

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**  
*Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών*  
*Τμήμα Μηχανολογίας*



**ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ &  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 80KW  
ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΟ  
ΔΙΚΤΥΟ(Χ.Τ) ΤΗΣ ΔΕΗ ΣΕ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΠΕΤΟΥΣΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ.ΒΙΔΑΚΗΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ**

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2011



**ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ**

**EAST MEDITERRANEAN  
TECHNOLOGY TRANSFER UNIT**



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**



## Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά όλους όσους συντέλεσαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας. Τον επιβλέπων καθηγητή μας κ. Βιδάκη Νεκτάριο για την καθοδήγησή του στη σχεδίαση και υλοποίηση της εργασίας μας.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Η ιστορία των φωτοβολταϊκών στο πέρασμα του χρόνου.....	4
2. Εισαγωγικά στοιχεία.....	6
2.1 Στοιχεία έργου.....	6
2.2 Σκοπός του έργου.....	6
3. Περιγραφή έργου.....	6
3.1 Γεωγραφική θέση έργου.....	6
3.2 Χρησιμοποιούμενη μορφή ενέργειας.....	6
3.2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	7
3.2.2 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες.....	8
4. Κατάσταση περιβάλλοντος.....	8
4.1 Κλιματολογικά χαρακτηριστικά.....	8
4.2 Σεισμικά χαρακτηριστικά.....	13
5. Περιγραφή κύριου εξοπλισμού.....	15
5.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια.....	15
5.2 Αντιστροφείς DC/AC (inverters).....	17
5.3 Εγκαταστάσεις χρήστη και σύνδεσης με το δίκτυο.....	21
5.4 Δίκτυο συνεχούς τάσης.....	21
5.4.1 Διαστασιολόγηση καλωδίου DC.....	21
5.4.2 Χαρακτηριστικά καλωδίων DC.....	22
5.4.3 Ασφάλειες στοιχειοσειρών.....	23
5.5 Δίκτυο AC.....	23
5.5.1 Γραμμές εναλλασσόμενου ρεύματος.....	24
5.5.1.1 Εκλογή διατομής.....	24
5.5.1.2 Επιλογή διακοπών προστασίας αγωγών (line circuit breaker).....	26
5.5.1.3 Pillar.....	26
5.6 Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.....	28
5.6.1 Πρότυπα συστήματος αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ).....	28
5.6.1.1 Εξωτερικό ΣΑΠ.....	28
5.6.1.2 Εσωτερικό ΣΑΠ.....	29
5.6.2 Πρότυπα υλικών.....	29
5.6.2.1 Υλικά αντικεραυνικής προστασίας.....	29
5.6.2.2 Απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων.....	29
5.6.3 Τεχνική περιγραφή συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.....	29
5.6.3.1 Γενικά.....	30
5.6.4 Εξωτερική αντικεραυνική προστασία Φ/Β πάρκου 80 kW στο Ηράκλειο Κρήτης.....	34
5.6.4.1 Φ/Β πάρκου.....	34
5.6.4.1.1 Συλλεκτήριο σύστημα.....	34
5.6.4.1.2 Αγωγοί καθόδου.....	35
5.6.4.1.3 Σύστημα γείωσης.....	35
5.6.5 Υλικά αντικεραυνικής προστασίας Φ/Β πάρκου.....	35
5.7 Δίκτυο επικοινωνίας.....	45
5.7.1 Μετεωρολογικός σταθμός.....	45
5.7.2 Διασύνδεση – μετάδοση δεδομένων.....	46
5.8 Μελέτη σκιάσεων.....	48
5.8.1 Υπολογισμός σκιάσεων.....	49
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	56

## 1.Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΑΣΜΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το [φωτοβολταϊκό φαινόμενο](#) έγινε το 1839 όταν ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel (1820 - 1891) ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά την διάρκεια πειραμάτων του, με μια ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια.

Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1876 όταν οι Adams (1836 - 1915) και ο φοιτητής του Day παρατήρησαν ότι μια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόταν από το σελήνιο (Se) όταν αυτό ήταν εκτεθειμένο στο φως.

Το 1918 ο Πολωνός Czochralski (1885 - 1953) πρόσθεσε την μέθοδο παραγωγής [ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου](#) (Si) με την σχετική έρευνα του και η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται βελτιστοποιημένη ακόμα και σήμερα

Μια σημαντική ανακάλυψη έγινε επίσης το 1949 όταν οι Mott και Schottky ανέπτυξαν την θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης. Στο μεταξύ η κβαντική θεωρία είχε ξεδιπλωθεί. Ο δρόμος πλέον για τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές είχε ανοίξει.

Το πρώτο ηλιακό κελί ήταν γεγονός στα εργαστήρια της Bell το 1954 από τους Chapin, Fuller και Pearson. Η απόδοση του ήταν 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Τέσσερα χρόνια μετά, το 1958 η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων προσαρτάται στον χώρο των διαστημικών εφαρμογών, όταν τοποθετήθηκε ένα [αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα](#) στον δορυφόρο Vanguard I .



Δορυφόρος Vanguard I.

Πρόκειται για ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα όπου τα βασικά του μέρη αποτελούνται από:

- φωτοβολταϊκό πάνελ
- ο συσσωρευτής
- ο ρυθμιστής φόρτισης
- ο αντιστροφέας

Είναι το ίδιο σύστημα που χρησιμοποιούμε και στα σπίτια μας, το τροχόσπιτο , η όπου αλλού χρειαζόμαστε αυτονομία. Το σύστημα αυτό λειτούργησε επιτυχώς για 8 ολόκληρα χρόνια και ήταν ένα από τα πρώτα [φωτοβολταϊκά συστήματα](#).



Το 1962 η μεγαλύτερη ΦΒ εγκατάσταση στον κόσμο γίνεται στην Ιαπωνία από την Sharp, σε έναν φάρο. Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος είναι 242Wp.

Τα φωτοβολταϊκά ξεκίνησαν λοιπόν να κάνουν την εμφάνιση τους αλλά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής η εφαρμογή τους ήταν δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων. Η έρευνα όμως προχωρούσε και η απόδοση των Φ/Β συνεχώς βελτιωνόταν. Κυριότερος πελάτης των φωτοβολταϊκών τις δεκαετίες που ακολούθησαν είναι η NASA.

Οι υψηλές τιμές στα φωτοβολταϊκά ήταν ο σημαντικότερος λόγος που δεν υπήρχε περισσότερο ενθουσιώδης αποδοχή από την αγορά. Ενδεικτικά η τιμή των φωτοβολταϊκών ξεκινάει από τα 500\$ ανά εγκατεστημένο Watt το 1956, ενώ μετά από 14 χρόνια, το 1970 αγγίζει τα 100\$/Watt. Το 1973 οι βελτιώσεις στις μεθόδους παραγωγής φέρνουν το κόστος των φωτοβολταϊκών στα 50\$/Watt.

Η πρώτη εγκατάσταση PV που φτάνει στα επίπεδα του 1MW (μεγαβάτ) γίνεται στην Καλιφόρνια το 1980 από την ARCO Solar χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου 2 αξόνων ([dual-axis trackers](#)).

Η εξέλιξη αρχίζει πλέον να γίνεται με ταχύτερους ρυθμούς. Το 1983 η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β φτάνει τα 22MW και ο συνολικός τζίρος τα 250.000.000\$.

Το 1999 η εταιρία Spectrolab σε συνεργασία με το NREL αναπτύσσουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 32,3%. Το στοιχείο αυτό είναι συνδυασμός τριών υλικών (στρώσεων) και ειδικό για εφαρμογές σε συγκεντρωτικά συστήματα CPV. Την ίδια χρονιά το ρεκόρ στην απόδοση των Thin Films φτάνει στο 18.8%. Η παραγωγή όλων των τεχνολογιών των ΦΒ πάνελ φτάνει συνολικά τα 200 MWatt.

2004: Η πορεία πια είναι ασταμάτητη. Η μαζική είσοδος μεγάλων εταιρειών στον χώρο των Φ/Β φέρνει την μαζική παραγωγή και αυτή με την σειρά της την τιμή των διασυνδεδεμένων συστημάτων στα 6,5 ευρώ/Wp. Γερμανία και Ιαπωνία κυριαρχούν στην κατασκευή Φ/Β πάνελ και πλέον σε όλες τις αναπτυσσόμενες χώρες αρχίζουν, με τον έναν (παραγωγή εξοπλισμού) ή τον άλλον τρόπο (κατασκευή Φ/Β εγκαταστάσεων), να υιοθετούν τις τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών και να τις παγιώνουν στην συνείδηση των επενδυτών αλλά και των καταναλωτών ενέργειας. Η συνολική παραγωγή το 2004 έφτασε τα 1.200 MWatt Φ/Β στοιχείων ενώ ο τζίρος της ίδιας χρονιάς, άγγιξε τα 6.500.000.000\$. Σήμερα με οικονομίες μεγάλης κλίμακας έχουν επιτευχθεί μεγάλες αποδόσεις στα κρυσταλλικά κυρίως υλικά και αρκετές χώρες με πρωτοπόρες την [Γερμανία](#) και την [Ιαπωνία](#) έχουν ήδη επενδύσει τεράστια κονδύλια με σκοπό την ευρύτερη εκμετάλλευση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Ήδη βέβαια οι χώρες αυτές έχουν αρχίσει και απολαμβάνουν τους καρπούς της εξελιγμένης τεχνολογίας τους.

## 2. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 2.1 Στοιχεία έργου.

Έργο Φωτοβολταϊκός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εγκατεστημένης ισχύος 80 kWp

Θέση έργου

Θέση «Κρεμαστά» του Δήμου Γουβών, Νομού Ηρακλείου

### 2.2 Σκοπός του έργου

Σκοπός του έργου είναι η κατασκευή και λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Φωτοβολταϊκές Γεννήτριες συνολικής ισχύος 80 kWp. Τα φωτοβολταϊκά θα διοχετεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο αδιάλειπτα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

## 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΟΥ

### 3.1 Γεωγραφική θέση έργου.

Το υπό μελέτη έργο πρόκειται να εγκατασταθεί σε βιομηχανική οροφή στη θέση «Κρεμαστά», Βιοτεχνικό πάρκο Ανώπολης, Δήμος Γουβών, Ηράκλειο.

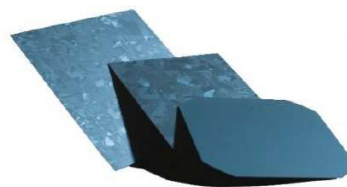
Η πρόσβαση στη θέση εγκατάστασης του σταθμού γίνεται μέσω επαρχιακής οδού, άσφαλτος σε άριστη κατάσταση.

Οι κεντρικές συντεταγμένες της έκτασης είναι:

- γεωγραφικό πλάτος (latitude): 35° 18'29,26 "N
- γεωγραφικό μήκος (longitude): 25° 16'17,34 "A

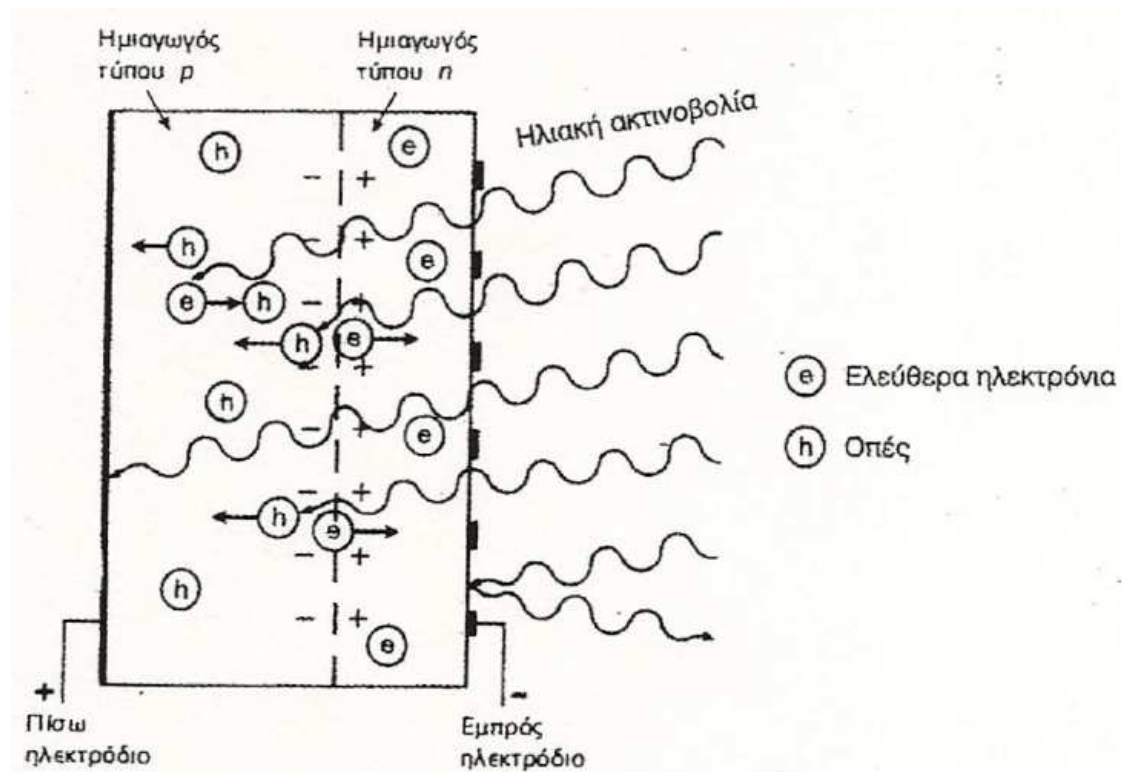
### 3.2 Χρησιμοποιούμενη μορφή ενέργειας.

Η πρωτογενής ενέργεια που θα χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας είναι η ηλιακή. Η εγκατάσταση θα αποτελείται από «Φωτοβολταϊκά» τα οποία αποτελούν διατάξεις που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια σε ποσοστό περίπου 10-20% με βάση ένα φαινόμενο, το λεγόμενο «φωτοηλεκτρικό φαινόμενο».



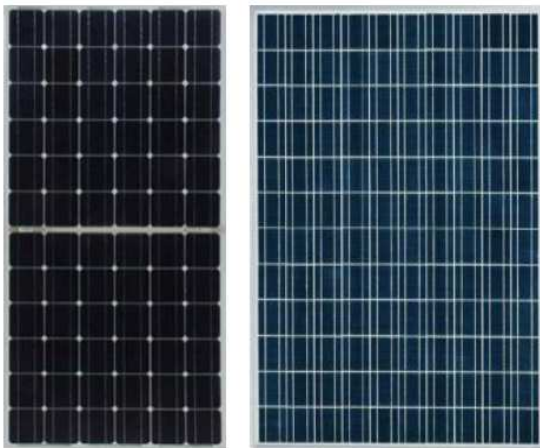
### 3.2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

Όταν μία δίοδος επαφής δέχεται ηλιακή ακτινοβολία, κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια  $h \cdot \nu$  μεγαλύτερη ή ίση από το ενεργειακό χάσμα του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Όσο, λοιπόν, διαρκεί η ακτινοβολία δημιουργείται μία περίσσεια από ζεύγη ηλεκτρονίων και οπών. Όταν τα ζεύγη αυτά βρεθούν στην περιοχή της επαφής των ημιαγωγών, έχουμε εκτροπή των ηλεκτρονίων προς τον ημιαγωγό  $n$  και εκτροπή των οπών προς τον ημιαγωγό  $p$ .



*Μηχανισμός εκδήλωσης φωτοβολταϊκού φαινομένου σε Φ/Β στοιχείο.*

Δημιουργείται, δηλαδή, μία διαφορά δυναμικού μεταξύ των ακροδεκτών των δύο τμημάτων της διόδου, η οποία διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτήν και το γεγονός αυτό ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.



*Δεξιά : Τυπική πολύ-κρυσταλλική γεννήτρια.*

Συνοψίζοντας, η διάταξη φωτοβολταϊκών στοιχείων και αγωγών αποτελεί μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται ενεργή όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου.

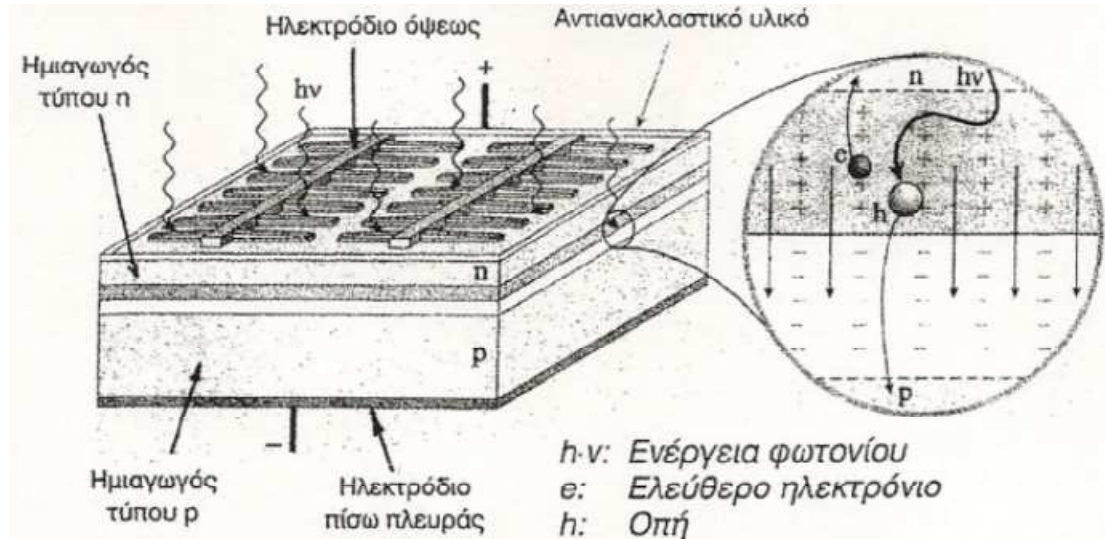
Ομάδες φωτοβολταϊκών στοιχείων, συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα, διαμορφώνουν ένα φωτοβολταϊκό τόξο (γεννήτρια ηλεκτρικής ενέργειας).

Οι ίδιες ανάγκες της εγκατάστασης σε ηλεκτρικό ρεύμα για την λειτουργία των ηλεκτρονικών ισχύος θα καλύπτονται από το δίκτυο χαμηλής τάσης της ΔΕΗ.



### 3.2.2 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες.

Κάθε Φ/Β στοιχείο έχει ένα ηλεκτρόδιο στην εμπρός όψη και ένα στην πίσω πλευρά. Το ηλεκτρόδιο της όψεως είναι μία μεταλλική σχάρα με μορφή χτενιού ή σκελετού ψαριού, που καλύπτει το 15% περίπου της επιφάνειας του στοιχείου και συνήθως κατασκευάζεται από



κράματα αργύρου. Το πίσω ηλεκτρόδιο καλύπτει όλο το στοιχείο και αποτελείται από λεπτό και πυκνό μεταλλικό πλέγμα.

