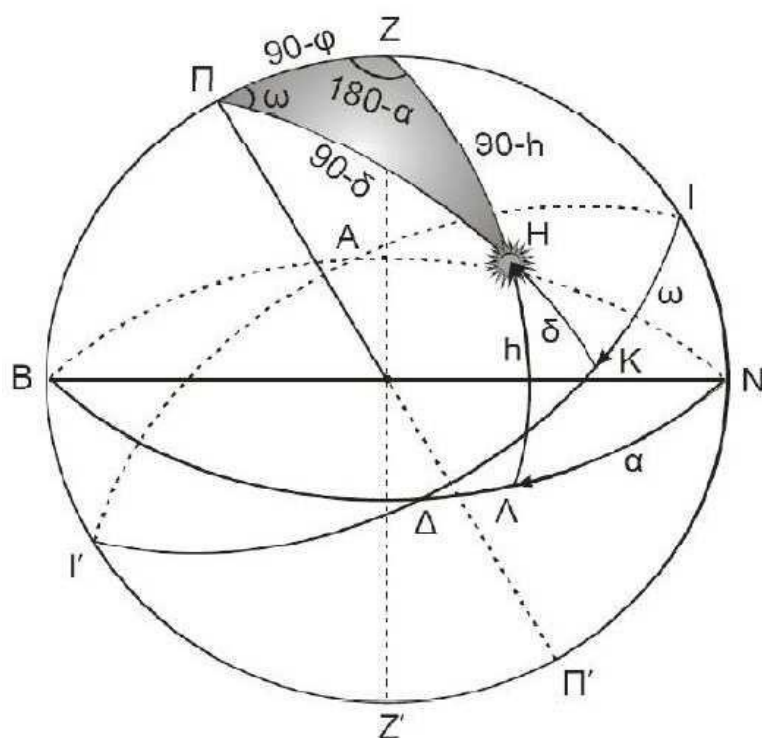
**Ύψος του ήλιου** ( $h$ ) ονομάζεται το τόξο ΛΗ. Μετράτε από τον ορίζοντα προς το ζενίθ από  $0^\circ$  μέχρι  $90^\circ$  και από τον ορίζοντα προς το ναδίρ ( $Z'$ ) από  $0^\circ$  μέχρι  $-90^\circ$ .

**Ζενίθια γωνία του ήλιου** ( $\theta_z$ ). Μετράτε από τον ορίζοντα προς το ζενίθ από  $0^\circ$  μέχρι  $90^\circ$  και από τον ορίζοντα προς το ναδίρ από  $0^\circ$  μέχρι  $-90^\circ$ .

Επομένως σύμφωνα με τα παραπάνω:

$$h = 90 - \theta_z$$

**Ωριαία γωνία** ( $\omega$ ) του ήλιου καλείται το τόξο ΙΚ (Εικόνα 9). Μετράτε επί του ουρανίου ισημερινού από το Ι προς τη δύση από  $0^\circ$  μέχρι  $360^\circ$  θετικά, ή από την αντίθετη κατεύθυνση αρνητικά.



Εικόνα 9 "Σφαιρικές Συντεταγμένες στον ουράνιο θόλο" (Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Τεχνολογίες, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος)

**Απόκλιση** ( $\delta$ ) του ήλιου ονομάζεται το τόξο ΚΗ (Εικόνας 9). Γενικά η απόκλιση του ήλιου μπορεί να ορισθεί σαν η γωνία που σχηματίζεται από την ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο του ήλιου και την προβολή της ευθείας αυτής στο ισημερινό επίπεδο. Μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους και η Σχέση 1 μας επιτρέπει τον υπολογισμό για οποιαδήποτε ημέρα ( $n$ ) του έτους είναι:

$$\delta = 23,45 \times \sin \left( 360 \frac{284+n}{365} \right) \quad \text{Σχέση 1}$$

### 2.5.3 Γωνία πρόσπτωσης ηλιακών ακτινών

Στις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας απαιτείται συνήθως ο υπολογισμός της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα επίπεδο οποιασδήποτε κλίσης ως προς τον ορίζοντα και αυθαίρετου προσανατολισμού ως προς τον ήλιο. Για τον υπολογισμό αυτόν θα πρέπει αρχικά να ορισθούν όλες οι γωνίες που υπεισέρχονται σε αυτό το σύστημα.

Έστω ένα επίπεδο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 10, που έχει μια κλίση  $\beta$  ως προς τον ορίζοντα και είναι προσανατολισμένο προς το νότο.

Ο ήλιος σε κάποια στιγμή του ημερήσιου τόξου του βρίσκεται στο σημείο Η. Αν ΚΟ είναι κάθετη στο οριζόντιο επίπεδο και ΓΟ κάθετη στο κεκλιμένο επίπεδο, τότε σχηματίζεται το σφαιρικό τρίγωνο ΗΚΓ. Η ΖΟ είναι η προβολή της ΓΟ στο οριζόντιο επίπεδο και ΕΟ είναι η προβολή της διεύθυνσης των ηλιακών ακτινών στο οριζόντιο επίπεδο.

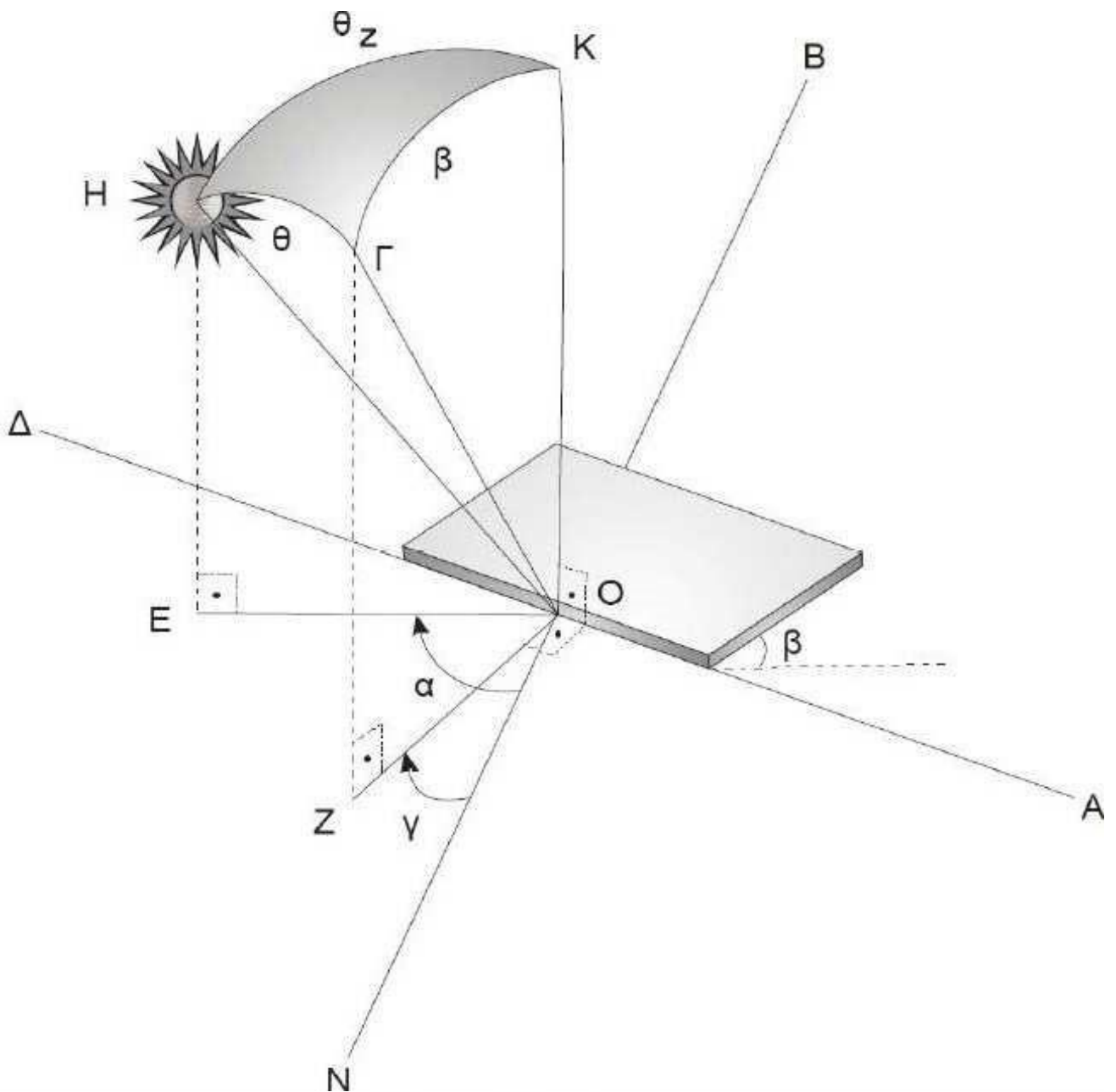
**Γωνία πρόσπτωσης** των ηλιακών ακτινών ( $\theta$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης των ηλιακών ακτινών (ΗΟ) και της καθέτου στο κεκλιμένο επίπεδο.

**Αξιμούθιο της επιφάνειας** ( $\gamma$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης βορρά – νότου και της προβολής της ΓΟ στο οριζόντιο επίπεδο. Έχει θετικές τιμές δυτικά του νότου και αρνητικές τιμές ανατολικά του νότου. Όταν μια επιφάνεια έχει εντελώς νότιο προσανατολισμό τότε  $\gamma=0$ .

Η εφαρμογή του νόμου του συνημίτονου στο σφαιρικό τρίγωνο ΗΚΓ δίνει:

$$\cos \theta = \cos \beta * \cos \theta_z + \sin \beta * \sin \theta_z * \cos(a - \gamma)$$

Η γνώση της γωνίας πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών ( $\theta$ ) είναι σημαντική στις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας, διότι από την τιμή της γωνίας αυτής θα εξαρτηθεί το μέγεθος της ηλιακής ακτινοβολίας που θα δεχθεί η αντίστοιχη επιφάνεια. Έτσι όσο μικρότερη είναι η γωνία αυτή τόσο μεγαλύτερη είναι η ακτινοβολία που θα δεχθεί η επιφάνεια.



Εικόνα 10 “Γωνιά πρόσπτωσης ηλιακών ακτίνων” (Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Τεχνολογίες, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος)

## 2.6 Επίδραση Σκίασης

Το φαινόμενο της σκίασης σε περιπτώσεις που συναντώνται εμπόδια στον ορίζοντα των πλαισίων όπως παρακείμενα κτίρια, βλάστηση κ.α., είτε σε περιπτώσεις όπου προκαλείται σκίαση από τη μία σειρά στην επόμενη είναι πιθανό να επιφέρει σημαντικές απώλειες στην απόδοση, ακόμα και ενδεχόμενη καταστροφή των πλαισίων. Αρχικά, για την αποφυγή σκιάσεων σειρών φωτοβολταϊκών πάνελ μεταξύ τους, ένας πρακτικός κανόνας τοποθέτησης είναι ότι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους της εγκατάστασης, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 11,



Εικόνα 11 "Κανόνας χωροθέτηση πάνελ" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

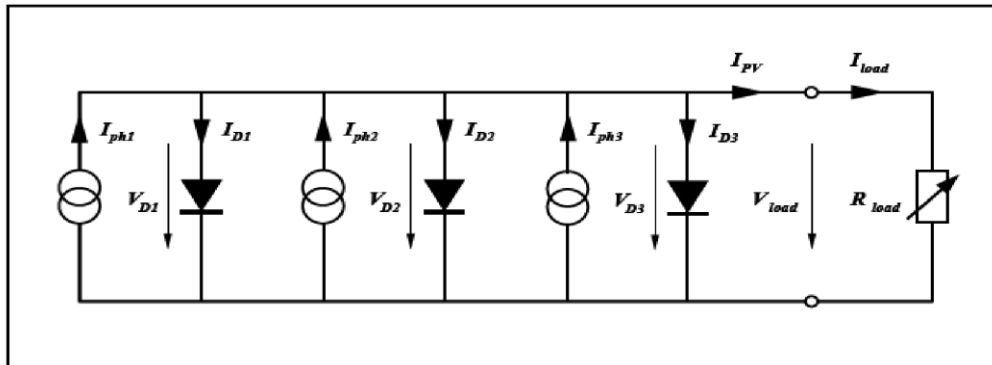
Αν υποθεθεί ότι ένα κελί σκιάζεται πλήρως τότε η παραγωγή ρεύματος από αυτό θα είναι μηδενική και κατά συνέπεια θα συμπεριφέρεται ως ανοικτό κύκλωμα, μηδενίζοντας τη συνολική παραγωγή ενέργειας. Μία λύση που εφαρμόζεται συνήθως είναι η προσθήκη διόδων παράκαμψης (bypass diodes) συνδεδεμένων αντί παράλληλα προς τα ηλιακά κελιά. Σε κανονικές συνθήκες οι διόδοι αυτοί είναι πολωμένοι ανάστροφα και δεν επιδρούν στην παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, όταν ένα κελί σκιάχτει πλήρως, τότε το ρεύμα των υπόλοιπων ηλιακών κελιών ρέει διαμέσου της διόδου αυτής, η οποία πολώνεται ορθά, διατηρώντας έτσι τη ροή ενέργειας.

Αν θεωρηθεί τώρα η περίπτωση που ένα κελί είναι μερικώς σκιασμένο, π.χ. μείωση της προσπίπτουσας έντασης ακτινοβολίας στο 20% σε σχέση με τα άλλα κελιά. Στην περίπτωση αυτή το συγκεκριμένο κελί θα παράγει περίπου το 20% του φωτο-ρεύματος ενώ τα άλλα κελιά θα παράγουν το 100%. Λόγω της σύνδεσης σε σειρά, στο κύκλωμα θα ρέει μόνο το ρεύμα που θα παράγεται από το μερικώς σκιασμένο κελί. Αναφορικά με τα κελιά που δεν σκιάζονται το υπόλοιπο ρεύμα τους (δηλαδή το υπόλοιπο 80%) θα ρέει εσωτερικά σε αυτά, στις ενδογενείς διόδους τους. Επιπλέον στο μερικώς σκιασμένο κελί θα υφίσταται απώλεια ενέργειας καθώς η διόδος του θα είναι ανάστροφα πολωμένη από την τάση που παράγεται στα άλλα κελιά. Πρακτικά, η περίπτωση αυτή οδηγεί στη δημιουργία «θερμών σημείων» (hot spots) τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε γρηγορότερη γήρανση και ενδεχόμενα καταστροφή του πάνελ. Ωστόσο, με τη βοήθεια των διόδων παράκαμψης αποφεύγονται τα προβλήματα των θερμών σημείων. Στην περίπτωση αυτή, η διαφορά των ρευμάτων μεταξύ των κελιών που δεν σκιάζονται και του μερικώς σκιασμένου κελιού ρέει διαμέσου της διόδου παράκαμψης. Όπως έχει γίνει φανερό τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός πάνελ και κατ' επέκταση μιας συστοιχίας πάνελ, καθορίζονται από το χειρότερο (από πλευράς σκίασης) κελί ή πάνελ. Για το λόγο αυτό, πάνελ με διαφορετικούς τύπους ηλιακών κελιών ή από διαφορετικούς κατασκευαστές δε θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους. Σε ακόμη μεγαλύτερα συστήματα ίσως είναι σκόπιμο τα πάνελ που συνδέονται μεταξύ τους να προέρχονται από την ίδια γραμμή παραγωγής. Επιπλέον, πρέπει ο σχεδιαστής μηχανικός να λαμβάνει κάθε δυνατή μέριμνα ώστε να αποφεύγονται σκιάσεις από δένδρα, καλώδια και στύλους ή περιβάλλοντα κτίρια.

## 2.7 Σύνδεση κελιών

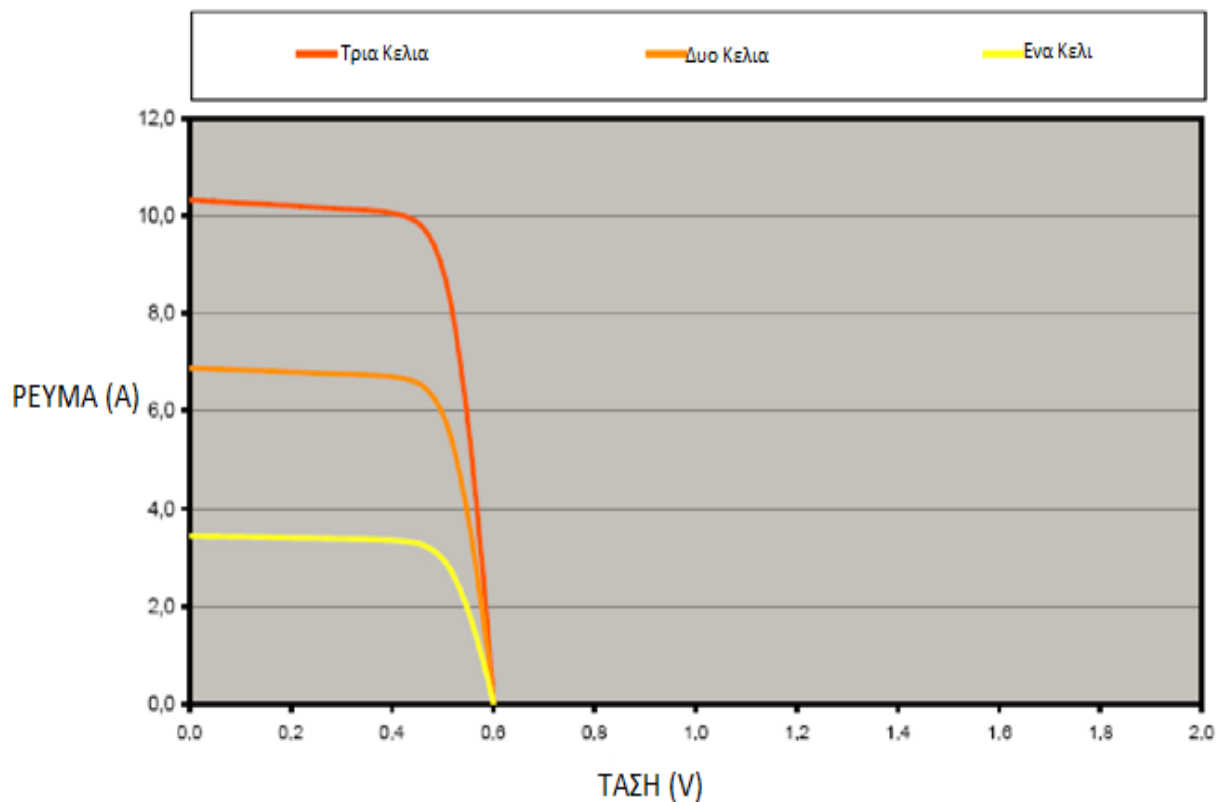
### 2.7.1 Παράλληλη σύνδεση

Η παράλληλη σύνδεση κελιών αυξάνει την ένταση ρεύματος, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 12:



Εικόνα 12 "Παράλληλη σύνδεση κελίων" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

Η τάση στα άκρα του συνδυασμού παραμένει η ίδια με την τάση του κάθε κελιού. Έτσι η χαρακτηριστική ρεύματος - τάσης του συνδυασμού προκύπτει από την άθροιση των τιμών ρεύματος για την ίδια τιμή τάσης, όπως για παράδειγμα στην Εικόνα 13:

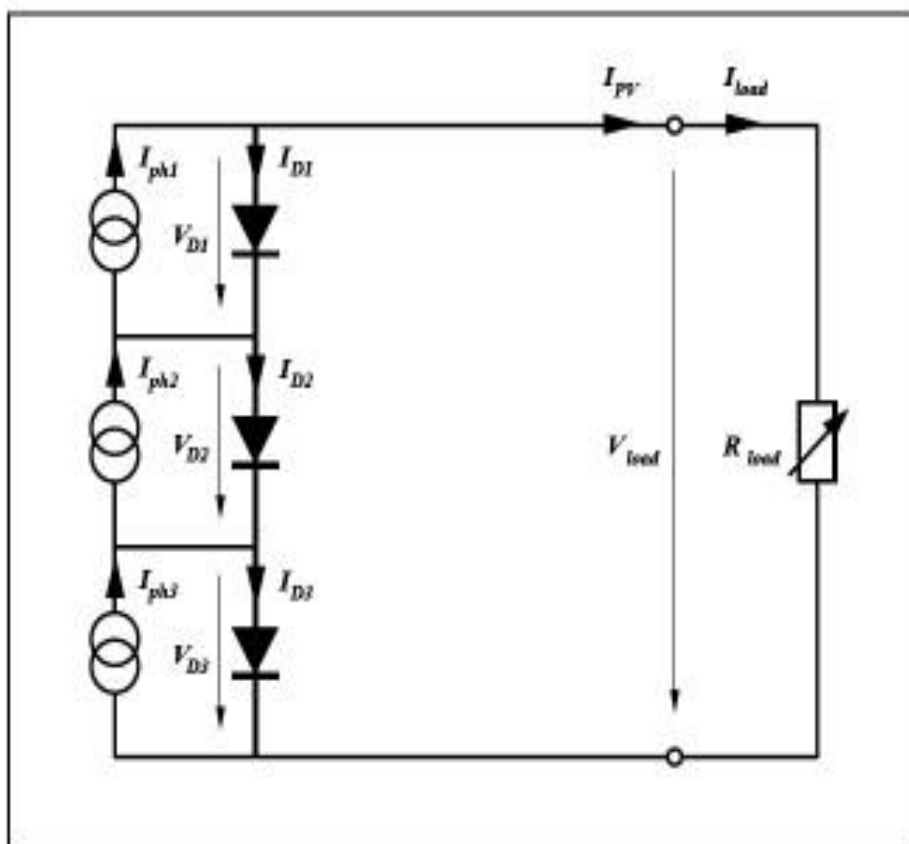


Εικόνα 13 "Χαρακτηριστική καμπύλη I-V για παράλληλη σύνδεση κελίων" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

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.

