



# Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης Τμήμα Ηλεκτρολογίας

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ηλεκτρομηχανολογική μελέτη και εφαρμογή Φ/Β πάρκου  
80 KWp με Tracker δυο αξόνων

**Electromechanical design and implement photovoltaic power  
plant 80KWp with two axes tracking system**



Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Κυμάκης Εμμανουήλ  
Επιμέλεια εργασίας: Πιριτζής Στάυρος  
Δασκαλάκης Παναγιώτης

## **Ευχαριστίες**

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Δρ. Εμμανουήλ Κυμάκη για την δυνατότητα που μας έδωσε να πραγματοποιήσουμε την παρούσα πτυχιακή εργασία.

Τον εκλεκτό φίλο και συνάδελφο Συριγωνάκη Κώστα του οποίου η βοήθεια είχε καταλυτική σημασία, τόσο στην πραγματοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, όσο και στην υλοποίηση του εν λόγω Φωτοβολταϊκού σταθμού.

Την εταιρεία Mechatron ABEE για το βιβλιογραφικό υλικό και την τεχνογνωσία που μας παρείχε. Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τις οικογένειες μας για την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μας έδειξαν κατά την διάρκεια των σπουδών μας.

## **Περίληψη**

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται μια ηλεκτρομηχανολογική μελέτη καθώς και στοιχεία λειτουργίας από την εφαρμογή Φ/Β πάρκου 80KWp με τον ATLAS SOLAR TRACKER T150 (σύστημα διαξονικής ιχνηλάτισης).

Στην παρακάτω πτυχιακή εργασία γίνεται αναφορά στο Φ/Β φαινόμενο, στην νομοθεσία που επικρατεί στην χώρα μας σχετικά με τις Α.Π.Ε και στα πλεονεκτήματά τους. Στα τεχνικά χαρακτηριστικά του ATLAS T150, του αντιστροφέα KACO Powador 6650xi, των Φ/Β πλαισίων RENESOLA JC220M – 24/BL. Επίσης κάνουμε την διαστασιολόγηση των πάνελ που τοποθετούνται πάνω στο πλαίσιο του Tracker με το αντίστοιχο πρόγραμμα της Kaco ενώ η χωροθέτηση, ο υπολογισμός απωλειών και η προσομοίωση του Φ/Β πάρκου γίνεται μέσω του λογισμικού PVsyst. Στην συνέχεια παρουσιάζουμε αναλυτικά (με σχέδια και φωτογραφικό υλικό) τον τρόπο υπολογισμού και την τοποθέτηση του συστήματος γείωσης, των καλωδίων για το σύστημα καμερών, τηλεμετρίας, φωτισμού κτλ., την καλωδίωση των συστημάτων Mechatron Solar Tracker, τα μονογραμμικά ηλεκτρολογικά σχέδια των πινάκων του Φ/Β σταθμού καθώς επίσης και όλα τα μέσα και το λογισμικό που χρειάζεται για την δικτύωση και την επικοινωνία του Φ/Β σταθμού με το διαδίκτυο.

Τέλος γίνεται εκτίμηση της επένδυσης του Φ/Β σταθμού και σύγκριση των αποτελεσμάτων των πραγματικών μετρήσεων παραγωγής ενέργειας ενός έτους, με τις αντίστοιχες μετρήσεις του λογισμικού PVsyst.

## **Abstract**

In this graduation project presents an electromechanical study and operating data by applying Photovoltaic power plant 80KWp with ATLAS SOLAR TRACKER T150 (biaxial tracking system).

The following graduation project refers to photovoltaic effect, the law that prevails in our country on the renewable energy sources and their advantages. The technical characteristics of ATLAS T150, the inverse KACO Powador 6650xi, the photovoltaic panel of RENESOLA JC220M – 24/BL. Also we do the sizing of panels mounted on the chassis of Tracker with the corresponding program of the company Kaco while the siting, the calculation of losses and simulation of photovoltaic power plant is done through the PVsyst software. Thereafter we present in detail (with drawings and photo galleries) the way of calculation and its placement of the earthing system, of the cables for the camera system. Telemetry, lighting etc., the wiring of systems Mechatron Solar Tracker, the single line electro technical designs of the tables of photovoltaic power plant as well as all the tools and the software needed for the networking and communicating of photovoltaic power plant with the internet.

Finally we estimate the investment of photovoltaic power plant and comparing the results of actual measurements of energy production of a year, with the corresponding measurements of the PVsyst software.

## Περιεχόμενα

1ο Κεφάλαιο : Γενική Εισαγωγή – Φ/Β Φαινόμενο .....	6
1.1 Εισαγωγή στις Α.Π.Ε. ....	6
1.2 Κατηγορίες των Α.Π.Ε.....	6
1.3 Πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε.....	6
1.4 Ελληνική Νομοθεσία και Α.Π.Ε. ....	7
1.4.1 Θεσμικοί φορείς.....	7
1.4.2 Βασικά σημεία Νομοθετικού Πλαισίου .....	8
1.5 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο .....	10
1.6. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του Φωτοβολταϊκού στοιχείου .....	11
1.6.1. Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου. ....	11
1.6.2 Συνδεδεμένη αντίσταση διαρροής $R_{sh}$ (Shunt resistance).....	11
1.6.3 Σειριακή αντίσταση $R_s$ (Series resistance).....	12
2 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο : Τεχνικά - Κατασκευαστικά θέματα για τον ATLAS T150 (Σύστημα διαξονικής ιχνηλάτισης) .....	13
2.1 Εισαγωγικά .....	13
2.2 Βάση του Tracker T 150.....	14
2.3 Κινητό πλαίσιο - Βασικά εξαρτήματα κινητού πλαισίου .....	17
2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά ATLAS T150 .....	20
2.4.1 Ασφάλεια.....	21
2.4.2 Στιβαρότητα .....	21
2.4.3 Ενσωματωμένη αντικεραυνική προστασία .....	21
2.4.4 Ακρίβεια παρακολούθησης ηλίου – Μεγιστοποίηση παραγωγής.....	22
2.4.5 Διαδικτύωση.....	22
2.4.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	22
3 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Διαστασιολόγηση & Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκού Σταθμού.....	24
3.1 Βασικός εξοπλισμός. ....	24
3.2 Διαστασιολόγηση του Φωτοβολταϊκού Σταθμού.....	25
3.3 Χωροθέτηση & Εξομοίωση με το λογισμικό PVSYST. ....	28
4 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο : Γείωση & Ηλεκτρολογικά Φωτοβολταϊκού Σταθμού.....	52
4.1. Γείωση. ....	52
4.2. Υπολογισμός & Τοποθέτηση καλωδίων εντός του εδάφους.....	59
4.2.1. Καλώδιωση Οικίσκου - Trackers. ....	59
4.2.2. Καλώδιωση Οικίσκου – Μετρητικής Διάταξης Δ.Ε.Η.....	63
4.2.3. Καλώδιωση περιμετρικού φωτισμού. ....	63
4.2.4. Καλώδιωση συστήματος συναγερμού.....	63

4.2.5. Καλωδίωση συστήματος καμερών. ....	64
4.2.6. Καλωδίωση συστημάτων τηλεμετρίας. ....	64
4.3. Καλωδίωση συστημάτων Mechatron Solar Tracker. ....	64
4.3.1. Καλωδίωση συστοιχιών Tracker με 88 & 86 πάνελ Renesola 230Wp.....	64
5ο Κεφαλαίο : Παρακολούθηση λειτουργίας Φωτοβολταϊκού Σταθμού. ....	82
5.1. Γενικά. ....	82
5.1 Καταγραφικό Αντιστροφών.....	83
5.2 Καταγραφικό Mechatron Solar Tracker. ....	86
5.3. Καταγραφικό καμερών.....	89
6ο Κεφαλαίο : Πραγματικά Δεδομένα και Σύγκριση. ....	94
6.1 Πραγματικά Δεδομένα. ....	94
6.2 Σύγκριση Πραγματικών Δεδομένων με Αποτελέσματα PVSYST.....	103
6.3 Οικονομική Αξιολόγηση. ....	106