*Τρισδιάστατη απεικόνιση Φ/Β στοιχείου.*

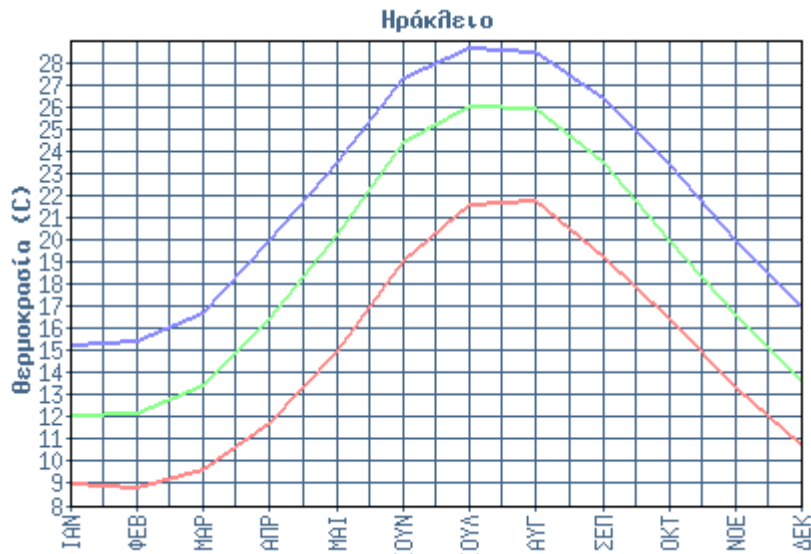
Τέλος, η όψη του Φ/Β στοιχείου καλύπτεται από ένα στρώμα, που κατασκευάζεται από κατάλληλο αντιανακλαστικό υλικό (π.χ.  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgF}_2$ ), το οποίο περιορίζει την ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο 5% περίπου.

## 4. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

### 4.1 Κλιματολογικά χαρακτηριστικά.

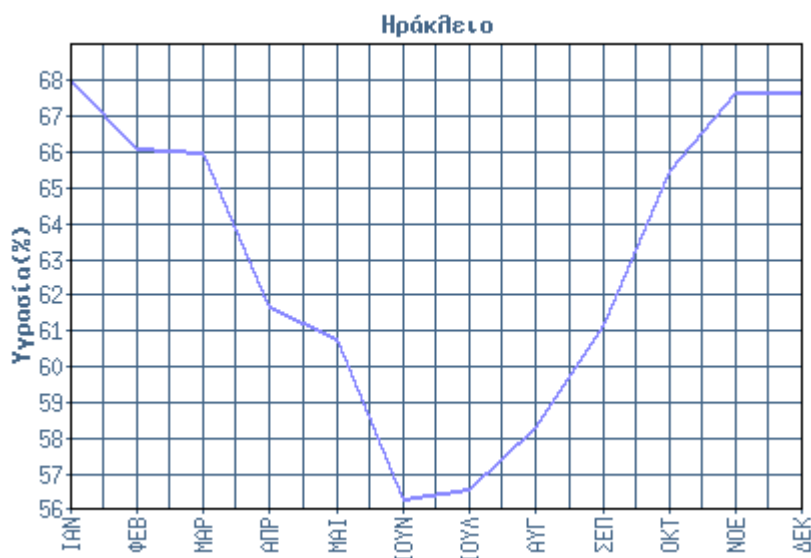
Η μορφολογία του εδάφους και η θέση της Κρήτης στο κέντρο της Μεσογείου έχουν άμεση επίδραση στο κλίμα, το οποίο χαρακτηρίζεται σαν μεταβατικό ενδιάμεσο μεταξύ του χερσαίου Μεσογειακού και του ερημοειδούς Μεσογειακού, στο οποίο υπάγεται κυρίως η Κρήτη. Η περιοχή της Κρήτης υπάγεται κατά το μεγαλύτερο μέρος της στον ημίξηρο βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα ήπιο ή θερμό. Οι ημιορεινές περιοχές ανήκουν στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα ψυχρό, ενώ οι ορεινές περιοχές ανήκουν στον υγρό βιοκλιματικό όροφο και έχουν επίσης ψυχρό χειμώνα.

Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΜΥ για το σταθμό του Ηρακλείου, που είναι και ο κοντινότερος μετεωρολογικός σταθμός στην περιοχή μελέτης, οι πιο κρύοι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος με μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες 12,1 και 12,2 βαθμούς C αντίστοιχα ενώ οι πιο θερμοί ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες 26,1 και 26,0 βαθμούς C αντίστοιχα. Οι πιο βροχεροί μήνες είναι ο Δεκέμβριος και ο Ιανουάριος με μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις 90,1 και 67,6 mm αντίστοιχα. Οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι συνήθως Βορειοδυτικής διεύθυνσεως ενώ οι μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες εντάσεις παρατηρούνται τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, λόγω και των ετήσιων περιοδικών βόρειων ανέμων που πνέουν το καλοκαίρι (μελέτμια). Ακολουθούν πίνακες Θερμοκρασίας, Υγρασίας, Βροχόπτωσης και Ανέμου της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, για το σταθμό Ηρακλείου, γ. μήκος (Lon) 25ο10'58", γ. πλάτος (Lat) 35ο19'58", ύψος 39μ. Περίοδος δεδομένων 1955-1997 (Πηγή: ΕΜΥ).



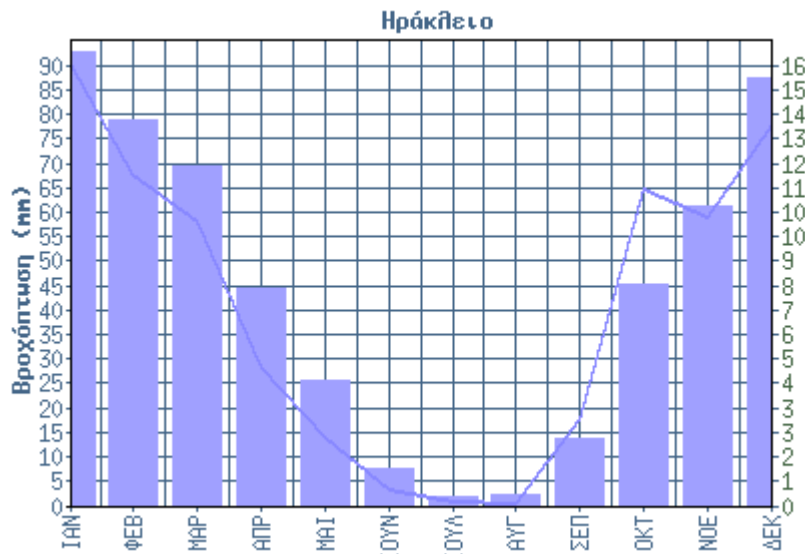
Διάγραμμα Θερμοκρασίας.

1 <sup>ο</sup> Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	9.0	8.9	9.7	11.8	15.0	19.1
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	12.1	12.2	13.5	16.5	20.3	24.4
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	15.3	15.5	16.7	20.0	23.5	27.3
2 <sup>ο</sup> Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	21.6	21.8	19.3	16.5	13.4	10.8
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	26.1	26.0	23.5	20.0	16.6	13.7
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	28.7	28.5	26.4	23.4	20.0	17.0



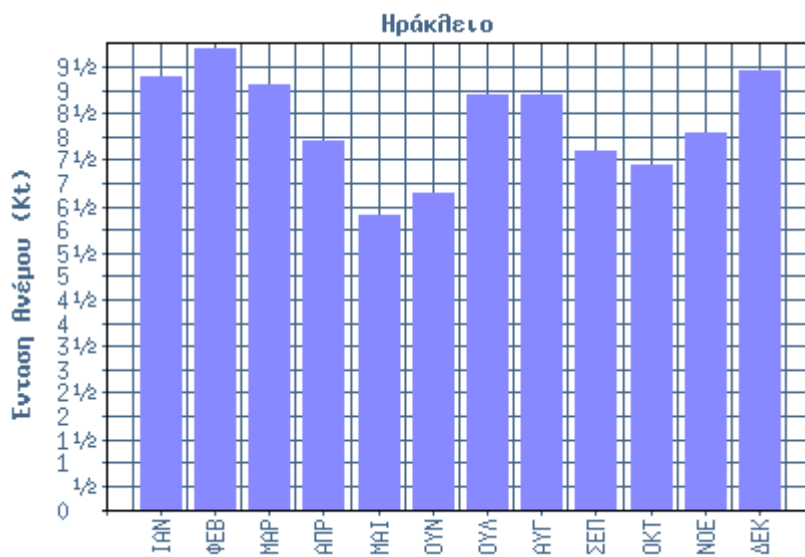
Διάγραμμα Υγρασίας.

1 <sup>ο</sup> Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Υγρασία	68.0	66.1	66.0	61.7	60.8	56.3
2 <sup>ο</sup> Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Υγρασία	56.6	58.3	61.2	65.5	67.7	67.7



Διάγραμμα Βροχόπτωσης.

1 <sup>ο</sup> Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	93,8	78	70	45	25.1	8.0
Συνολικές Μέρες Βροχής	16.5	13.8	12.0	8.0	4.1	1.5
2 <sup>ο</sup> Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	1.0	1.5	14.0	45.0	60.2	87.0
Συνολικές Μέρες Βροχής	0.3	0.5	2.8	8.0	10.6	15.1



Διάγραμμα Έντασης Ανέμου.

1 <sup>ο</sup> Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	N	N	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	9.3	9.9	9.1	7.9	6.3	6.8
2 <sup>ο</sup> Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	N	N
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	8.9	8.9	7.7	7.4	8.1	9.4

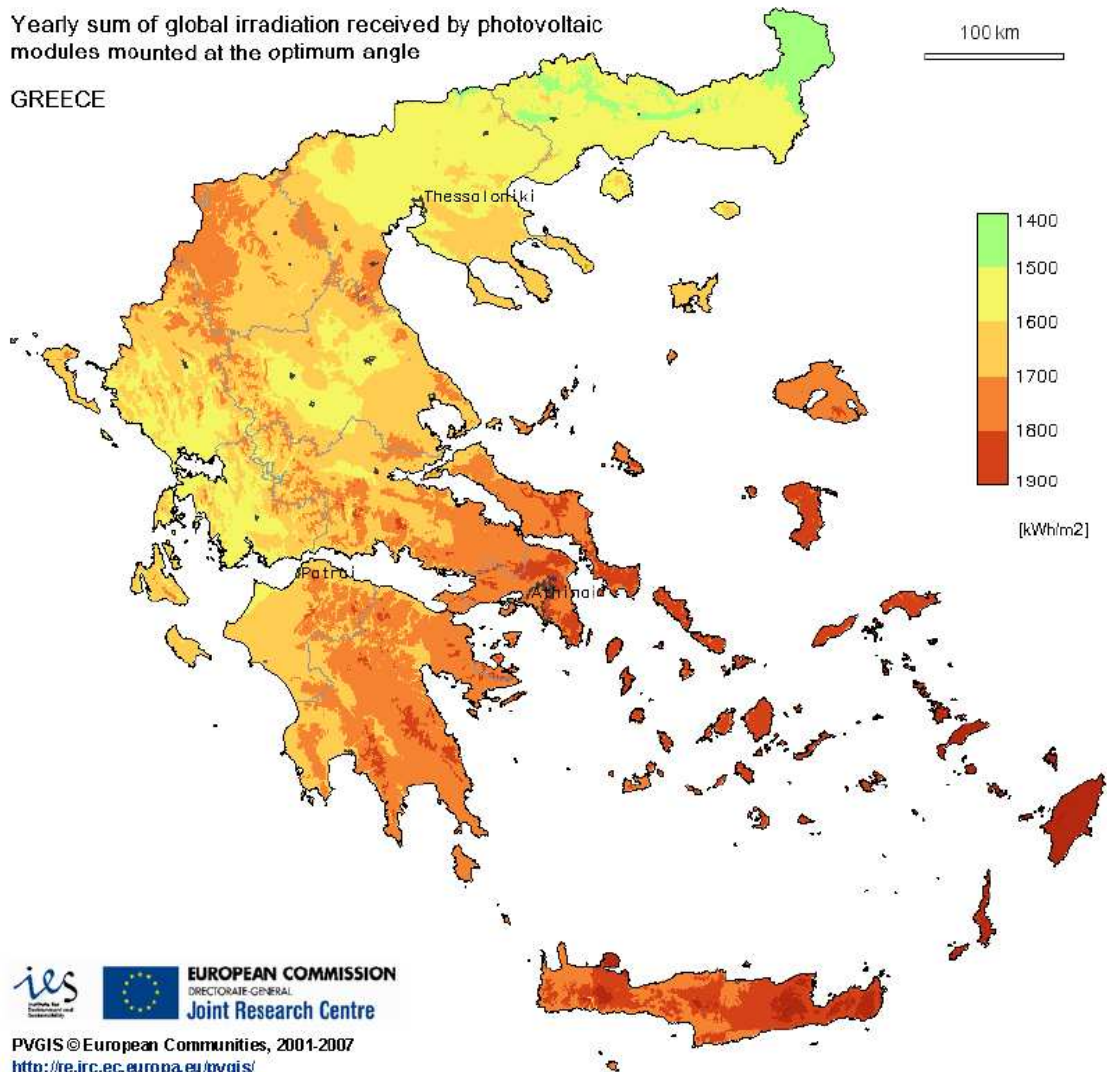
Όπως προκύπτει από τον παρακάτω ηλιακό χάρτη, η ηλιοφάνεια είναι ιδιαίτερα υψηλή σε ολόκληρη την Κρήτη με τον μέσο αριθμό ετήσιας ηλιοφάνειας να ανέρχεται σε 1800kWh/m<sup>2</sup> περίπου στη βόρεια Κρήτη και 1900kWh/m<sup>2</sup> στη νότια, 10% δηλαδή περισσότερη. Τα δεδομένα αυτά είναι από την ιστοσελίδα <http://re.irc.ec.europa.eu/pvgis/> που αναφέρεται στο μοντέλο PVGIS.

Το PVGIS είναι ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (GIS), το οποίο ανακαλύφθηκε από το Ινστιτούτο για το Περιβάλλον και την Αειφορία του Ενιαίου Ερευνητικού Κέντρου της Ευρωπαϊκής Επιτροπής με σκοπό την εκτίμηση ηλιακού δυναμικού και απόδοσης Φ/Β συστημάτων σε κάθε σημείο της Ευρώπης.

Το μοντέλο χρησιμοποιεί στοιχεία ηλιοφάνειας (βλ. παρακάτω πίνακα) που πηγάζουν από την καθαρή ακτινοβολία (Clear Sky Irradiation), τα οποία ανάλογα με τα ατμοσφαιρικά δεδομένα που έχουν καταγραφεί τα προηγούμενα χρόνια, μετατρέπονται σε δεδομένα ολικής ακτινοβολίας (Global Irradiation). Τα στοιχεία αναλύονται περαιτέρω σε άμεση (beam) και διάχυτη (diffuse) ακτινοβολία. Επιπλέον, τα στοιχεία θερμοκρασίας υπολογίζονται μέσω γραμμικής παλινδρόμησης από τους κατά τόπους μετεωρολογικούς σταθμούς.

Yearly sum of global irradiation received by photovoltaic  
modules mounted at the optimum angle

GREECE



Ηλιακός Χάρτης Ελλάδας.

Σύστημα Tracker δύο αξόνων

Μήνας	Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	Μέση ημερήσια απολαβή ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m <sup>2</sup> )	Μέση μηνιαία απολαβή ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m <sup>2</sup> )
Ιαν	230.00	7130	3.76	117
Φεβ	302.00	8450	4.96	139
Μαρ	376.00	11700	6.17	191
Απρ	468.00	14000	7.78	234
Μάιος	523.00	16200	8.87	275
Ιουν	558.00	16700	9.58	287
Ιουλ	542.00	16800	9.42	292
Αυγ	501.00	15500	8.67	269
Σεπ	467.00	14000	8.00	240
Οκτ	362.00	11200	6.13	190
Νοεμ	245.00	7350	4.08	122
Δεκ	196.00	6070	3.20	99.2
Ετήσιοι μέση όροι	398	12100	6.73	205
Σύνολα έτους	145000 kWh.		2460 kWh/m <sup>2</sup>	

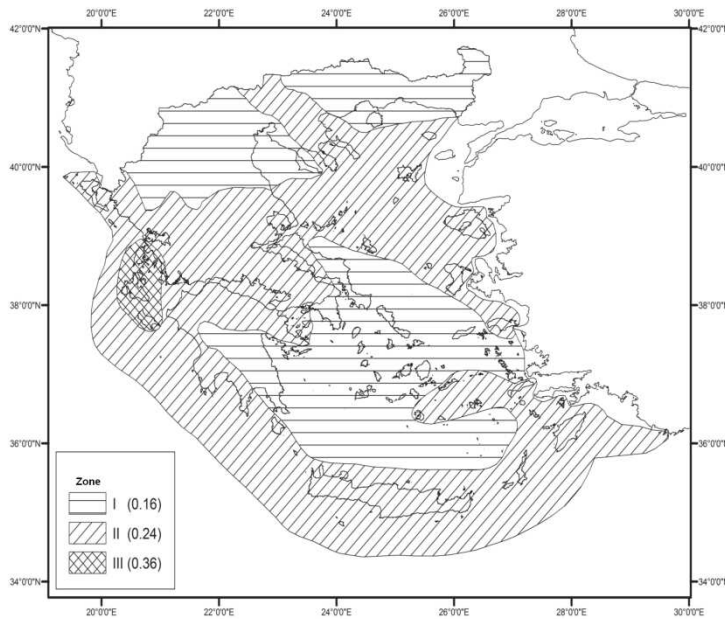
*Στοιχεία ηλιοφάνειας και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη βάση δεδομένων του PVGIS για τη δεδομένη τοποθεσία.*

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, η μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία που παρατηρείται στο δεδομένο σημείο σε διαξονικό σύστημα Tracker είναι 2.460 kWh/m<sup>2</sup> και οι συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια 145.000 kWh.

Σε κάθε περίπτωση τα δεδομένα από το PVGIS δεν μπορούν να θεωρηθούν απολύτως αξιόπιστα.

#### 4.2 Σεισμικά χαρακτηριστικά.

Στην περιοχή μελέτης παρατηρείται έντονη σεισμική δραστηριότητα σαν συνέπεια της υποβύθισης της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρωπαϊκή. Αυτό προκύπτει από την γεωγραφική κατανομή των ιστορικών δεδομένων, αλλά και των πιο πρόσφατων μετρήσεων στην ευρύτερη περιοχή της Κρήτης. Πρέπει ωστόσο να τονιστεί ότι η στατική δομή της προτεινόμενης κατασκευής, την αφήνουν ουσιαστικά ανεπηρέαστη ακόμα και στην περίπτωση πολύ ισχυρού σεισμού. Από τον παρακάτω Σεισμικό Χάρτη της Ελλάδας προκύπτει ότι η Κρήτη ανήκει στην δεύτερη σεισμική ζώνη.



Σεισμικός Χάρτης Ελλάδας.



Σεισμικός Χάρτης Ελλάδας (Ιστορικά δεδομένα).