### 2.7.2 Σε σειρά σύνδεση

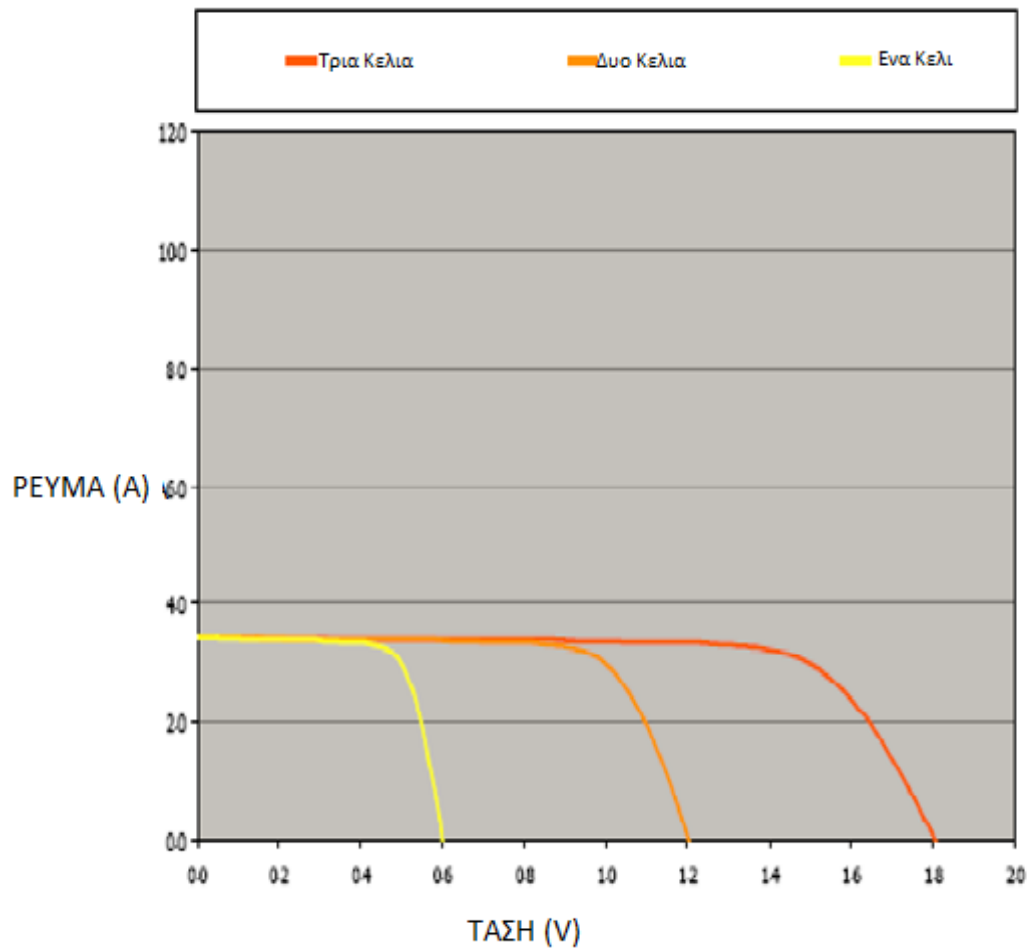
Στη σύνδεση κελιών σε σειρά υπάρχει η ίδια ροή ρεύματος ανά κελί ενώ η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των κελιών, όπως προκύπτει και από την Εικόνα 14:



Εικόνα 14 "Εν σειρά σύνδεση" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

Αντίστοιχα, η χαρακτηριστική ρεύματος - τάσης του συνδυασμού προκύπτει από το άθροισμα των τιμών τάσεων των κελιών για την ίδια τιμή έντασης ρεύματος, όπως για παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 15





Εικόνα 15 "Χαρακτηριστική καμπύλη I-V για εν σειρά σύνδεση κελίων" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010.)

## 2.8 Τρόποι Στήριξης

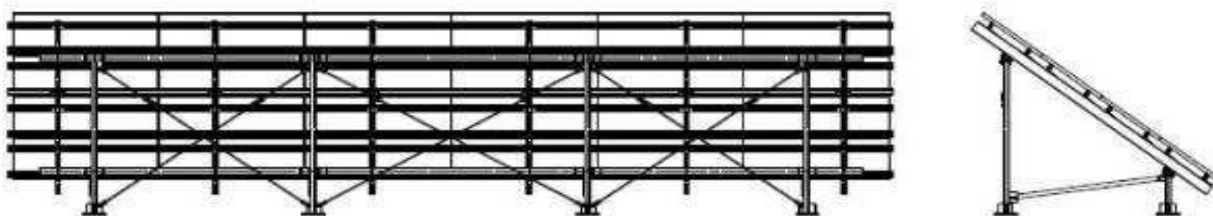
Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πάνελ συνήθως εδράζονται επί εδάφους με δύο τρόπους:

- Σε βάσεις σταθερής κλίσης ως προς την οριζόντιο, συνήθως αναφερόμενες ως «σταθερές βάσεις»
- Σε βάσεις επί διατάξεων παρακολούθησης της πορείας του ήλιου, αναφερόμενες συνήθως ως συστήματα ιχνηλατήσις της πορείας του ήλιου, ή Ήλιο-παρακολουθητές ή τράκερς (trackers).

### 2.8.1 Σταθερές βάσεις

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

Οι σταθερές βάσεις (Εικόνα 16) κατασκευάζονται συνήθως από αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα (χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ). Συνήθως κατασκευάζονται μετά από τεχνική μελέτη ώστε να διαπιστωθεί η στατική τους επάρκεια και η αντοχή τους σε άνεμο πίεςεις ή φορτία χιονιού. Οι βάσεις τοποθετούνται επί του εδάφους είτε με σκυροδετήση είτε απευθείας με εδαφόμψη. Η σκυροδέτηση (Εικόνα 17) των βάσεων αυξάνει το κόστος εγκατάστασης σε σχέση με την απλή εδαφόμψη. Ωστόσο, συστήνεται να διενεργείται αυτοψία και γεωτεχνική μελέτη για να διαπιστωθεί κατά πόσο ο τύπος του εδάφους επιτρέπει την εδαφόμψη χωρίς να δημιουργούνται θέματα στατικής επάρκειας των βάσεων.



Εικόνα 16 "Τυπική σταθερή βάση στήριξης" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

Επιπλέον, ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να είναι προσεκτικός στη χρήση παρελκόμενων υλικών όπως βίδες ή σύνδεσμοι Φ/Β πάνελ, καθώς θα πρέπει να μεριμνά για την αποφυγή οξειδώσεων ή ηλεκτρόλυσης.



Εικόνα 17 "Σκυροδέτηση σταθερής βάσης σε δοκάρια από μπετόν" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

Οι σταθερές βάσεις αποτελούνται συνήθως από τεμάχια τα οποία συναρμολογούνται επί το έργο. Κάθε τεμάχιο χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη επιφάνεια τοποθέτησης, η οποία συνήθως υπολογίζεται λαμβάνοντας κάποιες μέσες τιμές διαστάσεων πάνελ (τυπικά 1,6\*1 μέτρο για κρυσταλλικά πάνελ). Τα πάνελ μπορούν να τοποθετηθούν ανά απλή (μονή) σειρά ή (συνηθέστερα) σε διπλή σειρά ή ακόμη και σε τριπλή ή τετραπλή σειρά όπως διακρίνεται στην Εικόνα 18.



Εικόνα 18 "Εδαφόμενη σταθερή βάση" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

### 2.8.2 Σύστημα ιχνηλάτησης του ήλιου

Η ιχνηλάτηση της πορείας του ήλιου αποτελεί μία τεχνική η οποία στοχεύει στην μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της προσπάθειας κίνησης των βάσεων των πάνελ κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε να επιτυγχάνεται συνεχώς η κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας όπως βλέπουμε στην Εικόνα 19.



Εικόνα 19 "Σύστημα ιχνηλατήσεις του ήλιου" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

Τα συστήματα ιχνηλατήσεις της πορείας του ήλιου, ή τράκερς (trackers) χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα σε σχέση με τα συστήματα βάσεων, παρέχοντας ωστόσο αυξημένες αποδόσεις, κατά μέσο όρο της τάξης του 30%. Χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Συστήματα μονού άξονα (single axis): πρόκειται για συστήματα στα οποία λαμβάνει χώρα κίνηση των πάνελ σε έναν άξονα, αυτόν της Ανατολής-δύσης κατά τη διάρκεια μιας μέρας. Τυπικά, τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουν αύξηση της παραγωγής κατά 20-25% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.
- Συστήματα διπλού άξονα (dual axis): πρόκειται για συστήματα στα οποία είναι επιπλέον δυνατή η ρύθμιση της κλίσης των πάνελ ως προς την οριζόντιο (Εικόνα 20). Η επιπλέον αυτή δυνατότητα παρέχει αυξημένη απόδοση κατά τυπικά 25-40% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων. Η κίνηση στα συστήματα αυτά επιτυγχάνεται με συνήθως με ηλεκτρομηχανικά ή ηλεκτρο-υδραυλικά μέσα. Κατά συνέπεια, όλα τα συστήματα ιχνηλατήσεις χαρακτηρίζονται από ιδιοκαταναλώσεις, οι οποίες είναι μικρές καθώς η κίνηση δεν είναι συνεχής αλλά περιοδική, τυπικά μία κίνηση ανά 10 λεπτά. Ωστόσο, είναι σκόπιμο η ενέργεια αυτή να προέρχεται από το δίκτυο της ΔΕΗ και όχι από τα Φ/Β πάνελ λόγω της διαφοράς τιμής.

Η ανίχνευση της πορείας του ήλιου γίνεται συνήθως με δύο τρόπους: ο πρώτος τρόπος είναι με ηλιακούς αισθητήρες, οι οποίοι αντιλαμβάνονται τη θέση του ήλιου. Ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω λογισμικού, από αστρονομικά δεδομένα, βάσει των οποίων υπολογίζεται η θέση και πορεία του ήλιου για κάθε μέρα του έτους, ανάλογα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής.

Λόγω της ανάγκης κίνησης σημαντικού αριθμού πάνελ, τα συστήματα ιχνηλατήσεις χαρακτηρίζονται από επίπεδες επιφάνειες τοποθετημένες σε μία κάθετη ως προς το έδαφος βάση στήριξης όπως φαίνεται στην Εικόνα 20. Στη βάση στήριξης τοποθετείται συνήθως και ο αντιστροφείας (inverter) ή αν αυτό δεν είναι δυνατόν, γίνεται η αναχώρηση καλωδίων προς ένα κεντρικό σημείο συλλογής όπου βρίσκονται και οι αντιστροφείς.



Εικόνα 20 "Συστήμα ιχνηλατήσεις του ήλιου μονού άξονα" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. )

Το γεγονός αυτό οδηγεί σε κατασκευές σημαντικού ύψους το οποίο κυμαίνεται από 2,5 έως 10-12 μέτρα, αναλόγως της κατασκευής. Το ύψος της κατασκευής συνήθως αυξάνει με την αύξηση της επιφάνειας των πάνελ. Σήμερα συστήματα ιχνηλατήσεις κατασκευάζονται για να φέρουν ισχύ πάνελ που κυμαίνεται από 2-3kWp έως περίπου 33kWp.

Το σημαντικό μέγεθος των συστημάτων αυτών ( και κυρίως το ύψος τους ) αυξάνει τις απαιτήσεις χώρου σε σχέση με ένα σύστημα σταθερών βάσεων, συνήθως κατά 1,5-2φορές, λόγω των μεγαλύτερων αποστάσεων μεταξύ τους για την αποφυγή σκιάσεων. Επιπλέον, το μέγεθος των τράκερ τους καθιστά περισσότερο ευάλωτους (σε σχέση με συστήματα σταθερών βάσεων) σε άνεμο πιέσεις.

Η συνηθέστερη τεχνική που χρησιμοποιείται είναι να χρησιμοποιείται ένα ανεμόμετρο και όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει ένα όριο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, το σύστημα κίνησης να λαμβάνει εντολή να θέτει την επιφάνεια των πάνελ σχεδόν παράλληλα με το έδαφος, μία διαδικασία γνωστή ως «οριζοντίωση», για λόγους προστασίας.

Πέραν των παραπάνω, κάθε μελετητής μηχανικός θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τα εξής πρακτικά ζητήματα που αφορούν την τοποθέτηση των συστημάτων ιχνηλατήσεις:

1. Όλα τα συστήματα ιχνηλατήσεις χρήζουν συντήρησης λόγω της ύπαρξης ήλεκτρο-μηχανικών ή ήλεκτρο-υδραυλικών μέσων κίνησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να καταστεί απαραίτητος ο προγραμματισμός του λογισμικού του συστήματος κίνησης, λόγω απώλειας δεδομένων.
2. Λόγω του σημαντικού τους ύψους, είναι απαραίτητη η έκδοση οικοδομικής άδειας και όχι έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας, όπως ισχύει για τα συστήματα σταθερών βάσεων. Το γεγονός αυτό αυξάνει το κόστος εγκατάστασης και επηρεάζει τον χρόνο υλοποίησης της κατασκευής του σταθμού.
3. Επιπλέον λόγω του σημαντικού ύψους, η εκτέλεση διάφορων εργασιών γίνεται δυσκολότερη σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων. Παραδείγματα τέτοιων εργασιών αποτελούν η αντικατάσταση ενός πάνελ που έχει υποστεί φθορά ή ο καθαρισμός των πάνελ.



Εικόνα 21 "Σύστημα ιχνηλατήσεις του ήλιου διπλού άξονα" ([google.gr/systimaixnilitatis/diplosaxonas](https://www.google.gr/systimaixnilitatis/diplosaxonas))

## 2.9 Αντιστροφείς (inverters)

Με τον όρο αντιστροφέα νοείται η διάταξη ηλεκτρονικών ισχύος η οποία μετατρέπει τη συνεχή τάση των Φ/Β πάνελ σε εναλλασσόμενη ονομαστικών τιμών 230V (ανά φάση) /50 Hz. Οι αντιστροφείς όπως διακρίνουμε στην Εικόνα 22, αποτελούν πάντα ένα κομβικό σημείο σε μία Φ/Β εγκατάσταση καθώς όλη η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται μέσω αυτών στο δίκτυο. Κατά συνέπεια έχει ιδιαίτερη σημασία να χαρακτηρίζονται από αξιοπιστία και υψηλή απόδοση.



Εικόνα 22 "Αντιστροφείς σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση" ([google.gr/invertersoutlook](https://www.google.gr/invertersoutlook).)

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

1. Την τάση και τη συχνότητα: οι προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων προστασιών ορίων τάσης και συχνότητας είναι από -20% έως +15% και +/-0,5Hz αντίστοιχα για σταθμούς στο διασυνδεδεμένο σύστημα και από -20% έως +15% και από 47,5Hz έως 51Hz για σταθμούς σε μη διασυνδεδεμένα νησιά. Σε περίπτωση ενεργοποίησης των παραπάνω προστασιών ο χρόνος αποσύνδεσης θα πρέπει να είναι μικρότερος από 0,5sec και ο χρόνος επανασύζευξης τουλάχιστον 3 λεπτά.
2. Η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion-THD) του ρεύματος των αντιστροφέων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 5%.
3. Εφόσον οι αντιστροφείς δε διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης η έγχυση συνεχούς ρεύματος (DC injection current) δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 0,5% του ονομαστικού ρεύματος.

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

1. Μονοφασικούς αντιστροφείς, με τυπικά μεγέθη ισχύος έως 1011kW.
2. Τριφασικούς αντιστροφείς, με μεγέθη ισχύος από 6-7kW έως και 1MW.

Τονίζεται ότι η ΔΕΗ επιβάλλει τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα για εγκαταστάσεις άνω των 5kW, ενώ εγκαταστάσεις άνω των 100kW συνδέονται υποχρεωτικά στο δίκτυο Μέσης Τάσης (MT) της ΔΕΗ, Εικόνα 23.



Εικόνα 23 "Θέση αντιστροφέα στο σύστημα" ([www.solarservice.gr/net-metering](http://www.solarservice.gr/net-metering), n.d.)

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

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

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

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



### 2.9.1 Αντιστροφείς με μετασχηματιστή

Ο κυριότερος λόγος της χρήσης μετασχηματιστή σε έναν αντιστροφέα είναι αυτός της απομόνωσης της DC πλευράς η οποία συνδέεται με τα φωτοβολταϊκά πάνελ με την AC πλευρά που συνδέεται στο δίκτυο. Οι μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι κατασκευασμένοι για συχνότητα 50Hz, ή για υψηλότερη συχνότητα (της τάξης των 1015kHz) για μικρότερη ισχύ. Οι μετασχηματιστές χαμηλής συχνότητας εμφανίζουν μεγαλύτερες απώλειες, καταλαμβάνουν μεγαλύτερο όγκο και έχουν μεγαλύτερο βάρος. Αντιθέτως οι μετασχηματιστές υψηλής συχνότητας χαρακτηρίζονται από πιο εξειδικευμένη κατασκευή.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημά της χρήσης του μετασχηματιστή, πέραν του αυξημένου κόστους ανά μονάδα ισχύος, είναι αυτό της εισαγωγής επιπλέον απωλειών που κυμαίνονται μεταξύ 2-4%. Σε ορισμένες περιπτώσεις δε, επιβάλλεται η χρήση αντιστροφέων με μετασχηματιστή. Μία τέτοια περίπτωση είναι αυτή των πάνελ άμορφου πυριτίου όπου υποχρεωτικά συνδέονται σε αντιστροφείς με μετασχηματιστή απομόνωσης. Στον Πίνακα 2 αναλύονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεταξύ αντιστροφέων με μετασχηματιστή και χωρίς.

Αντιστροφέας	Με μετασχηματιστή	Χωρίς μετασχηματιστή
Χαρακτηριστικά	<ul style="list-style-type: none"><li>-Οι τάσεις εισόδου και εξόδου είναι γαλβανικά απομονωμένες.</li><li>-Ευρεία χρήση.</li><li>-Κυρίως χρήση σε υψηλότερα επίπεδα ισχύος.</li></ul>	<i>Η τάση των Φ/Β πάνελ πρέπει είτε να είναι σημαντικά υψηλότερη από το πλάτος της τάσης δικτύου, ή να χρησιμοποιηθούν DC/DC μετατροπείς ανύψωσης.</i>
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"><li>-Ασφάλεια</li><li>-Πολλά χρόνια λειτουργίας</li><li>-Μείωση ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Μεγαλύτερη απόδοση (σε συσκευές χωρίς DC/DC μετατροπείς).</li><li>-Μικρότερος όγκος και βάρος.</li></ul>
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"><li>-Απώλειες μετασχηματιστή. (μαγνητικές και ωμικές)</li><li>-Αυξημένος όγκος και βάρος.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Μεγαλύτερες απαιτήσεις ασφάλειας</li><li>-Μεταβολές του σημείου λειτουργείας.</li></ul>

Πίνακας 2 "Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα αντιστροφέων με μετασχηματιστή και χωρίς"

## 2.10 Καλωδιώσεις και Ασφάλειες

Οι τύποι των καλωδίων και των μέσων προστασίας (ασφάλειες) που επιλέγουμε πρέπει να πληρούν τους κανονισμούς απαιτήσεων των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (ΕΛΟΤ HD384). Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος απαιτεί τη χρήση καλωδίων DC και AC. Τα DC καλώδια χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των πάνελ μεταξύ τους και για τη σύνδεση των κλάδων/στοιχειοσειρών (strings) με τις εισόδους του αντιστροφέα, ενώ AC καλώδια ισχύος, συμβατικού τύπου, χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα και την τελική σύνδεση με τη ΔΕΗ.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση εν σειρά των Φ/Β πάνελ είναι συνήθως κατασκευασμένα για χρήση στον εξωτερικό χώρο (Εικόνα 24). Η διατομή τους είναι συνήθως 4mm<sup>2</sup> για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου και ακόμη μικρότερη (της τάξης του 1,5mm<sup>2</sup>) για πάνελ άμορφου πυριτίου, λόγω του σημαντικά μικρότερου ρεύματος τους.

Τα καλώδια αυτά είναι συνήθως μονοπολικά και με διπλή μόνωση, ώστε να αποφεύγονται σφάλματα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου των Φ/Β πάνελ. Κατασκευάζονται επίσης πολύκλινα ώστε να διαθέτουν την απαραίτητη ευελιξία για τη σύνδεση τους, ενώ το μήκος τους κυμαίνεται γύρω στο 1 μέτρο.



Εικόνα 24 "Καλωδίωση και Ασφάλειες σε φωτοβολταϊκά πάνελ" ([google.gr/kalodiosispanels](https://www.google.gr/kalodiosispanels))

## 2.11 Μέρη που αποτελείται ένα φ/β σύστημα

**Φωτοβολταϊκό στοιχείο (PV cell):** Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα φωτοβολταϊκό κύτταρο ή φωτοβολταϊκή κυψέλη και φαίνεται στην Εικόνα 25.



Εικόνα 25 "Φωτοβολταϊκό στοιχείο" (Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος )

**Φωτοβολταϊκό πλαίσιο (PV module):** Ένα σύνολο φωτοβολταϊκών στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα, Εικόνα 26. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας.