# 1ο Κεφαλαίο : Γενική Εισαγωγή – Φ/Β Φαινόμενο

## 1.1 Εισαγωγή στις Α.Π.Ε.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε) ορίζονται οι ενεργειακές πηγές (ο ήλιος, το νερό, ο άνεμος, η βιομάζα κλπ.) οι οποίες και υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον και ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης, έτσι ώστε να θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Για πολλές χώρες οι Α.Π.Ε. αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με σημαντική συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο λόγω της εν μέρει απεξάρτησης από το εισαγόμενο πετρέλαιο ,αλλα και στην βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος καθώς κατά την λειτουργία τους εκπέμπουν μηδαμινή ποσότητα ρύπων.

## 1.2 Κατηγορίες των Α.Π.Ε.

Οι μορφές των Α.Π.Ε. που σήμερα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας από το περιβάλλον είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια, η αιολική ενέργεια , η ηλιακή ενέργεια και η γεωθεμική ενέργεια οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Υδροηλεκτρική ενέργεια:** Είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια.
- **Αιολική Ενέργεια :** Είναι η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου και χαρακτηρίζεται ως ήπιας μορφής ενέργεια λόγω του ότι δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον με την λειτουργία τους.
- **Ηλιακή ενέργεια:** Η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο και αξιοποιείται τόσο σε θερμικές όσο και σε φωτοβολταϊκές εφαρμογές.
- **Γεωθεμική ενέργεια:** είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη πηγή που μπορεί με την κατάλληλη τεχνολογική υποστήριξη να καλύψει ανάγκες ψύξης και θέρμανσης.

## 1.3 Πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε. είναι τα εξής:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς, μη ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους.
- Συμβάλουν στην επίλυση του ενεργειακού προβλήματος για τη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου.
- Είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες δίνοντας την δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε περιοχές που είναι απομακρυσμένες από το δίκτυο του παρόχου της ηλεκτρικής ενέργειας
- Δίνουν την δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη, οπότε γίνεται ορθολογικότερη χρήση των ενεργειακών πόρων
- Οι επενδύσεις στις Α.Π.Ε. δημιουργούν μεγάλο αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό επειδή είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο

Υπάρχουν όμως και κάποια μειονεκτήματα που χρήζουν αναφοράς όπως:

- Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλη παραγωγή απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος ώστε να μεταφερθεί και να αποθηκευθεί.

## **1.4 Ελληνική Νομοθεσία και Α.Π.Ε.**

### **1.4.1 Θεσμικοί φορείς**

#### **ΡΑΕ**

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) είναι η ανεξάρτητη διοικητική αρχή που έχει ως σκοπό να ελέγχει την λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η Ρ.Α.Ε. γνωμοδοτεί για την άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, για τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, τον τρόπο λειτουργίας της αγοράς και γενικότερα έχει ουσιαστικό ρόλο στην δημιουργία μιας υγιούς και ελεύθερης αγοράς, με σκοπό την παροχή βέλτιστων υπηρεσιών στον τελικό αποδέκτη που είναι ο καταναλωτής. Η σύσταση της Ρ.Α.Ε. επιβλήθηκε από την ανάγκη εναρμόνισης της Ελληνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία 96/92ΕΚ (Σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας) και συστάθηκε με τον νόμο Ν.2773/22-12-99 (Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις).[<sup>1</sup>]

#### **ΛΑΓΗΕ**

Ο 'Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΛΑΓΗΕ ΑΕ) ιδρύθηκε με βάση το ν 4001/2011 για τη 'Λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις' (ΦΕΚ 179/22-8-2011) και ασκεί τις δραστηριότητες που ασκούσαν από τη 'Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΔΕΣΜΗΕ ΑΕ), πλην εκείνων που κατά το άρθρο 99 του ν.4001/2011 μεταφέρονται στην 'Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΑΔΜΗΕ ΑΕ).

Ο ΛΑΓΗΕ εφαρμόζει τους κανόνες για τη λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου 4001/2011 και των κατ' εξουσιοδότηση αυτού εκδομένων πράξεων και ιδίως τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό. [<sup>2</sup>]

#### **ΑΔΜΗΕ**

Ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) Α.Ε. αποτελεί 100% θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ Α.Ε. η οποία συστάθηκε σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των μονοπωλιακών δραστηριοτήτων Μεταφοράς και Διανομής των καθετοποιημένων επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον κλάδο της ενέργειας.

<sup>1</sup> <http://www.rae.gr/old/about/main.htm>

<sup>2</sup> <http://www.lagie.gr/etaireia/skopos-armodiotites>

Οι διατάξεις αυτές ενσωματώθηκαν στην ελληνική νομοθεσία μέσω του Ν. 4001/2011, βάσει του οποίου ο ΑΔΜΗΕ ιδρύεται ως θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ σύμφωνα με το μοντέλο του Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς (ΑΔΜ) όπως αυτό προβλέπεται στην παραπάνω Οδηγία. Βάσει των διατάξεων του Ν. 4001/2011, ο ΑΔΜΗΕ αναλαμβάνει το ρόλο του Διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) και συγκεκριμένα τα καθήκοντα λειτουργίας, συντήρησης και ανάπτυξης του ΕΣΜΗΕ ενσωματώνοντας τα αντίστοιχα καθήκοντα και λειτουργίες που αποτελούσαν αρμοδιότητα του ΔΕΣΜΗΕ ως Διαχειριστή του Συστήματος και της Γενικής Διεύθυνσης Μεταφοράς της ΔΕΗ ως Κυρίου του Συστήματος. Ως εκ τούτου ο ΑΔΜΗΕ συστάθηκε κατόπιν ενσωμάτωσης των αντίστοιχων Κλάδων Μεταφοράς της ΔΕΗ και του ΔΕΣΜΗΕ σε μία διακριτή εταιρεία στην οποία μεταφέρθηκαν όλες οι σχετικές οργανωτικές λειτουργίες, το προσωπικό και τα πάγια στοιχεία του ΕΣΜΗΕ και καθίσταται, βάσει του Ν. 4001/2011 καθολικός διάδοχος όλων των δικαιωμάτων και υποχρεώσεων που σχετίζονται με τους Κλάδους Μεταφοράς.<sup>[3]</sup>

## ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

Η ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας) συστάθηκε με την απόσχιση του κλάδου Διανομής της ΔΕΗ Α.Ε. σύμφωνα με το Ν. 4001/2011 και σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με την οργάνωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό να αναλάβει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής. Είναι κατά 100% θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ Α.Ε., ωστόσο είναι ανεξάρτητη λειτουργικά και διοικητικά, τηρώντας όλες τις απαιτήσεις ανεξαρτησίας που ενσωματώνονται στο παραπάνω νομικό πλαίσιο.