- Surface earthquakes (0-60 km depth), size  $M_s$  from 4.0 until 4.9
- Surface earthquakes (0-60 km depth), size  $M_s$  from 5.0 until 5.9
- Surface earthquakes (0-60 km depth), size  $M_s$  from 6.0 until 6.9
- Surface earthquakes (0-60 km depth), size  $M_s$  from 7.0 and above
- Earthquakes of intermediary depth (60 km and above), size  $M_s$  from 4.0 until 4.9
- ▲ Earthquakes of intermediary depth (60 km and above), size  $M_s$  from 5.0 until 5.9
- ▲ Earthquakes of intermediary depth (60 km and above), size  $M_s$  from 6.0 until 6.9
- ▲ Earthquakes of intermediary depth (60 km and above), size  $M_s$  from 7.0 and above

**Τεχνική Περιγραφή εργασιών εγκατάστασης Φ/Β σταθμού**

Η εκτέλεση του έργου απαιτεί την διεξαγωγή εργασιών που σχετίζονται με την εγκατάσταση και σύνδεση των επιμέρους στοιχείων της εγκατάστασης, τις απαραίτητες λειτουργικές δοκιμές και ελέγχους και την τελική έναρξη εργασιών. Συνοπτικά τα παραπάνω στάδια διεξαγωγής του έργου θα μπορούσαν να περιγραφούν ως εξής:

Εργασία	Συνοπτική Περιγραφή
Μεταφορά και τοποθέτηση του εξοπλισμού	Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει τα Φ/Β πλαίσια, τις μεταλλικές τους βάσεις, τους μετατροπείς καθώς και τον ηλεκτρικό πίνακα παραγωγής- διασύνδεσης με το δίκτυο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο ηλεκτρικός πίνακας παραγωγής θα τοποθετηθεί μέσα σε ανοξείδωτο pillar. Τα Φ/Β πλαίσια, οι inverters και το pillar θα τοποθετηθούν στην οροφή του κτιρίου. Η διασύνδεση των στοιχείων θα γίνει με μεταλλικές σχάρες στις οποίες θα οδεύσουν τα καλώδια από τους inverters στον πίνακα παραγωγής και από τον πίνακα παραγωγής στον στύλο διασύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.
Σύνδεση επιμέρους στοιχείων	Οι εργασίες σύνδεσης θα πραγματοποιηθούν από εξειδικευμένο προσωπικό. Η σύνδεση των πλαισίων εν σειρά και εν παραλλήλω κατά περίπτωση γίνεται με την χρήση ειδικής έτοιμης καλωδίωσης με βύσματα ασφαλείας και επιπλέον κατάλληλους ακροδέκτες. Οι επιμέρους συνδέσεις με τους μετατροπείς και τον πίνακα παραγωγής θα γίνει με κατάλληλα καλώδια ισχύος καθώς και με τις απαιτούμενες διατάξεις προστασίας και ασφαλείας.
Λειτουργικές δοκιμές, έλεγχοι και έναρξη λειτουργίας	Η τελική αυτή φάση του έργου αποτελείται από δύο διακριτές ενότητες. Αρχικά προβλέπεται ο έλεγχος των συνδέσεων στο εσωτερικό του σταθμού ανά τμήματα (πλαίσια, μετατροπείς, όρια εγκατάστασης του χρήστη). Σε συνέχεια, οι δοκιμές και έλεγχοι θα πραγματοποιηθούν σε συνεννόηση με τον αρμόδιο χειριστή του δικτύου. Τέλος μετά το πέρας της δοκιμαστικής λειτουργίας ο σταθμός θα ενταχθεί στο δίκτυο σε εμπορική λειτουργία.

**5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΥΡΙΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ****5.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια.**

Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά		Τα Φ/Β πλαίσια θα είναι αποκλειστικά επιπέδου τύπου, όχι συγκεντρωτικού τύπου και χωρίς την χρήση ανακλαστήρων, καθρεπτών κλπ. Στο συγκεκριμένο έργο θα χρησιμοποιηθούν τριακόσια σαράντα οκτώ (348) Φ/Β γεννήτριες πολυκρυσταλλικού πυριτίου της Γερμανικής εταιρίας BP Solar, τύπου ENDURA 3230N ισχύος 230 Watts
Μέγιστη ισχύς $P_{max}$	230 W	
Τάση στο $P_{max}$ ( $V_{mpp}$ )	29,2 V	
Ένταση στο $P_{max}$ ( $I_{mpp}$ )	7,9 A	
Ρεύμα βραχυκυκλώσεως ( $I_{sc}$ )	8,7 A	
Τάση ανοικτού κυκλώματος ( $V_{oc}$ )	36,4 V	

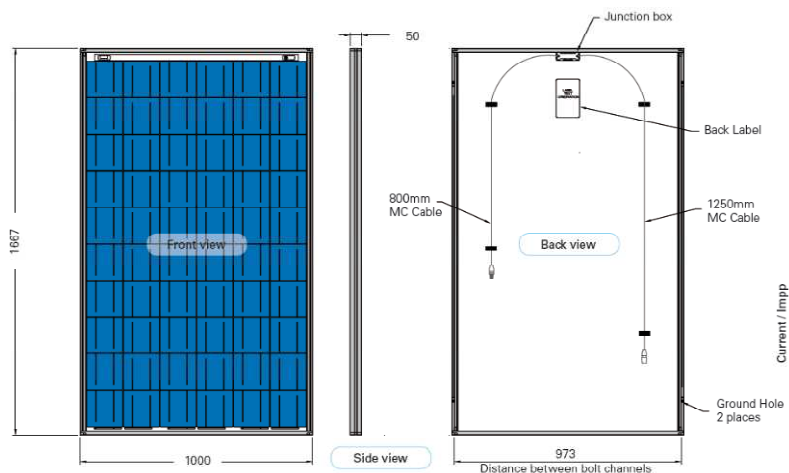


έκαστη.Οι Φ/Β γεννήτριες είναι πιστοποιημένες σύμφωνα με IEC 61215:2005 κατάλληλες και ενδεικνυόμενες για μεγάλα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα.Οι τιμές που φαίνονται στον διπλανό πίνακα ισχύουν για τις τυποποιημένες συνθήκες ελέγχου λειτουργίας των πλαισίων, δηλαδή για ηλιακή ακτινοβολία AM 1,5, 1.000W/m<sup>2</sup> και θερμοκρασία 25°C.

Τα μηχανολογικά χαρακτηριστικά της παραπάνω γεννήτριας είναι:

Μηχανολογικά Χαρακτηριστικά	
Ηλιακές Κυψέλες	60 πολυκρυσταλλικές κυψέλες πυριτίου (156mm x 156mm) σε σειρά
Πρόσθια Επικάλυψη	Υψηλής διαπερατότητας 3,2mm, ενισχυμένο αντανακλαστικό γυαλί
Περίβλημα	EVA
Οπίσθια Επικάλυψη	Λευκός πολυεστέρας
Πλαίσιο	Αλουμίνιο
Δίοδοι	Integrabus™ with Schottky diodes
Κουτί Σύνδεσης	Κλειστό (IP67), πιστοποιημένο κατά UL 1703 flammability test. Διαστάσεις (mm) 39,60 x 100,60 x 13,20
Καλώδια Σύνδεσης	3,3mm <sup>2</sup> καλώδια με weatherproof Multi – Contact III συνδέσμους. Ασύμμετρο μήκος καλωδίων 1250mm(-) και 800mm(+)
Διαστάσεις (mm)	1667 ± 3 x 1000 ± 3 x 50
Βάρος (kg)	19,4

Η επιφάνεια κάλυψης των Φ/Β γεννητριών (χωρίς τις πλάγιες μεταξύ τους αποστάσεις) είναι 580,11m<sup>2</sup>.



Εικόνα : Προδιαγραφές – διαστάσεις φωτοβολταϊκής γεννήτριας.

Η επιλογή του αριθμού και του τύπου των συγκεκριμένων Φ/Β γεννητριών έγινε με γνώμονα την μεγιστοποίηση της εγκατεστημένης ισχύος στο χώρο, την βελτιστοποίηση της απόδοσης του Φ/Β συστήματος κατά την ετήσια λειτουργία του, με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του κόστους επένδυσης.

Το σύστημα σχεδιάστηκε ώστε οι 348 Φ/Β γεννήτριες να συνδέονται σε 24 παράλληλες συστοιχίες οι οποίες με τη σειρά τους αποτελούνται από 16x9 ή 17x9 ή(8+9)x3 πλαίσια συνδεδεμένα εν σειρά. Οι συστοιχίες εδράζονται σε μεταλλικές βάσεις στήριξης.

## 5.2 Αντιστροφείς DC/AC (inverters)



Η διασύνδεση του πάρκου με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. καθιστά αναγκαία την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος που παράγουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, σε τριφασική εναλλασσόμενη τάση ( $3 \times 400V_{AC \text{ RMS}}$ ) και συχνότητας (50hz).

Στο συγκεκριμένο σύστημα θα χρησιμοποιηθούν έξι (6) αναστροφείς DC/AC (inverters), τύπου Sunny Mini Central

### Εικόνα : Αναστροφέας DC/AC

(SMC) 11000TL της Γερμανικής εταιρείας SMA, και τρεις (3) 4000 TL. ονομαστικής ισχύος εισόδου (DC) 11,4kW και 4,3kW αντίστοιχα και εξόδου (AC) 11 Kw και 4KW αντίστοιχα, με μονοφασική ημιτονική έξοδο 230V/50Hz. Οι αντιστροφείς συνδέονται με το δίκτυο ανά τρεις σε συνδεσμολογία τριγώνου, προκειμένου να πληρούν

τις απαιτήσεις τριφασικής διασύνδεσης που θέτει η ΔΕΗ για τη διασύνδεση Φ/Β συστημάτων >7kW. Πιο συγκεκριμένα, ανά 3 στοιχειοσειρές, strings, συνδέεται ένας αναστροφέας DC/AC.

Στους τρεις 11000 TL inverter θα συνδεθούν 3x16 panel στους άλλους τρεις 3x17 panel και στους 4000TL θα συνδεθούν 17 panel (δύο σειρές η μια 8 και η άλλη 9 panel).

Φ/Β ΠΑΡΚΟ 80 kWp - Fix Tilt						
Inverters SMA	Αρ. Inverters	Panels : BP	Αρ. Πανέλων	Strings	Watt / inverter	Σύνολο (Watt)
SMC 11000TL	3	230	51	3 x 17	11730	35190
SMC 11000TL	3	230	48	3 x 16	11040	33120
SB 4000TL-20	3	230	17	8 + 9	3910	11730
<b>Sum</b>	<b>9</b>		<b>348</b>			<b>80040</b>

Με λίγα λόγια ο αντιστροφέας:

- Παρακολουθεί και προστατεύει την «πλευρά» του DC έναντι υπερτάσεων και έναντι σφαλμάτων γης
- Παρακολουθεί την «πλευρά» του AC έναντι σφαλμάτων γης
- Παρακολουθεί την τάση, συχνότητα και σύνθετη αντίσταση του δικτύου και αποκόπτει αυτόματα αν χρειάζεται – λειτουργία αποφυγής νησιδοποίησης

- Μπορεί να συνεργασθεί με άλλους μετατροπείς και να ρυθμίζει την ισχύ που παρέχει στο δίκτυο αν κάτι τέτοιο απαιτείται για λόγους συμμετρίας φάσεων<sup>1</sup>. Η ασυμμετρία που είναι αποδεκτή ώστε να μην υπάρχουν επιπλοκές στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. είναι μέχρι 5KW. Έτσι εάν παρουσιαστεί σφάλμα σε μια στοιχειοσειρά εξαιτίας της αστοχίας μιας Φ/Β γεννήτριας-πανελ τότε όλη η αλυσίδα αδρανοποιείται και ο μετατροπέας σταματάει την λειτουργία του. Έτσι το σύστημα θα παρουσιάσει ασυμμετρία 7 kw μια κατάσταση που δεν είναι αποδεκτή από την ΔΕΗ και γενικά πρέπει να αποφεύγεται. Για αυτό τον λόγο ανά τρία inverter συνδέονται μεταξύ τους ώστε εάν προκύψει πρόβλημα στο ένα να σταματήσουν και τα άλλα δύο ή να μειώσουν την παραγωγή ισχύος τους στα 5Kw..
- Ενημερώνει για την κατάστασή του με την βοήθεια RS 485 επικοινωνίας αλλά και απεικόνιση στοιχείων απόδοσης ενέργειας σε real time αλλά και σε παρελθοντικό χρόνο. Δηλαδή με το κατάλληλο software και μέσω internet είναι δυνατή η παρακολούθηση του πάρκου από μακριά όσον αφορά την απόδοση του η την συμπεριφορά του.

Οι αντιστροφείς λειτουργούν με διαμόρφωση εύρους παλμών και τα διακοπτικά στοιχεία είναι τεχνολογίας IGBT. Δέχονται τάση στην είσοδο 335-700VDC, εύρος εντός του οποίου υπάρχει η δυνατότητα ανίχνευσης του βέλτιστου σημείου λειτουργίας (MPP). Στην έξοδο του κάθε αναστροφέα υπάρχει φίλτρο αρμονικών, το οποίο ελαχιστοποιεί την αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος εξόδου, σε ποσοστό μικρότερο του 3%. Ο βαθμός απόδοσης του κάθε αντιστροφέα είναι 97% - 98%, ανάλογα με το επίπεδο φόρτισής του. Η μέση απόδοση κατά Euroeta φτάνει το 97,7%, επίπεδο απόδοσης υψηλότερο από όλους τους αντιστροφείς του εμπορίου.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα SMC 11000TL φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Τεχνικά χαρακτηριστικά αναστροφέα SMC 11000TL	
Τιμές εισόδου	
Μέγιστη ισχύς DC	11400W
Εύρος τάσης DC	333-500V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	34 A
Μέγιστος αριθμός strings	5
Τιμές εξόδου	
Μέγιστη ισχύς AC	11000W 40C
Μέγιστο ρεύμα	48A

<sup>1</sup> Η λειτουργία αυτή δεν είναι απαραίτητη σύμφωνα με τον κανονισμό

Ενώ τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα SUNNY BOY 4000TL φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Τεχνικά χαρακτηριστικά αναστροφέα Sunny Boy 4000TL	
Τιμές εισόδου	
Μέγιστη ισχύς DC	4300W
Μεγ.Τάση DC	550V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	2x15 A
Μέγιστος αριθμός strings	2
Τιμές εξόδου	
Μέγιστη ισχύς AC	4000W 40C
Μέγιστο ρεύμα	18A

Παράλληλα οι αντιστροφείς διαθέτουν εσωτερικό σύστημα προστασίας έναντι υπερφορτίσεων και σφαλμάτων. Επίσης, ελέγχεται και καταγράφεται μια σειρά μετατροπών όπως η τάση και το ρεύμα εισόδου και εξόδου, καθώς και η αντίστοιχη ισχύς του.

Σε συνδυασμό με το επιλεγμένο Φ/Β πλαίσιο, οι SMC-11000TL και SUNNY BOY 4000TL λειτουργούν ιδανικά, εντός των προδιαγραφών τους, καθώς η τάση MPP λειτουργίας βρίσκεται εντός των ορίων ελάχιστης και μέγιστης τάσης, ενώ η ένταση δεν ξεπερνά την μέγιστη επιτρεπόμενη.

Προκειμένου να αποφασιστεί η τελική συνδεσμολογία των Φ/Β χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Sunny Design(η παραπάνω σελίδα ανήκει στο συγκεκριμένο πρόγραμμα) της εταιρίας SMA έτσι ώστε να ελεγχθούν τα διαθέσιμα σενάρια πιθανών συνδεσμολογιών. Η χρήση του συγκεκριμένου προγράμματος έδωσε την εξής βελτιστοποίηση για πάρκο 80 kWp:

Επιτήρηση συστήματος (Greece / Crete)



-10°C ... 70°C

**Φ/Β δομοστοιχείο**

BP Solar  
BP 3230 N  
Κλίση: 30° (βελτιστοποιημένη)  
Αζιμούθιο: 0°  
Δομοστοιχεία x στοιχειοσειρές: 17 x 3

**Μετατροπέας**

Sunny Mini Central 11000TL  
Αριθμός: 1  
Μέγ. αποδοτικότητα: 98,1 %; EU Eta: 97,7 %  
Μέγ. ισχύς DC: 11,4 kW; Μέγ. ισχύς AC: 11 kW  
3Φάση/συχνότητα δικτύου: 230 V / 50 Hz

**Τεχνικά χαρακτηριστικά**

Μέγιστη Φ/Β ισχύς :	11,73 kW
Συνολικός αριθμός δομοστοιχείων :	51
Επιφάνεια Φ/Β γεννήτριας :	86,4 m <sup>2</sup>
Αριθμός μετατροπέων :	1
μέγ. ισχύς DC μετατροπέα :	11,40 kW
μέγ. ισχύς AC μετατροπέα :	11,00 kW
Αποδοτικότητα μετατροπέα :	97,7 %

Λόγος ονομαστικής ισχύος :	97 %
ετήσια ενεργ. απόδοση * :	17102 kWh
Συντελεστής ενεργειακής χρήσης :	100,0 %
Σχέση απόδοσης * :	83 %
Ειδ. ενεργειακή απόδοση * :	1458 kWh/kWp
Απώλ. καλωδίου (% Φ/Β ενέργεια) :	ασήμαντες

- Φ/Β Πλαίσια : 348 Φ/Β πλαίσια ENDURA BP 3230N της εταιρίας BP Solar, Συνολική Εγκατεστημένη ισχύς 80,04 KW<sub>p</sub> ενώ κατά προσέγγιση η προσδοκώμενη ετήσια ενεργειακή απόδοση του πάρκου θα ανέρχεται στις 112.000 Kwh)
- Μετατροπείς : έξι (6) μετατροπείς SMC 11000TL, της εταιρίας SMA Solar Technology, ονομαστικής ισχύος 11.000W και τρεις (3) μετατροπείς SUNNY BOY 4000TL

Τα φωτοβολταϊκά (PV) πανέλα ομαδοποιούνται σε συστοιχίες – στοιχειοσειρές (strings) και συνδέονται σε σειρά κατά τέτοιο τρόπο ώστε η προκύπτουσα τάση της συστοιχίας να είναι αυτή που μπορεί να «χειριστεί» ο μετατροπέας συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα (DC to AC μετατροπέας). Ο εν λόγω μετατροπέας δέχεται ένα αριθμό ομοειδών στοιχειοσειρών, μετατρέπει το συνεχές ρεύμα τους σε εναλλασσόμενο και αναλαμβάνει να το διαθέσει στο δίκτυο χαμηλής τάσης της ΔΕΗ.

### 5.3 Εγκαταστάσεις χρήστη και σύνδεσης με το δίκτυο.

Όλα τα καλώδια σύνδεσης των Φ/Β γεννητριών είναι εύκαμπτα με διπλή μόνωση, κατάλληλα για εξωτερική εγκατάσταση, τα οποία είναι σχεδιασμένα ειδικά για χρήση σε Φωτοβολταϊκά Συστήματα. Τα καλώδια είναι αναλόγου διατομής σύμφωνα με την απόσταση, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες. Όλα τα καλώδια επενδύονται μέσα σε σωλήνες ή μεταλλικές σχάρες και κανάλια για επιπλέον προστασία από τις καιρικές συνθήκες ή άλλες αιτίες αλλά και για λόγους ασφαλείας και αισθητικής. Όλα τα μεταλλικά τμήματα του συστήματος συνδέονται με χάλκινους αγωγούς και γειώνονται για προστασία από υπερτάσεις.

### 5.4 Δίκτυο συνεχούς τάσης.

Τα PV panel διαθέτουν καλώδια με στεγανούς Multi – contact συνδέσμους για την μεταξύ τους σύνδεση. Ίδιου τύπου σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται επίσης για την σύνδεση της συστοιχίας με τον μετατροπέα (ενδεικτικός τύπος prysmian tecplug connectors). Κάθε στοιχειοσειρά προστατεύεται έναντι ανάστροφων ρευμάτων με την βοήθεια κατάλληλων ασφαλειών οι οποίες βρίσκονται μέσα στον inverter.

Ο inverter SMC 4000TL συνδέεται με connectors MC4, MC3 και TYCO ενώ ο inverter SMC 11000 TL με connectors MC4. Το panel συνδέεται με MC3 connectors.

Τα καλώδια διασύνδεσης των panel θα οδεύσουν πίσω από τα panel αυτοστηριζόμενα με δεματικά στοιχεία.

#### 5.4.1 Διαστασιολόγηση καλωδίου DC.

Λόγω της ενδιαμέσου διασύνδεσης των πάνελ απαιτείται επιπλέον καλώδιο για τη σύνδεση κάθε στοιχειοσειράς του πιο απομακρυσμένου panel με τον μετατροπέα. Στην περίπτωση που τα πλαίσια είναι σε βάση στήριξης η οποία απέχει από την θέση του inverter τότε θα χρησιμοποιηθεί ειδικό καλώδιο για dc φορτία. Ενδεικτικός τύπος Tecsun (pv) PV1-F. Το καλώδιο που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση τόσο στον θετικό όσο και στον αρνητικό πόλο είναι PV1-F 6mm<sup>2</sup> το οποίο παρουσιάζει απώλειες ισχύος στα 55m 0,98%. Για αποστάσεις πάνω από τα 35 m θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο PV1-F 10 mm<sup>2</sup> το οποίο στα 58m παρουσιάζει απώλειες 0,98%.