**Φωτοβολταϊκό πάνελ (PV panel):** Ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

**Φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV array):** Μια ομάδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια ή πάνελ, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης.

**Φωτοβολταϊκή γεννήτρια (PV generator):** Το τμήμα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης που περιέχει φωτοβολταϊκά στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα.

**Αντιστροφέας ή μετατροπέας (inverter):** Συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

**Ρυθμιστής φόρτισης (charge controller):** Συσκευή που χρησιμοποιείται σε αυτόνομα συστήματα για να ρυθμίζει τη φόρτιση των συσσωρευτών.

## 2.12 Αυτόνομα και Διασυνδεδεμένα Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χαρακτηρίζονται από μεγάλο εύρος εφαρμογών με κριτήριο την απαίτηση ισχύος. Το εύρος αυτό αναφέρεται στην κάλυψη ηλεκτρικής ισχύος καταναλωτικών προϊόντων χαμηλής ισχύος, όπως αριθμομηχανές και ωρολόγια, έως συστήματα μεγάλης ισχύος όπως της τροφοδοσίας απομακρυσμένων ή όχι από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα κτιριακών συγκροτημάτων ή ακόμη και νησιών.

### 2.12.1 Αυτόνομο Σύστημα



Εικόνα 26 "Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημά" (Οικονομοτεχνική Μελέτη Εγκατάστασης Διασυνδεδεμένου Οικιακού Συστήματος Φωτοβολταϊκών. Θεόδωρος Λαδάς )

Τα βασικά μέρη ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος είναι :

- Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Οι βάσεις στήριξης
- Ο πίνακας ελέγχου
- Ο ρυθμιστής
- Οι συσσωρευτές (μπαταρίες)
- Ο αντιστροφέας (αν έχουμε AC φορτία)
- Τα φορτία κατανάλωσης

Στα αυτόνομα συστήματα, η βασική προτεραιότητα είναι η συνεχής κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης. Για το λόγο αυτό, αφού μελετηθούν με ακρίβεια οι καταναλώσεις, διαστασιολογείται το σύστημα με ιδιαίτερη προσοχή, ως προς την εγκατεστημένη ισχύ των φωτοβολταϊκών πλαισίων και ακόμη περισσότερο ως προς την χωρητικότητα των συσσωρευτών, που πρέπει να καλύπτουν τα προβλεπόμενα χρονικά διαστήματα άνευ ηλιοφάνειας.

Εδώ, ο ρυθμιστής αναλαμβάνει να καταναλώσει, την παραγόμενη από τα πλαίσια ηλεκτρική ενέργεια, κατά προτεραιότητα για την κάλυψη των καταναλώσεων και κατόπιν για την φόρτιση των μπαταριών όπως στην Εικόνα 26. Για τις τελευταίες φροντίζει ώστε να βρίσκονται στα κατάλληλα επίπεδα φόρ-

τισης, τις προστατεύει δηλαδή από υπερφορτίσεις ή πλήρεις εκφορτίσεις. Σε αυτό το τύπο της εγκατάστασης επιλέγουμε κυρίως DC φορτία, εάν παρόλα αυτά υπάρχει ανάγκη για κάποια AC κατανάλωση τότε χρησιμοποιούμε τον μετατροπέα (inverter) ώστε να μετατρέψουμε την παραγόμενη ισχύ από DC σε AC.

### 2.12.2 Διασυνδεδεμένο Σύστημα



Εικόνα 27 "Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα" (Οικονομοτεχνική Μελέτη Εγκατάστασης Διασυνδεδεμένου Οικιακού Συστήματος Φωτοβολταϊκών. Θεόδωρος Λαδάς )

Τα βασικά μέρη ενός διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος είναι :

- Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Οι βάσεις στήριξης
- Ο πίνακας ελέγχου
- Ο αντιστροφέας
- Ο αμφίδρομος μετρητής

Τα διασυνδεδεμένα συστήματα, πωλούν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στον προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας (στην Ελλάδα τη ΔΕΗ), και δεν χρειάζονται συσσωρευτές, αφού μπορούν να καλύπτουν όλες τις ενεργειακές τους ανάγκες από σύνδεση τους με το δίκτυο. Ωστόσο εδώ είναι απαραίτητος ένας αντιστροφέας κατάλληλων προδιαγραφών όπως στην Εικόνα 27, ώστε το σύστημα να πληρεί τις προϋποθέσεις διασύνδεσης με το δίκτυο.

## 2.13 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα, θεωρούνται τα ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής καθώς χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας στον πλανήτη, και παράγουν ηλεκτρισμό, που αποτελεί την πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με τη χρήση φωτοβολταϊκών παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- μηδενική ρύπανση
- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που ξεπερνά τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από τα ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβάτ που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Ένα κιλοβάτ φωτοβολταϊκών αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση κατά μέσο όρο 1,3 τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).

Χρειάζονται 2 στρέμματα δάσους ή περίπου 100 δέντρα για να απορροφήσουν αυτή την ποσότητα CO<sub>2</sub>. Για να παραχθεί η ίδια ηλεκτρική ενέργεια με πετρέλαιο, απαιτούνται 2,2 βαρέλια πετρελαίου κάθε χρόνο, Εικόνα 28. Από περιβαλλοντική άποψη, αποφεύγοντας 1.300 κιλά CO<sub>2</sub> ετησίως είναι σαν να κάνει ένα μέσο αυτοκίνητο 7.000 χιλιόμετρα λιγότερα κάθε χρόνο.



Εικόνα 28 "Δυναμική της Ηλιακής ενέργειας" (Οικονομοτεχνική Μελέτη Εγκατάστασης Διασυνδεδεμένου Οικιακού Συστήματος Φωτοβολταϊκών. Θεόδωρος Λαδάς )

### 2.13.1 Πλεονεκτήματα

- Είναι ανανεώσιμη και ελεύθερα διαθέσιμη ενεργειακή πηγή.
- Παρουσιάζει ικανοποιητική απόδοση μετατροπής.
- Η μέθοδος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων είναι σχετικά εύκολη, και οι πρώτες ύλες αφθονούν.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων (τουλάχιστον 20 ή 30 χρόνια).
- Τα ηλιακά στοιχεία δεν έχουν κινούμενα μέρη, επομένως είναι σχεδόν απαλλαγμένα από την ανάγκη επίβλεψης και συντήρησης (αρκεί συνήθως η επιθεώρηση και ο καθαρισμός τους μια φορά κάθε εξάμηνο). Αλλά και σε περίπτωση βλάβης, η αποκατάσταση της λειτουργίας γίνεται εύκολα λόγω της σπονδυλωτής μορφής της φωτοβολταϊκής διάταξης.
- Η φωτοβολταϊκή μετατροπή δεν προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον, ούτε θόρυβο ή άλλη ενόχληση και δεν δημιουργεί απόβλητα ή άχρηστα προϊόντα.
- Οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί μπορούν να λειτουργήσουν με όσο μικρή ισχύ τους ζητηθεί.
- Η αναλογία της παραγόμενης ισχύος προς το βάρος της διάταξης είναι αρκετά μεγάλη, γεγονός που αποτελεί σημαντική ιδιότητα για τις διαστημικές εφαρμογές.
- 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.

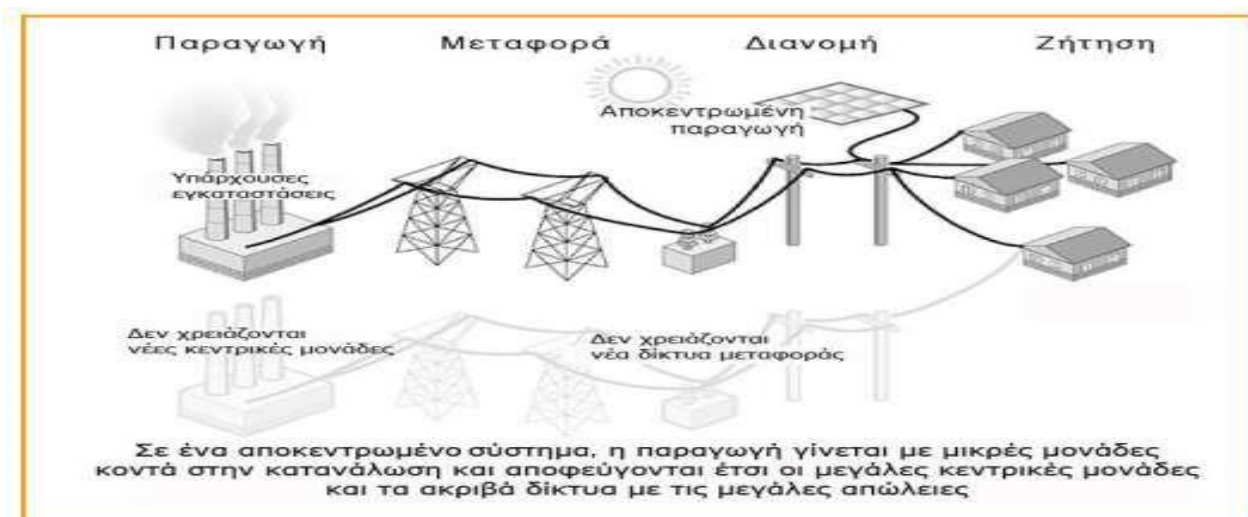
### 2.13.2 Μειονεκτήματα

- Τα ηλιακά στοιχεία έχουν υψηλό κόστος.
- Για τις περισσότερες εφαρμογές απαιτείται η δαπανηρή αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της αστάθειας και της μεγάλης διακύμανσης της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Απαιτείται η χρησιμοποίηση σχετικά μεγάλων επιφανειών, λόγω της μικρής πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας.

Στην συνέχεια αναλύονται κάποιες επιπλέον θετικές επιπτώσεις από την χρήση φωτοβολταϊκών για την παραγωγή και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Πρώτον, η υποκατάσταση ρυπογόνων καυσίμων από φωτοβολταϊκά συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ..λ.π.). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

Επιπλέον, η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, Εικόνα 29, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να καλυφθεί με μεγάλες επενδύσεις για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 29 "Πλεονεκτήματα δεσπαρμένης παραγωγής" (Οικονομοτεχνική Μελέτη Εγκατάστασης Διασυνδεδεμένου Οικιακού Συστήματος Φωτοβολταϊκών. Θεόδωρος Λαδάς )



Οι διάφοροι 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, απώλειες, οι οποίες στην Ελλάδα αγγίζουν το 10%. Από την άλλη, η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες Εικόνα 30), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, στην αποφυγή black-out και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή.

Η αποκεντρωμένη παραγωγή και η διάδοση των φωτοβολταϊκών θα μπορούσε να αποτρέψει πολλές από τις σημερινές διακοπές και να συμβάλει στην ευστάθεια των δικτύων και την εξοικονόμηση εκατομμυρίων ευρώ. Κάτι τέτοιο φυσικά ισχύει για την Ελλάδα και ιδίως για τα αδύναμα νησιωτικά δίκτυα. Στην Ελλάδα, εκτιμάται ότι κάθε ώρα black-out κοστίζει στην εθνική οικονομία 25-40 εκατ. ευρώ.



Εικόνα 30 "Συνεισφορά των φ/β στην εποχιακή ζήτηση" (helarco.gr, n.d.)

## ΚΑΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1 Αυτοκατανάλωση – Net metering

Το *net metering* συνίσταται στην αυτοκατανάλωση της παραγόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές όπως είναι τα φωτοβολταϊκά. Ουσιαστικά με το *net metering* γίνεται ενεργειακός συμψηφισμός της παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά ενός κτιρίου με την καταναλισκόμενη ενέργεια από το νοικοκυριό ή την επιχείρηση.

Ο όρος “*net*” προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μία ορισμένη χρονική περίοδο. Η περίοδος αυτή είναι συνήθως ο κάθε κύκλος καταμέτρησης και τιμολόγησης της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αν υπάρχει περίσσεια ενέργειας, αυτή συνήθως δεν χάνεται για τον καταναλωτή αλλά συμψηφίζεται για μια ορισμένη χρονική περίοδο οπότε και γίνεται η τελική εκκαθάριση. Η περίοδος αυτή σύμφωνα με την τελευταία υπουργική απόφαση ορίζεται στους 12 μήνες. Νομοθετικό Πλαίσιο Με το Ν.4203/2013 (ΦΕΚ 235Α/1-11-2013)

Μία εγκατάσταση φωτοβολταϊκών με *net metering* αποτελείται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τον αντιστροφέα και τους μετρητές, όπως βλέπουμε στην Εικόνα 31 . Το ρεύμα που παράγεται από τα στοιχεία (1) μετατρέπεται από συνεχές σε εναλλασσόμενο 220V από τον αντιστροφέα (2) ο οποίος και τροφοδοτεί τις ανάγκες του επαγγελματικού χώρου ή της οικίας (3). Το ρεύμα που περισσεύει περνάει από τον Μετρητή Νο2 και πιστώνεται στο δίκτυο (4). Η κατανάλωση μέσω του δικτύου γίνεται κανονικά όταν απαιτείται (5) και γίνεται συμψηφισμός της πιστωμένης ενέργειας με αυτήν που καταναλώνεται.



Εικόνα 31 "Λειτουργία συστήματος με net metering" ([netmetering.net.gr/](http://netmetering.net.gr/), n.d.)

Η τιμή της κιλοβατώρας που πληρώνει ένας οικιακός καταναλωτής συμπεριλαμβανόμενων των χρεώσεων του Δικτύου Μεταφοράς, του Δικτύου Διανομής, τις Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας, τον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης, το Ειδικό Τέλος 5%, το ΕΤΜΕΑΡ και τις λοιπές επιβαρύνσεις και του ΦΠΑ (24%) φτάνει τα **0,1927€/kWhr**. Επομένως αφαιρώντας τις χρεώσεις ΥΚΩ για τον οικιακό καταναλωτή ο συμψηφισμός θα γίνεται περίπου στα **0,185€/kWhr** περιλαμβανομένου του ΦΠΑ(24%). Αντίστοιχα, η τιμή της κιλοβατώρας που πληρώνει ένας μικρός εμπορικός καταναλωτής, συμπεριλαμβανομένων των παραπάνω χρεώσεων φτάνει τα **0,165€/kWhr** περιλαμβανομένου του ΦΠΑ.(24%)

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΚΙΛΟΒΑΤΩΡΑΣ
ΟΙΚΙΑΚΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	<b>0,185€/kWh</b>
ΕΜΠΟΡΙΚΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	<b>0.165€/kWh</b>

Πίνακας 3 “ Τιμή κιλοβατώρας για τον εκάστοτε καταναλωτή” (*netmetering.net.gr/*, n.d.)

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (Νόμος για αυτό-παραγωγή - Υπουργική Απόφαση *net metering* - Εγκύκλιοι και πληροφοριακό υλικό από ΔΕΗ) Ν.4254/2014 (ΦΕΚ 85Α/7-4-2014) για το *net metering* το μέγιστο όριο είναι τα 20kWp ή το μισό της συμφωνημένης ισχύος για το διασυνδεδεμένο σύστημα με άνω όριο τα 500kW. Επιπλέον:

- Μέγιστο όριο τα 5kWp για μονοφασικό μετρητή (ειδάλλως πρέπει να γίνει επαύξηση).
- Μέγιστο όριο τα 10kWp (μέγιστο όριο 20kWp - μισό συμφωνημένης ισχύος) στο Μη διασυνδεδεμένο σύστημα (νησιά) εκτός από Κρήτη (20kW - 50kW άνω όριο).
- Σε Πελοπόννησο και Νότια Εύβοια άνω όριο τα 20kWp.
- Σε πολυκατοικία μπορούν να το εγκαταστήσουν περισσότεροι του ενός.
- Κάθε φωτοβολταϊκό *net metering* πρέπει να αντιστοιχίζεται σε ΕΝΑ και μόνο μετρητή.
- Μπορεί να τοποθετηθεί σε στέγη-δάμα ή κήπο-έδαφος ακόμη και σε όμορο χωράφι.
- Προς το παρόν μπορούν να τοποθετηθούν μόνο φωτοβολταϊκά.
- Πρέπει να έχουν εξοφληθεί όλοι οι λογαριασμοί ΔΕΗ.
- Δεν επιτρέπεται στον ίδιο μετρητή να αντιστοιχίζονται περισσότερα του ενός φωτοβολταϊκά (πχ φωτοβολταϊκό με ταρίφα και *net metering*)εν υπάρχει περιορισμός κατά άτομο των φωτοβολταϊκών με *net metering* που μπορεί να έχει.
- Σε εργοστασιακές παροχές δεν μπορεί να γίνει συμψηφισμός με *net metering* καθώς δεν θεωρούνται μόνιμες.

## 3.2 Άδειες και Πιστοποιήσεις

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

Οι περισσότερες εταιρείες παραγωγής τείνουν να προσφέρουν Φ/Β εξοπλισμό, που πληροί Διεθνή Πρότυπα Ποιότητας (ISO), σε μία προσπάθεια να διοχετεύσουν στην αγορά κατά το δυνατόν ποιοτικότερα και συνεπώς ανταγωνιστικά προϊόντα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, τα κρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές CEC 503 ή EN 61215 ή IEC 61215 ή ισοδύναμες, ενώ τα thin film την προδιαγραφή IEC 61646 ή ισοδύναμες. Όσον αφορά στους αντιστροφείς, θα πρέπει να πληρούνται οι προδιαγραφές του προτύπου DINEN60529. Παράλληλά, η «διανεμημένη» ή «αποκεντρωμένη» παραγωγή από Φ/Β συστήματα θέτει ζητήματα ασφαλείας, αξιοπιστίας του δικτύου και ποιότητας της παρεχόμενης ισχύος λόγω της πιθανότητας εμφάνισης του φαινομένου της νησίδιο-ποίησης. Συγκεκριμένα, ο όρος νησίδιο-ποίηση σχετίζεται με την κατάσταση κατά την οποία οι εγκαταστάσεις παραγωγής και ένα τμήμα του δικτύου που περιλαμβάνει και καταναλωτές λειτουργούν απομονωμένα από το υπόλοιπο δίκτυο, με αποτέλεσμα η παραγόμενη ενέργεια να μην εγχέεται στο δίκτυο και έτσι να χάνονται τα αναλογούντα έσοδα.

Για την αποφυγή προβλημάτων που ενδέχεται να προκύψουν κατά την εκδήλωση του παραπάνω φαινομένου, η ΔΕΗ θέτει ως υποχρεωτικό τον έγκαιρο εντοπισμό του φαινομένου και την παύση του. Η απαιτούμενη προστασία ακολουθεί το πρότυπο VDE 0126 και περιλαμβάνει την πρόβλεψη ακαριαίας απόσβεσης του σταθμού μέσω διατάξεων του αντιστροφέα, έτσι ώστε η εγκατάσταση να αποσυνδέεται τόσο σε περίπτωση έλλειψης τάσης από το δίκτυο της ΔΕΗ προς αποφυγή του φαινομένου της νησίδιο-ποίησης όσο και στην περίπτωση που η τάση και η συχνότητα αποκλίνουν των προβλεπόμενων ορίων (τάση από +15% έως -20% επί της ονομαστικής 230 V και συχνότητα  $\pm 0,5$  Hz της ονομαστικής 50 Hz).

### 3.2.1 Νόμοι

[N.4001/2011](#) "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.

[N.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.

[N.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.

[N.3468/2006](#), "Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις", ΦΕΚ 129Α/29-6-2006.

### 3.2.2 Υπουργικές Αποφάσεις

[ΥΑΠΕ/Φ1/οικ2262 & 2266](#), "Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς", ΦΕΚ 97B/31-01-2012.

[ΥΑΠΕ/Φ1/14810](#), "Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση ΑΠΕ", ΦΕΚ 2373B/25-10-2011.

[ΥΑ 16-2-2011](#), "Τροποποιήσεις ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια", ΦΕΚ 583B/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 1901B/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 1630B/11-10-2010.

[ΚΥΑ 18513/2010](#), "Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις", ΦΕΚ 1557B/22-9-2010 ΚΥΑ ΦΕΚ 1079B/04.06.2009 Ειδικό Πρόγραμμα "Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων". Πεδίο Εφαρμογής: Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων ισχύος έως 10kw σε στέγες και δώματα και βοηθητικούς χώρους κτιρίων. Ορίζει το ειδικό καθεστώς που διέπει τις διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις για φωτοβολταϊκά συστήματα στον οικιστικό κυρίως τομέα.

[ΥΑ 40158/2010](#), "Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα και κτίρια σε εκτός σχεδίου περιοχές", ΦΕΚ 1556B/229-2010.

[ΥΑ 36720/2010](#), "Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς", ΦΕΚ 376/69-2010.

[ΚΥΑ 1149/2010](#), "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 1497B/69-2010

[ΚΥΑ 12323/2009](#), "Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων", ΦΕΚ 1079B/4-6-2009.

[ΚΥΑ 49828/2008](#), "Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού", ΦΕΚ 2464B/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 663B/26-5-2006.

[ΚΥΑ 19500/2004](#), "Τροποποίηση και συμπλήρωση της 13727/724/2003 κοινής υπουργικής απόφασης ως προς την αντιστοίχιση των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία", ΦΕΚ 1671B/11-11-2004.

### 3.2.3 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.

[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.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4



Εικόνα 32 "Νησί Καρπάθου" (karpathos.gr, n.d.)

## 4.1 Κάρπαθος και Ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας

Η Κάρπαθος είναι το δεύτερο σε έκταση νησί του ελληνικού συμπλέγματος της Δωδεκανήσου (μετά τη Ρόδο) και ανήκει στα νησιά του νοτιοανατολικού Αιγαίου. Βρίσκεται στην μέση του Καρπάθιου πελάγους μεταξύ Ρόδου και Κρήτης.