Έργο της εταιρείας μας είναι η λειτουργία, η συντήρηση και η ανάπτυξη του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και η διασφάλιση της διαφανούς και αμερόληπτης πρόσβασης των καταναλωτών και γενικότερα όλων των χρηστών του δικτύου. Στοχεύουμε στην αξιόπιστη τροφοδοσία των Πελατών μας, στην ποιότητα της τάσης του ρεύματος και στη διαρκή βελτίωση της ποιότητας εξυπηρέτησης.<sup>[4]</sup>

### 1.4.2 Βασικά σημεία Νομοθετικού Πλαισίου

Το 1985 ψηφίστηκε ο πρώτος νόμος που αφορά σε θέματα ηλεκτροπαραγωγής από εναλλακτικές μορφές ενέργειας, γεγονός που αποτέλεσε το εφαλκτήριο για την ανάπτυξη των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα. Από τότε ακολούθησαν πολλοί νόμοι, διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις που ήρθαν να συμπληρώσουν, να αλλάξουν και να επεκτείνουν το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο στο χώρο των Α.Π.Ε. Παρακάτω παρουσιάζονται οι σχετικές νομοθετικές διατάξεις σε χρονολογικά σειρά από το 1985 έως σήμερα:

- **Νόμος 1559/1985:** “Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις”.<sup>[5]</sup>
- **Νόμος 2244/1994:** “Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις”.<sup>[6]</sup>
- **Νόμος 2773/1999:** “Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις”.<sup>[7]</sup>
- **ΥΑ 2000/2002:** “Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής

<sup>3</sup> <http://www.admie.gr/i-etaireia/apostoli/rolos-armodiotites>

<sup>4</sup> <http://www.deddie.gr/Default.aspx?id=56570&nt=18&lang=1>

<sup>5</sup> [www.rae.gr/site/file/categories\\_new/global\\_regulation/global\\_national/global\\_national\\_laws/YA\\_5813\\_FEK\\_B\\_383?p=file&i=0](http://www.rae.gr/site/file/categories_new/global_regulation/global_national/global_national_laws/YA_5813_FEK_B_383?p=file&i=0)

<sup>6</sup> [http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/168%287-10-94%29\\_2244.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/168%287-10-94%29_2244.pdf)

<sup>7</sup> <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=VtweJAT%2FbGU%3D&tabid=277&language=el-GR>



ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας”.[<sup>8</sup>]

- **YA 1726/2003:** “Διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας”.[<sup>9</sup>]
- **Νόμος 3468/2006:** “Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις”.[<sup>10</sup>]
- **Νόμος 3734/2009:** “Πρωώθηση της συμπαράγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις”.[<sup>11</sup>]
- **Νόμος 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”.[<sup>12</sup>]

Επισημαίνεται ότι από το νόμο 3468/2006 και μετά αρχίζει να αυξάνεται το επενδυτικό ενδιαφέρον των ιδιωτών για τα φωτοβολταϊκά, κυρίως λόγω των ευνοϊκών ρυθμίσεων που τίθενται σε εφαρμογή. Αρχικά τα κίνητρα που δόθηκαν από το κράτος σε υποψήφιους επενδυτές ήταν η επιδότηση του φωτοβολταϊκού πάρκου με σημαντικό μέρος των κεφαλαίων αγοράς και εγκατάστασης.

Πρόσφατα (Ιούνης 2010) ψηφίστηκε ο βασικός νόμος **3851/4.6.2010** ο οποίος εναρμονίζει την ελληνική νομοθεσία Α.Π.Ε. με την οδηγία 2009/28/ΕΚ(ΕΕL, 140/2009). Σύμφωνα με αυτή, τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης καλούνται να προωθήσουν και να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Συγκεκριμένα καθορίζεται:

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.
- Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.»

Επίσης απλοποιούνται οι παλιότερες διαδικασίες αδειοδότησης και τίθενται νέες τιμές για την παραγόμενη κιλοβατώρα (KWh). Τα θέματα αυτά θα αναλυθούν παρακάτω.

Σύμφωνα με το πρόσφατο **ΦΕΚ Β'1630/11.10.2010** καθορίζονται τα ποσοστά διείσδυσης για την κάθε μορφή Α.Π.Ε. σε εθνικό επίπεδο και με χρονικό ορίζοντα ως το 2020. Τονίζεται εδώ ότι από την κοινοτική νομοθεσία προβλέπεται η δυνατότητα αναθεώρησης των ενδεικτικών στόχων για κάθε τεχνολογία ανά διετία ή και νωρίτερα αν χρειαστεί. Όπως γίνεται φανερό από τον Πίνακα 2.1., ο εθνικός στόχος για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών τίθεται στα 1.500 MW ως το 2014 και στα 2.200 MW ως το 2020. Από την ισχύ αυτή έχει αποφασισθεί ότι τα 750 MW θα δοθούν στους κατ'επάγγελμα αγρότες (500 MW ως το 2014 και 750 έως το 2020).[<sup>13</sup>]

<sup>8</sup> <http://www.hellasres.gr/Greek/thesmiko-plaisio/elliniki-nomothesia.htm>

<sup>9</sup> <http://www.energia.gr/photos/articlefiles/ya+1726+2003.pdf>

<sup>10</sup> [http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/129%2827-6-06%29\\_3468.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/129%2827-6-06%29_3468.pdf)

<sup>11</sup> <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=t8OWD9SCE9U%3D&tabid=295&language=el-GR>

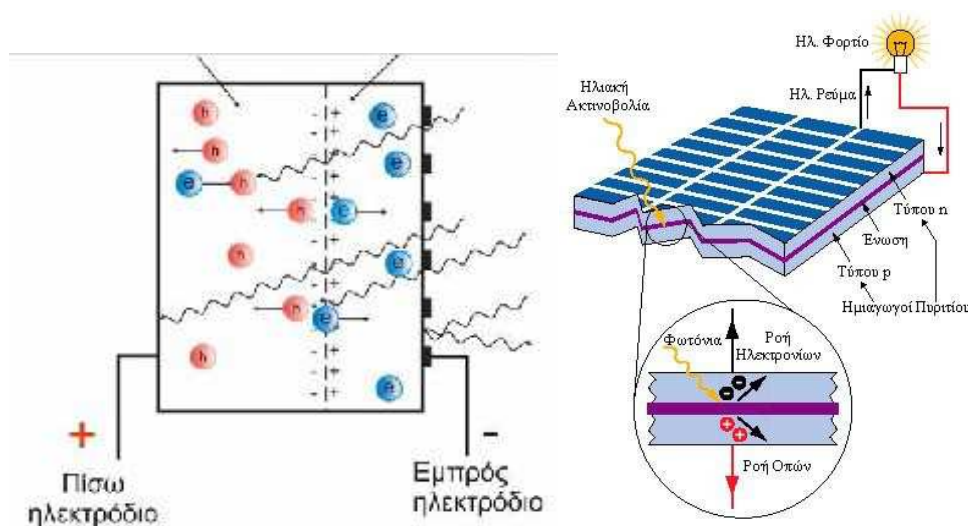
<sup>12</sup> <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=506&language=en-US>

<sup>13</sup> <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=4tT%2B%2FLz0XTk%3D&tabid=508&language=el-GR>

## 1.5 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αποτελεί τη βασική φυσική διαδικασία μέσω της οποίας ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα. Είναι γνωστό ότι τα ηλιακά κύτταρα είναι διόδοι ημιαγωγού, με τη μορφή ενός δίσκου δηλαδή η επαφή p-n εκτείνεται σε όλο το πλάτος του δίσκου, που δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία. Το ηλιακό φως είναι μικρά πακέτα ενέργειας που λέγονται φωτόνια, τα οποία περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Το γαλάζιο χρώμα ή το υπεριώδες πχ. έχουν περισσότερη ενέργεια από το κόκκινο ή το υπέρυθρο. Όταν λοιπόν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, άλλα ανακλώνται, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται. Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Δημιουργείται έτσι, όσο διαρκεί η ακτινοβολία, μία περίσσεια από ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές), πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις συνθήκες ισορροπίας. Οι φορείς αυτοί, καθώς διαχέονται στο στερεό και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντιθέτου πρόσημου, μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n οπότε θα δεχθούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου.