#### 5.4.2 Χαρακτηριστικά καλωδίων DC.

- Ελεγμένα και πιστοποιημένα από τα Εργαστήρια VDE και TÜV της Γερμανίας.
- Καθορισμένοι με ακρίβεια και περιεκτικοί κανονισμοί για τις δοκιμές (Tests) των καλωδίων καθώς και των μονωτικών μειγμάτων.
- Επιτρεπτή τάση λειτουργίας συστήματος μέχρι 2kV DC. Τάση δοκιμής 10kV DC.
- Εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας από -40°C έως +120°C.
- Αναμενόμενη διάρκεια ζωής 30 έτη, για τα οποία παρέχεται εγγύηση του κατασκευαστή. Πιστοποίηση της μεγάλης διάρκειας ζωής σύμφωνα με το IEC 60216.
- Άριστη συμπεριφορά κατά την καύση όσον αφορά μετάδοση και διασπορά της φλόγας, χαμηλές εκπομπές καπνού, μη έκλυση διαβρωτικών αερίων και χαμηλή τοξικότητα.
- Ανθεκτικά στην αμμωνία.
- Ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV) και στο όζον.
- Οικολογικά αβλαβή όσον αφορά την ανακύκλωση, την απόθεση και την οικονομία ενεργειακών πόρων στη διαδικασία παραγωγής.
- Αντί των «ανώνυμων» υλικών, όπως είναι τα θερμοπλαστικά ελαστομερή (thermoplastic elastomers –TPE), δηλαδή Πολυολεφίνες, Πολυαλκένια ή Radox, η PRYSMIAN χρησιμοποιεί ευρέως γνωστά μείγματα ελαστικών που έχουν δοκιμαστεί για πάνω από 40 χρόνια κάτω από τις πιο δυσμενείς συνθήκες και έχει αναπτύξει υλικά κορυφαίας και σύγχρονης (state of the art) τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα, έχει αναπτύξει ελεύθερα αλογόνου δικτυωμένα (cross linked) υλικά: Μόνωση = Hard Grade Ethylene Propylene Rubber (HEPR), Μανδύας = Ethylene Vinyl Acetate (EVA).
- Τα καλώδια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους, σε βιομηχανικές και αγροτικές εγκαταστάσεις καθώς και σε αντιαεροκροτικά περιβάλλοντα.
- Μπορούν να εγκατασταθούν σε σχάρες όδευσης καλωδίων, μέσα, πάνω ή κάτω από γύψο, ασβεστοκονίαμα ή σοβά και σε εξοπλισμό. Είναι κατάλληλα για εφαρμογές μέσα ή πάνω σε εξοπλισμό με προστατευτική μόνωση.
- Δυνατός ο απευθείας ενταφιασμός στο έδαφος χωρίς απαίτηση για σωλήνες, κανάλια κλπ. Τα καλώδια αυτά είναι ανθεκτικά σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία καθώς επίσης και στο όζον. Έχουν βελτιωμένη συμπεριφορά σε περίπτωση φωτιάς και διαθέτουν χαμηλές εκπομπές καπνού. Τα καλώδια αυτού του τύπου προορίζονται για ελεύθερη κίνηση, ελεύθερη ανάρτηση, σταθερή εγκατάσταση ή ενταφιασμένα σε φωτοβολταϊκά συστήματα και σε εύρος θερμοκρασιών από -40°C έως +120°C. Τα καλώδια μπορούν να εγκαθίστανται σε εσωτερικούς χώρους, στο ύπαιθρο, σε αντιαεροκροτικές περιοχές, σε βιομηχανικές και αγροτικές εγκαταστάσεις. Μπορούν να εγκατασταθούν σε σχάρες, σωλήνες, επίτοιχα, χωνευτά και για τροφοδοσία εξοπλισμού. Είναι κατάλληλα για εφαρμογές μέσα και σε εξοπλισμό με προστατευτική μόνωση (κλάση προστασίας II). Συνοπτικά εφαρμόζονται οι κανονισμοί IEC 61215 και 61646, IEC 64/1123/CD και DIN VDE 0100 part 520.

#### 5.4.3 Ασφάλειες στοιχειοσειρών.

Με βάση την Τεχνική οδηγία SMA , Application of String fuses for SMC inverters, η ασφάλεια συνιστάται να:

- είναι  $1.7 *$  το ρεύμα πάνελου στο σημείο μέγιστης ισχύος
- είναι μικρότερη ή ίση από την μέγιστη συνιστώμενη από τον κατασκευαστή του πάνελου

Με βάση τα παραπάνω, για Panel BP 3230N, έχουμε ότι το ρεύμα που αντιστοιχεί στη μέγιστη ισχύ είναι  $I_{mpp} = 7,9A$ . Συνεπώς απαιτείται ασφάλεια:

$$I = 1,7 \times I_{mpp} \Rightarrow I = 1,7 \times 7,9A \Rightarrow I = 13,43A . \text{ Συνεπώς, επιλέγουμε ασφάλεια } 15 A .$$

#### 5.5 Δίκτυο AC.

Μετά από την έξοδο από τον μετατροπέα τοποθετείται ένας στεγανός πίνακας μέσα στον οποίο εγκαθίστανται υπερτασιακοί διακόπτες για την αντικεραυνική προστασία της γραμμής (dc αλλά και ac) , τα χαρακτηριστικά του οποίου περιγράφονται στην ενότητα της αντικεραυνικής προστασίας.

Το μονοφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα κάθε μετατροπέα οδηγείται στον κεντρικό πίνακα με την βοήθεια καλωδίων τύπου J1VV-R (παλαιότερα NYG). Για την προστασία των καλωδίων χρησιμοποιούνται κατάλληλα διαστασιολογημένοι μικροαυτόματοι. Ο σχεδιασμός του συστήματος είναι τέτοιος ώστε το προκύπτον τριφασικό σύστημα να είναι συμμετρικό. Το δίκτυο AC προστατεύεται έναντι υπερτάσεων με την βοήθεια κατάλληλων «απαγωγών υπερτάσεων» (Surge Protection Devices).

Το μονοφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα κάθε μετατροπέα οδηγείται στον κεντρικό πίνακα με την βοήθεια καλωδίων τύπου J1VV-R (παλαιότερα NYG). Τα καλώδια οδεύουν μέσα σε μεταλλικές σχάρες. Για την προστασία των καλωδίων χρησιμοποιούνται κατάλληλα διαστασιολογημένοι μικροαυτόματοι. Ο σχεδιασμός του συστήματος είναι τέτοιος ώστε το προκύπτον τριφασικό σύστημα να είναι συμμετρικό. Το δίκτυο AC προστατεύεται έναντι υπερτάσεων με την βοήθεια κατάλληλων «απαγωγών υπερτάσεων» (Surge Protection Devices).



### 5.5.1 Γραμμές εναλλασσόμενου ρεύματος.

Για την πραγματοποίηση των κυκλωμάτων χρησιμοποιούμε καλώδιο : J<sub>1</sub>VV –U ή J<sub>1</sub>VV –R ή ή J<sub>1</sub>VV – S(ανάλογα με την διατομή) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Μονόκλωνος αγωγός
- Ονομαστική Τάση 600/1000 V
- Προδιαγραφές: IEC 60502-1
- Χρήση: Καλώδιο Ισχύος για σταθερή εγκατάσταση σε υγρούς ή ξηρούς χώρους στον αέρα η στο έδαφος.

#### 5.5.1.1 Εκλογή διατομής

Οι απώλειες σύμφωνα με τον VDE συνιστάται να είναι μικρότερες του 1%. Δεχόμαστε ως μέγιστες αποδεκτές απώλειες ενέργειας, αυτές που αντιστοιχούν στο 1% της συνολικής. Σύμφωνα, λοιπόν με τον παραπάνω πίνακα για τη σύνδεση κάθε μετατροπέα απαιτείται καλώδιο διατομής και μήκους:

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι inverters θα τοποθετηθούν δίπλα από τον γενικό ηλεκτρικό πίνακα διανομής(μέγιστη απόσταση 5 m.Οι inverters SMC 11000TL θα συνδεθούν με καλώδιο J1VV-R 3x16 mm<sup>2</sup> που στα 10m παρουσιάζει απώλειες 0,45% ενώ οι inverters SB 4000 TL θα συνδεθούν με καλώδιο J1VV-R 3x6 mm<sup>2</sup> που στα 10m παρουσιάζει απώλειες 0,43%.

Σύνδεση ηλεκτρικού πίνακα παραγωγής με το δίκτυο της Δ.Ε.Η καλώδιο J1VV-R 4x1x95 mm<sup>2</sup>  
Ο τύπος αυτού του καλωδίου, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.5.521, υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις αντοχής σε θερμική καταπόνηση ρεύματος

$$P = \sqrt{3}UI \cos \phi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \phi} = \frac{79800w}{1,73x380Vx1} = 121,38A$$

αφού η επιτρεπόμενη συνεχής φόρτιση (σε A) είναι για τοποθέτηση σε πλαστικό σωλήνα είναι 258x0,8=206,40 A.

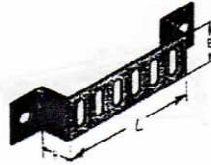
Η γείωση του ουδέτερου θα πραγματοποιηθεί στην είσοδο του πάρκου κοντά στο ικρίωμα όπου θα στηριχθεί ο μετρητής εξερχόμενης-εισερχόμενης ισχύος σε τρίγωνο γείωσης 1,5m.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, τα καλώδια θα τοποθετηθούν μέσα σε μεταλλικές σχάρες τύπου Ladder (μόνο για τα καλώδια των ισχυρών ρευμάτων) με καπάκι και στήριγμα ανά 1 m σε οδεύσεις σύμφωνα με τα σχέδια, τον οποίων τα χαρακτηριστικά είναι:

MxYxΠ= 200x600x1.5 mm(τύπου Ladder).

### Στηρίγματα τοίχου 10 LSB

Κωδικός	Μήκος L χλτ.	Βάρος KG/τ.
10 LSB-100.PG	100	
10 LSB-150.PG	150	
10 LSB-200.PG	200	
10 LSB-300.PG	300	
10 LSB-400.PG	400	
10 LSB-500.PG	500	
10 LSB-600.PG	600	



Κωδικός	Μήκος L χλτ.	Βάρος KG/τ.
10 LSB-100.DG	100	
10 LSB-150.DG	150	
10 LSB-200.DG	200	
10 LSB-300.DG	300	
10 LSB-400.DG	400	
10 LSB-500.DG	500	
10 LSB-600.DG	600	

### ΣΧΑΡΑ ΤΥΠΟΥ LADDER

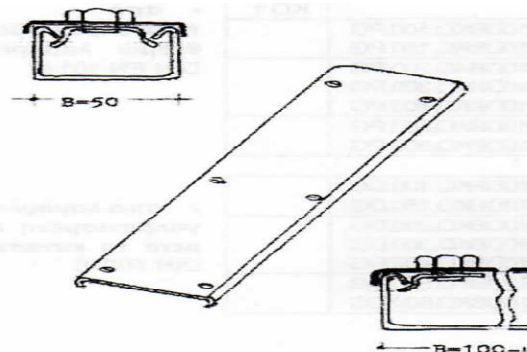
- από λαμαρίνα γαλβανισμένη εν θερμώ μετά την κατασκευή κατά DIN 50976

Πλάτος B χλτ.	Κωδικός	Πάχος χλτ.	Τύπος σκαλοπατιού	Βάρος KG/τ.
150	41A.6W.150.DG	1,5		
200	41A.6W.200.DG	1,5	"w"	
300	41A.6W.300.DG	1,5		
400	41A.6W.400.DG	1,5		
500	41A.6W.500.DG	1,5	35x 15 x 1,5	
600	41A.6W.600.DG	1,5		

- Τυποποιημένο μήκος : 3,0μέτρα.
- Με γυρισμένα τα άνω άκρα του του πλευρικού τοιχώματος.
- Τα σκαλοπατία από προγαλβανισμένη λαμαρίνα είναι διπλοτονταρισμένα, ενώ στις σκάλες τύπου DG είναι επιπλέον ρομποτικά ηλεκτροσυγκολλημένα εξασφαλίζοντας άριστη ποιότητα συγκολλήσεως και αισθητικής.

### ΚΑΠΑΚΙ ΣΧΑΡΑΣ

Πλάτος B χλτ.	Κωδικός	Πάχος χλτ.	Βάρος KG/τ.
050	10DAQ.050P.DG		
100	10DAQ.100P.DG		
150	10DAQ.150P.DG		
200	10DAQ.200P.DG		
300	10DAQ.300P.DG		
400	10DAQ.400P.DG		
500	10DAQ.500P.DG		
600	10DAQ.600P.DG		



Οι σχάρες καλωδίων θα είναι τύπου σκάλας γαλβανισμένη εν θερμώ με καπάκι σε στηρίγματα Ω σε απόσταση 1m. Η εσωτερική επιφάνεια των σχαρών καλωδίων πρέπει να είναι τελείως λεία, δηλαδή να μην παρουσιάζονται "γραιζία" από τη διαμόρφωση. Για παρακάμψεις, διασταυρώσεις, διακλαδώσεις (οριζόντιες ή κατακόρυφες συστολές) ή διαστολές για μετάβαση σε σχάρα διαφορετικού πλάτους, θα χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα εξαρτήματα, επίσης από λαμαρίνα επιψευδαργυρωμένη.

Για τις συνδέσεις μεταξύ των σχαρών, καθώς και με τα ειδικά εξαρτήματα, θα χρησιμοποιηθούν σύνδεσμοι χωρίς κοχλίες. Όλα τα εξαρτήματα και υλικά στήριξης των σχαρών θα είναι επιψευδαργυρωμένα.

Οι σχάρες καλωδίων θα συνοδεύονται και με όλα τα ειδικά εξαρτήματα σχηματισμού ή στηρίξεως τους (καμπύλες, συστολές, διακλαδώσεις, ορθοστάτες, βραχίονες στηρίξεως, ταφ, υλικά συνδέσεως και στερεώσεως ,κλπ.) επίσης γαλβανισμένα εν θερμώ.

#### 5.5.1.2 Επιλογή διακοπών προστασίας αγωγών (line circuit breaker).

Για την προστασία των καλωδίων AC, θα χρησιμοποιηθούν διακόπτες προστασίας αγωγών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το μέγιστο ρεύμα κάθε γραμμής από τον μετατροπέα SMC 11000TL ως τον πίνακα διανομής είναι 48 A με  $\cos\phi=1$ , θα χρησιμοποιηθούν διακόπτες προστασίας αγωγών της τάξεως των 1x50A.

Επίσης για τον μετατροπέα SB 4000TL το ρεύμα του μετατροπέα είναι 22 A και θα χρησιμοποιηθούν διακόπτες προστασίας αγωγών 1x25A.

Ο γενικός διακόπτης του Φ/Β πάρκου θα είναι τριπολικός αυτόματος με ονομαστικό ρεύμα 160 A και ρύθμιση θερμικού 112-160 A.

#### 5.5.1.3 Pillar

Το pillar θα είναι ηλεκτρικός πίνακας βαρέως βιομηχανικού τύπου, στεγανός με βαθμό προστασίας IP54 για τοποθέτηση σε εξωτερικό χώρο.

Το pillar θα κατασκευάζεται με πλαίσιο από σιδηρογωνίες και με μαύρη λαμαρίνα (ντεκαπέ) πάχους 2mm. Μετά την κατασκευή θα γαλβανίζεται εν θερμώ, εσωτερικά και εξωτερικά.



Το θερμό γαλβάνισμα θα γίνεται σύμφωνα με τις αντίστοιχες προδιαγραφές NF (Γαλλίας) και ASTM (ΗΠΑ) για Hot Dip Galvanizing και θα περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

α) Προετοιμασία της μεταλλικής επιφάνειας : Καθαρισμός από βρωμιές, λιπαντικά και αποξείδωση από σκουριές κλπ.

β) Προστασία της μεταλλικής επιφάνειας (prefluxing) : Καθαρισμός και προστασία της επιφάνειας από οξειδώσεις, προετοιμασία για γαλβάνισμα με ειδικές ρητίνες.

γ) Θερμό γαλβάνισμα με εμβάπτιση σε λειωμένο ψευδάργυρο

δ) Τελική επεξεργασία (finishing): ψύξη, απομάκρυνση υπερβολικού γαλβανίσματος, επιθεώρηση κλπ.

Η ελάχιστη επικάλυψη σε ψευδάργυρο όλων των επιφανειών θα είναι 400gr/m<sup>2</sup> (50μm) σύμφωνα με τις προδιαγραφές DIN50976/E/1988. Όλες οι επιφάνειες θα είναι λείες, χωρίς προεξοχές, αγαλβάνιστα σημεία κλπ.

Μετά το θερμό γαλβάνισμα το pillar θα βάφεται ως ακολούθως:

α) βαφή με αστάρι (primer) ειδικό για πρόσφυση της τελικής βαφής σε γαλβανισμένη λαμαρίνα.

β) τελική βαφή με δύο στρώσεις εποξειδικού χρώματος γκρι δύο συστατικών με συνολικό ελάχιστο πάχος 250mm.

Επίσης θα δίνεται εγγύηση 10 ετών πρόσφυσης της βαφής στο θερμό γαλβάνισμα. Συνιστάται αντί για γαλβανισμένη λαμαρίνα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανοξειδωτη λαμαρίνα AISI 304 πάχους 1.5mm. Η βαφή θα γίνεται με ανάλογες προδιαγραφές για ανωξ. λαμαρίνα.

Οι εξωτερικές ωφέλιμες διαστάσεις του πύλλου θα είναι κατ' ελάχιστον: πλάτος 0.7m, ύψος 1.20m και βάθος 0.25m.

Οι πόρτες του πύλλου θα φέρουν περιφερειακά στεγανοποιητικά λάστιχα και θα εφάπτονται πολύ καλά και σφιχτά σε όλα τα σημεία με το κύριο σώμα του πύλλου ώστε να αποφεύγεται η είσοδος βροχής στο εσωτερικό του. Ο πίνακας θα φέρει δίριχτη στέγη με περιφερειακή προεξοχή 5εκ. για την απορροή των βρόχινων υδάτων.

Στην βάση του πύλλου θα καταλήγουν οι σχάρες των καλωδίων. Στο σημείο επαφής του με τη βάση θα φέρει περιφερειακή σιδηρογωνία πάχους L 50X5mm. Στις 4 γωνίες θα υπάρχουν

συγκολλημένη στη σιδηρογωνία τριγωνική λάμα στην οποία θα ανοιχθούν τρύπες για να βιδωθούν τα μπουλόνια στήριξης. Το πύλλαρ πρέπει να μπορεί να αφαιρεθεί με αποκοχλίωση.