Έχει έκταση 301.152 τετραγωνικά χιλιόμετρα, 160 χιλιόμετρα μήκος ακτών και συνολικό πληθυσμό 6.794 κατοίκους. Υπολογίζεται ότι τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω των τουριστών και των Καρπάθιων που επισκέπτονται το νησί τους, ο πληθυσμός φτάνει τους 20.000 κατοίκους. Πρωτεύουσα του νησιού καθώς και κεντρικό λιμάνι είναι τα [Πηγάδια](#) με 2180 κατοίκους.(περιοχή που θα λάβει μέρος η εγκατάστασή μας και φαίνεται στην Εικόνα 33).

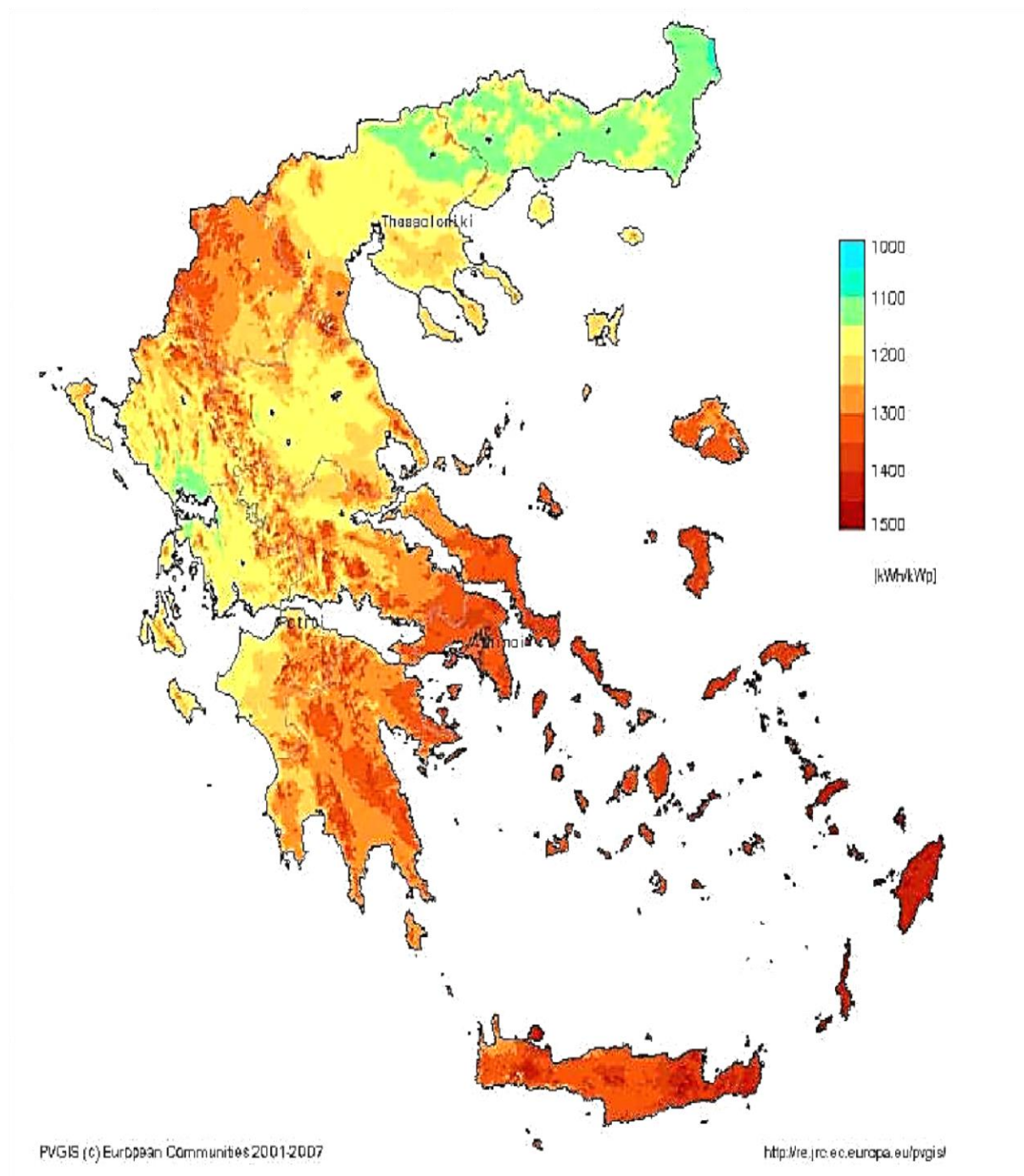
Η Κάρπαθος έχει μακρόστενο σχήμα, το μήκος της είναι περίπου 48km και το πλάτος της ποικίλει από 1 έως 12km. Στα βόρεια του νησιού εκτείνεται η ακατοίκητη νησίδα Σαρία, με την οποία η Κάρπαθος παλαιότερα ήταν ενωμένη. Από άποψη γεωμορφολογίας είναι από τα πιο πλούσια νησιά. Θεωρείται το νησί των αντιθέσεων καθώς συνδυάζει βουνά, χαράδρες, πεδιάδες, κοιλάδες, ατελείωτες αμμουδιές, κολπίσκους και γραφικά λιμανάκια. Το έδαφος της είναι κυρίως ορεινό με ψηλότερο βουνό το Λάστο ύψους 1215 μέτρων, που είναι και το ψηλότερο βουνό στα Δωδεκάνησα, ενώ η νότια πλευρά του νησιού είναι πεδινή. Διαθέτει εκτεταμένες δασικές εκτάσεις με έντονη βλάστηση, όπου υπάρχουν πολλά σπάνια και ενδημικά είδη φυτών και ζώων. Για αυτό το λόγο κρίθηκε απαραίτητο 2 περιοχές της Καρπάθου, η μια στην κεντρική Κάρπαθο και η άλλη στην Βόρεια Κάρπαθο, να ενταχθούν στο δίκτυο NARUTA.

Βάσει της νομοθεσίας δίνεται η δυνατότητα χωροθέτηση ΑΠΕ στις περιοχές NARUTA, αρκεί αυτές να μην έχουν κηρυχθεί αναδασωτές εκτάσεις και παραδοσιακοί οικισμοί.

Στην Ελλάδα όσο πιο νότια και ανατολικά βρίσκεται μια περιοχή τόσο πιο υψηλές αποδόσεις έχει. Καταλαβαίνουμε ότι η Κάρπαθος είναι μία από τις καλύτερες περιοχές της χώρας για εγκατάσταση Φ/Β.

Ένα Φ/Β σύστημα στην Ελλάδα εν γένει παράγει ετησίως 1100-1500 KWH ανά εγκατεστημένο KW. Στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας μας, ένα Φ/Β παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες.





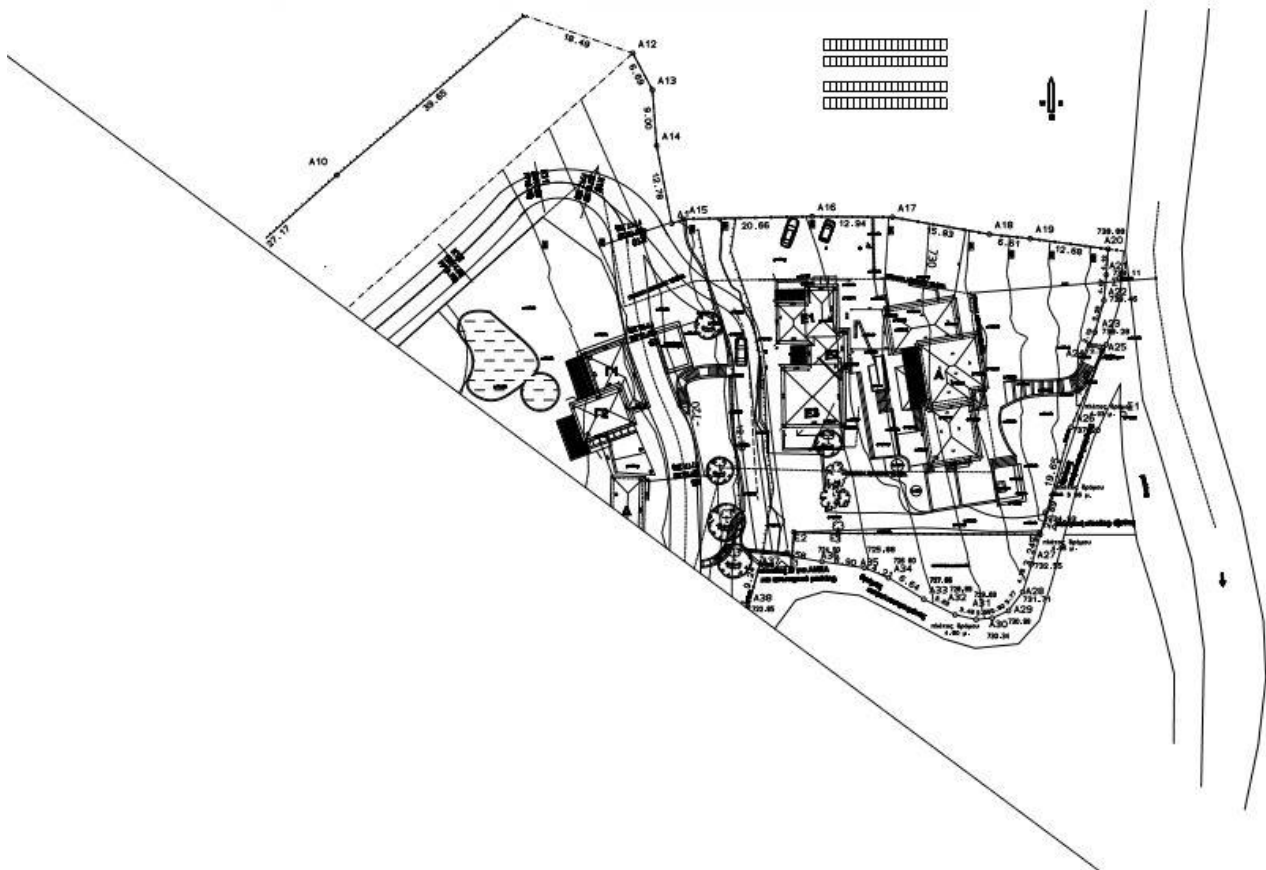
Εικόνα 33 "Παραγωγή ενέργειας (kWh/έτος/kWp) για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας" (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>), n.d.)

Βλέποντας και την Εικόνα 33, αναφέρουμε ότι ένα Φ/Β σύστημα στην Αθήνα αποδίδει 1300-1400 KWH/έτος/KW, στη Θεσσαλονίκη 1150-1250 KWH/έτος/KW, στην Κρήτη 1350-1500 KWH/έτος/KW.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 Σενάριο και αυτοψία χώρου

Σκοπός λοιπόν είναι η έρευνα για την εγκατάσταση ενός φ/β σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [20KW] με πρόγραμμα αυτοπαραγωγής *net metering*. Το διασυνδεδεμένο φ/β σύστημα θα τοποθετηθεί σε χώρο ειδικά διαμορφωμένο για αυτή τη χρήση. Το εμβαδόν κάτοψης είναι **200m<sup>2</sup>**. Από το σχέδιο καθώς και από τον προσανατολισμό του γηπέδου προκύπτει ότι οι διαθέσιμες επιφάνειες κάλυψης είναι προσανατολισμένες νότια ( βέλτιστος προσανατολισμός ). Με βάση το πρόγραμμα Bluesol προκύπτει (περιλαμβανομένου και των πολεοδομικών περιορισμών ) ότι η ωφέλιμη επιφάνεια κάλυψης για το σύστημά μας είναι **134,4m<sup>2</sup>** Είναι δεδομένο, λόγω της ποιο πάνω τιμής, ότι θα προταθεί κάλυψη στο **100%** της ωφέλιμης επιφάνειας.



Εικόνα 34 "Κάτοψη οικοπέδου"

## 5.2 Χωροθέτηση του χώρου

Ο φωτοβολταϊκός σταθμός έχει χωροθετηθεί στην θέση Πηγάδια - Κάρπαθος του Δημοτικού Διαμερίσματος Καρπάθου του Δήμου Καρπάθου, ΝΗΣΟΣ Κάρπαθος, του Νομού ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ.

Οι συντεταγμένες του χώρου εγκατάστασης του συστήματος παρουσιάζονται στον πίνακα ακολούθως :

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	<b>35<sup>0</sup>30'00,36" B</b>
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ	<b>27<sup>0</sup>13' 10" E</b>

Πίνακας 4 "Γεωγραφικό πλάτος και μήκος του χώρου εγκατάστασης" (karpathos.gr, n.d.)

Τα στοιχεία αυτά είναι πολύ σημαντικά, αφού με βάση αυτά λαμβάνονται, με τρόπο που θα δούμε παρακάτω αναλυτικά, τα κλιματολογικά δεδομένα της συγκεκριμένης περιοχής που εξετάζουμε. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι μέσω αυτής της διαδικασίας τα δεδομένα που λαμβάνονται υπ' όψη εκτείνονται πέρα από το άμεσο περιβάλλον του χώρου εγκατάστασης. Η μορφολογία του εδάφους της περιοχής, συμπεριλαμβάνεται στους υπολογισμούς της έντασης και του είδους της ακτινοβολίας, που απολαμβάνει ο συλλέκτης.

Τα παραπάνω είναι εφικτά μέσω της ιστοσελίδας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής του Κέντρου Ερευνών για την ανάπτυξη «Καθαρής Ενέργειας»: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

## 5.3 Τεχνική Περιγραφή

### 5.3.1 Εξοπλισμός εγκατάστασης

Οι παράμετροι σύμφωνα με τους οποίους έγινε η επιλογή των φ/β πλαισίων είναι η μέγιστη ισχύς που παράγουν, η απόδοση τους και φυσικά το κόστος τους. Ως πρώτο βήμα αποφασίζεται η επιλογή ενός πολυκρυσταλλικού πλαισίου και από την άποψη της ισχύος συμφέρει περισσότερο η επιλογή ενός φ/β πλαισίου με μεγάλη ισχύς αντί πολλών πλαισίων με μικρότερες ισχύς ειδικά για μεγάλες εγκαταστάσεις που λειτουργούν ως σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Πρέπει να τονιστεί ότι η επιλογή του φ/β πλαισίου εξαρτάτε άμεσα από την επιλογή του αντιστροφέα και ουσιαστικά δεν μπορεί να γίνει χωρίς να ληφθούν υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα. Εκτός από τις διαστάσεις του πλαισίου και την ισχύς αιχμής του, σημαντικό ρόλο έχουν τα μεγέθη τάσης και έντασης στο σημείο λειτουργίας μέγιστης ισχύος (MPP), καθώς και το ρεύμα βραχυκύκλωσης και η τάση ανοικτού κυκλώματος, που επηρεάζονται άμεσα από τα χαρακτηριστικά μεγέθη του αντιστροφέα.

Τέλος άμεσα συνυφασμένη με τα παραπάνω είναι και η κυκλωματική διάταξη της συστοιχίας. Τα πλαίσια που συνδέονται σε έναν αντιστροφέα πρέπει να έχουν τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά, σε διαφορετική περίπτωση δεν υπάρχει η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση των δυνατοτήτων τους.

Με βάση τα παραπάνω και την προμελέτη που πραγματοποιήθηκε για να διαπιστωθεί η λειτουργικότητα του αντιστροφέα και των πλαισίων, επιλέχτηκε να χρησιμοποιηθεί φ/β πλαίσιο τύπου SPP 250 SR, όπου τα ηλεκτρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του επισυνάπτονται παρακάτω. Τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι της εταιρείας *SOLAR PARK KOREA*, τύπου *SPP250SR Smart R series*, ισχύος αιχμής (maximum peak power) **250 Wp**. Κάθε Φ/Β πλαίσιο αποτελείται από 60 Φ/Β στοιχεία (κυψέλες) πολυκρυσταλλικού πυριτίου διαστάσεων **156x156mm** που βρίσκονται συνδεδεμένα σε σειρά εντός πλαισίου αλουμινίου. Οι εξωτερικές διαστάσεις των Φ/Β πλαισίων είναι **1650x992x34mm** και το βάρος τους είναι **18kg**. Η τάση λειτουργίας είναι **37,5 V DC**, ενώ η μέγιστη τάση συστήματος είναι **1000 V DC**. Οι κυψέλες είναι ενσωματωμένες σε μία προστατευτική μεμβράνη EVA (EthyleneVinyl-Acetate) και μία PET- σύνδεση κάλυψης της οπίσθιας πλευράς για αξιόπιστη και διαρκή προστασία από τις περιβαλλοντικές επιρροές και τις θερμικές διαστολές. Το κουτί διανομής στην οπίσθια πλευρά του ηλιακού στοιχείου, είναι εφοδιασμένο με τρεις διόδους bypass για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση μεμονωμένων κυψελών και να διασφαλισθεί η αξιόπιστη λειτουργία του συνολικού Φ/Β συστήματος. Τα Φ/Β πλαίσια, στο πίσω μέρος τους επίσης, φέρουν απόλυτα στεγανοποιημένα καλώδια τύπου, Solar, με βαθμό προστασίας IP 65, για την διασύνδεση των πάνελ και την επίτευξη της επιθυμητής ισχύος. Τα ηλεκτροπτικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων για τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (Standard Test Conditions, STC) δίνονται στον Πίνακα 4,

Μέγιστη ονομαστική ισχύς (Wp)	<b>250,00</b>
Μέγιστη ονομαστική τάση (VMP)	<b>30,70</b>
Τάση ανοικτού κυκλώματος (Voc)	<b>37,50</b>
Μέγιστο ονομαστικό ρεύμα (IMP)	<b>8.15</b>
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I S c) [A]	<b>8.63</b>
Θερμοκρασιακός συντελεστής Ισχύος [%/K]	<b>-0,45</b>
Θερμοκρασιακός συντελεστής Τάσης ανοικτού κυκλώματος [%/K]	<b>-0,35</b>

Θερμοκρασιακός συντελεστής Ρεύματος βραχυκυκλώματος [%/K]	<b>0,03</b>
Μήκος (mm)	<b>1650,00</b>
Πλάτος (mm)	<b>992,00</b>
Πάχος (mm)	<b>34,00</b>
Βάρος (kg)	<b>18</b>

Πίνακας 5 "Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πλαισίων" (solarparkkorea.com)

Η εγγύηση που καλύπτει το συγκεκριμένο μοντέλο φ/β πάνελ της εταιρείας Big Solar ανέρχεται στα 5 χρόνια και εξασφαλίζει υψηλή απόδοση, αφού θεωρεί γραμμική μείωση της ισχύος περίπου 0,8% ανά έτος έως το 80% της αρχικής απόδοσης στο τέλος των 25 ετών. Ενώ καλύπτει και την κατασκευαστική δομή και την εργασία της εγκατάστασης.

Η επιλογή των αντιστροφών είναι ίσως το σημαντικότερο μέρος στη μελέτη μιας φ/β εγκατάστασης. Πρέπει να τονιστεί ότι η ονομαστική ισχύς εξόδου του αντιστροφέα δεν πρέπει να ταυτίζεται σε καμία περίπτωση με την ισχύ αιχμής των φ/β πλαισίων στην είσοδό του. Μια τέτοια επιλογή θα ήταν λανθασμένη, καθώς τα φ/β πλαίσια παράγουν την ονομαστική ισχύ αιχμής τους υπό ιδανικές συνθήκες, οι οποίες δεν συναντώνται στην πράξη και αν συμβεί ποτέ αυτό διαρκεί για ένα πολύ μικρό διάστημα. Επιπλέον και οι εταιρίες, οι οποίες παράγουν αντιστροφής προτείνουν η μέγιστη ονομαστική ισχύς της γεννήτριας να είναι αυξημένη κατά ένα ποσοστό σε σχέση με την ονομαστική ισχύ εισόδου του αντιστροφέα. Η τιμή αυτή μπορεί να είναι κατά 10-20% μεγαλύτερη από την ονομαστική ισχύ εξόδου του αντιστροφέα. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν επιλεγεί μικρότερη τιμή, αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα μη αποδοτική χρήση των αντιστροφών και ακόμα μεγαλύτερο κόστος.

Ο μετατροπέας που επιλέχτηκε λοιπόν, με την καθοδήγηση της Big Solar είναι ο **PVI-10.0/12.5 TL-OUTD** της **ABB**. Η επιλογή έγινε μετά από δοκιμές και συγκρίσεις με άλλους μετατροπείς, ώστε η λειτουργικότητα που θα έχει με τα φ/β πάνελ να είναι επιτυχής και να επιτύχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση του συστήματος. Τα τεχνικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου μοντέλου είναι διαθέσιμα στο παράρτημα της εργασίας όπου δίδονται τα φύλλα δεδομένων του εκάστοτε κατασκευαστή.

Πιο συγκεκριμένα έχουμε :

- 80 φωτοβολταϊκά πλαίσια SPP 250 smart R series της κορεάτικης εταιρείας Solar Pack Korea, πολυκρυσταλλικής τεχνολογίας, κατασκευασμένα στην Κορέα.
- 2 αντιστροφείς PVI-10.0/12.5 TL- OUTD της ABB κατασκευασμένους στην Ζυρίχη.