Τα φωτόνια της ακτινοβολίας, που δέχεται το στοιχείο στην εμπρός του όψη, τύπου n (σχήμα 2.1), παράγουν ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές). Ένα μέρος από τους φορείς αυτούς διαχωρίζεται με την επίδραση του ενσωματωμένου πεδίου της διόδου και εκτρέπεται προς τα εμπρός (τα ελεύθερα ηλεκτρόνια,  $e^-$ ) ή προς τα πίσω (οι οπές), δημιουργώντας μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του στοιχείου. Οι υπόλοιποι φορείς επανασυνδέονται και δεν υφίστανται σαν ελεύθεροι φορείς. Επίσης ένα μέρος της ακτινοβολίας ανακλάται στην επιφάνεια του στοιχείου, ενώ ένα άλλος μέρος της διέρχεται από το στοιχείο χωρίς να απορροφηθεί, μέχρι να συναντήσει το πίσω ηλεκτρόδιο.



Σχήμα 5.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο σε μία κυψέλη.

Έτσι, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου. Δηλαδή, η διάταξη αποτελεί μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου. Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Η αποδοτική λειτουργία των ηλιακών Φωτοβολταϊκών στοιχείων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται στην πρακτική εκμετάλλευση του παραπάνω φαινομένου.<sup>[14]</sup>

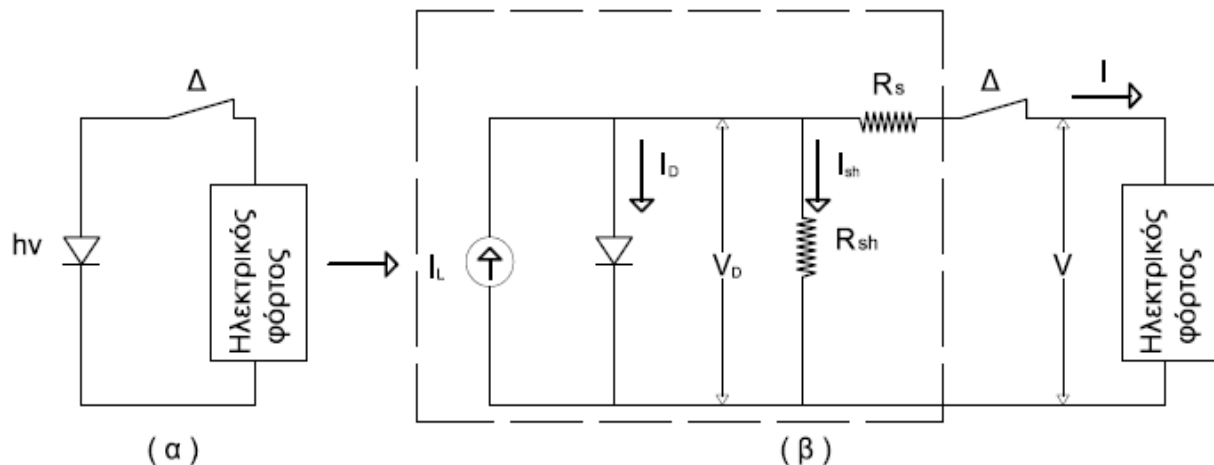
## 1.6. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του Φωτοβολταϊκού στοιχείου

### 1.6.1. Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (1.6.1) και περιλαμβάνει μια πηγή σταθερού ρεύματος ( $I_L$ ) σε συνδυασμό με μια ιδανική δίοδο. Στην συνέχεια βλέπουμε το μη ιδανικό τμήμα του Φ/Β στοιχείου, το οποίο την αντίσταση απωλειών διαρροής ρεύματος μεταξύ των άκρων του Φ/Β στοιχείου, η οποία τίθεται παράλληλα συνδεδεμένη στα άκρα της διόδου και την αντίσταση απωλειών που είναι συνδεδεμένη με την σε σειρά με την δίοδο. Όταν οι ακροδέκτες της κυψέλης είναι βραχυκυκλωμένη, η τάση εξόδου  $V_O$  είναι μηδενική ενώ το ρεύμα εξόδου  $I_O$  λαμβάνει τη μέγιστη τιμή  $I_O=I_{SC}=I_L$ . Όταν οι ακροδέκτες της κυψέλης είναι ανοιχτοκυκλωμένη, το ρεύμα εξόδου είναι μηδέν, ενώ η τάση εξόδου λαμβάνει τη μέγιστη τιμή  $V_O=V_{OC}$ . Το φωτόρρευμα ρέει μέσω της διόδου, επομένως ισχύει  $I_d=I_L$ . Συνδέοντας ένα φορτίο στα άκρα της κυψέλης, το ρεύμα  $I_L$  κατανέμεται μεταξύ της διόδου  $D$  και του φορτίου, ανάλογα με την ωμική αντίσταση  $R_L$  του φορτίου. Η σχέση μεταξύ του ρεύματος εξόδου και της τάσης εξόδου είναι :

$$I_O=I_L - I_d= I_L - I_S(e^{V_d/V_T} - 1) - V_d/R_p$$

$$V_d=V_O + I_O R_S=V_O (1 + R_S/R_L)$$



Σχήμα 1.6.1 (α) Απλό και (β) πλήρες ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα ενός ΦΒ στοιχείου. Η εσωτερική αντίσταση διαρροής της επαφής είναι η  $R_{sh}$  και η εσωτερική αντίσταση σε σειρά, η  $R_s$

### 1.6.2 Συνδεδεμένη αντίσταση διαρροής $R_{sh}$ (Shunt resistance)

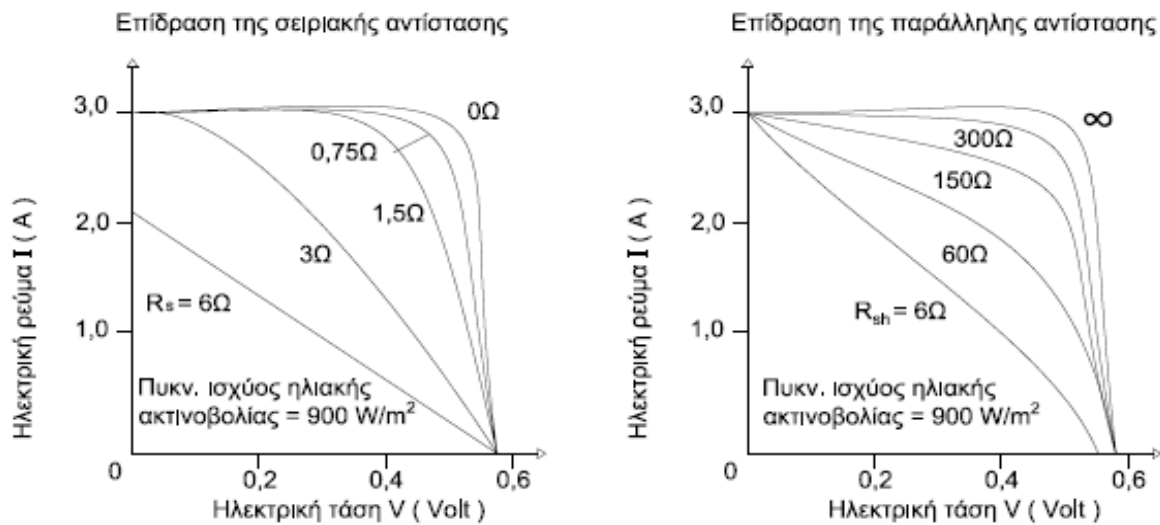
Η αντίσταση αυτή συνδέεται με τη διαρροή ρεύματος μεταξύ των άκρων της επαφής p-n και αφορά διαδρομές ρεύματος διαρροής στο εσωτερικό της επαφής p-n μεταξύ σημείων που βρίσκονται σε διαφορά δυναμικού ίδη με την τάση στα άκρα της διόδου.