Το πύλλαρ θα είναι συναρμολογημένο στο εργοστάσιο κατασκευής του και θα παρέχει άνεση χώρου για την είσοδο καλωδίων και τη σύνδεση των καλωδίων μεταξύ των οργάνων λειτουργίας του δικτύου. Θα δοθεί μεγάλη σημασία στη καλή και σύμμετρη εμφάνισή του. Τα κλειδιά και οι κλειδαριές θα είναι ανοξειδωτα βαρέως τύπου και θα υπάρχουν δύο. Η διανομή θα αποτελείται από ξεχωριστό στεγανό πίνακα IP44 κατασκευασμένο από βαμμένη λαμαρίνα. Οι διαστάσεις του θα είναι τέτοιες ώστε να χωρούν άνετα όλο τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό. Ο πίνακας θα φέρει οπές με τους κατάλληλους συτυπιοθλήπτες για την έξοδο του καλωδίου παροχής προς τη ΔΕΗ, καθώς επίσης και για την είσοδο των καλωδίων του Φ/Β σταθμού. (Στον πίνακα προμέτρησης αναφέρονται αναλυτικά τα στοιχεία του πίνακα.) Στο κάτω μέρος του κιβωτίου θα τοποθετηθούν οι κλεμοσειρές σύνδεσης των καλωδίων. Η εσωτερική συνδεσμολογία θα είναι άριστα κατασκευασμένη από τεχνική και αισθητική άποψη. Έτσι τα καλώδια που θα είναι μονόκλινα θα ακολουθούν ευθείς και σύντομες διαδρομές, θα είναι καλά σφιγμένα στις κλέμμες των οργάνων και θα φέρουν όπου απαιτείται στα άκρα τους ακροδέκτες.

Τα καλώδια του δικτύου θα συνδέονται με εκείνα της διανομής με κλέμμες βαρέως τύπου ράγας, και θα έχουν την κατάλληλη διατομή ώστε να φορτίζονται χωρίς κίνδυνο βλάβης με τη μέγιστη ένταση που διαρρέει τα αντίστοιχα όργανα.

Ο γενικός αυτόματος διακόπτης ισχύος όπως και τα υπόλοιπα στοιχεία του πίνακα θα είναι της εταιρίας ABB ή Siemens ή παρόμοιου οίκου.

## 5.6 Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.

### 5.6.1 Πρότυπα συστήματος αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ).

#### 5.6.1.1 Εξωτερικό ΣΑΠ.

- Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3 : 2006, "Protection against lightning.Physical damage to structures and life hazard".
- Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 1412, " Προστασία κατασκευών από κεραυνούς- Οδηγία Α: Εκτίμηση κινδύνου κεραυνοπληξίας και επιλογή επιπέδου προστασίας του ΣΑΠ. . Μετά την σύμφωνη γνώμη της εταιρίας ELEMCO η στάθμη προστασίας III είναι ικανοποιητική.

#### 5.6.1.2 Εσωτερικό ΣΑΠ.

- Διεθνές Πρότυπο IEC 61312–1, “Protection against Lightning Electromagnetic Impulse (LEMP)”.
- Διεθνές Πρότυπο IEC 664, “Insulation coordination for equipment within low voltage systems”.
- Διεθνές Πρότυπο IEC 60364–4–443, “Electrical installations of buildings, Part 4: Protection for safety, Chapter 44: Protection against overvoltages, Section 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin due to switching”.
- Διεθνές Πρότυπο IEC 61643 – 12, “Low voltage surge protective devices – Part 12: SPDs connected to low voltage power distribution systems – Selection and application principles”

#### 5.6.2 Πρότυπα υλικών.

##### 5.6.2.1 Υλικά αντικεραυνικής προστασίας.

Τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται έχουν υποστεί με επιτυχία τις εργαστηριακές δοκιμές όπως προβλέπονται από τα κάτωθι πρότυπα :

- Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 – 1, “Lightning Protection Components (LPC), Part 1 : Requirements for connection components”
- Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 – 2, “Lightning Protection Components (LPC), Part 2 : Requirements for conductors, and earth electrodes”.

Τα ανωτέρω πρότυπα έχουν αντικαταστήσει τα αντίστοιχα εθνικά πρότυπα όπως: DIN (Γερμανίας), BS (Βρετανίας) κλπ

##### 5.6.2.2 Απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων.

- Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 61643 – 11, “Low voltage surge protective devices – Part 11: SPDs connected to low voltage power distribution systems –Performance requirements and testing methods”.
- Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 61643 – 21, “Low voltage surge protective devices – Part 22: SPDs connected to telecommunication and signaling networks – Performance requirements and testing methods”.

Η συμμόρφωση των προϊόντων με τα ανωτέρω πρότυπα αποτελεί εγγύηση ποιότητας, αξιοπιστίας και ασφάλειας για την προδιαγραφόμενη χρήση.

#### 5.6.3 Τεχνική περιγραφή συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.

Η ανάγκη εγκατάστασης Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) και η επιλογή της κατάλληλης Στάθμης Προστασίας για το σχεδιασμό του, γίνεται βάσει του Προτύπου ΕΛΟΤ

1412/1998, όπου λαμβάνοντας υπόψη διάφορες παραμέτρους (χρήση της κατασκευής, διαστάσεις, γεωγραφική θέση κλπ) η κατασκευή κατατάσσεται σε κάποια Στάθμη Προστασίας από την πιο αυστηρή I έως την πιο χαλαρή IV.

Στην περίπτωση ανάγκης εγκατάστασης ΣΑΠ προβαίνουμε στον σχεδιασμό της Αντικεραυνικής Προστασίας σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3 : 2006 και στην υλοποίησή της με υλικά που πρέπει να ικανοποιούν τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα EN 50164 – 1 και EN 50164 – 2

#### 5.6.3.1 Γενικά.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω πρότυπα, το ΣΑΠ περιλαμβάνει το εξωτερικό και το εσωτερικό σύστημα.

1. Το εξωτερικό σύστημα αποτελείται από :

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

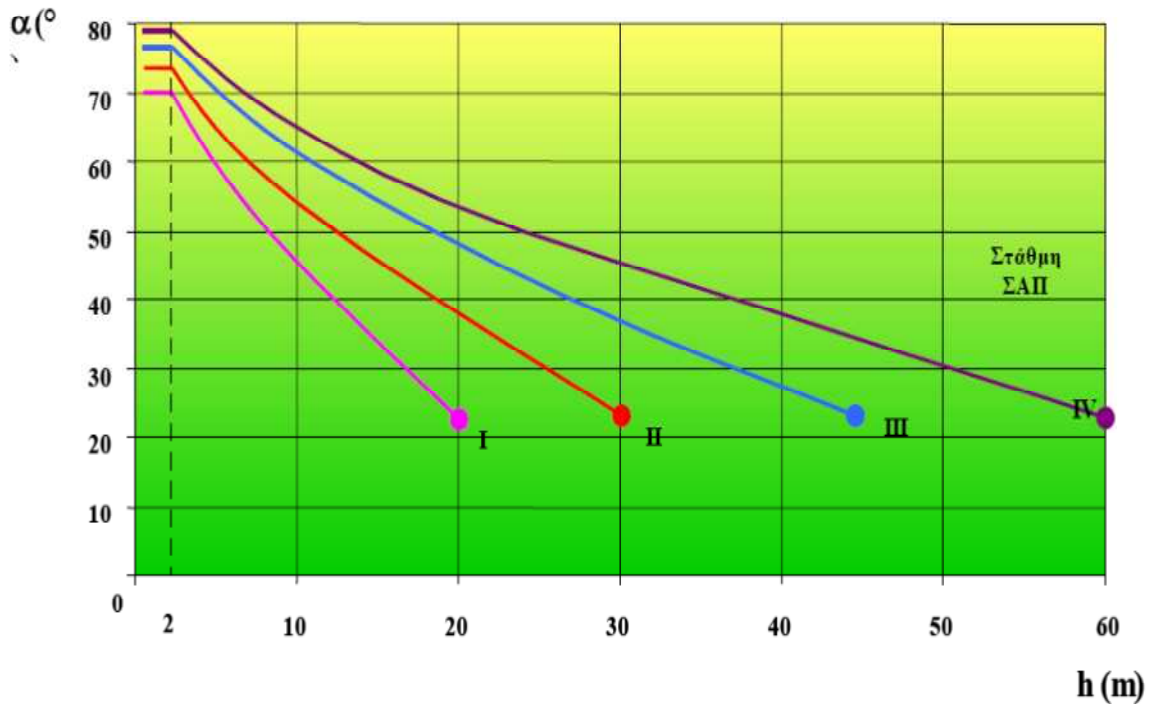
Τους αγωγούς καθόδου που σκοπό έχουν να οδηγήσουν το κεραυνικό ρεύμα από το συλλεκτήριο, με ασφάλεια στο σύστημα γείωσης. Αποτελείται από αγωγούς διατεταγμένους περιμετρικά της κατασκευής.

Το σύστημα γείωσης που σκοπός του είναι να επιτευχθεί η διάχυση του κεραυνικού ρεύματος μέσα στη γη, με ασφάλεια χωρίς να δημιουργούνται επικίνδυνες υπερτάσεις. Αποτελείται από αγωγούς St/Zn Φ8 οι οποίοι καταλήγουν σε ηλεκτρόδια γείωσης μήκους 1,5 m εντός του εδάφους τοποθετημένα σε βάθος μισού μέτρου στηριζόμενη με ειδικά στηρίγματα ανά δύο μέτρα σε απόσταση δύο μέτρων από το κτίριο.

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3 : 2006 :

α. Ανάλογα της απαιτούμενης στάθμης προστασίας οι διαστάσεις των βρόχων του συλλεκτηρίου συστήματος, η γωνία προστασίας ακίδος που πιθανόν να περιέχεται σε αυτό καθώς επίσης η μέση απόσταση των αγωγών καθόδου, ορίζονται στον ακόλουθο πίνακα και στο διάγραμμα.

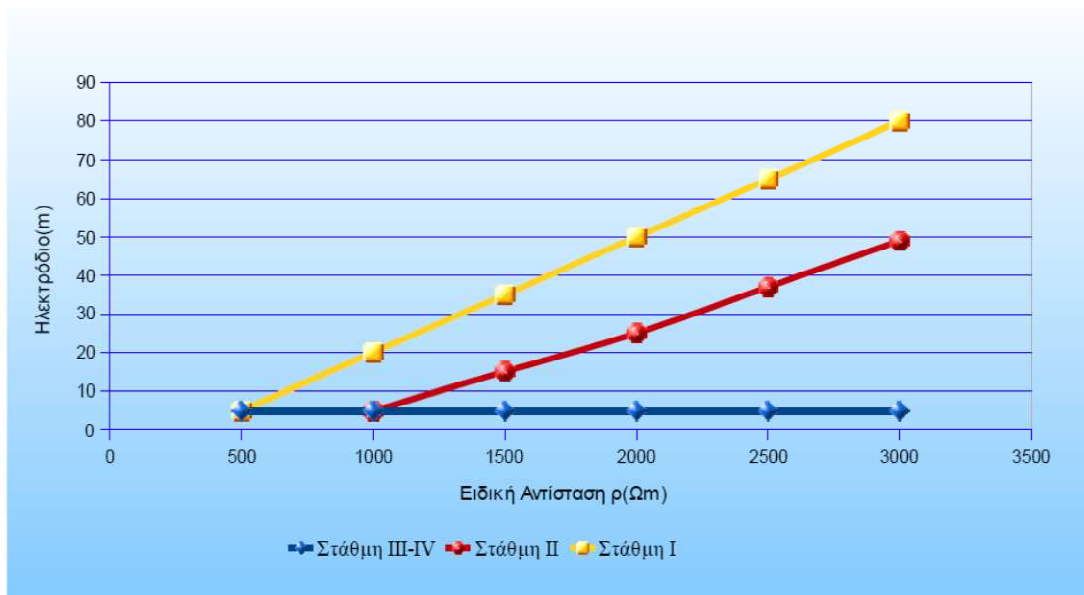
Στάθμη Προστασίας	Διαστάσεις Βρόχων (m)	Μέση Απόσταση Αγωγών Καθόδου(m)
I	5x5	10
II	10x10	10
III	15x15	15
IV	20x20	20



Σχήμα 5: Γωνία ακίδων σε συνάρτηση της μέσης απόστασης αγωγών καθόδου.

β. Ο σχεδιασμός του συστήματος γείωσης σε σχέση με την απαιτούμενη στάθμη προστασίας απαιτεί ελάχιστα μήκη ηλεκτροδίων που φαίνονται στο διάγραμμα 2. Τα ελάχιστα μήκη μπορούν να μη ληφθούν υπ' όψη με την προϋπόθεση ότι έχει επιτευχθεί μία αντίσταση γείωσης μικρότερη από 10Ω.





Ελάχιστο μήκος  $L_1$  οριζόντιων ηλεκτροδίων γείωσης, ανάλογα με τη στάθμη προστασίας και την ειδική αντίσταση του εδάφους, σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3 : 2006. Οι στάθμες προστασίας III και IV είναι ανεξάρτητες από την ειδική αντίσταση του εδάφους. Για τα κατακόρυφα ηλεκτρόδια το ελάχιστο μήκος γειωτή είναι  $0,5L_1$ .

**Σχήμα :** Ελάχιστο μήκος οριζόντιων ηλεκτροδίων γείωσης, ανάλογα με τη στάθμη προστασίας και την ειδική αντίσταση του εδάφους.

2. Το εσωτερικό σύστημα αποτελείται από:

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

Ο εσωτερικός χώρος του υπό προστασία χώρου πρέπει να διαιρεθεί σε Ζώνες Αντικεραυνικής Προστασίας (ΖΑΠ) προκειμένου να ορισθούν χώροι διαφορετικής δριμύτητας κεραυνικής ηλεκτρομαγνητικής κρούσης σύμφωνα με το IEC 61312 –1 έως 5.

Τους απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων: Με τον όρο Κρουστικές Υπερτάσεις εννοούμε τις απότομες αυξήσεις της απόλυτης τιμής του δυναμικού, η διάρκεια των οποίων κυμαίνεται από  $\mu\text{seconds}$  μέχρι κάποια  $\text{mseconds}$ . Η αύξηση της απόλυτης τιμής δυναμικού, κυμαίνεται από μερικά Volts, μέχρι χιλιάδες Volts. Οι πηγές των Κρουστικών Υπερτάσεων μπορεί να είναι φυσικές, όπως:

- Κεραυνοί (LEMP)
- Αστραπές
- Ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις (ESD)

Η τεχνητές, όπως :

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

Τα προβλήματα που δημιουργούν οι Κρουστικές Υπερτάσεις είναι :

- Πιθανή εστία επικίνδυνων καταστάσεων για το ανθρώπινο δυναμικό. Σπινθήρες, πυρκαγιά, εκρήξεις, ηλεκτροπληξία.
- Ολική καταστροφή συσκευών. Καταστροφή των ηλεκτρικών μονώσεων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών – μηχανημάτων.
- Κόστος εργασίας. Αδυναμία εργασίας, κόστος αντικατάστασης, μειωμένη παραγωγικότητα, απώλεια πελατών.
- Βαθμιαία φθορά συσκευών, Καταπόνηση μονωτικών από υπερτάσεις, επίσπευση γήρανσης μονωτικών, μείωση ζωής συσκευών και μηχανημάτων.
- Απώλειες μνήμης, “Πάγωμα” οθονών, επανεκκίνηση ηλεκτρονικών συσκευών κλπ.

Τρόποι αντιμετώπισης των Κρουστικών Υπερτάσεων

Τοποθετώντας σε κατάλληλη θέση στο ηλεκτρικό δίκτυο κατάλληλους απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων επιτυγχάνεται η προστασία των ηλεκτρικών – ηλεκτρονικών συσκευών με την εξομάλυνση του φαινομένου.

Λειτουργία Απαγωγών Κρουστικών Υπερτάσεων.

Οι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων είναι συσκευές που σε ονομαστικές τάσεις του δικτύου ή σε μικρές υπερτάσεις αυτού, παρουσιάζουν εσωτερική αντίσταση σχεδόν άπειρη ενώ όταν η τιμή της τάσης του δικτύου υπερβεί κάποια τιμή, όπως συμβαίνει στην περίπτωση διέλευσης κρουστικής τάσης, τότε η εσωτερική αντίσταση μικραίνει ακαριαία που τείνει στο μηδέν, οδηγώντας την επικίνδυνη υπέρταση στη γείωση καθ’ όλη την χρονική διάρκεια που εφαρμόζεται στο δίκτυο. Μετά την παρέλευση του φαινομένου και επαναφορά της τάσης του δικτύου στα φυσιολογικά επίπεδα, ο απαγωγός ανακτά την αρχική του άπειρη αντίσταση προστατεύοντας την εγκατάσταση από το καταστροφικό κεραυνικό ρεύμα ενώ παράλληλα εξασφαλίζει την αδιάλειπτη λειτουργία της εγκατάστασης.

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

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

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

IN : Κρουστικό ονομαστικό ρεύμα διέλευσης.

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

#### Επιλογή και τοποθέτηση των απαγωγών.

Οι απαγωγοί επιλέγονται σύμφωνα με το IEC 61312 λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχει καταμερισμός του κεραυνικού ρεύματος και ότι ένα μικρό ποσοστό αυτού τελικά οδεύει μέσα από καλωδιώσεις. Συγκεκριμένα σύμφωνα με το παραπάνω Πρότυπο το 50% του κεραυνικού ρεύματος οδεύει στη γείωση και το υπόλοιπο καταμερίζεται σε καλωδιώσεις και μεταλλικές σωληνώσεις που υπάρχουν στο κτίριο.

Η τοποθέτησή τους πρέπει να γίνεται όσο δυνατόν πλησιέστερα στην υπό προστασία συσκευή. Η γείωση των απαγωγών που λαμβάνουν μέρος στην προστασία κάποιας συσκευής θα πρέπει να είναι κοινή.

Η καλωδίωση της γείωσης θα πρέπει να ακολουθεί την συντομότερη διαδρομή και να είναι όσο το δυνατό πιο ευθύγραμμη από τον απαγωγό προς τη γείωση.

#### 5.6.4 Εξωτερική αντικεραυνική προστασία Φ/Β πάρκου 80 kW στο Ηράκλειο Κρήτης.

Εξετάζοντας την ανάγκη εγκατάστασης ΣΑΠ και την επιλογή της Στάθμης Προστασίας στη συγκεκριμένη κατασκευή, σύμφωνα με τα ανωτέρω προκύπτει ότι απαιτείται αντικεραυνική προστασία και η απαιτούμενη Στάθμη προστασίας είναι I.

##### 5.6.4.1 Φ/Β πάρκου.

###### 5.6.4.1.1 Συλλεκτήριο σύστημα.

Σαν συλλεκτήριο σύστημα τοποθετούνται ακίδες  $\Phi 16 \times 850$  mm χαλύβδινες επιψευδαργυρωμένες εν θερμώ, κατάλληλα διαμορφωμένες για τη στήριξη – αγωγήμη σύνδεση στα μεταλλικά πλαίσια των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

#### 5.6.4.1.2 Αγωγοί καθόδου.

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305 – 3 (§ 5.3.5 & 5.5.2), τα μεταλλικά πλαίσια των φωτοβολταϊκών στοιχείων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φυσικοί αγωγοί καθόδου εφ' όσον πληρούν τις κάτωθι προϋποθέσεις:

- Η ηλεκτρική συνέχεια μεταξύ των διαφόρων τμημάτων τους είναι αξιόπιστη.
- Οι διαστάσεις τους είναι τουλάχιστον ίσες με αυτές που καθορίζονται για τους τυποποιημένους συλλεκτήριους αγωγούς και τους αγωγούς καθόδου.

#### 5.6.4.1.3 Σύστημα γείωσης.


Η γείωση θα πραγματοποιηθεί με ηλεκτροδία γείωσης τοποθετημένα όπως φαίνεται στα σχέδια.

Η γείωση συνδέεται με τις καθόδους με σφιγκτήρες κατά EN 50164-1 (100kA, 10/350μs).

Η αγωγίμη σύνδεση μεταξύ της ακίδας και του κλωβού θα επιτυγχάνεται μέσω των βάσεων στήριξης των panel οι οποίες με γωνιακούς ακροδέκτες θα συνδέονται μέσω κατάλληλων σφικτήρων στον κλωβό. Στις βάσεις όπου δεν προσαρτώνται ακίδες θα γειώνεται μόνο η βάση.