Φυσικά, τα ηλεκτρικά μεγέθη που αναγράφονται στον (Πίνακα 4) είναι μετρημένα στις Τυποποιημένες Συνθήκες Δοκιμών. (Ένταση Ηλιακής ακτινοβολίας: 1000W/m<sup>2</sup>, Φάσμα AM1.5, Θερμοκρασία κελιού: 25 °C). Ακόμη για την υλοποίηση της εγκατάστασης, ανεξαρτήτως της τελικής επιλογής, θα χρησιμοποιηθούν:

- Μεταλλικές βάσεις φωτοβολταϊκών πλαισίων, γαλβανισμένες εν θερμώ.
- Πλήρεις ηλεκτρικούς πίνακες AC/DC.
- Καλώδια κατάλληλης διατομής για την υλοποίηση όλων των συνδεσμολογιών μεταξύ πάνελ, αντιστροφέα και δικτύου.
- Υλικά αντι-κεραυνικής προστασίας.
- Και υλικά για την γείωση της εγκατάστασης σε τρίγωνο γείωσης όπως προβλέπει ο κανονισμός της ΔΕΗ.

### 5.3.2 Χωροθέτηση Φ/Β πλαισίων

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα τοποθετηθούν επί εδάφους σε κοντινό γήπεδο το οποίο ανήκει στην κατοχή της υφιστάμενης ξενοδοχειακής μονάδας και έχει την κατάλληλη υποδομή να δεχτεί την εγκατάσταση αυτών. Το συγκεκριμένο γήπεδο δεν έχει καθόλου περιμετρικές σκιάσεις, από γειτονικά ψηλά κτίρια ή δένδρα, έτσι λοιπόν, μπορεί να ειπωθεί ότι για την υπό εξέταση θέση εγκατάστασης ο ορίζοντας προς το νότο είναι ελεύθερος και χωρίς εμπόδια. Η εγκατάσταση των πλαισίων θα γίνει βάσει των τεχνικών τους χαρακτηριστικών ακολουθώντας την διαδικασία του διαχωρισμού των πλαισίων πρώτα βάσει της ονομαστικής έντασης  $I_{mp}$  κατά αύξοντα αριθμό. Έπειτα, και ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου θα επιλεγούν να εγκατασταθούν στοιχειοσειρές (strings) με παρόμοια τάση εξόδου. Όλα τα πλαίσια θα είναι ισοδυναμικά συνδεδεμένα με χρήση καλωδίου H07V-K  $1 \times 6 \text{ mm}^2$  (κιτρινοπράσινο) και συνδεδεμένα με το σύστημα θεμελιακής γείωσης. Η στήριξη των DC καλωδίων θα πραγματοποιηθεί με την χρήση κατάλληλου τύπου δεματικών στην οπίσθια πλευρά των πλαισίων. Προκειμένου να ελαχιστοποιήσουμε την πιθανότητα επαγωγής υπερτάσεων στα άκρα των στοιχειοσειρών, όλα τα DC καλώδια (+,-) θα ακολουθούν την ίδια διαδρομή για να ελαχιστοποιηθεί η επιφάνεια του βρόγχου που περιλαμβάνεται.

Με την βοήθεια των προγραμμάτων Sunnydesing, PVsyst και Bluesol καταλήγουμε στα εξής :


➤ Στοιχεία Σχεδιασμού

<b>Είσοδος A: Φ/Β γεννήτρια 1</b>
40 x SolarPark Co. LTD. SPP 250 Smart, Κλίση: 29 °, Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη τοποθέτηση
<b>Είσοδος B: Φ/Β γεννήτρια 1</b>
40 x SolarPark Co. LTD. SPP 250 Smart, Κλίση: 29 °, Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη τοποθέτηση

Πίνακας 6 "Είσοδοι φωτοβολταϊκών γεννητριών" (Sunnydesing.gr)

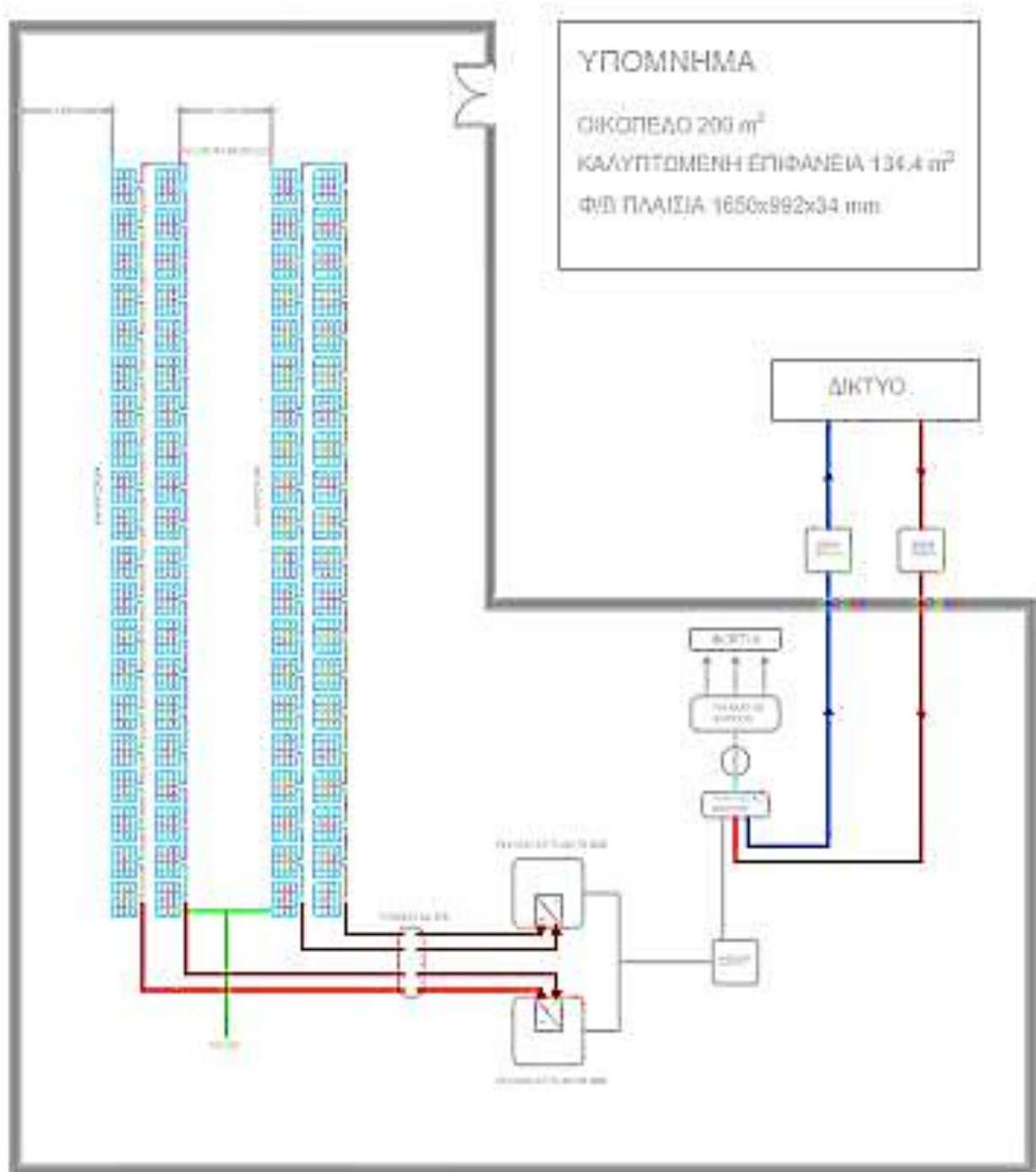
Αριθμός στοιχειοσειρών:	<b>1</b>	<b>1</b>
Φωτοβολταϊκές μονάδες ανά στοιχειοσειρά:	<b>40</b>	<b>40</b>
Ισχύς κορυφής (είσοδος):	<b>10kwp</b>	<b>10kwp</b>
Χαρακτηριστική Φ/Β τάση:	<b>572V</b>	<b>572 V</b>
Ελαχ. Φ/Β τάση:	<b>522V</b>	<b>522 V</b>
Ελαχ. τάση DC (Τάση δικτύου 230 V):	<b>150 V</b>	<b>150V</b>
Μεγ. Φ/Β τάση:	<b>874 V</b>	<b>874 V</b>
Μεγ. τάση DC:	<b>1000V</b>	<b>1000V</b>
Μεγ. ρεύμα Φ/Β γεννήτρ.:	<b>8,2A</b>	<b>8,2A</b>
Μεγ. ρεύμα DC:	<b>18A</b>	<b>10A</b>

Πίνακας 7 "Χαρακτηριστικά στοιχειοσειρών συστήματος" (Sunnydesing.gr)

	Υλικό αγωγού	Απλό μήκος	Διατομή	Πτώση τάσης	Σχετ. απώλεια ισχύος
<b>A</b>	Χαλκός	10,00 m	1, 6mm <sup>2</sup>	2,1 V	0,36%
<b>B</b>	Χαλκός	10,00 m	1,6mm <sup>2</sup>	2,1 V	0,36%

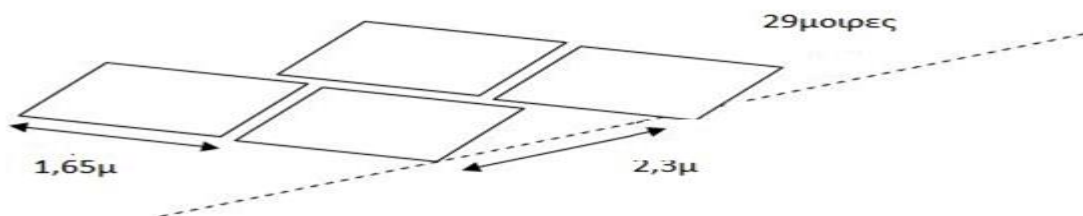
Πίνακας 8 "Χαρακτηριστικά αγωγών" (Sunnydesing.gr)

➤ Γράφημα



Εικόνα 35 "Σκαρίφημα οικοπέδου" (AutoCAD)

Επίσης, η κλίση για την μεγιστοποίηση της ετήσιας απόδοσης στο σύστημα σταθερής στήριξης στο οποίο έχουμε καταλήξει συμφώνα με την Εικόνα 37, είναι  $\varphi=29^\circ$ . Ακόμα στην Εικόνα 36 παρατίθεται και η απόσταση που πρέπει να τηρείται ανάμεσα στους ηλιακούς συλλέκτες ώστε να υπάρχει πρόσβαση προς αυτούς και αποφυγή τοίχων σκιάσεων.



Εικόνα 36 "Απόσταση ηλιακών συλλεκτών" (AutoCAD)

Υπολογισμός απόδοσης φωτοβολταϊκών, Πρόγραμμα υπολογισμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας - Google Chrome

www.selasenergy.gr/solar-inclination-results.php

Εργαλεία Υπολογισμών

## Βέλτιστη ετήσια κλίση για μέγιστη απολαβή ηλιακής ενέργειας

Οι επιλογές που κάνατε ήταν:

Ανατολικά:	27°12'47"
Βόρεια:	35°30'24"

Τοποθεσία εγκατάστασης: **ΚΑΡΠΑΘΟΣ** Κάρπαθος  
Ν. Δωδεκανήσων

Η βέλτιστη κλίση για την μεγιστοποίηση της ετήσιας απόδοσης σε σύστημα σταθερής στήριξης είναι:

$\varphi = 29^\circ$

Νότος

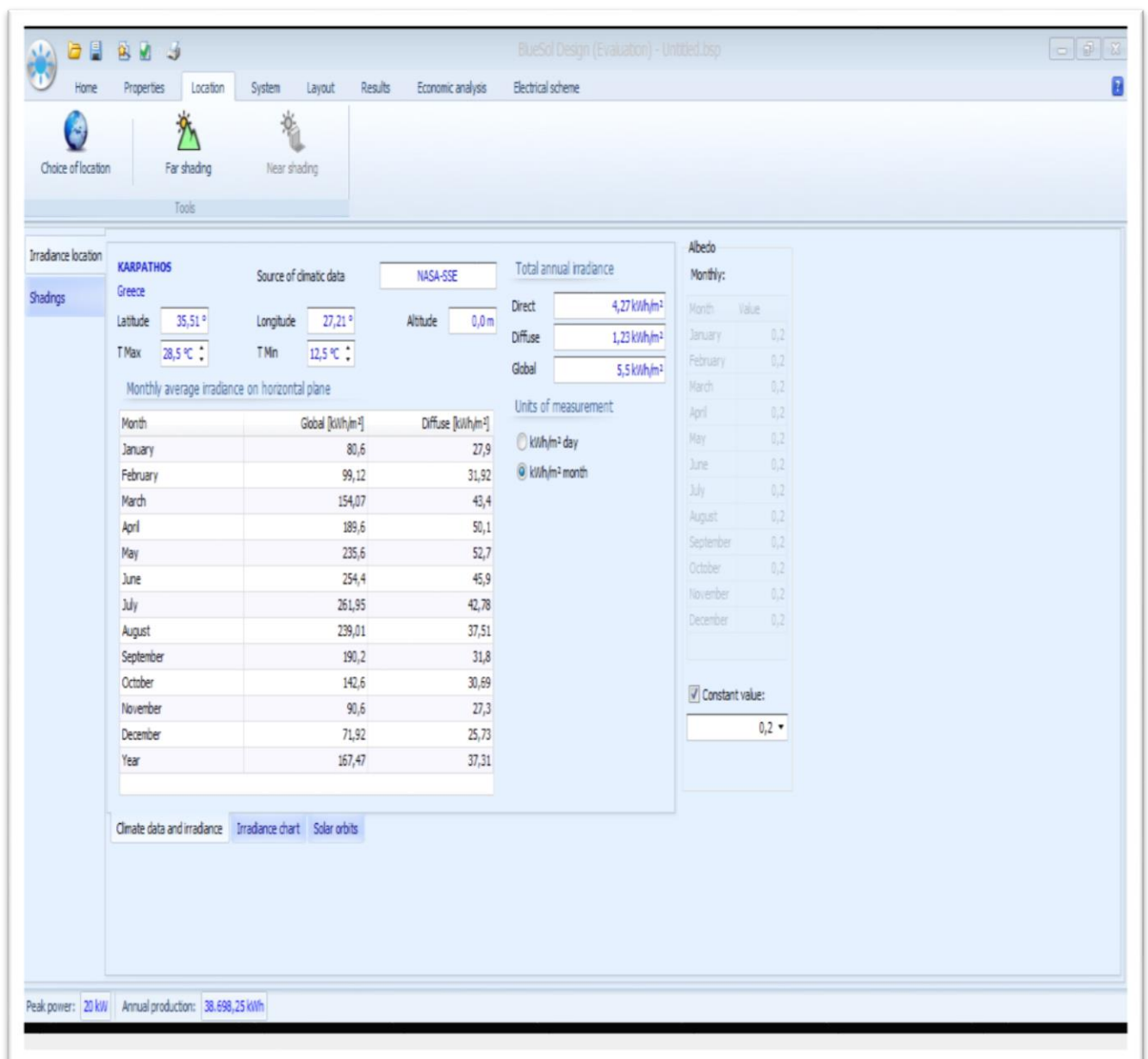
Εικόνα 37 "Βέλτιστη ετήσια κλίση πανέλων" (selasenergy.gr/solar-inclination-results.php, n.d.)



### 5.3.3 Ενεργειακή μελέτη

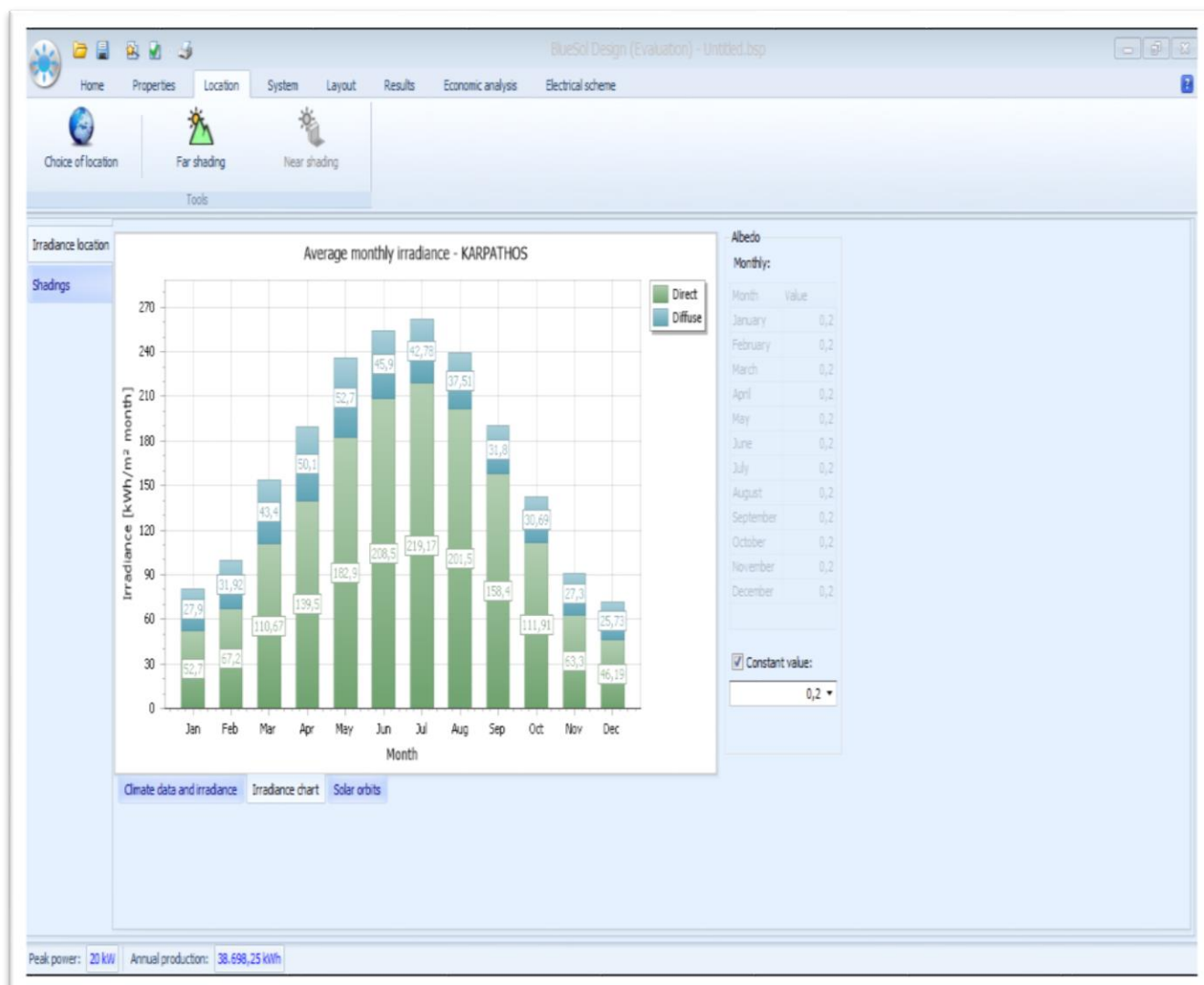
Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη για τον υπολογισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας υπακούει στο βασικό μοντέλο υπολογισμού των απωλειών κατά τις ενεργειακές μετατροπές από την είσοδο του συστήματος (προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία) έως την έξοδο του συστήματος (σημείο διασύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.).

Οι τιμές για την ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής έχουν ληφθεί σύμφωνα με το πρόγραμμα Bluesol και παρουσιάζονται στην Εικόνα 38.



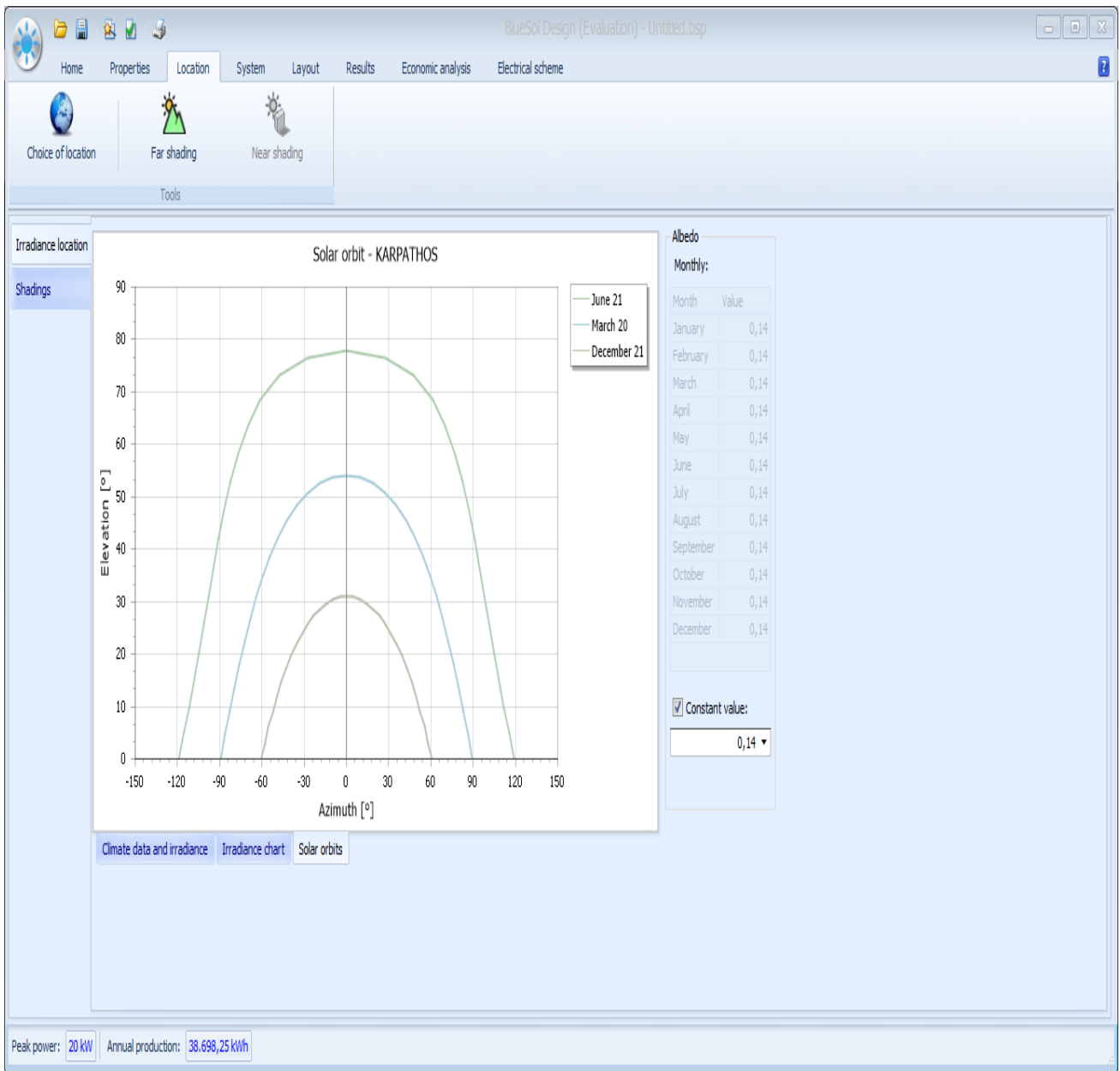
Εικόνα 38 "Ηλιακή ακτινοβολία Καρπάθου" (Bluesol.gr)

Τα δεδομένα που εξάγει το πρόγραμμα είναι προσαρμοσμένα από τον παγκόσμιο οργανισμό NASA-SSE. Στην Εικόνα 39, έχουμε λοιπόν ως αποτέλεσμα το συνολικό ετήσιο ποσοστό ακτινοβολίας σε kWh/m<sup>2</sup> με το ποσοστό της απευθείας ακτινοβολίας να είναι **4,27 kWh/m<sup>2</sup>**, της διάχυτης **1,23 kWh/m<sup>2</sup>** και της παγκόσμιας **5,5 kWh/m<sup>2</sup>**.