Οι διαδρομές αυτές αφορούν ρεύματα που διέρχονται:

- Διαμέσου του σώματος της διάταξης επαφής
- Δια των εξωτερικών επιφανειών της επαφής, παράλληλα προς το ηλεκτρικό πεδίο της επαφής

Διαμέσου ηλεκτρικής διάβασης που δημιουργούν οι προσμίξεις της επαφής.

Η τιμή της σε πολύ καλής απόδοσης Φ/Β στοιχείου είναι μεγαλύτερη των  $10^3 \Omega$ . Τιμές χαμηλότερες των  $500 \Omega$ , προκαλούν έντονη ελάττωση του ρεύματος καθώς προχωρούμε προς την τάση ανοιχτού κυκλώματος  $V_{OC}$ . Η ελάττωση είναι εντονότερη όσο η  $R_{SH}$  ελαττώνεται (Σχήμα 1.6.2).



Σχήμα 1.6.2 Επίδραση της σε σειρά αντίστασης  $R_s$  και της παράλληλα εμφανιζόμενης  $R_{sh}$ , σε ένα ΦΒ στοιχείο.

### 1.6.3 Σειριακή αντίσταση $R_s$ (Series resistance)

Η σειριακή αντίσταση αφορά στην αντίσταση που παρουσιάζει η επαφή κατά τη διόδο του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα της διόδου. Στις ωμικές αντιστάσεις των σημείων πρόσφυσης των ηλεκτροδίων της επαφής καθώς και κατά μήκος των μεταλλικών κλάδων τους. Ουσιαστικά παριστάνει σε συγκεντρωμένη μορφή όλα τα καταναμημένα στοιχεία αντίστασης κατά τη ροή των φορέων στον κυρίως ημιαγωγό, την επιφανειακή ροή στον ημιαγωγό (συνήθως τύπου  $n$ ) που βρίσκεται στην πλευρά που προσπίπτει το φως και αποτελείται από πολύ λεπτό στρώμα, την ενδοεπιφάνεια μεταξύ ημιαγωγού-ωμικής επαφής και την ωμική επαφή. Αύξηση της  $R_s$  περιορίζει την περιοχή τάσεων στην οποία αντιστοιχεί σταθερό ρεύμα βραχυκύκλωσης, ίσο με αυτό που αντιστοιχεί στην ιδανική περίπτωση. Άμεσο αποτέλεσμα της αύξησης της  $R_s$  είναι η δραστική ελάττωση της αντίστοιχης μέγιστης ισχύος που αποδίδει το στοιχείο. Τυπικές τιμές της  $R_s$ , για καλής ποιότητας ΦΒ στοιχεία, είναι 0.1  $\Omega$  έως 0.3  $\Omega$ .<sup>[15]</sup>

## 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο : Τεχνικά - Κατασκευαστικά θέματα για τον ATLAS T150 (Σύστημα διαξονικής ιχνηλάτισης)

### 2.1 Εισαγωγικά

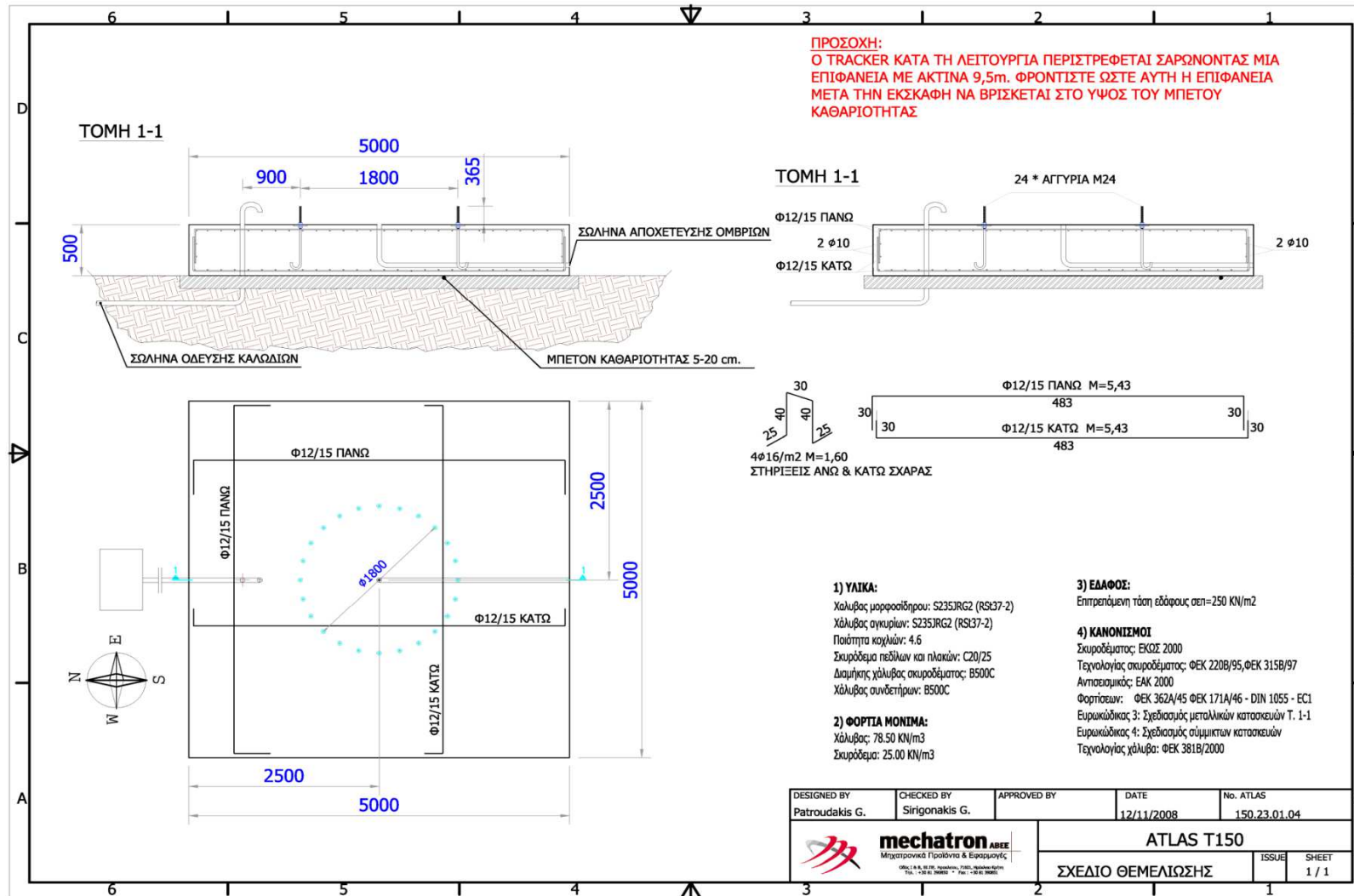
Το σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου ATLAS είναι μια διάταξη η οποία έχει σαν σκοπό την αύξηση της παραγωγής ενέργειας σε εγκαταστάσεις Φ/Β πάρκων.