#### 5.6.5 Υλικά αντικεραυνικής προστασίας Φ/Β πάρκου.

1. Πάνω στις βάσεις των Φ/Β πάνελ με ιδιαίτερη προσαρμογή (βλ λεπτομέρεια) τοποθετούνται ακίδες. Η θέσεις τοποθέτησης των ακίδων φαίνονται στα σχέδια. Η επιλογή της τοποθέτησης των ακίδων έγινε σύμφωνα με το ύψος που βρίσκεται η κάθε βάση με προτεραιότητα το μεγαλύτερο ύψος.

Περιγραφή Υλικού	Κωδικός	Σκαρίφημα
Ακίδα Φ16x850mm St/tZn	6401101	

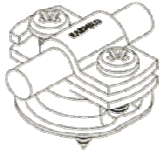
2. Δεν απαιτείται αγωγός καθόδου από την ακίδα στο έδαφος αρκεί τα μεταλλικά πλαίσια να είναι σύμφωνα με το Πρότυπά ΕΛΟΤ EN 62305-3 (§5.3.5 & 5.5.2). Εν προκειμένω, οι μεταλλικές βάσεις υπερκαλύπτουν τις ως άνω απαιτήσεις, συνεπώς τα μεταλλικά πλαίσια χρησιμοποιούνται ως αγωγοί καθόδου και συνδέονται με το πλέγμα γείωσης με τη βοήθεια αγωγών Φ8.

Τα φ/β πάνελ συνδέονται με την περιμετρική ταινία γείωσης με αγωγό κυκλικής διατομής Φ8 ο οποίος χρησιμοποιείται σαν αγωγός καθόδου και σαν συλλεκτήριος αγωγός σχηματίζοντας βρόγχους


Περιγραφή Υλικού	Κωδικός	Σκαρίφημα
Αγωγός Φ8 mm St/tZn	6400008	

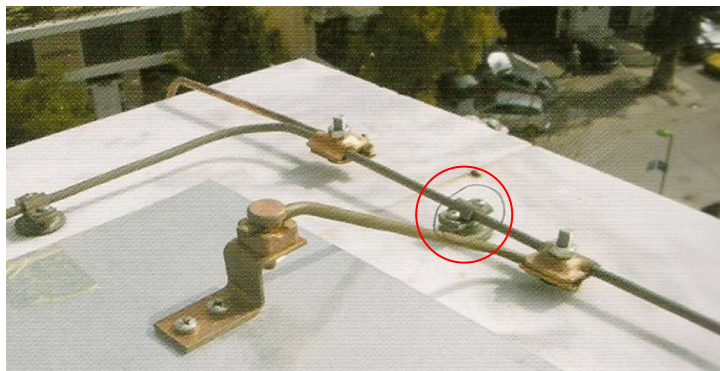
Βάρος kg/m Weight kg/m	Συσκευασία (m) περίπου Length/coil (m) approx	Κωδικός Code
0,395	100	<b>64 00 008</b>
0,616	50	<b>64 00 010</b>
0,436	206	<b>64 20 018</b>
0,250	200	<b>64 20 006</b>
0,450	150	<b>64 20 008</b>
0,135	400	<b>64 40 008</b>
0,172	200	<b>64 40 009</b>
0,395	50	<b>64 60 008</b>
0,610	50	<b>64 60 010</b>
0,145	300	<b>64 20 116</b>
0,229	300	<b>64 20 125</b>
0,317	200	<b>64 20 135</b>
0,429	100	<b>64 20 108</b>
0,620	100	<b>64 20 170</b>
0,860	70	<b>64 20 195</b>

3. Στήριγμα για αγωγό Φ8-10mm που τοποθετείται σε τοιχοποιία ή beton.

Περιγραφή Υλικού	Κωδικός	Σκαρίφημα
Στήριγμα Ταινίας UPAT για Αγωγό Φ8-10mm	6101100	


4. Ροδέλα Στεγανοποίησης. Είναι κατασκευασμένη από PVC για στεγανοποίηση στηριγμάτων επί τοιχοποιίας.

Περιγραφή Υλικού	Κωδικός	Σκαρίφημα
Ροδέλα Στεγανοποίησης PVC Φ30	6103201	




Εικόνα 14: Λεπτομέρεια θέσης τοποθέτησης ροδέλας.

5. Σφικτήρας Φ8-10. Κατάλληλος για διασταύρωση ή επιμήκυνση ταινιών και κυλινδρικών αγωγών χάλυβα και αλουμινίου.

Περιγραφή Υλικού	Κωδικός	Σκαρίφημα
Σφικτήρας Φ8-10/30mm EX-ET St/tZn	6201810	


6. Σφικτήρας Φ8-10. Κατάλληλος για διασταύρωση ή επιμήκυνση ταινιών και κυλινδρικών αγωγών χάλυβα και αλουμινίου.

Περιγραφή Υλικού	Κωδικός	Σκαρίφημα
Σφικτήρας Φ8-10mm με ταινία St/tZn 30x3.5 mm <sup>2</sup>	6208030	

7. Σφικτήρας ταινίας St/tZn 30x3.5 mm<sup>2</sup> . Κατάλληλος για διασταύρωση ή επιμήκυνση ταινιών .

Περιγραφή Υλικού	Κωδικός
Σφικτήρας ταινίας St/tZn 30x3.5 mm <sup>2</sup>	6204130

8. Αντιδιαβρωτική ταινία PVC. Χρησιμοποιείται για την προστασία αγωγών ταινιών λόγω παρουσίας υγρασίας και αέρα όταν αλλάζουν μέσο, π.χ. βγαίνουν από το σκυρόδεμα και συνεχίζουν στο έδαφος ή τον αέρα. Σε αυτή την περίπτωση το τμήμα των αγωγών – ταινιών εκατέρωθεν των διαχωριστικών επιφανειών θα πρέπει να προστατεύεται για μήκος 30,00cm με αντιδιαβρωτική ταινία. Αντιδιαβρωτική ταινία θα τοποθετηθεί στο σημείο εξόδου της ταινίας από το έδαφος St/tZn 30x3,5 mm<sup>2</sup>.

Περιγραφή Υλικού	Κωδικός	Ποσότητα	Σκαρίφημα
Αντιδιαβρωτική Ταινία PVC	6103301	20	

9. Εξαρτήματα απορρόφησης συστολών-διαστολών St/tZn. Ο συλλεκτήριος αγωγός που οδεύει στην στέγη του κτιρίου σχηματίζοντας κόμβους αντικεραυνικής προστασίας θα "διακόπτεται" με εξάρτημα απορρόφησης συστολών-διαστολών St/tZn 2 σημείων. Η σύνδεση του αγωγού με τον συστολο-διαστολικό σύνδεσμο θα γίνει με διπλό σφιχτήρα..

Περιγραφή Υλικού	Κωδικός	Ποσότητα	Σκαρίφημα
Εξάρτημα απορρόφησης συστολών-διαστολών St/tZn Φ8 σύνδεση με Σφιχτήρα διπλό Φ8 FRG Γαλ	6402300	25	
	6205201	50	

10. Για την σύνδεση των panel με τον κλωβό της αντικεραυνικής προστασίας θα απαιτηθούν για τις συστοιχίες όπου υπάρχουν ακίδες τα μεταλλικά πλαίσια θα γειωθούν μέσω του αγωγού σύνδεσης της ακίδας.(βλ λεπτομέρεια στα σχέδια) και για τις συστοιχίες όπου δεν υπάρχουν ακίδες τα πάνελ θα γειωθούν μέσω των βάσεων με γωνιακούς διακόπτες. Σε κάθε περίπτωση γειώνονται μόνο οι βάσεις στήριξης των πλαισίων είτε αυτές εμπεριέχουν ακίδες είτε όχι.

Περιγραφή Υλικού	Κωδικός
Χαλύβδινος γωνιακός ακροδέκτης γεφύρωσης αγωγού Ø8/10mm σε μεταλλική επιφάνεια	6205400



Εικόνα : Λεπτομέρεια γωνιακού ακροδέκτη.

Χαλύβδινος γωνιακός ακροδέκτης γεφύρωσης αγωγού Ø8/10mm σε μεταλλική επιφάνεια-  
Ενδεικτικού κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6205400

Περιγραφή Υλικού

Σύνδεσμος μορφής γωνιακού ακροδέκτη, ενδεικτικού κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6205400, για την σύνδεση χαλύβδινου αγωγού ή αγωγού αλουμινίου κυκλικής διατομής, διαμέτρου Φ8/10mm, με επίπεδη χαλύβδινη επιφάνεια ή επιφάνεια αλουμινίου, τύπου "H" (Heavy type). Είναι κατασκευασμένος από χυτοχάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο (St/tZn). Η σύσφιξη του αγωγού με τον ακροδέκτη επιτυγχάνεται με ειδική βίδα χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη, διαστάσεων M10 x 25mm, κατάλληλα διαμορφωμένη στην κεφαλή για την υποδοχή του αγωγού και με εξάγωνο περικόχλιο θερμά επιψευδαργυρωμένο, M10 κατά EN 24032. Η σύνδεση με την μεταλλική επιφάνεια επιτυγχάνεται με δύο βίδες M8 ή M10 και αντίστοιχα περικόχλια M8 ή M10 του ίδιου υλικού.

Ο ακροδέκτης θα πρέπει να έχει υποστεί με επιτυχία όλες τις προβλεπόμενες από το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164-1 εργαστηριακές δοκιμές (Περιβαλλοντικές και ηλεκτρικές με κεραυνικό ρεύμα 100kA, κυματομορφής 10/350μs). Η πραγματοποίηση των ανωτέρω δοκιμών θα αποδεικνύεται με Δελτίο Αποτελεσμάτων Δοκιμών από διαπιστευμένο εργαστήριο στο πεδίο διαπίστευσης του οποίου θα πρέπει να περιλαμβάνονται οι δοκιμές των Ευρωπαϊκών Προτύπων σειράς ΕΛΟΤ EN 50164.

Πραγματοποίηση δοκιμών σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 – 1



Συνδεσμολογία σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 – 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ B6 (Διασταύρωση)</li> <li>➤ B5 (Παράλληλη σύνδεση)</li> </ul>
Δοκιμές γήρανσης σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 – 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Εκτός Εδάφους</li> <li>➤ Εντός Εδάφους</li> </ul>
Κατηγορία ικανότητας εκφόρτισης ρεύματος σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CLASS H – 100kA (10/350μs)</li> <li>➤ 50 Coulomb</li> <li>➤ 2,5 MJoule / Ohm</li> </ul>
Ροπή σύσφιξης	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 17Nm (M10), 13Nm (M8)</li> </ul>
<p>Η επιτυχής πραγματοποίηση των ανωτέρω δοκιμών αποδεικνύεται με Δελτίο Αποτελεσμάτων Δοκιμών από διαπιστευμένο εργαστήριο στο πεδίο διαπίστευσης του εργαστηρίου θα πρέπει να περιλαμβάνονται οι δοκιμές των Ευρωπαϊκών προτύπων σειράς ΕΛΟΤ EN 50164</p>	
Μορφή συνδεσμολογίας	Μορφή Σφιγκτήρα
	

11. Πίνακας διασύνδεσης-Connection box ΥχΠχΒ=200χ300χ150 πλαστικός IP 54.

Ο πίνακας διασύνδεσης που θα τοποθετείται δίπλα σε κάθε inverter θα περιέχει τα εξής στοιχεία:

Πίνακας IP65 CONTROL BOARD P/SMOKE GREY 18 M 1 ROW WxHxD=380X220X140 της ABB ή 380X370X140 της ABB .

Προστασία των Inverters στο AC, στο DC και στα data.

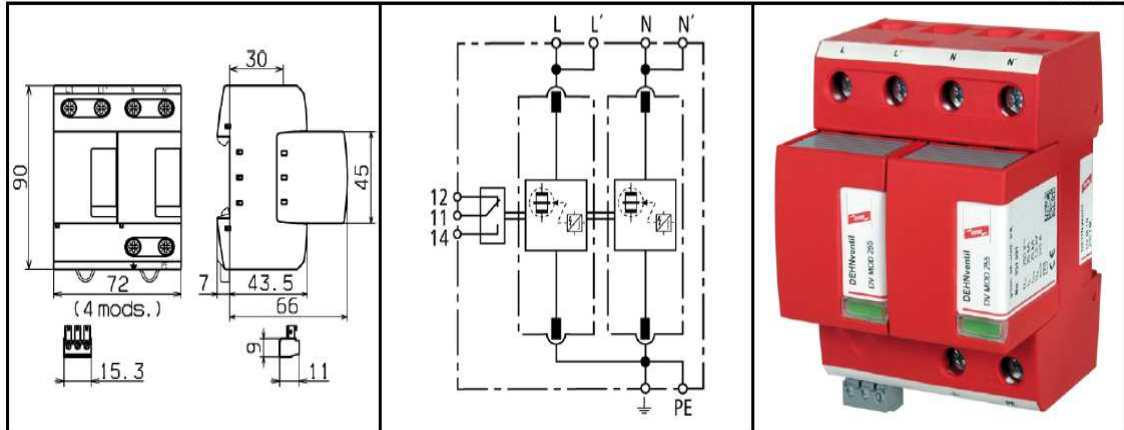
- Τοποθέτηση στην έξοδο του AC κάθε inverter μιας διάταξης DEHN Ventil M TT 255 (Type1+2+3), 2 πόλοι, με κωδικό 951110 παράλληλα από τη φάση και τον ουδέτερο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει άμεσα και έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι 50kA κυματομορφής 10/350μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση =1,5kV.

POWER SUPPLY SYSTEMS  
COMBINED SPDS TYPE 1

DEHNventil® modular  
DV M TN 255



DEHN + SÖHNE



Dimension drawing DV M TN 255 (FM)

Basic circuit diagram DV M TN 255 FM

DV M TN 255 (FM): Modular combined lightning current and surge arrester for single-phase TN systems

- Prewired combined spark-gap-based lightning current and surge arrester, consisting of a base part and plug-in protection modules
- Maximum system availability due to RADAX Flow follow current limitation

Δεν θα τοποθετηθούν arrestors όταν η απόσταση μεταξύ γενικού πίνακα και inverter είναι μικρότερη από 5μ.

- Τοποθέτηση στην είσοδο του DC κάθε inverter, μιας διάταξης DEHN Limit PV 1000 (Type 1) με κωδικό 900330 παράλληλα από το θετικό και αρνητικό πόλο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει άμεσα και έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι 50kA κυματομορφής 10/350μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση  $\leq 4kV$ .

**INSTALLATION INSTRUCTIONS** Publication No. 1591 / UPDATE 03.09 Id No. 058611

**DEHNlimit DLM PV 1000**

Insert protective cap /  
Lochabdeckung einstecken

Crutch drive  
(e.g. Pozidriv® Z2)

Mounting on DIN rail 35 mm/ mounting plate  
Montage auf Hutschine 35mm/ Montageplatte

**Technical data / Technische Daten**

Type	DLM PV 1000	
SPD type 1 - Classification according with EN 61643-11/ IEC 61643-1	IEC 60364-7-712 (DIN VDE 0100 Part 712) For use in photovoltaic systems	
$U_c$	1000 V dc	$U_{PV \text{ max}}$ 1000 V
$I_p$	100 A	$I_{PV \text{ max}}$ 100 A
$\theta$	-40°C ... + 60°C	
IP Code	20	

max □ L...L...+	10 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>
max □ L...L...+	25 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>

**Important!**  
When installing or replacing **DLM PV 1000**, it must be ensured that the system involved is in a de-energised condition!

**Achtung:**  
Bei der Montage und Austausch des **DLM PV 1000**, ist sicherzustellen, dass die Arbeiten im spannungsfreien Zustand durchgeführt werden!

**Note:**  
When applying voltage protection level II, use cables with double or reinforced insulation only!

**Hinweis:**  
Bei Anwendung der Schutzklasse II nur Leitungen mit doppelter oder verstärkter Isolierung verwenden!

**Fig. 1 Maximum switched currents, fuse / Fig. 1 Max. Schaltströme, Absicherung**

Technical data of fuse F1 (without reverse-biasing diode D) / Empfohlene Werte für F1, wenn keine Sperrdiode (D) vorhanden ist!			$I_{PV \text{ max}}$	F2
Minimum peak of the reverse current $I_p$ min.	Max. breaking $I_p$ value of fuse F / max. Ausschalt- $I_p$ -Wert der Sicherung F	Rated current of fuse F1 / Nennstrom der Sicherung F	< 100 A	---
Mindest-Schaltwert des Rückstromes $I_p$ min.			> 100 A	125 A gR
0,3 ... 1 kA	11000 A <sup>2</sup> s	100 A gR		
2 kA	23000 A <sup>2</sup> s	125 A gR		
4 kA	44000 A <sup>2</sup> s	200 A gR		
6 kA	68000 A <sup>2</sup> s	250 A gR		
13 kA	135000 A <sup>2</sup> s	315 A gR		

$I_p$  max: 50 kA / 5 ms  
F max: 315 A gR

**Fig. 2 Installation according to voltage protection level II as defined in IEC 60364-7-712 (DIN VDE 0100-712) /  
Installation nach Schutzklasse II (DIN VDE 0100-712)**

\*) PV generator / PV-Generator      \*\*) Inverter / Wechselrichter

EB connection recommended / PA-Verbindung empfohlen      EB connection required / PA-Verbindung erforderlich

EB connection required / PA-Verbindung erforderlich      PA = Equipotential bonding conductor and protective system / PA = Potentialausgleich- und Schutzleitersystem

© COPYRIGHT 2009 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

Για τη προστασία του power balancer και για το κύκλωμα του bus-RS-485 προτείνεται ο απαγωγός P2-SQL 5V(δύο εισόδους data+,data-.ground) ο οποίος θα τοποθετηθεί μόνο σε κάθε inverter που απέχει 5m από τον γενικό πίνακα.Στους inverters που απέχουν λιγότερο από 5m από τον γενικό πίνακα θα τοποθετηθούν δύο P2-SQL 5V ένα στην αρχή και ένα στο τέλος της γραμμής ενώ θα τοποθετηθούν έξι P1-SQL 5V για το power balance στο πρώτο και στον τρίτο inverter κάθε τριφασικής ομάδας. Επίσης μέσα στο Rack θα τοποθετηθούν απαγωγοί P2-SQL 12V (τέσσερις εισόδους data+,data-.ground,12V) για το κύκλωμα του sensor box και τους αισθητήρες (πριν και μετά) θερμοκρασίας και ανέμου και ένας απαγωγός P2-SQL 5V για το κύκλωμα RS-485 bus των inverters για την προστασία του power injector και του webbox.Προσοχή ο αγωγός ground του bus δε γειώνεται πουθενά. Τα στοιχεία θα τοποθετηθούν μετά το power injector.