Εικόνα 39 "Διαγράμμιση ακτινοβολίας ανά μηνά"(Bluesol.gr)

Στην Εικόνα 39 επίσης, γίνεται η διαγράμμιση των αποτελεσμάτων που προαναφέρθηκαν με την διεξοδική αναφορά των ποσοστών της απευθείας αλλά και της διάχυτης ακτινοβολίας που προσπίπτει στο νησί της Καρπάθου ανά μηνά. Με το ίδιο πρόγραμμα ακόμα, δημιουργείται και το διάγραμμα της ηλιακής τροχιάς στην Εικόνα 40, που διαγραφεί ο ήλιος, με μεγαλύτερη όπως ήταν αναμενόμενο να είναι το μηνά Ιούνιο και την 21 μέρα του.



Εικόνα 40 “Διάγραμμα ηλιακής τροχιάς” (Bluesol.gr)

### 5.3.4 Αποτελέσματα Μελέτης

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται είναι με βάση την προσομοίωση στο πρόγραμμα με την ονομασία Bluesol. Αξίζει να σημειωθεί πως το οι τοίχων διαφορές αναμεσα στα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας αλλού είδους πρόγραμμα είναι αναμενόμενες καθώς το λογισμικό και η λείπει δεδομένων για το καθένα γίνεται από διαφορετικούς φορείς.

Στον παρακάτω Πίνακα 9, παραθέτονται τα χαρακτηριστικά του συστήματος μας:

<b>Χαρακτ. Συστήματος</b>	<b>Τιμές</b>
Ισχύς Συστήματος	<b>20kW</b>
Μεγ. Τάση DC	<b>1574,03V</b>
Μεγ. Ρεύμα DC	<b>17,66A</b>
Μεγ. Τάση MPPT	<b>1270,03V</b>
Ελαχ. Τάση MPPT	<b>987,44V</b>
Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας	<b>30.000kwh</b>
Ετήσια Παραγομένη Ενέργεια	<b>1928,35kwh/kWp</b>
Απώλεια Σκίασης	<b>0,00%</b>
Απώλεια Συστήματος	<b>13,6%</b>
Ελαχ. Θερμοκρασία Συστ.	<b>12°C</b>
Μεγ. θερμοκρασία Συστ.	<b>49°C</b>
Αριθμός Στοιχειοσειρών	<b>2</b>
Αριθμός Πανέλων	<b>80</b>
Επιφάνεια κάλυψης	<b>134,4m<sup>2</sup></b>

Πίνακας 9 " Αποτελέσματα φωτοβολταϊκού συστήματος"(Bluesol.gr)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### 6.1 Οικονομική αξιολόγηση

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται μια εκτενής οικονομική ανάλυση του επενδυτικού σχεδίου. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η πληρότητα αυτής της οικονομικής αξιολόγησης ελήφθησαν υπ' όψιν πλήθος παραμέτρων, τόσο τεχνικών όσο και χρηματοοικονομικών.

#### 6.1.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Έργου

Στο συγκεκριμένο τύπο εγκατάστασης που μελετήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το νομικό πλαίσιο προβλέπει μέγιστη εγκαταστημένη ισχύ αιχμής τα 20 kWp. Θεωρητικά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα που εγκαθίστανται σε στέγη απαιτούν επιφάνεια τάξεως 8-10 τ.μ./kW ενώ αυτά που εγκαθίστανται σε χώρους επιφάνεια ανάλογη αυτής των γηπέδων, ήτοι 1520 τ.μ./kW. Στην πράξη ωστόσο, λόγω της υψηλής απόδοσης των φ/β πάνελ πλέον, και «έξυπνων» τρόπων εγκατάστασης είναι δυνατό να επιτευχθεί και πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα ηλεκτρικής ισχύος ανά τ.μ. (έως και 5-7 kWp/τ.μ.)

Ειδικά σε αυτές τις περιπτώσεις, όπως βέβαια και στις υπόλοιπες, είναι πολύ σημαντικό ο διαθέσιμος χώρος να έχει ελεύθερο τον ορίζοντα προς το νότο και να μην παρουσιάζει συχνές και πυκνές σκιάσεις από δομικές κατασκευές όπως καμινάδες, τοιχία, κάγκελα κ.α.

Στην πράξη σε κάθε μελέτη για την εγκατάσταση ενός συστήματος Φ/Β μέσω του ειδικού προγράμματος επιδιώκεται η μεγιστοποίηση της συνολικής ονομαστικής ισχύος αιχμής, ώστε να μεγιστοποιούνται εξ' αυτού και τα αναμενόμενα έσοδα. Φυσικά αυτό επιβαρύνει το αρχικό κόστος εγκατάστασης, ωστόσο η επιβάρυνση αυτή δεν είναι ακριβώς γραμμική, αφού υπάρχουν κάποια πάγια έξοδα που είναι σχεδόν ανεξάρτητα από το μέγεθος του έργου. Ενδεικτικά αναφέρεται το πάγιο έξοδο της σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο, μέσω της Δ.Ε.Η., που ανέρχεται περίπου στα 1000€.

Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ ισχύς αιχμής σύμφωνα με την μελέτη που προηγήθηκε είναι **1928,35 kWh/kWp**. Η τιμή αυτή καθορίζεται κατά κύριο λόγο από την συνολική ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια του συλλέκτη.

Τέλος, ένα τεχνικό χαρακτηριστικό ακόμα είναι η ποσοστιαία ετήσια πτώση απόδοσης εγκατάστασης. Για την διαμόρφωση της τελικής τιμής αυτής της παραμέτρου είναι δυνατόν να ληφθούν υπ' όψιν πλήθος παραγόντων όπως ετήσια μείωση της απόδοσης των φ/β πάνελ και κατά συνέπεια και της φ/β γεννήτριας, απώλειες εξαιτίας φυσιολογικής φθοράς λόγω χρήσης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (μετατροπέας, καλωδιώσεις, μ/σ απομόνωσης κλπ.)

Ωστόσο στις περισσότερες περιπτώσεις ο συντελεστής αυτός θεωρείται ότι ταυτίζεται με την τιμή που δίνει ο κατασκευαστής για την πτώση απόδοσης των φ/β πάνελ. Αφού η φωτοβολταϊκή γεννήτρια αποτελεί την «καρδιά» του συστήματος καθορίζει στον μέγιστο βαθμό την συνολική απόδοση της εγκατάστασης. Οπότε και στην παρούσα ανάλυση η συγκεκριμένη παράμετρος θα θεωρηθεί ίση με 0,8%.

### 6.1.3 Οικονομικά χαρακτηριστικά επένδυσης

Σύμφωνα με τιμές των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στην ελληνική αγορά Φ/Β, το συνολικό κόστος επένδυσης για εγκατάσταση Φ/Β στη στέγη ή στο γήπεδο εκτιμάται σε 0,60€/W στο οποίο έχει προστεθεί ο αναλογούν ΦΠΑ (24%). Ειδικότερα, στην ελληνική αγορά, το κόστος των αντιστροφών για εγκαταστάσεις μέχρι 20 kW κυμαίνεται περίπου στα 1.500-4.500€ .

Παράλληλα, η εγκατάσταση περιλαμβάνει την τοποθέτηση ρολογιού με διπλό μετρητή για μέτρηση της παραγόμενης και καταναλισκόμενης ενέργειας από τη Φ/Β εγκατάσταση. Γενικότερα, το συνολικό κόστος για τη διαδικασία σύνδεσης της εγκατάστασης Φ/Β με το δίκτυο χαμηλής τάσης εκτιμάται στα 1.000 € (γνωστοποιείται στον ενδιαφερόμενο από τη ΔΕΗ με την Προσφορά Σύνδεσης). Το μεγαλύτερο μέρος του αρχικού κόστους επένδυσης αφορά την προμήθεια της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που την αποτελούν έχουν υψηλή τιμή αρχικής κτήσης. Βέβαια η τιμή αυτή μειώνεται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου και με την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται ιδιαίτερος λόγω του έντονου ανταγωνισμού μεταξύ των κατασκευαστών, και τα τελευταία χρόνια έχει κορυφωθεί ειδικά ανάμεσα στις Κινεζικές εταιρίες και αυτές με έδρα στην Ε.Ε. και τις Η.Π.Α.

Για την συγκεκριμένη εγκατάσταση, επιλέχθηκαν 80 φωτοβολταϊκά πλαίσια της κορεάτικης εταιρίας SolarPark, πολυκρυσταλλικής τεχνολογίας, κατασκευασμένα στην Κορέα με κόστος 336,11€ το ένα.

Ένα ακόμη σημαντικό μέρος του κόστους, είναι η αγορά του αντιστροφέα. Όπως προαναφέρθηκε, το εξάρτημα αυτό είναι πάρα πολύ βασικό αφού λειτουργεί συνεχώς προκειμένου να μετατρέπει το συνεχές ρεύμα της φ/β γεννήτριας σε εναλλασσόμενο και να το εγχέει στο δίκτυο. Επιπλέον δεν αρκεί να είναι αξιόπιστο, αλλά οφείλει να πληροί και πολύ αυστηρές προδιαγραφές που τίθενται από τον διαχειριστή του δικτύου για την ποιότητα της παραγόμενης ισχύος. Έτσι προτείνεται να είναι από επώνυμο κατασκευαστή με πλήθος συνοδευτικών πιστοποιήσεων, οι οποίες επισυνάπτονται.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε ο PVI-10.0/12.5 TL- OUTD της ABB με αρχικό κόστος 2.600€ με ΦΠΑ.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΙΜΗ €	ΣΥΝΟΛΟ €
Φωτοβολταϊκά Πλαίσια	80	336,11	26.680,00
Αντιστροφέας	2	2.600	5.200,00
Βάσεις Στήριξης	80	62,5	5.000,00
Πίνακες – Η/Μ εξοπλισμός	-	-	1.000,00
Κόστος Εγκατάστασης	-	-	2.000,00
Κόστος Εργασίας – Μεταφορά προσωπικού και Εξοπλισμού	-	-	2.000,00
Κόστος ηλεκτρομηχανικού Εξοπλισμού	-	-	1.000,00
Ασφάλιστρα	-	-	1.222,80
Συντήρηση	-	-	1.019,00
Λειτουργία	-	-	1.878,20
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>45.000,00</b>

Πίνακας 10 "Εξοδα εγκατάστασης"

## 6.2 Αξιολόγηση Επένδυσης

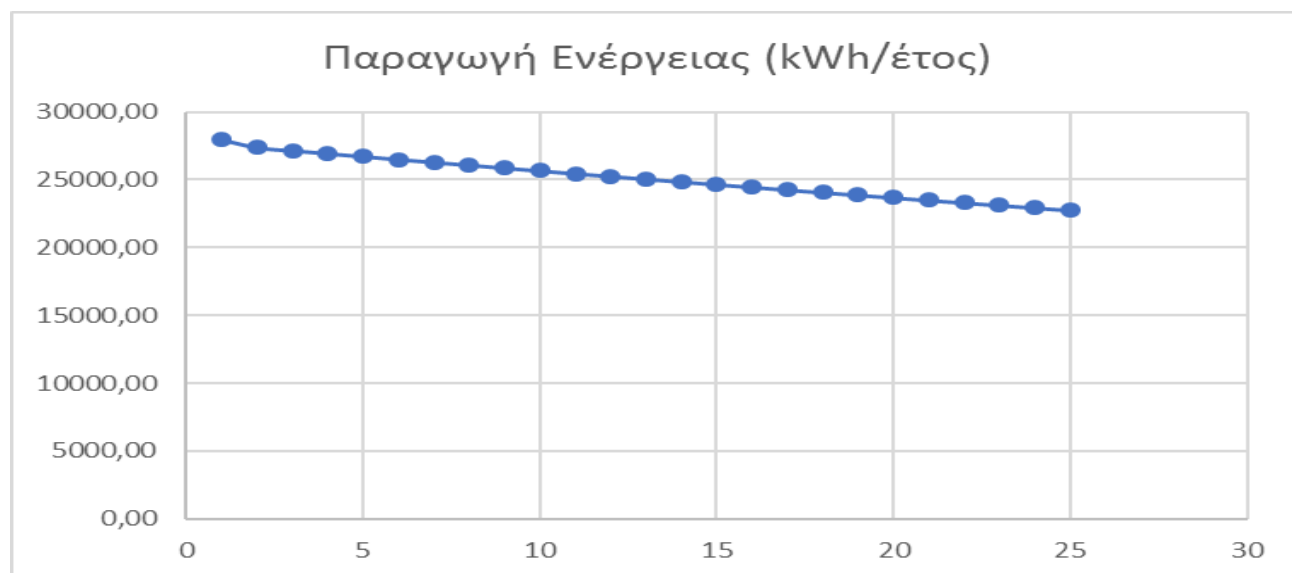
Έχοντας μελετήσει διεξοδικά όλες τις παραμέτρους, με την βοήθεια των υπολογιστών φύλλων του προγράμματος PVtech και την επαλήθευση αυτών μέσω των προγραμμάτων που προαναφέρθηκαν, στον Πίνακα 11 εξάγονται τα εξής οικονομικά αποτελέσματα :

Έτος	Παραγωγή Ενέργειας (kWhr/έτος)	Κατανάλωση Ενέργειας (kWhr/έτος)	Εξοικονόμηση (€/έτος)	Καθαρό Κέρδος (€/έτος)	Αθροιστική Ταμειακή ροή (€)	Καθαρή Παρούσα Αξία (€)
0	0,00	0,00	0,00	45000,00	-45000,00	-45000,00
1	27956,00	30000,00	3559,58	3559,58	-41440,42	-41544,10
2	27378,21	30000,00	3746,15	3746,15	-37694,27	-38012,99
3	27159,18	30000,00	3827,66	3827,66	-33866,61	-34510,14
4	26941,91	30000,00	3910,95	3910,95	-29955,65	-31035,30
5	26726,37	30000,00	3996,06	3996,06	-25959,59	-27588,27
6	26512,56	30000,00	4083,01	4083,01	-21876,58	-24168,81
7	26300,46	30000,00	4171,86	4171,86	-17704,72	-20776,71
8	26090,06	30000,00	4262,64	4262,64	-13442,09	-17411,74
9	25881,34	30000,00	4355,39	4355,39	-9086,69	-14073,70
10	25674,29	30000,00	4450,17	4450,17	-4636,53	-10762,36
11	25468,89	30000,00	4547,00	4547,00	-89,53	-7477,51
12	25265,14	30000,00	4645,94	4645,94	4556,42	-4218,94
13	25063,02	30000,00	4747,04	4747,04	9303,46	-986,43
14	24862,52	30000,00	4850,34	4850,34	14153,79	2220,21
15	24663,62	30000,00	4955,88	4955,88	19109,67	5401,20
16	24466,31	30000,00	5063,72	5063,72	24173,39	8556,74
17	24270,58	30000,00	5173,91	5173,91	29347,29	11687,04
18	24076,41	30000,00	5286,49	5286,49	34633,78	14792,30
19	23883,80	30000,00	5401,52	5401,52	40035,31	17872,71
20	23692,73	30000,00	5519,06	5519,06	45554,37	20928,48
21	23503,19	30000,00	5639,16	5639,16	51193,52	23959,80
22	23315,16	30000,00	5761,86	5761,86	56955,38	26966,88
23	23128,64	30000,00	5887,24	5887,24	62842,63	29949,89
24	22943,61	30000,00	6015,35	6015,35	68857,97	32909,04
25	22860,06	30000,00	6146,24	6146,24	75004,22	35844,52

Πίνακας 11 "Οικονομικά αποτελέσματα συστήματος"(PVtech.gr)

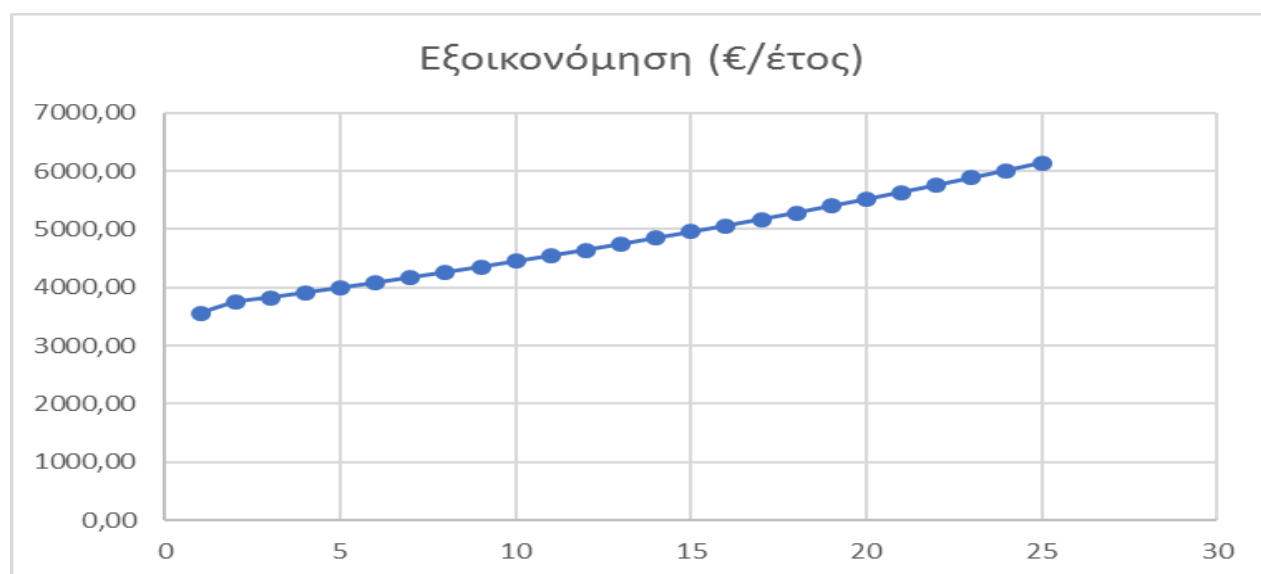


Αρχικά παρατηρούμε μια γραμμική μείωση της παραγομένης ενέργειας ανά έτος, ένα φαινόμενο που περιμένουμε να εμφανιστεί καθώς οφείλεται στην αναμενόμενη γήρανση του φωτοβολταϊκού μας συστήματος. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα τον 1 χρόνο το σύστημα παράγει **27.956kwh** και στο τέλος των 25 χρόνων λειτουργίας **22.860,06kwh**.