Τα Φ/Β στοιχεία τοποθετούνται επάνω σε ένα κινητό πλαίσιο. Το κινητό πλαίσιο παρακολουθεί την τροχιά του ήλιου από την Ανατολή στη Δύση. Ακόμη το κινητό πλαίσιο μπορεί να μετακινηθεί γύρω από τον οριζόντιο άξονα. Με το συνδυασμό αυτών των κινήσεων το σύστημα διαξονικής ιχνηλάτισης τοποθετεί πάντα τα Φωτοβολταϊκά στοιχεία κάθετα στην ηλιακή ακτινοβολία. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η δομή του ATLAS χωρίζεται σε δυο επιμέρους τμήματα. Το ένα είναι το κινητό πλαίσιο το οποίο φέρει τα Φ/Β στοιχεία. Το άλλο είναι η βάση του. Η βάση αποτελείται από μεταλλικά στοιχεία και το σκυρόδεμα.



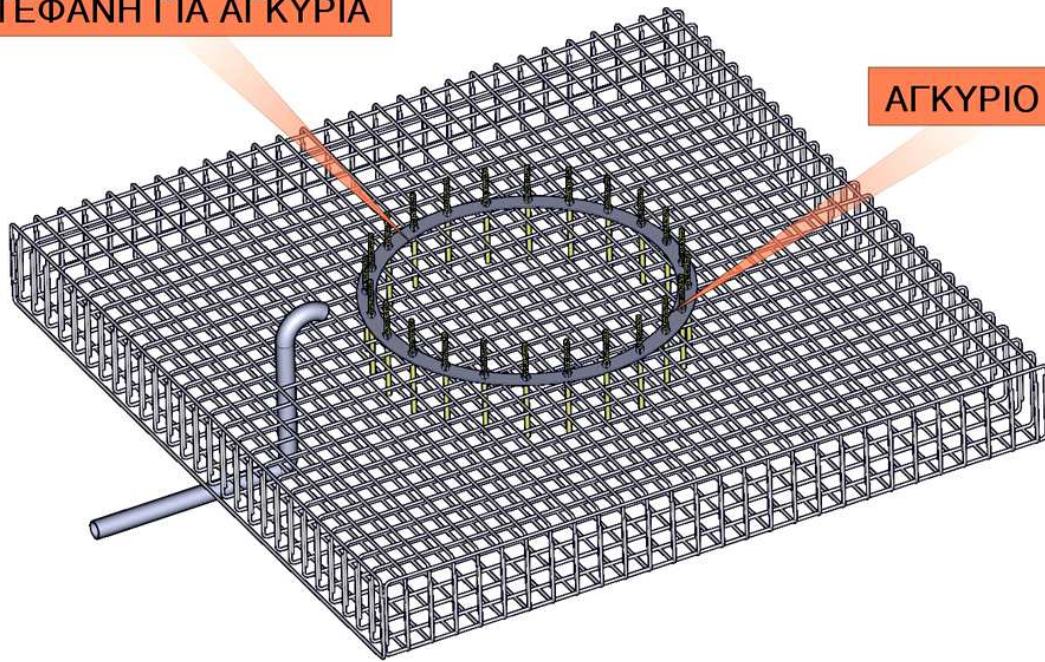
## 2.2 Βάση του Tracker T 150



Σχήμα 2.1 Σχέδιο  
Θεμελίωσης

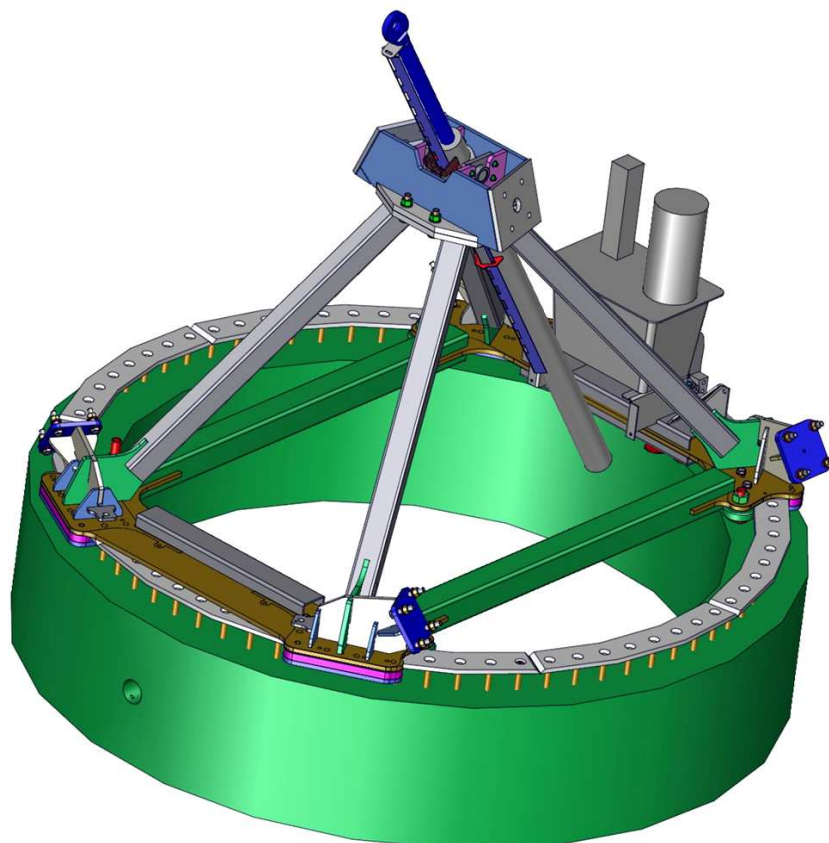
Στο παραπάνω σχέδιο φαίνεται η θεμελίωση η οποία αποτελεί την βάση πάνω στην οποία τοποθετείται ο tracker. Αρχικά τοποθετείται η πυραμίδα του tracker πάνω στη στεφάνη με τα αγκύρια (σχ. 3.2 & 3.3) και στην συνέχεια συνεχώς τοποθετούνται στην πυραμίδα τα συγκροτήματα κομβίων τα οποία συνδέουν την πυραμίδα με το κινητό πλαίσιο (σχ. 3.4). Επίσης η πυραμίδα πρέπει να τοποθετείται πάνω στην βάση έτσι ώστε ο αγωγός εξόδου καλωδίων της πυραμίδας να μπορεί να ενωθεί με τον σωλήνα οδευσης των καλωδίων, πρέπει να τοποθετηθεί απο την πλευρά του Βορρά, που βρίσκεται στην βάση (σχ. 3.5).