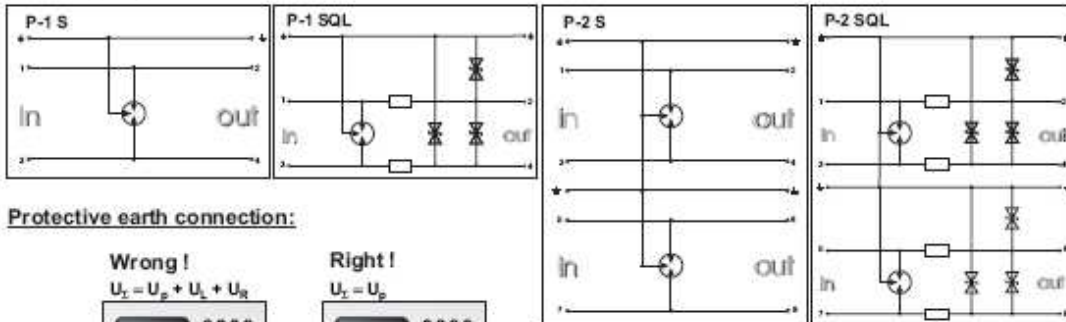
Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του απαγωγού P1-SQL 5V είναι:

$U_n < 5 \text{ V DC}$ ,  $U_c < 4,3 \text{ V AC}$ ,  $U_p < 10 \text{ V}$ ,  $I_n = 600 \text{ m A}$ ,  $I_{lim} = 2,5 \text{ k A (10/350ms)}$ ,  $I_{max} = 20 \text{ k A (8/20)}$ ,  $t_a < 1 \text{ ns}$ ,  $R_{in} < 2,2 \text{ } \Omega$

ενώ τεχνικά χαρακτηριστικά του απαγωγού P2-SQL 12V είναι:

$U_n < 12 \text{ V DC}$ ,  $U_c < 10 \text{ V AC}$ ,  $U_p < 20 \text{ V}$ ,  $I_n = 600 \text{ m A}$ ,  $I_{lim} = 2,5 \text{ k A (10/350ms)}$ ,  $I_{max} = 20 \text{ k A (8/20)}$ ,  $t_a < 1 \text{ ns}$ ,  $R_{in} < 2,2 \text{ } \Omega$ .

**Bloc diagram:**



**Protective earth connection:**

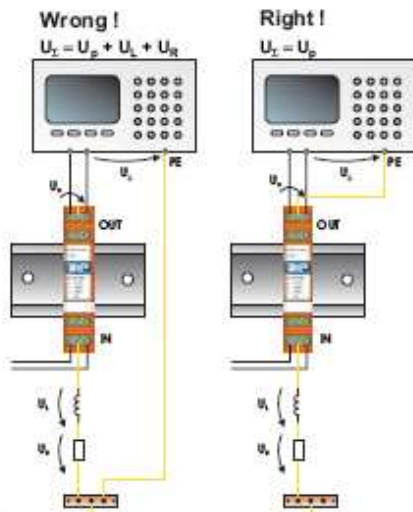


Figure 1:

**Wiring rules:**

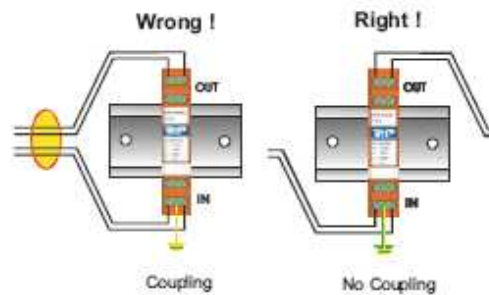


Figure 2:

Type		P-1(2)S	P-1(2) SQL			
			5	12	24	48
Nominal voltage	$U_N$	110 V~	5 V-	12 V-	24 V-	48 V-
Max. operating voltage	$U_{C DC}$	160 V-	6 V-	14,5 V-	27 V-	55 V-
	$U_{C AC}$		4,3 V~	10 V~	19 V~	39 V~
Nominal current	$I_N$	1 A	600 mA			
Lightning impulse current (10/350μs)	$I_{imp}$		2,5 kA			
Nominal discharge current (8/20μs)	$I_n$		20 kA			
Protection level (1kV/μs)	$U_{p Ader/Ader}$	< 700 V	<10 V	<20 V	<40 V	<80 V
	$U_{p Ader/PE}$	< 700 V	<18 V	<25 V	<45 V	<85 V
Response time	$t_A$	100 ns	1 ns			
Line resistance	R	/	2,2 Ω			
Temperature range		-20°C ... +75°C				
Level of protection		IP 20				
Assembly		on 35 mm DIN rail according with EN 50 022				
Wire range		max. 2,5 mm <sup>2</sup>				
Test category in accordance with DIN EN 61643-21		A1, C1, C2, C3, D1				
Order-No.	1 signal circuit	220 000	220 205	220 212	220 224	220 248
	2 signal circuits	220 500	220 705	220 712	220 724	220 748

Προστασία των πινάκων DC των strings στην οροφή.

- Σε κάθε πίνακα DC των strings στην οροφή πρέπει να τοποθετηθεί από μια διπολικής διάταξη σε σύνδεση “Y” DEHN Guard M YPV SCI 1000V (Type 2) με κωδικό 952510 παράλληλα από το θετικό και τον αρνητικό πόλο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του συνεχούς ρεύματος μέχρι 40kA κυματομορφής 8/20μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση  $\leq 3,5\text{kV}$  και φέρει ολοκληρωμένο σύστημα ασφαλείας από βραχυκυκλώματα .Η απαγωγή αυτοί θα τοποθετηθούν όταν η απόσταση μεταξύ string και inverter είναι μεγαλύτερη από 10m.



Ενδεικτική εικόνα.

Σημ: Στον πίνακα διασύνδεσης όπου συνδέονται οι SB 4000TL θα τοποθετηθούν δύο απαγωγοί του ίδιου τύπου αλλά με  $U_{cDC} : 600\text{ V}$ . Στον ένα απαγωγό θα τοποθετηθούν τα strings όπου εμπεριέχουν 8 panel και στο άλλο αυτά που έχουν 9 panel. Ο επιπλέον απαγωγός χρησιμοποιείται για την αποφυγή μειωμένης απόδοσης λόγω ενεργοποίησης διαφορετικών MPP. (Το ένατο panel θα ήταν μόνιμος εκτός).

Οι απαγωγοί αυτοί είναι διαιρούμενοι με αποσπώμενο Varistor . Σε περίπτωση καταστροφής του Varistor είναι πολύ εύκολη η αντικατάσταση του, χωρίς να χρειάζεται το άνοιγμα του πίνακα και η διακοπή της τροφοδοσίας.

Στον γενικό πίνακα θα τοποθετηθούν απαγωγείς υπερτάσεων κλάσης T1,  $I_{mp}=25\text{Ka}$ ,  $U_p=2.5\text{ kV}$  ενδεικτικού τύπου OVR T1 4L της εταιρίας ABB. (Στοιχεία και εικόνες παρουσιάζονται από κάτω).



Απαγωγέας υπέρτασης OVR T1 4L(θα τοποθετηθεί στον γενικό πίνακα)

#### 5.7 Δίκτυο επικοινωνίας.

Οι μετατροπείς συνδέονται μεταξύ τους με καλώδιο επικοινωνίας RS485. Με τον ίδιο τύπο καλώδιο συνδέεται και ο μετεωρολογικός σταθμός.

#### 5.7.1 Μετεωρολογικός σταθμός.



Ο μίνι μετεωρολογικός σταθμός, έχει σκοπό να παρακολουθεί, καταγράφει και αποστέλλει κρίσιμα για την λειτουργία της μονάδος μετεωρολογικά δεδομένα. Ως τέτοια θεωρούνται τα :

- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Ταχύτητα ανέμου
- Ηλιακή ακτινοβολία (irradiation)

Για την υλοποίηση του μίνι – μετεωρολογικού σταθμού, θα χρησιμοποιηθεί η συσκευή μετρήσεων Sunny Sensor Box της εταιρείας SMA. Η εν λόγω μονάδα, εκτός των παραπάνω μεγεθών, μπορεί να παρακολουθεί και θερμοκρασία ενός τυπικού Φ/Β πλαισίου.

#### Τοποθέτηση:

Η μονάδα τοποθετείται κοντά σε τυπικό Φ/Β πάνελ και έχει τον ίδιο προσανατολισμό με αυτό προκειμένου να μετρά την ίδια ακριβώς ακτινοβολία.

- Ο αισθητήρας ταχύτητας αέρα τοποθετείται σε ιστό ύψους 1 μ πάνω στην μεταλλική βάση στήριξης των Φ/Β πλαίσίων.
- Ο αισθητήρας θερμοκρασίας πανέλου, προσκολλάται με ειδική ταινία στην πίσω πλευρά ενός πανέλου, ενώ
- ο αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα τοποθετείται στη μεταλλική βάση του πλαισίου σε περιοχή σκιάς.

Θα τοποθετηθούν δύο sensor box. Το καλώδιο διασύνδεσης μεταξύ power injector και sensor είναι Liy-cy 2x2X0.25 mm<sup>2</sup>

#### 5.7.2 Διασύνδεση – μετάδοση δεδομένων.

Η μονάδα συλλογής στοιχείων Sunny WebBox, συνδέεται σε κοινό με τους μετατροπείς δίκτυο επικοινωνίας RS485.

Sunny WebBox



Η κεντρική μονάδα επικοινωνίας για τον σταθμό ηλιακής ενέργειας:

Επιτήρηση εγκατάστασης, τηλεδιάγνωση, αποθήκευση και απεικόνιση δεδομένων: Το Sunny WebBox είναι η κεντρική μονάδα επικοινωνίας για τον σταθμό ηλιακής ενέργειας. Από την πλευρά της εγκατάστασης συλλέγει διαρκώς όλα τα στοιχεία από τους μετατροπείς και δίνει τη δυνατότητα να ελέγχετε οποιαδήποτε

στιγμή την τρέχουσα κατάσταση της εγκατάστασής σας. Ως πολυλειτουργικός καταγραφέας δεδομένων δίνει επιπρόσθετα πολλές δυνατότητες για τις ενδείξεις, την καταχώρηση και την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων της εγκατάστασης.



Χαρακτηριστικά:

- Συνεχής επιτήρηση της ηλιακής σας εγκατάστασης
- Έγκαιρη αναγνώριση σφαλμάτων λειτουργίας
- Καταγραφή των ενεργειακών αποδόσεων
- Αποθήκευση δεδομένων για την αξιολόγηση με π.χ. Microsoft Excel
- Διάγνωση και διαμόρφωση της εγκατάστασης με κάθε Η/Υ: Windows, Linux και Mac OS
- Αυτόματη μετάδοση δεδομένων σε ρυθμιζόμενα χρονικά διαστήματα
- Δωρεάν επεξεργασία δεδομένων και γραφική απεικόνιση στο διαδίκτυο

Το sunny WebBox θα τοποθετηθεί μέσα σε rack στο οποίο με ένα καλώδιο

Liy-cy 2x2x0.25 mm<sup>2</sup> θα δημιουργηθεί ένα bus που θα ενώσει όλους τους inverters για την συλλογή στοιχείων και την μεταδοσή τους μέσω Η/Υ σε οποιοδήποτε σημείο.

Ανα τρεις inverter θα συνδεθούν με ένα καλώδιο Liy-cy 2x2x0.25 mm<sup>2</sup> για το power balancer. Αυτό γίνεται σε περίπτωση που κάποιος inverter παρουσιάσει βλάβη άρα θα έχω ανισοροπία στην κατανομή των φάσεων άρα και τις ισχύς το power balance θέτει και τους άλλους δύο inverter εκτός ώστε να εξομαλυνθούν οι φάσεις. Υπάρχει ακόμα επιλογή αντί να βγουν εκτός εντελώς να υποβιβαστεί η ισχύς τους στα 5Kw από τα 7Kw της ονομαστικής ισχύος ασυμμετρία που είναι αποδεκτή από την Δ.Ε.Η.

Το rack απαιτεί δύο παροχές. Μία για το power injector για την τροφοδοσία του sunny sensor box και μια για το sunny web box.



## 5.8 ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΙΑΣΕΩΝ

### ΓΕΝΙΚΑ

Στην παρούσα παράγραφο υπολογίζονται και τεκμηριώνονται οι απώλειες ενέργειας λόγω σκιάσεων τόσο από εξωγενείς παράγοντες (Horizon shades) του πάρκου (βουνά, σπίτια, δέντρα), όσο και από τα ίδια τα Φ/Β πλαίσια μεταξύ τους (internal shades).

Δυο διαφορετικά λογισμικά προγράμματα με τη βοήθεια ενός μηχανήματος υπολογισμού ορίζοντα χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας τα οποία είχαν ως δεδομένα τα στοιχεία της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα λογισμικά προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

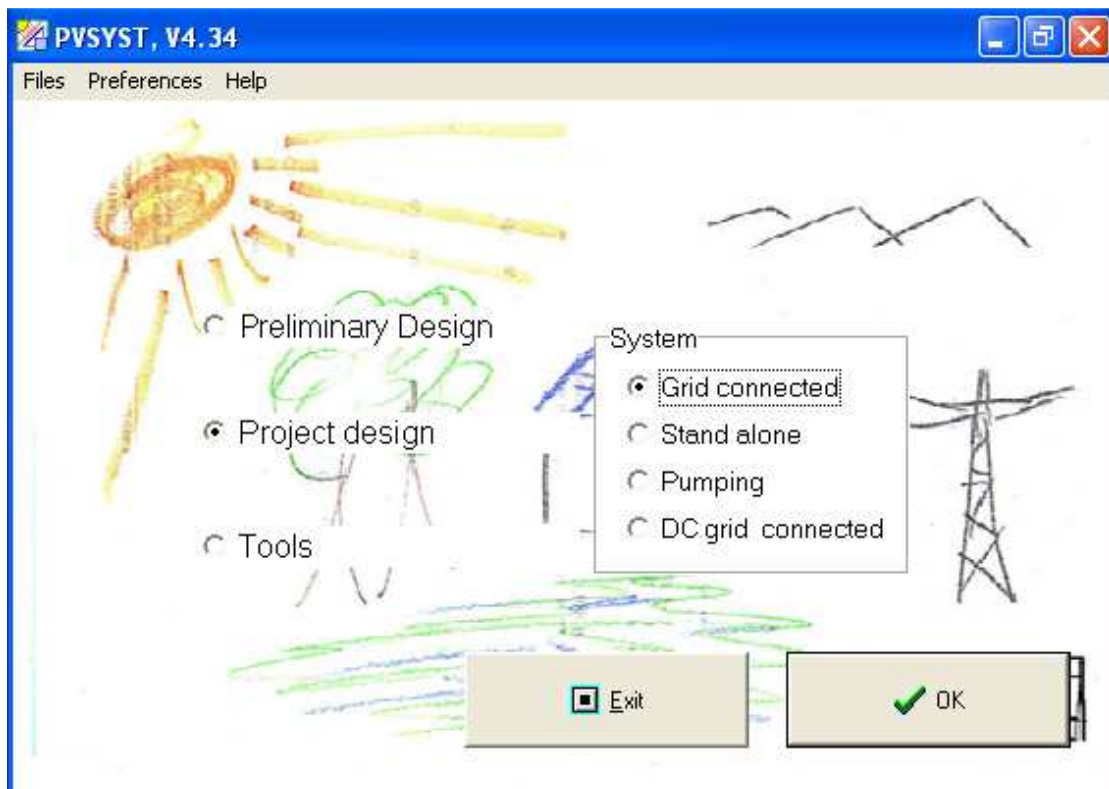
- Solmetric SunEye της εταιρείας Solmetric.
- PvSyst του πανεπιστημίου της Γενεύης.

Το μηχάνημα υπολογισμού ορίζοντα είναι το SunEye της εταιρείας Solmetric.

### PvSyst

Το PvSyst είναι ένα λογισμικό πρόγραμμα για την μελέτη, διαστασιολόγηση, προσομοίωση και ανάλυση δεδομένων ολοκληρωμένων Φωτοβολταϊκών σταθμών. Είναι κατάλληλο για διασυνδεδεμένα αλλά και αυτόνομα συστήματα και παρέχει μια ευρέως ενημερωμένη βάση Φωτοβολταϊκών πλαισίων και μετατροπέν διαθέσιμων στην διεθνή αγορά.

Το PvSyst έχει δημιουργηθεί από το Centre Universitaire d' Etude des Problemes de l' Energie (CUEPE) του Universite de Geneve.



Επειδή το PvSyst δεν έχει στοιχεία ηλιοφάνειας για την Κρήτη χρησιμοποιούνται τα δεδομένα ηλιοφάνειας για την περιοχή της Ρόδου όπου είναι σχεδόν παρόμοια με αυτά της Κρήτης.

Μια από τις παραμέτρους του προγράμματος είναι και η προσομοίωση του πάρκου με τη βοήθεια ενός απλού σχεδιαστικού προγράμματος CAD ώστε να είναι ακόμα πιο ακριβή τα αποτελέσματα και να μην στηρίζονται μόνο σε ποσοτικά δεδομένα. Μία άλλη δυνατότητα του προγράμματος είναι η μεγάλη βάση δεδομένων τόσο Φ/Β πλαισίων όσο και αναστροφένων (inverters) που παρέχει έτσι ώστε να μην χρειάζεται η εισαγωγή περισσότερων πλαισίων και αντιστροφένων.

### Solmetric SunEye

Το Solmetric SunEye είναι μία ηλεκτρονική συσκευή χειρός που επιτρέπει στους χρήστες να αξιολογήσουν τη συνολική πιθανή ηλιακή ενέργεια δεδομένης της σκίασης μιας ιδιαίτερης περιοχής. Αποτελείται από:

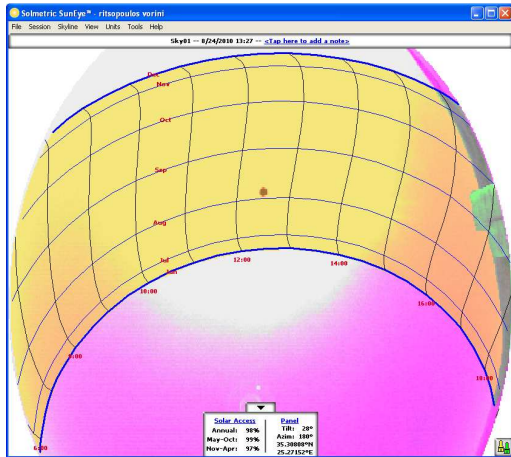
- 1) Φωτογραφική μηχανή η οποία δίνει τη δυνατότητα πανοραμικής λήψης.
- 2) Πυξίδα για τον προσανατολισμό του Βορρά.
- 3) Υπολογιστικό εργαλείο της εταιρείας HP για τον υπολογισμό και την ανάλυση των μετρήσεων.
- 4) Συνοδεύεται με όργανο εντοπισμού θέσης (GPS, Global Positioning System).



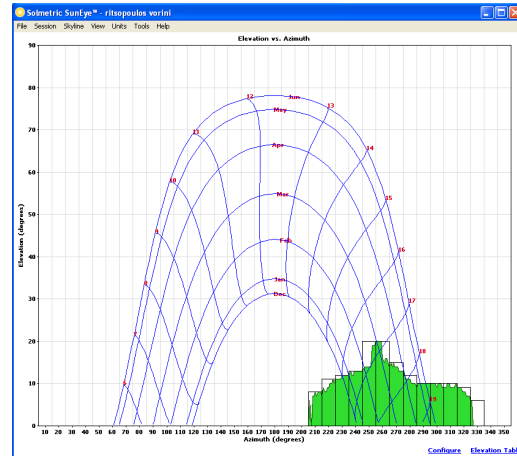
#### 5.8.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΚΙΑΣΕΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο υπολογισμός των απωλειών των σκιάσεων γίνεται με τη βοήθεια δύο λογισμικών (Solmetric & PvSyst) και η μεθοδολογία υπολογισμού είναι η εξής:

Πραγματοποιείται επίσκεψη στο συγκεκριμένο έργο όπου και στήνεται με τη βοήθεια τριπόδου το μηχάνημα υπολογισμού ορίζοντα SunEye όπου και γίνεται η μέτρηση. Η μέτρηση αυτή περιλαμβάνει τον εντοπισμό της θέσης με τη βοήθεια του GPS μέσω δορυφόρου και την λήψη πανοραμικής φωτογραφίας για τον εντοπισμό πιθανών εμποδίων (βουνά, σπίτια, δέντρα κλπ.). Στη συνέχεια τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται σε Ηλεκτρονικό Υπολογιστή και επεξεργάζονται κατάλληλα. Παρακάτω δίδονται διάφορες εικόνες από τη χρήση του μηχανήματος στο συγκεκριμένο έργο.