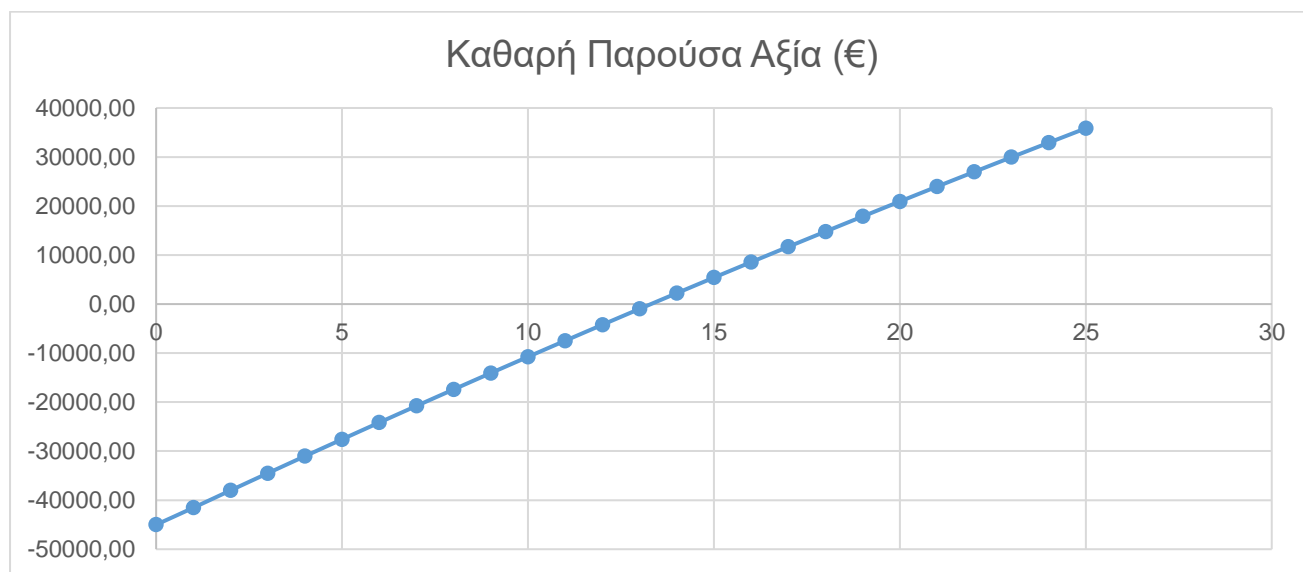
Εικόνα 41 "Διάγραμμα Παραγωγής ενέργειας ανά έτος" (excel)

Ένα σημαντικό στοιχείο που εξάγουμε ακόμα, είναι ότι το σύστημά μας αρχίζει να κάνει απόσβεση των χρημάτων μας στον 11 χρόνο λειτουργίας του, όπως προέκυψε από τον υπολογισμό των χρημάτων που εξοικονομεί κάθε χρόνο ξεχωριστά.



Εικόνα 42 "Διάγραμμα Εξοικονόμησης χρημάτων ανά έτος" (excel)

Το τελευταίο στοιχείο που είναι και το πιο σημαντικό στην μελέτη που πραγματοποιείται, είναι ότι το φωτοβολταϊκού συστήματος στο τέλος των 25χρόνων λειτουργίας του, μπορεί και προσφέρει στον ιδιώτη της ξενοδοχειακής μονάδας κέρδος που ανέρχεται στο ποσό των **35844,52€**.



Εικόνα 43 "Διάγραμμα Καθαρής Παρούσας Αξίας. (excel)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Στο τελευταίο κεφάλαιο, αναλύονται οι ενεργειακές ανάγκες της ξενοδοχειακής μονάδας και πως η χρήση του φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να τις καλύψει, και εν συνεχεία αναλύονται τα συμπεράσματα από την μελέτη που πραγματοποιήθηκε.

### 7.1 Κάλυψη ενεργειακών αναγκών Υ.Ξ.Μ

Τα κτίρια των ξενοδοχείων στην Ελλάδα και διεθνώς καταναλώνουν σημαντικά ποσά ενέργειας σε σχέση με άλλα κτίρια. Η λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και εφαρμογών τεχνολογιών ΑΠΕ σε αυτά δεν αποτελούν μέτρα πρώτης προτεραιότητας για τους επιχειρηματίες του τουρισμού καθώς το κόστος της ενέργειας συμβάλλει μόνο κατά 4-10% στο ετήσιο κόστος λειτουργίας των τουριστικών καταλυμάτων.

Τα ξενοδοχεία καταναλώνουν θερμική και ηλεκτρική ενέργεια κυρίως για :

- α) Φωτισμό
- β) Λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών.
- γ) Παραγωγή θερμού νερού.
- δ) Θέρμανση και ψύξη χώρου.

Κατά τη διάρκεια υλοποίησης του Ευρωπαϊκού προγράμματος SETCOM πραγματοποιήθηκαν ενεργειακές επιθεωρήσεις σε δέκα θερινά ξενοδοχεία της Ελλάδος(στο νησί της Κρήτης κυρίως) διαφόρων κατηγοριών και δυναμικοτήτων και υπολογίστηκαν η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> λόγω της χρήσης της ενέργειας σε αυτά. Τα θερινά ξενοδοχεία της Ελλάδος χρησιμοποιούν πολύ περισσότερο την ηλιακή ενέργεια (8,4% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης) σε σχέση με αντίστοιχα ξενοδοχεία άλλων Μεσογειακών κρατών όπως Ισπανία, Ιταλία, Πορτογαλία.

Ενδεικτικές τιμές της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά διανυκτέρευση στα ξενοδοχεία της Μεσογείου είναι 15-18 KWhr/διανυκτέρευση ενώ για τα ξενοδοχεία της Ελλάδος κυμαίνονται σε 525 KWhr/διανυκτέρευση με μέση τιμή 16,19 KWhr/ διανυκτέρευση.

Για την συγκεκριμένη ξενοδοχειακή μονάδα δυναμικότητας 100-120 κλινών, η ενδεικτική κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα

	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ %</b>	<b>kWhr</b>
Ψύξη χώρου	34	96.900
Παραγωγή θερμού νερού	23	65.550
<b>Φωτισμός</b>	<b>8</b>	<b>22.800</b>
Κουζίνα	19	54.150
Διάφορα	16	45.600
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>100</b>	<b>285.000</b>

Πίνακας 12 'Ενδεικτική κατανάλωση ενεργείας στην Υ.Ξ.Μ.'

Ήδη από την προμελέτη για την εγκατάσταση ενός επαγγελματικού φωτοβολταϊκού συστήματος, εξάγεται το συμπέρασμα ότι όσο μεγαλύτερη η ισχύ της φ/β γεννήτριας τόσο αποδοτικότερο αναμένεται να είναι το σύστημα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αυτή η ισχύς έχει περιοριστικές τιμές καθώς αναφερόμαστε σε σύστημα με χρήση του προγράμματος *net metering*. Ενδεικτικά στον Πίνακα 13 παρουσιάζεται το ανώτατο όριο ισχύς ανάλογα με την περιοχή που λαμβάνει χώρο η εγκατάσταση και για ποια χρήση προορίζεται. Η ισχύς αυτή μπορεί ωστόσο να περιοριστεί από πλήθος παραγόντων, όπως ο διαθέσιμος χώρος, ο προσανατολισμός του οικήματος και η επίδραση έντονων σκιάσεων.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	ΟΛΟΙ ΟΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	ΜΕΓΑΛΟΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	ΚΟΙΝΩΦΕΛΕΙΣ ΣΚΟΠΟΥΣ
ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗ ΧΩΡΑ	20kW - 30.000 kWh/έτος	500kW - 750.000 kWh/έτος	500kW - 750.000 kWh/έτος
ΜΗ ΔΙΑΣΥΝ.ΝΗ-ΣΙΑ	10kW - 15.000kWh/έτος	<b>20KW - 30.000 kWh/έτος</b>	20KW - 30.000 kWh/έτος
ΚΡΗΤΗ	20kW -30.000 kWh/έτος	50kW - 75.000kWh/έτος	50kW - 75.000kWh/έτος

Πίνακας 13 "Ανώτατο όριο ισχύς εγκατάστασης ανά περιοχή" ([google.gr/net-metering/kwh/anaperioxi](http://google.gr/net-metering/kwh/anaperioxi))

Η Κάρπαθος ανήκει στα Μη διασυνδεδεμένα νησιά με ανώτατο όριο ισχύς για την ξενοδοχειακή μονάδα τα 20Kw (30.000kWhr). Το κέρδος αρχικά από την χρήση του προγράμματος είναι ο εκμηδενισμός του τιμολογίου της ΔΕΗ, κόστος το οποίο ανέρχεται στις 5.000€.

$$30000kWh \times 0,1650 \frac{\text{€}}{kWh} = 5.000\text{€}, \text{ Σχέση 2}$$

Από την ενεργειακή μελέτη που πραγματοποιήθηκε το φωτοβολταϊκό σύστημα τον 1<sup>ο</sup> χρόνο λειτουργίας του αποδίδει **27.956,00kWhr** και τον 25<sup>ο</sup> χρόνο **22.860,06kWhr**. Το σύστημα λοιπόν, μπορεί να κάλυψη το **8%** των ενεργειακών αναγκών, τον πλήρη φωτισμό των 100-120 κλινών της ξενοδοχειακής μονάδας.

## 7.2 Συμπεράσματα

Ο μηχανικός μελετητής, έχει τη δυνατότητα σήμερα μέσω πολύ δυνατών υπολογιστικών εργαλείων και εξειδικευμένου λογισμικού που διατίθεται ευρέως πλέον, να πραγματοποιήσει τεχνικές μελέτες που προσομοιώνουν με πολύ μεγάλη ακρίβεια την μελλοντική εγκατάσταση. Στην πράξη, δηλαδή, υπάρχει ισχυρή τεχνογνωσία γύρω από τέτοιου είδους εγκαταστάσεις φ/β συστημάτων, οι οποίες μάλιστα σε πολλές των περιπτώσεων ακολουθούν αυστηρά πρότυπα που έχουν προκύψει από ακαδημαϊκούς ή άλλους ανεξάρτητους φορείς πιστοποίησης. Πρέπει να τονισθεί, η μεγάλη σημασία του να ακολουθείτε σε όλα τα στάδια της μελέτης και της εγκατάστασης η βέλτιστη πρακτική. Ο λόγος είναι ότι υπάρχουν πληθώρα «λεπτών» σημείων που πρέπει να αντιμετωπίζονται πολύ προσεκτικά για μπορεί να έχουν καταστροφικές συνέπειες για το έργο, άμεσα ή σε βάθος χρόνου, απειλώντας ακόμα και την βιωσιμότητα του. Ενδεικτικά αναφέρονται, η σωστή χωροθέτηση, η μελέτη σκίασης και τέλος η χρήση εγγυημένου εξοπλισμού σε όλα στοιχεία της εγκατάστασης.

Όσο αφορά τώρα το τεχνικό κομμάτι της πτυχιακής κατά πρώτο λόγο αναλύσαμε τους νόμους και τις υπουργικές αποφάσεις που έχουν να κάνουν με τα ΑΠΕ. Έτσι φτάσαμε στο σημείο να κατασταλάξουμε ότι βάση νόμου η μέγιστη εγκατάσταση στο συγκεκριμένο χώρο είναι τα **20kW**. Στην επιλογή του εξοπλισμού (φωτοβολταϊκά - αντιστροφείς) κύριο ρολό είχε η εταιρεία **BigSolar A.E** καθώς με την μακρόχρονη εμπειρία στο χώρο των φωτοβολταϊκών μας πρόσφερε ένα σύστημα άρτια εξοπλισμένο και πιστοποιημένων δυνατοτήτων στον καλύτερο λόγο τιμής/ποιότητας.

Η απόσβεση του κεφαλαίου που δαπανήθηκε, γίνεται τον **11<sup>ο</sup> χρόνο** λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος και κρίνεται ικανοποιητικός χρόνος, εάν σκεφτούμε το χρόνο ζωής των φ/β συστημάτων. Το εκτιμώμενο κόστος στο πέρας των 25 χρονών λειτουργίας είναι **35.844,52€**, με τον ιδιώτη να είναι **κερδισμένος 70%**.

Στο πέρας των 25 χρονών ο ιδιώτης έχει την δυνατότητα να προβεί σε αντικατάσταση των πανέλων ποσό, το οποίο μπορεί να καλύψει από τα έσοδα του συστήματος, χωρίς να δαπανήσει επιπλέον κεφάλαιο. Ο 26<sup>ο</sup> χρόνος λοιπόν βρίσκει τον ιδιώτη, **κατά 20% κερδισμένο**, και με μια παρακαταθήκη για τα επόμενα 25 χρονιά που θα του **αποφέρει 85.000€**.

Το βασικό συμπέρασμα λοιπόν, που προκύπτει από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής αυτής εργασίας, είναι ότι η επένδυση σε ένα επαγγελματικό φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα του 2017, **εξακολουθεί να παραμένει κερδοφόρα**. Παρόλα αυτά τρεις είναι οι κυριότεροι παράμετροι που είναι ικανοί να επηρεάσουν την ελκυστικότητα της.

1. **Το νομικό καθεστώς.** Μια πιθανή φορολόγηση είτε επί των υπάρχουσών εγκαταστάσεων είτε επί των μελλοντικών, εκτός από την άμεση μείωση του περιθωρίου κέρδους της επένδυσης, κάτι τέτοιο θα κλόνιζε οριστικά και την εμπιστοσύνη των επενδυτών καθώς ήδη με το υπάρχον νομικό καθεστώς οι επιχειρηματίες διστάζουν στην υλοποίηση τέτοιων ιδεών.
2. **Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την εγκατάσταση.** Το αποτέλεσμα, της μελέτης και υλοποίησης της εγκατάστασης, δεν είναι άλλο από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τεχνικοί λόγοι που έχουν αναλυθεί εκτενέστατα σε όλη τη πτυχιακή, καθορίζουν την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που το σύστημα είναι σε θέση να παράγει, και πωλείται τελικά στον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας.

3. **Το κόστος κεφαλαίου.** Πρόκειται αναμφίβολα για μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους, για οποιαδήποτε επένδυση. Συγκεκριμένα, στην σύγχρονη Ελλάδα, εν μέσω πρωτοφανούς οικονομικής κρίσης, προσφέρονται από τα τραπεζικά ιδρύματα πληθώρα δανειακών προγραμμάτων για την εγκατάσταση οικιακού φ/β συστήματος. Σε θεωρητικό επίπεδο, τα προγράμματα αυτά είναι ικανά να καλύψουν έως και το 100% της επένδυσης. Όμως στη πράξη, λόγω των υψηλών δανειακών επιτοκίων, και της οικονομικής ανασφάλειας, η χρηματοδότηση της επένδυσης εξαρτάται από την οικονομική επιφάνεια του επενδυτή. Συγκεκριμένα αναλύοντας τη χρηματοοικονομική ροή του συστήματος γνωρίζοντας πως η επένδυση καλύπτεται από κεφάλαια που προέρχονται από τον εγκαταστάτη παρουσιάζει ένα βασικό μειονέκτημα, θα μειωθεί η ρευστότητα του διότι θα σπαταλήσει το κεφάλαιο για την εγκατάσταση με αποτέλεσμα από την στιγμή που η αθροιστική καθαρή παρούσα αξία ξεκινάει από το (-45.000) ευρώ να δημιουργεί ένα μεγαλύτερο ρίσκο.

Όσο αναφορά τις προοπτικές που εμφανίζονται στον χώρο του φωτοβολταϊκού, η συνεχώς βελτιούμενη τεχνολογία των φωτοβολταϊκών πάνελ αλλά και όλου του περιφερειακού εξοπλισμού αναμένεται να διατηρήσει τους ρυθμούς ανάπτυξης του κλάδου. Ακόμη η συνεχώς αυξανόμενη εμπειρία από την πληθώρα των έως τώρα εγκαταστάσεων αναμένεται να προκαλέσει και βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών, και λόγω του έντονου ανταγωνισμού να προκύψει μια καλύτερη αγορά.

Η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας σε ξενοδοχειακές μονάδες με τη λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, **θα μειώσει σημαντικά το μέγεθος των εγκαταστάσεων ΑΠΕ** που απαιτούνται για τη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.

## ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΡΓΟΥ









# ΠΑΡΑΤΗΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

## ΦΥΛΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

**SolarPark Korea**

**Powermodule™**  
Smart R Series

SPP 245 | 250 | 255 | 260 SR

- 25** YEAR WARRANTY  
ADDITIONAL ON VALUE: 25-YEAR STRAIGHT LINE WARRANTY\*
- 10** YEAR WARRANTY  
LONG-TERM SECURITY: 10-YEAR PRODUCT WARRANTY
- HIGHER SYSTEM YIELDS THROUGH SCIMITAR™
- 3x MORE DURABLE  
TRIPLE-TEST FOR GREATER DURABILITY
- PREMIUM QUALITY THROUGH AUTOMATION
- FIRE SAFETY ULTRATESTED
- STORM-PROOF ULTRA-CLEAN TEMPERED SAFETY GLASS
- ELECTRICAL SAFETY WITH SILICONES SEAMANT & MULTI-LAYER BACK SHEET
- HAZARD PROTECTION & HEAVY SNOW LOAD TESTED

QUALITY MADE IN KOREA

L PERFORMANCE

Standard **ISO 9001:2015**  
Performance at STC, under 1,000 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, at 25°C (80°F), with array surface (BIPV/Si) (1)

	$P_{max}$ (W)	$V_{oc}$ (V)	$V_{mp}$ (V)	$I_{sc}$ (A)	$I_{mp}$ (A)	$FF$ (%)
SPP 245 (1)	245	37.4	32.4	6.54	6.26	13.97%
SPP 250 (1)	250	37.5	32.7	6.61	6.33	14.17%
SPP 255 (1)	255	37.7	32.8	6.57	6.27	14.38%
SPP 260 (1)	260	37.8	33.1	6.61	6.38	14.58%

II THERMAL CHARACTERISTICS

Minimum operating cell temperature (NOCT)	45.1°C
Temperature coefficient of $P_{max}$	-0.45 %/°C
Temperature coefficient of $V_{oc}$	-0.38 %/°C
Temperature coefficient of $I_{sc}$	0.04 %/°C

III MODULE ARCHITECTURE

Cell	Monocrystalline Silicon, 156 x 156 mm (6 inch)
Cell Array	30 x 6, total 180 Cells
Glass	3.2mm Tempered Glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction Box	IP67 rated (3 bypass Diodes)
Cable	IEC and/or UL
Connector	MCA compatible
Protection Rating	IP67

IV SAFETY INFORMATION

Max. System Voltage	1,000 V <sub>DC</sub>	Container	40°C
Series Fuse Rating	15 A	Pieces per pallet	32
IEC Protection Class	Safety Class I	Pallets per container	18
Fire Safety Classification	Class C	Pieces per container	300
Operating Temperature	-40 ~ +85°C		
IEC Max. Snow Test Load	5.40 kPa		

**SolarPark Korea Co., Ltd**  
10th Floor, 210-11, Gyeongde-daero, Seongju, 510-050, Korea  
Factory: 280, 302 Gyeongde-daero, Seongju, Gyeongbuk, Korea  
www.solarparkkorea.com | support@solarpark-korea.com

SolarPark Korea Powermodule™ need.

Combining the finest raw materials with state-of-the-art automation technology, and backed by an industry-leading 25-year guarantee\*, our Powermodules™ deliver top-notch quality you can rely on -

\* 25-year warranty guarantee is valid under the standard test conditions of 1,000 W/m<sup>2</sup> and 25°C (80°F).

SolarPark Powermodule™ safety testing method: standard test conditions and extreme weather conditions.

Solar Inverters

**ABB string inverters**  
**PVI-10.0/12.5-TL-OUTD**  
**10 to 12.5 kW**



**Designed for commercial**  
 (two independent MPPTs) and  
 PVI-10/12.5, three-phase inverter is  
 highly unique in its ability to control  
 the performance of the PV panels,  
 especially during periods of variable  
 weather conditions.

The high speed and precise Maximum  
 Power Point Tracking (MPPT) algorithm  
 provides real-time power tracking and  
 improved energy harvesting.  
 This transformerless device has two  
 independent MPPTs and efficiency  
 ratings of up to 97.8%.

**Additional highlights**

- Electrolyte-free power converter to further increase the life expectancy and long term reliability

**Efficiency ratings up to 97.8%**

Flat efficiency curves ensure high  
 efficiency at all output levels ensuring  
 consistent and stable performance  
 across the entire input voltage and  
 output power range.

The wide input voltage range makes the  
 inverter suitable for low power  
 installations with reduced string size.