ΣΤΕΦΑΝΗ ΓΙΑ ΑΓΚΥΡΙΑ



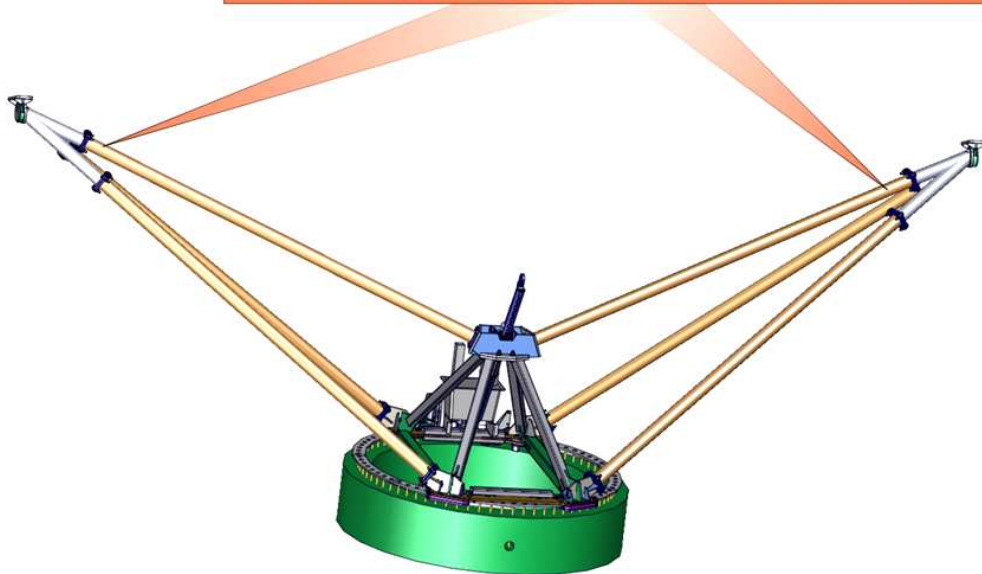
ΑΓΚΥΡΙΟ M24

Σχήμα 2.2 Τοποθέτηση αγκυριων

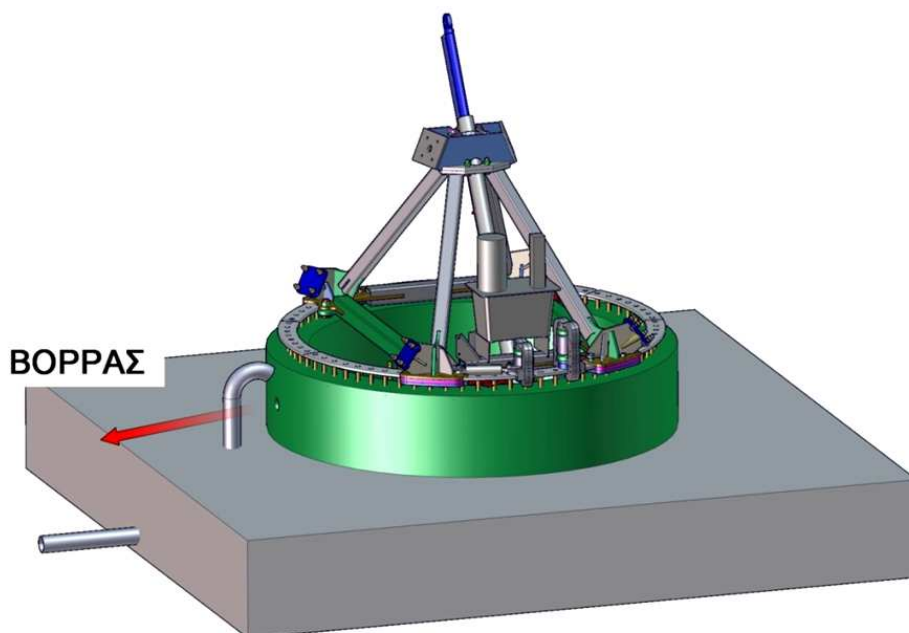


Σχήμα 2.3 Πυραμίδα tracker

## ΣΩΛΗΝΕΣ ΧΩΡΟΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ



Σχήμα 2.4 Σωλήνες χωροδικτύωματος - κομβία

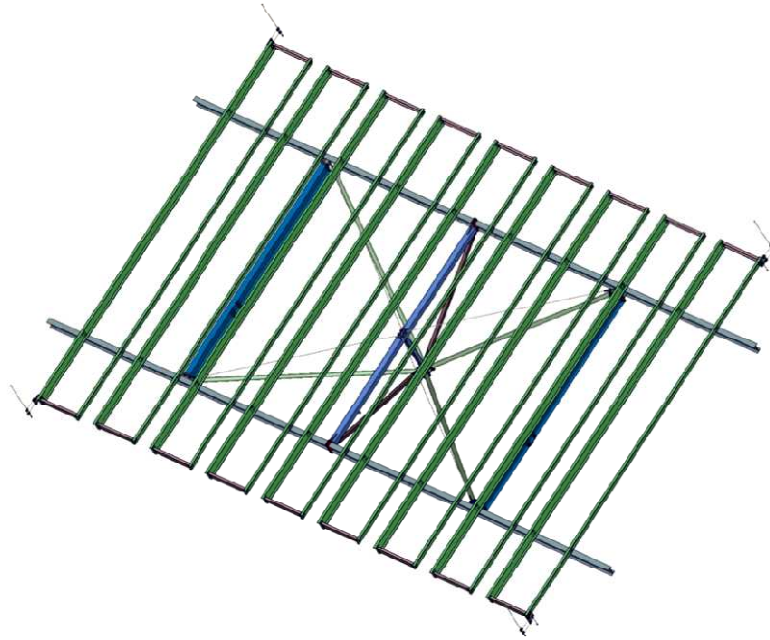


Σχήμα 2.5 Προσανατολισμός πυραμίδας



## 2.3 Κινητό πλαίσιο - Βασικά εξαρτήματα κινητού πλαισίου

Το κινητό πλαίσιο είναι ένα χωροδικτύωμα, το οποίο προσδίδει ιδιαίτερα υψηλή στρεπτική ακαμψία. Έτσι, σε ακραίες ταχύτητες ανέμου, η επιφάνεια των φωτοβολταϊκών στοιχείων παραμένει επίπεδη και κυρίως δεν είναι δυνατόν να δημιουργηθούν εγκάρσιες ή στρεπτικές ταλαντώσεις επί της επιφάνειας των Φ/Β στοιχείων. Τέτοιου είδους ταλαντώσεις είναι συνηθισμένες σε επίπεδα πλαίσια και δημιουργούν φορτία κόπωσης.



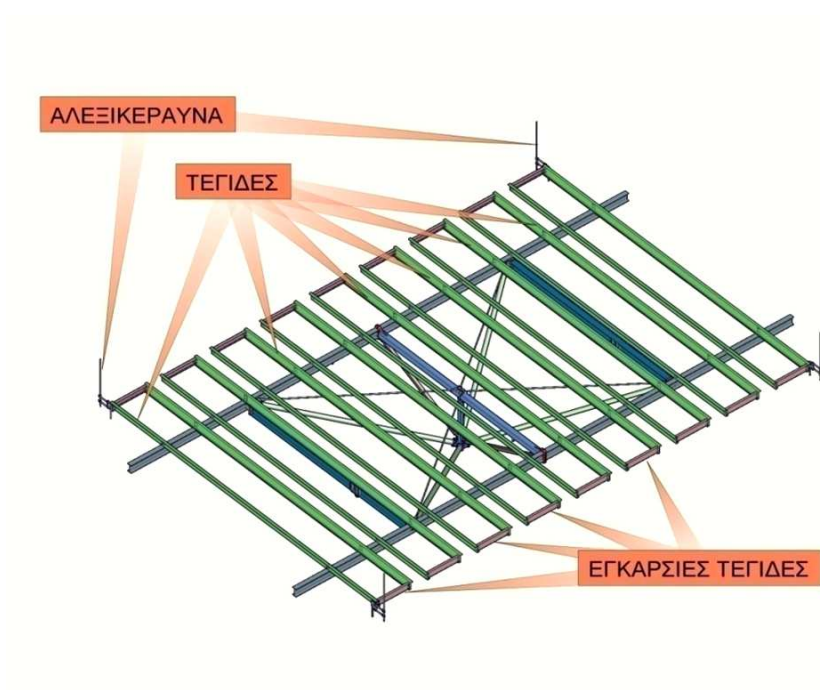
Σχήμα 2.6 Κινητό πλαίσιο

Το σύστημα κίνησης περιλαμβάνει υδραυλικούς κυλίνδρους και βαλβίδες, από τυποποιημένη σειρά βιομηχανικών υδραυλικών. Η υδραυλική κίνηση εξασφαλίζει τη μηδενική συντήρηση. Επίσης η δυνατότητα υπερφόρτωσης είναι πολύ μεγαλύτερη από κάθε εναλλακτική λύση.