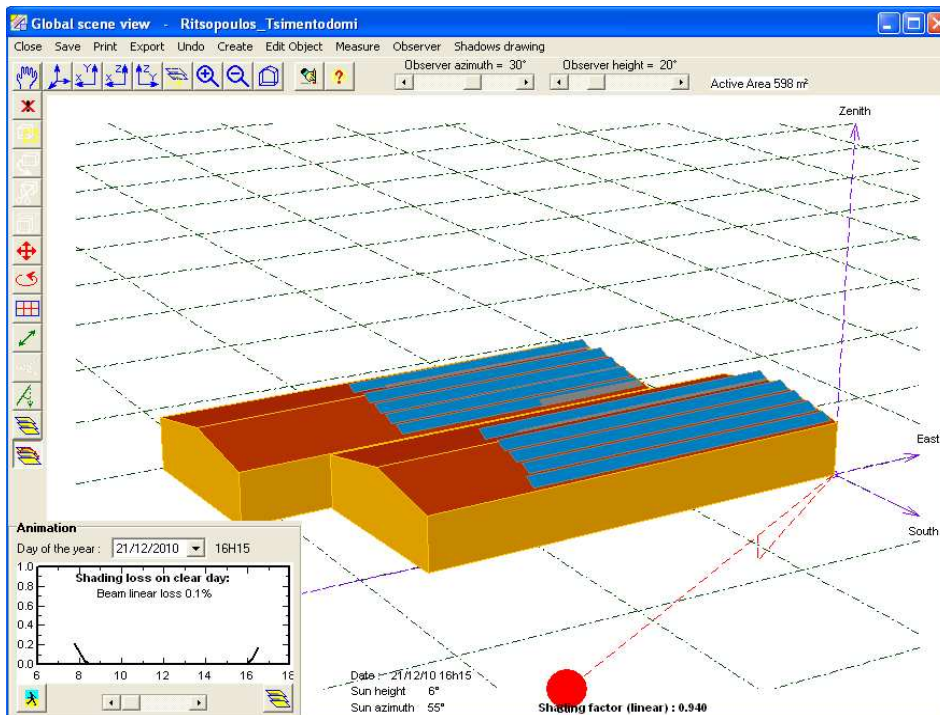


Πανοραμική Φωτογραφία.

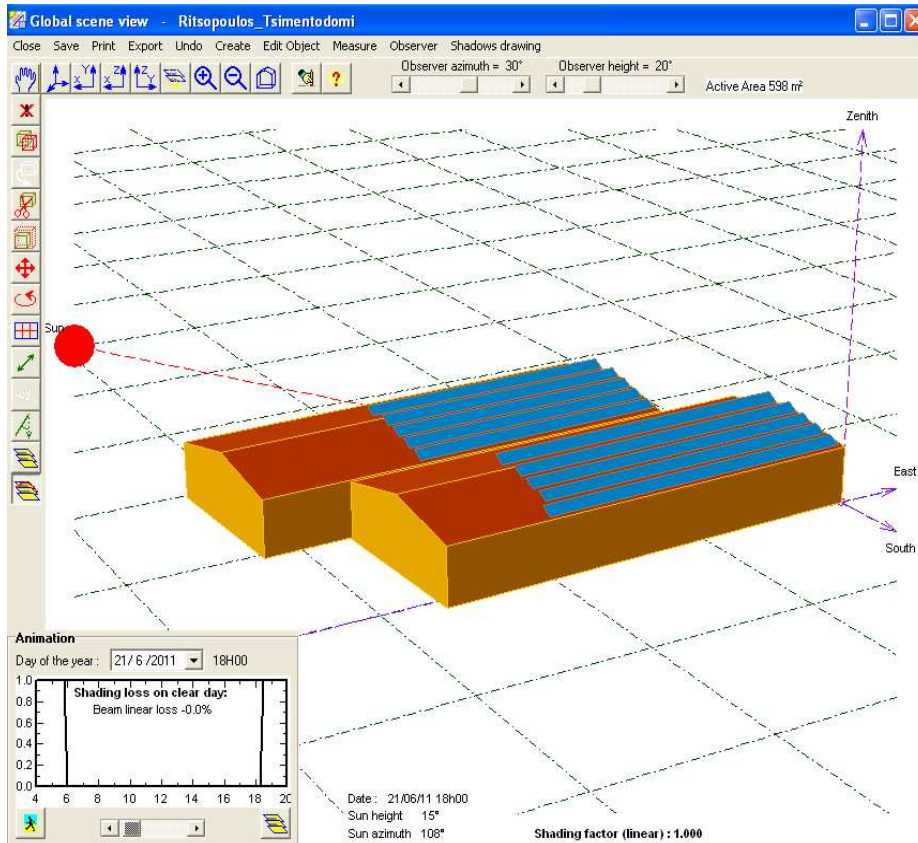


Γραφική Παράσταση Ορίζοντα σε συνάρτηση της τροχιάς του ήλιου.

Έπειτα από την μεταφορά και επεξεργασία των δεδομένων του προγράμματος ώστε να υπάρχει η οριστική γραφική παράσταση Ορίζοντα μεταφέρονται τα δεδομένα στο PVSyst. Έτσι, σε συνάρτηση των δεδομένων αυτών, της σχεδίασης του πάρκου μέσω προγράμματος CAD που παρέχεται από το PVSyst αλλά και του συγκεκριμένου setup της εγκατάστασης (επιλογή συγκεκριμένων πάνελ και αναστροφών), γίνεται η προσομοίωση και ο υπολογισμός τόσο των απωλειών (σκιάσεων και μη), όσο και της παραγόμενης ενέργειας του Φωτοβολταϊκού σταθμού. Από το συγκεκριμένο πρόγραμμα σκοπός είναι μονάχα ο υπολογισμός των σκιάσεων. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το συγκεκριμένο πάρκο σχεδιασμένο μέσα στο PVSyst καθώς και οι σκιάσεις που έχουν μεταξύ τους τα πάνελ σε δύο συγκεκριμένες μέρες και ώρες του έτους.



Σκιάσεις μεταξύ των πάνελ στις 21/12/2010 και ώρα 16:15.



Σκιάσεις μεταξύ των Φ/Β πλαισίων στις 21/06/2011 και ώρα 18:00

Φαίνεται λοιπόν ότι στις 21/12/2010 (ισημερία) και ώρα 16:15 έχουμε κάποιες ελάχιστες σκιάσεις μεταξύ των Φ/Β πλαισίων, ενώ στις 21/06/2011 (μεγαλύτερη μέρα του έτους) οι σκιάσεις ώρα 18:00 είναι μηδέν. Το πρόγραμμα παρέχει την δυνατότητα υπολογισμού για ένα ολόκληρο έτος και τα αποτελέσματα του για το συγκεκριμένο Φ/Β πάρκο φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.

PVSYST V4.34			Page 1/5
<b>Grid-Connected System: Simulation parameters</b>			
<b>Project :</b>	<input type="text"/>		
<b>Geographical Site</b>	<b>Rhodos</b>	<b>Country</b>	<b>Greece</b>
<b>Situation</b>	Latitude 36.2°N	Longitude	28.1°E
Time defined as	Legal Time Time zone UT+2	Altitude	11 m
	Albedo 0.20		
<b>Meteo data :</b>	Rhodos , synthetic hourly data		
<b>Simulation variant :</b>	<b>Simulation variant</b>		
	Simulation date	03/12/10 16h32	
<b>Simulation parameters</b>			
<b>Collector Plane Orientation</b>	Tilt 25°	Azimuth	0°
<b>Horizon</b>	Average Height 4.9°		
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
<b>PV Array Characteristics</b>			
<b>PV module</b>	Si-poly	Model	<b>BP 3230N</b>
		Manufacturer	BP Solar
Number of PV modules	In series 16 modules	In parallel	22 strings
Total number of PV modules	Nb. modules 352	Unit Nom. Power	230 Wp
Array global power	Nominal (STC) <b>81 kWp</b>	At operating cond.	73 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp 414 V	I mpp	175 A
Total area	Module area	<b>587 m<sup>2</sup></b>	
<b>PV Array loss factors</b>			
Heat Loss Factor	ko (const) 29.0 W/m <sup>2</sup> K	kv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (800 W/m <sup>2</sup> , Tamb=20°C, wind 1 m/s)		NOCT	45 °C
Wiring Ohmic Loss	Global array res. 77.7 mOhm	Loss Fraction	3.0 % at STC
Series Diode Loss	Voltage Drop 0.7 V	Loss Fraction	0.2 % at STC
Module Quality Loss		Loss Fraction	3.0 %
Module Mismatch Losses		Loss Fraction	2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM = 1-bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05
<b>System Parameter</b>	System type	<b>Grid-Connected System</b>	
<b>Inverter</b>	Model	<b>Sunny Mini Central 11000 TL</b>	
	Manufacturer	SMA	
Inverter Characteristics	Operating Voltage 335-500 V	Unit Nom. Power	11 kW AC
Inverter pack	Number of Inverter 7 units	Total Power	77 kW AC
<b>User's needs :</b>	Unlimited load (grid)		

Grid-Connected System: Horizon definition

Project :

Simulation variant : Simulation variant

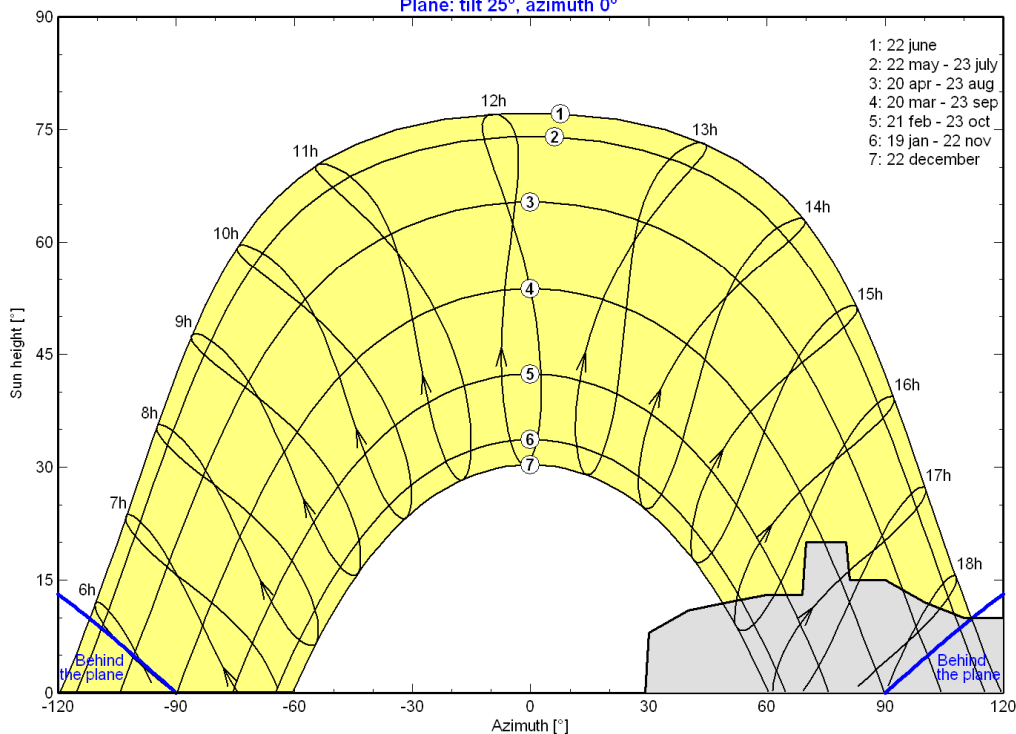
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>	
<b>Horizon</b>	Average Height	4.9°	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°
PV modules	Model	BP 3230N	Pnom 230 Wp
PV Array	Nb. of modules	352	Pnom total <b>81 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Mini Central 11000 TP	Pnom 11 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7	Pnom total <b>77 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

<b>Horizon</b>	Average Height	4.9°	Diffuse Factor	0.97
	Albedo Factor	100 %	Albedo Fraction	0.89

Height [°]	0.0	0.0	8.0	11.0	12.0	13.0	13.0
Azimuth [°]	-120.0	29.0	30.0	40.0	50.0	60.0	69.0
Height [°]	20.0	20.0	15.0	15.0	12.0	10.0	10.0
Azimuth [°]	70.0	80.0	81.0	90.0	100.0	110.0	120.0

Horizon line for Rhodos, (Lat. 36.2°N, long. 28.1°E, alt. 11 m)

Plane: tilt 25°, azimuth 0°



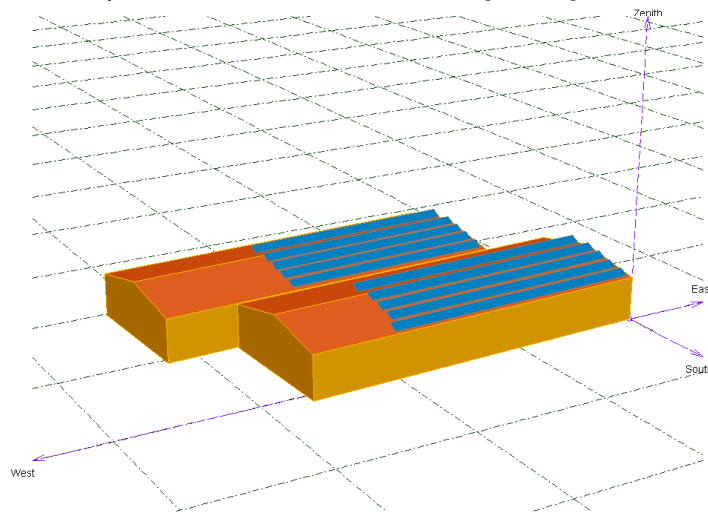
Grid-Connected System: Near shading definition

Project :

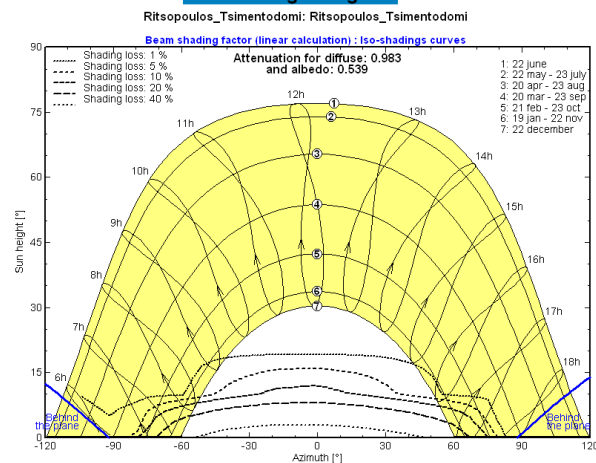
Simulation variant : Simulation variant

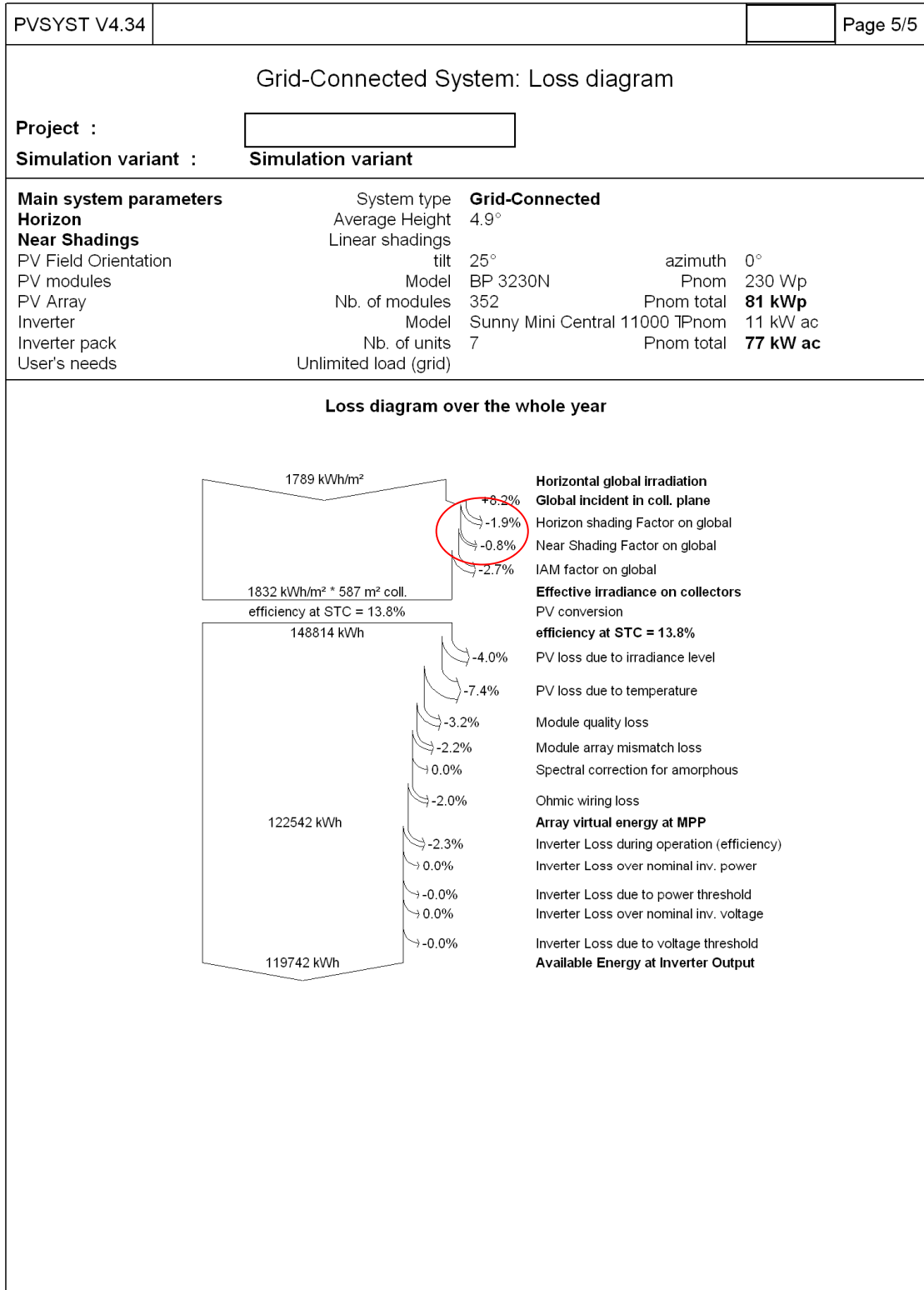
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>	
<b>Horizon</b>	Average Height	4.9°	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°
PV modules	Model	BP 3230N	Pnom 230 Wp
PV Array	Nb. of modules	352	Pnom total <b>81 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Mini Central 11000 TP	Pnom 11 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7	Pnom total <b>77 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



**Iso-shadings diagram**





Στην τελευταία εικόνα γίνεται φανερό το επί τοις εκατό ποσοστό απωλειών ενέργειας λόγω σκιάσεων, τόσο για σκιάσεις μεταξύ των Φ/Β πλαισίων (Near Shading Factor on global) και το οποίο είναι -0,8%, όσο και για σκιάσεις οριζοντα (Horizon Shading Factor on global) και το οποίο είναι -1,9%.





## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Χρησιμοποιήθηκε υλικό από τις παρακάτω ιστοσελίδες:

<http://www.bp.com>

<http://www.selasenergy.gr/vaseis.php>

<http://re.irc.ec.europa.eu/pvgis/>

<http://SMA-Hellas.com>

<http://www.fotovoltaika-energy.com>

<http://www.arvisolar.gr>

<http://www.sunairpower.gr>

- και από το εγχειρήδιο:

«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ»

του ΣΤΑΜΑΤΗ Δ.ΠΕΡΔΙΟΥ  
Μηχανολόγου-Μηχανικού  
Πολυτεχνείου Λωζάνης(E.P.F.L.)