- DC/AC output converter
- Transformerless topology

- Integrated DC disconnect switch in compliance with international standards (-S and -PS versions)
- Natural convection cooling for maximum reliability

**Highly flexible usage, too**

- True three-phase bridge topology for
- Each inverter is set on specific grid codes which can be selected in the field
- Wide input range
- Dual input section with independent MPPT allows optimal energy harvesting from two sub-arrays oriented in different directions

Power and productivity  
 for a better world™ **ABB**

**Technical data and types**

- Type code TL-OUTD
- Outdoor enclosure for unrestricted use under any environmental conditions
  - RS-485 communication interface (for connection to laptop or datalogger)

**PVI10-TL-OUTD PVI12.5-**



**DC/AC**

Absolute maximum DC input voltage (V <sub>max</sub> )	800 V	
Start up DC input voltage (V <sub>min</sub> )	300 V (48 V/250/300 V)	
Operating DC input voltage range (V <sub>min</sub> - V <sub>max</sub> )	0 V to 800 V	
Rated DC input voltage (V <sub>N</sub> )	500 V	
Rated DC input power (P <sub>N</sub> )	10000 W	12500 W
Number of independent MPPT	2	
Maximum DC input power for each MPPT (P <sub>max</sub> )	5000 W	6250 W
DC input voltage range with parallel configuration of MPPT as P <sub>max</sub>	300 - 750 V	300 - 750 V
DC power limitation with parallel configuration of MPPT	Linear drawing from maximum (2500 W/over 450V)	
DC power limitation for each MPPT with independent configuration of MPPT as P <sub>max</sub> (unbalanced example)	P <sub>max</sub> = 6000 W (300 V/over 450 V) 8000 W (480 V/over 450 V) the other channel	P <sub>max</sub> = 8000 W (220 V/over 450 V) 2700 W (over 450 V)
Maximum DC input current (I <sub>max</sub> ) for each MPPT	34.0 A / 17.5 A	35.0 A / 18.0 A
Maximum input short-circuit current for each MPPT	22.8 A	
Number of DC input pairs for each MPPT	2 (-S version) 3 (-PS version)	
DC connection	100 mm <sup>2</sup> PV connector 90M/1A2	

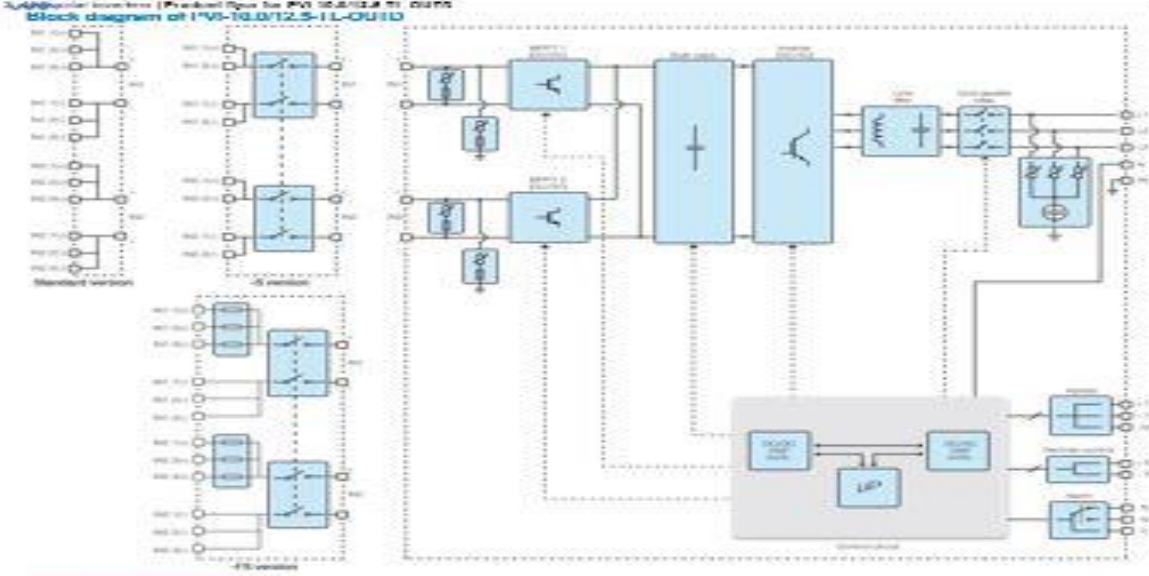
**DC protection**

Input over-voltage protection for each MPPT - version	Integral protection only, from limited current source, for standard and -S versions, $\geq 2$ for -PS version when 2 strings are connected
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	25 A / 1000 V
Fuse rating (versions with fuses)	12 A / 1100 V

**AC/DC**

	Three phase 380 or 480 V AC	
Rated AC power (P <sub>N</sub> ) @ 230V/480 V	10000 W	12500 W
Maximum AC output power (P <sub>max</sub> ) @ 230V/480 V	11000 W/8	13600 W/8
Rated AC grid voltage (U <sub>grid</sub> )	1500 VA	13000 VA
Rated AC grid voltage (U <sub>grid</sub> )	400 V	
AC connection	320 - 400 V/3	
Maximum AC output current (I <sub>max</sub> )	16.0 A	20.0 A

Προσβλησιμότητα ισχύος	19.0 A	22.0 A
Παροχή ισχύος (από την ΔΕ) (από 0 Hz έως 50 Hz)	50 kVA (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz) (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	
Όριση συχνότητας	50.0 Hz (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	
Όριση τάσης	230V AC (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	
Όριση ρεύματος	16.0 A (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	
Όριση χρόνου λειτουργίας	24 ώρες (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	
Όριση κλιματικής ζώνης	Κλιματική ζώνη 1 (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	
Όριση τύπου εγκατάστασης	Πλάγια (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	
Όριση τύπου κατασκευής	0.0 (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	
Όριση οριζόντιου μήκους	19.0 A	22.0 A
Όριση οριζόντιου πλάτους	0.0 (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	
Όριση οριζόντιου βάθους	0.0 (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	
Όριση οριζόντιου μήκους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	87.1%	90.2%
Όριση οριζόντιου πλάτους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	30.0%	
Όριση οριζόντιου βάθους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου μήκους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου πλάτους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου βάθους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου μήκους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου πλάτους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου βάθους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου μήκους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου πλάτους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου βάθους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου μήκους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου πλάτους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου βάθους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου μήκους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου πλάτους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	
Όριση οριζόντιου βάθους (από 0.0 Hz έως 50.0 Hz)	10.0%	



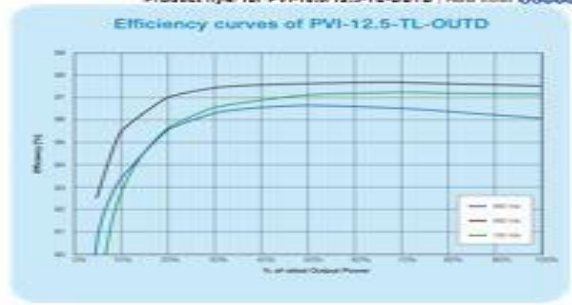
Technical data and types

Type code	PV5-10.0-TL-OUTD	PV5-12.5-TL-OUTD
Communication	RS485	
Control	PVS-1000-400000-000 (opt.)	
Control software	VSP4000 Web Logger (opt.), VSP4000-4000 (opt.), VSP4000 Data Logger (opt.), VSP4000 Web Logger Cap60 (opt.)	
Control interface	1x RJ45, 1x RS485, 1x LCD display	
Control type	TE electronics x 2 lines LCD display	
Control protocol	Modbus RTU	
Control temperature	-25...+60°C (-13...+140°F) -25...+60°C (-13...+140°F) with derating above 55°C (131°F)	
Control humidity	0...100% (από 5% έως 95%)	
Control voltage	~230V AC ± 10%	
Maximum opening attitude without derating	2000 or 7 (από 0.1 Hz έως 50.0 Hz)	

Υπολογισμός		IP 65
Υπολογισμός κλίμακα-υπολογισμός κλίμακα		Σημεία
Υπόβαθρο		718mm x 645mm x 224mm (28.2" x 25.4" x 8.8")
Υπόβαθρο (H x W αμμ.)		~41.3 kg / 91.4 lb.
Υπόβαθρο υψοσκάλα		Μεταλλικό
Υπόβαθρο		Υπολογισμός
Υπόβαθρο		CE (90 C) (90%)
Grid standard (check your sales channel for availability)		EN62109-1, EN62109-2, AS/NZS 3100, AS/NZS 3050, EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN61000-3-11, EN61000-3-12
Grid standard (check your sales channel for availability)		CE/IEC 61000-4, CE/IEC 61000-5, VDE AR-N1:IEC 61000-4, CE/IEC 18, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G593, C10/11, EN 50438 (not for all 4105, G593, C10/11, EN 50438 (not for all national appendices), RD 1699, RD 1565, AS national appendices), RD 1699, RD 1565, AS 4777, BSEN, AENB NBR 16149, CLC/Pr/TS 4-077, BSEN, AENB NBR 16149, CLC/Pr/TS 50549, IEC, MEAS0549
Standard	PVI-10.0-TL-OUTD	PVI-12.5-TL-OUTD
Υπόβαθρο	PVI-10.0-TL-OUTD-S	PVI-12.5-TL-OUTD-S
Without weather and load	PVI-10.0-TL-OUTD-FS	PVI-12.5-TL-OUTD-FS

1. This AC voltage range may vary depending on specific country grid standard
  2. This frequency range may vary depending on specific country grid standard
  3. Limited to 10000 Vh for Belgium and Germany
  4. Limited up to 2500 V for Germany
  5. Limited up to 2500 V for Australia
- Remark: Features not specifically listed in the present data sheet, are not included in the product

Product flyer for PVI-10.0/12.5-TL-OUTD | ΑΒΒ solar inverters



11024 00078 EN 11.09.2014

**Support and service**  
ABB supports its customers with service organization in more than 60 countries and strong national technical partner networks providing complete range of

For more information please contact your local ABB representative or visit: [www.abb.com/solarinverters](http://www.abb.com/solarinverters) regional and [www.abb.com](http://www.abb.com) life cycle services.



### Power\* and productivity for a better world<sup>1,2,3</sup>

ABB ΑΕ (Εν.Ε. Αθηνών - Αχαΐας) 144 12 Μεταμόρφωτος Αττικής	ΑΒΒ	Stefano Lucchetti Sales Inverters Τηλέφωνο: +30 2102891621 Φαξ: +30 2102891599 E-mail: sl1 Ημερομηνία: 06/05/2015
---	-----	--

**Φωτοβολταϊκοί αντιστροφέες σταθμιστής ABB**

Με την παρούσα σας ενημερώνουμε ότι όλοι οι φωτοβολταϊκοί αντιστροφέες σταθμιστής της ABB, πληρούν τις προδιαγραφές για τη διασύνδεσή τους στο δίκτυο διαμετρικής της Ελλάδας, συγκεκριμένα:

- σε προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων των προεπιλεγμένων ορίων τάσεως και συχνότητας στην έξοδο των αντιστροφέων είναι οι εξής:
- Τάση: +15% έως -20% επί της ονομαστικής (230V), 0.8\*Όνομαστικής 1.15=Vmax (Vmax=230\*400V)
- Συχνότητα: ± 0.5 HZ της ονομαστικής (50HZ) για την πραγματική φόρτα, τα διαπιστωθέντα υψηλά κελύφους και τα μη διαπιστωθέντα υψηλά (49.5HZ έως 50.5HZ)

Σε περίπτωση υπέρβασης του πιο άνω ορίου ο αντιστροφέας τίθεται εκτός λειτουργίας (αυτόματη απόρριξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις:

- Θύση εκτός λειτουργίας σε λιγότερο από 0.5 sec και επανέκδοση μετά από 3 min.
- Επαρμόθετα τεχνολογικά χαρακτηριστικά:
  - Η Ολική Αρνητική Παράμετρηση (THD) του ρεύματος των αντιστροφέων δεν υπερβαίνει το 5% - Στους αντιστροφέες χωρίς μεταγρήματωση (αυτομόνωση), η έγχυση συνηθιστές ρεύματος δεν υπερβαίνει το 0.2% του ονομαστικού ρεύματος (I<sub>SC</sub> αυτών των αντιστροφέων 5% θεωρείται)
  - Η προστασία έναντι του φαινομένου της υπερτάση/πυρκαχιάς είναι σύμφωνα με το πρότυπο VDE 0126.

Παραμένουμε πάντοτε στην διάθεσή σας για οποιαδήποτε συμπληρωματική πληροφόρηση ή διασκέδαση, που τυχόν χρειαστείτε.

Με εκτίμηση,  
ABB ΑΕ  
Stefano Lucchetti  
Country Sales Manager  
Solar Inverters  
Διεύθυνση Αποστολής & Μόλιν

Κεντρικά Γραφεία	Υποκαταστήματα	Τμήμα Στελέων & Υπερπαραγωγών	Κέντρο Επισκευών
ABB ΑΕ Αθήνα 17 Στ. Ε.Ο. Αθηνών - Λαίας 144 12 Μεταμόρφωτος Αττικής Τηλ: 210 2891 500 Fax: 210 2891 599 abb@abb.com	Κωνσταντίνης 1 Στ. Ε.Ο. Αθηνών - Ν. Μουσίου 570 08 Αθήνα Τηλ: 210 420 800 Fax: 210 6212 648 ath@abb.com	Συρακουλάκης 1 Στ. Ε.Ο. Αθηνών - Κωφίνας 124 62 Σαράντες Τηλ: 210 4212 400 Fax: 210 6212 648 tel@abb.com	Κέντρο Επισκευών 1 Ε.Π.Ε. Αρ. ΣΑΤΑΑ 01 ΒΕΛ 4000 Λαμία Τηλ: +357 22 84 3428 Fax: +357 22 84 3429 tel@abb.com



Attestation of Conformity Product Service

No. N8 14 07 88174 002

Holder of Certificate: SolarPark Korea co., Ltd.

292,300 Wanjusandan St 6, Bongdong-wup  
Wanju-gun, Jeollabuk-do 565-902  
REPUBLIC OF KOREA

Product: Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules  
Poly-Crystalline Silicon Photovoltaic (PV) Modules

This Attestation of Conformity is issued on a voluntary basis according to the Low Voltage Directive 2006/95/EC relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits. It confirms that the listed equipment complies with the principal protection requirements of the directive. It refers only to the particular sample submitted for testing and certification. See also notes overleaf.

Test report no.: 077-2163414-000



Date: 2014-07-18 (

Jianhui Wang |

After preparation of the necessary technical documentation as well as the EC conformity declaration the required CE marking can be affixed on the product. Other relevant directives have to be observed.

Page 1 of 2



Product Service

Attestation of Conformity

No. N8 14 07 88174 002

Model(s): SPP xxx smart, xxx = 230 to 270 in step of 5  
Remark: xxx is standing for rated output power at STC.

Parameters: Application class:  
Max. System voltage: 1000 V DC  
Rated output power:  
at STC: xxx = 230 to 270 W in step of 5 W  
Test laboratory: Korea Testing Laboratory  
723, Haean-ro, Sangnok-gu  
Ansan-si, Gyeonggi-do  
426-910, Korea  
Construction: Framed! with junction box,  
cable and connectors

Tested according to: EN 61730-1 :2007  
EN 61730-2:2007

Page 2 of 2

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος
- [2] Καγκαράκης Κ. Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1992. [3] Σημειώσεις Οικονομικής Αξιολόγησης Επενδύσεων Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ – Στ. Παπαθανασίου
- [4] C. Breyer, A. Gerlach. (2010). Global Overview on Grid-Parity Event Dynamics. 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition / 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 6-10 September 2010, Valencia, Spain. Session 6CV.4.11, p. 5283 – 5304.
- [5] European Photovoltaic Industry Association (EPIA). Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2014. Brussels, 2010.
- [6] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). Renewables 2010 – Global Status Report. Paris, 2010
- [7] JRC Reference Reports. R&D Investment in the Priority Technologies of the European Strategic Energy Technology Plan. European Commission, 2009.
- [8] JRC Reference Reports. Renewable Energy Snapshots 2010. European Union, 2010.
- [9] U.S Department of Energy, “2008 Solar Technologies Market Report”, January 2010.
- [10] Šúri M., Huld T.A., Dunlop E.D. Ossenbrink H.A., 2007. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. Solar Energy, 81, 1295–1305.
- [11] Τεχνοοικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων σε Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Ηλιακούς Θερμικούς Σταθμούς – Έκτορας Βισβάρδης - Καραϊσκος
- [12] PURE – Promotion of Building Integrated Photovoltaics (Intelligent Energy for Europe). «Φωτοβολταϊκά συστήματα και κτίριο». Δεκέμβριος, 2008.
- [13] Μελέτη επίδρασης φωτοβολταϊκών σε δίκτυα Χ.Τ. – Χρήστος Ε. Γκιλφέσης
- [14] Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις – Πέρδιος Δ. Σταμάτης
- [15] «Οδηγίες για την Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Κτηριακές Εγκαταστάσεις», Τμήμα Φωτοβολταϊκών και Διεσπαρμένης Παραγωγής, Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.).
- [16] Joint Research Centre (JRC). Photovoltaic geographical Information System. Ανακτήθηκε από: <http://sunbird.jrc.it/pvgis>.
- [17] Planning & Installing Photovoltaic Systems – The German Energy Society
- [18] [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr) (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών)
- [19] Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010.
- [20] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), Ημερίδα «Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Αφαλάτωσης: Τεχνολογικές εξελίξεις – Νομοθετικό Πλαίσιο - Χρηματοδότηση», «Εξελίξεις των Φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα», Σεπτέμβριος 2010.
- [21] [www.energypress.gr/news/fwtoboltaika](http://www.energypress.gr/news/fwtoboltaika)
- [22] [www.epia.org](http://www.epia.org)
- [23] <http://www.sologico.com/priceindex>
- [24] <https://www.dei.gr>
- [25] <http://www.photovoltaic.gr>
- [26] <http://www.oikiakistegi.gr/tech>

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 "Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών 2015" (helarco.gr, n.d.) .....	10
Εικόνα 2 "Μονοκρυσταλλικό κελί πυριτίου" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	12
Εικόνα 3 "Πολυκρυσταλλικό κελί πυριτίου" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	13
Εικόνα 4 "Κελί άμορφου πυριτίου" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	13
Εικόνα 5 "Μερίδιο Αγοράς Φωτοβολταϊκών" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	14
Εικόνα 6 "Χαρακτηριστική καμπύλη I-V και P-V " (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	16
Εικόνα 7 "Κλίση πάνελ ως το οριζόντιο επίπεδο" (Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος ) .....	17
Εικόνα 8 "Γωνίες γεωγραφικού μήκους και πλάτους" (Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Τεχνολογίες, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος ) .....	18
Εικόνα 9 "Σφαιρικές Συντεταγμένες στον ουράνιο θολό" (Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Τεχνολογίες, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος ) .....	19
Εικόνα 10 "Γωνιά πρόσπτωσης ηλιακών ακτινών" (Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Τεχνολογίες, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος ) .....	21
Εικόνα 11 "Κανόνας χωροθέτηση πάνελ" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	22
Εικόνα 12 "Παράλληλη σύνδεση κελίων" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	23
Εικόνα 13 "Χαρακτηριστική καμπύλη I-V για παράλληλη σύνδεση κελίων" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	23
Εικόνα 14 "Εν σειρά σύνδεση" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	24
Εικόνα 15 "Χαρακτηριστική καμπύλη I-V για εν σειρά σύνδεση κελίων" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	25
Εικόνα 16 "Τυπική σταθερή βάση στήριξης" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	26
Εικόνα 17 "Σκυροδέτηση σταθερής βάσης σε δοκάρι από μπετόν" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	27
Εικόνα 18 "Εδαφόμπτυξη σταθερής βάσης" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	27
Εικόνα 19 "Σύστημα ιχνηλατήσεις του ήλιου" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	28
Εικόνα 20 "Σύστημα ιχνηλατήσεις του ήλιου μονού άξονα" (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Ένας Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός. Νοέμβριος 2010. ) .....	29
Εικόνα 21 "Σύστημα ιχνηλατήσεις του ήλιου διπλού άξονα" (google.gr/systimaixnlatisis/diplosaxonas) .....	30
Εικόνα 22 "Αντιστροφείς σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση" (google.gr/invertersoutlook.) .....	31
Εικόνα 23 "Θέση αντιστροφέα στο σύστημα" (www.solarservice.gr/net-metering, n.d.) .....	32
Εικόνα 24 "Καλωδίωση και Ασφάλειες σε φωτοβολταϊκά πάνελ" (google.gr/kalodiosispanels) .....	34
Εικόνα 25 "Φωτοβολταϊκό στοιχείο" (Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια, Η πηγή. - Κ. Θ. Δέρβος ) .....	35
Εικόνα 26 "Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημά" (Οικονομοτεχνική Μελέτη Εγκατάστασης Διασυνδεδεμένου Οικιακού Συστήματος Φωτοβολταϊκών. Θεόδωρος Λαδάς ) .....	36



Εικόνα 27 "Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα" (Οικονομοτεχνική Μελέτη Εγκατάστασης Διασυνδεδεμένου Οικιακού Συστήματος Φωτοβολταϊκών.Θεόδωρος Λαδάς ) .....	37
Εικόνα 28 "Δυναμική της Ηλιακής ενέργειας" (Οικονομοτεχνική Μελέτη Εγκατάστασης Διασυνδεδεμένου Οικιακού Συστήματος Φωτοβολταϊκών.Θεόδωρος Λαδάς ) .....	38
Εικόνα 29 "Πλεονεκτήματα διεσπαρμένης παραγωγής" (Οικονομοτεχνική Μελέτη Εγκατάστασης Διασυνδεδεμένου Οικιακού Συστήματος Φωτοβολταϊκών.Θεόδωρος Λαδάς ) .....	40
Εικόνα 30 "Συνεισφορά των φ/β στην εποχιακή ζήτηση" (helarco.gr, n.d.) .....	41
Εικόνα 31 "Λειτουργία συστήματος με net metering" (netmetering.net.gr/, n.d.) .....	42
Εικόνα 32 "Νησί Καρπάθου" (karpathos.gr, n.d.) .....	47
Εικόνα 33 "Παραγωγή ενέργειας (kWhr/έτος/kWp) για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας"(http://re.jrc.ec.europa.eu/rnvgis/), n.d.) .....	49
Εικόνα 34 "Κάτοψη οικοπέδου" .....	50
Εικόνα 35 "Σκαρίφημα οικοπέδου" (AutoCAD).....	55
Εικόνα 36 "Απόσταση ηλιακών συλλεκτών" (AutoCAD) .....	56
Εικόνα 37 "Βέλτιστη ετήσια κλίση πανέλων" (selasenergy.gr/solar-inclination-results.php, n.d.) .....	56
Εικόνα 38 "Ηλιάκη ακτινοβολία Καρπάθου"(Bluesol.gr).....	57
Εικόνα 39 "Διαγράμμιση ακτινοβολίας ανά μηνά"(Bluesol.gr) .....	58
Εικόνα 40 "Διάγραμμα ηλιακής τροχιάς"(Bluesol.gr).....	59
Εικόνα 41 "Διάγραμμα Παραγωγής ενέργειας ανά έτος" (excel) .....	65
Εικόνα 42 "Διάγραμμα Εξοικονόμησης χρήματων ανά έτος (excel) .....	65
Εικόνα 43 "Διάγραμμα Καθαρής Παρούσας Αξίας.(excel).....	66