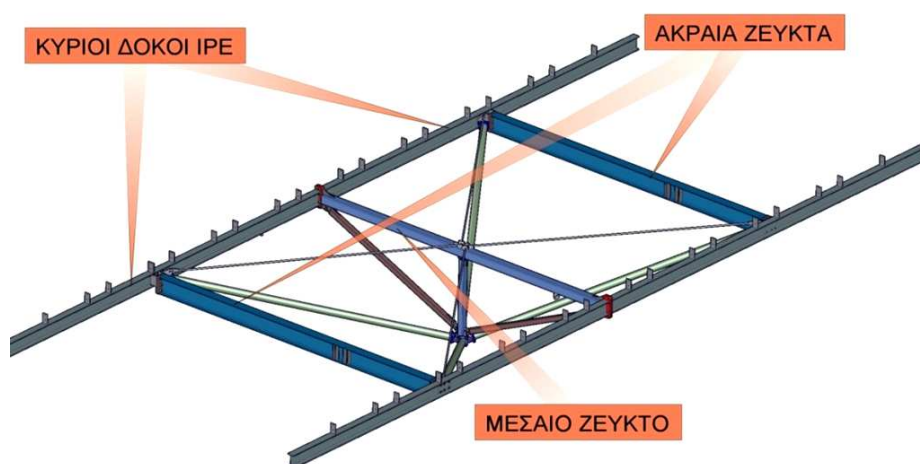


Εικόνα 2.7 Υδραυλικό έμβολο

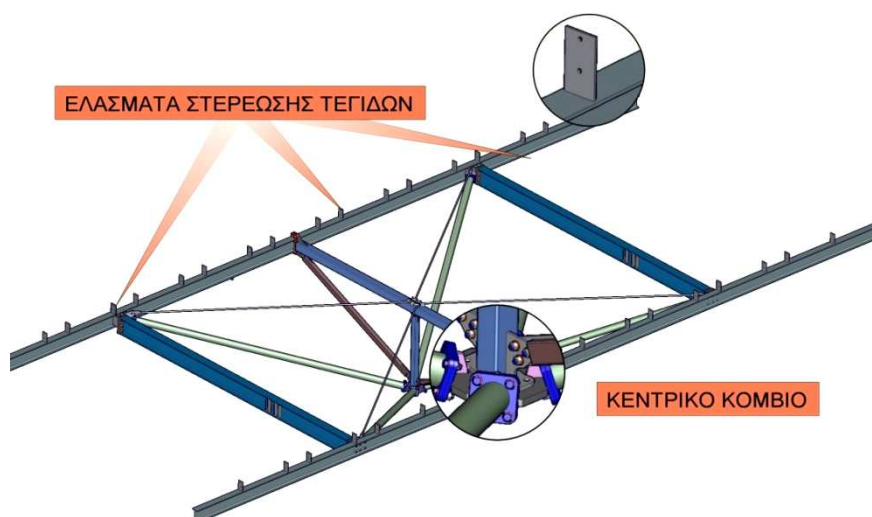
Στις εικόνες που ακολουθούν απεικονίζονται τα βασικά εξαρτήματα του συστήματος που πρόκειται να συναρμολογηθεί.



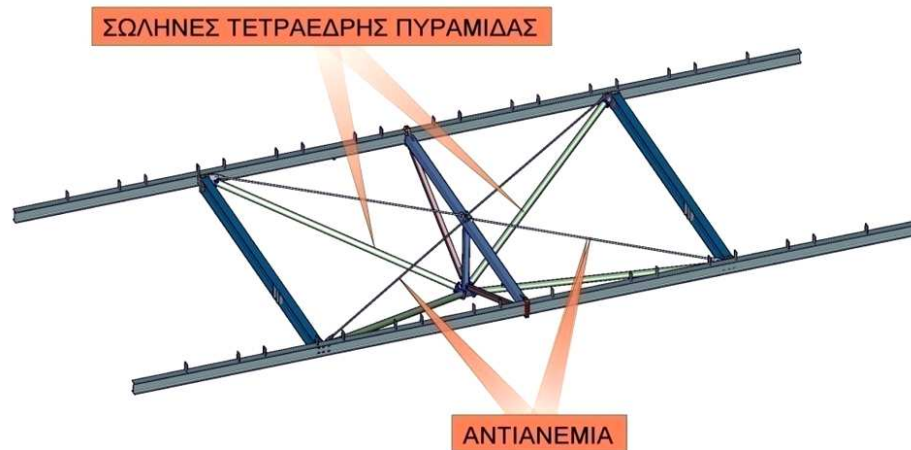
Σχήμα 2.8 Τεγίδες - Αλεξικέραυνα



Σχήμα 2.9 ΚΥΡΙΟΙ ΔΟΚΟΙ ΙΡΕ - ΖΕΥΚΤΑ



Σχήμα 2.10 ΕΛΑΣΜΑΤΑ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ ΤΕΓΙΔΩΝ – ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΚΟΜΒΙΟ



Σχήμα 2.11 ΣΩΛΗΝΕΣ ΤΕΤΡΑΕΔΡΗΣ ΠΥΡΑΜΙΔΑΣ - ΑΝΤΙΑΝΕΜΙΑ

## 2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά ATLAS T150

Η σειρά συστημάτων διαξονικής ιχνηλάτισης ATLAS αναπτύχθηκε με γνώμονα την μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας επενδύσεων σε Φ/Β σταθμούς, προσφέροντας ταυτόχρονα εκ του σχεδιασμού την ασφάλεια και την σιγουριά μιας σταθερής εγκατάστασης. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά – πλεονεκτήματα είναι τα παρακάτω :

- Στιβαρό χωροδικτύωμα για μηδενικές ταλαντώσεις των Φ/Β στοιχείων απο τον άνεμο.
- Σχεδιασμός βάσει προτύπων με ελεγμένη στατική επάρκεια.
- Υδραυλική κίνηση για αξιοπιστία, αντοχή και μηδενική αντίσταση.
- Μεταλλικά τεμάχια γαλβανισμένα με εμβάπτιση εν θερμώ για προστασία κατά της διάβρωσης.
- Ενσωματωμένη αντικεραυνική προστασία.
- Χρήση αστρονομικού αλγόριθμου για την επίτευξη της μέγιστης ακρίβειας στην κίνηση.
- Αντικλεπτική προστασία με χρήση του σφικτήρα mechgrip.
- Χρήση απλών υλικών (τα συστήματα χρησιμοποιούν κοινά ηλεκτρολογικά και υδραυλικά εξαρτήματα εξασφαλίζοντας απεριόριστη διαθεσιμότητα).
- Εξελιγμένο σύστημα τηλεμετρίας

## 2.4.1 Ασφάλεια

Ο δομικός σχεδιασμός και οι υπολογισμοί αντοχής ακολουθούν για το μεν μεταλλικό τμήμα της κατασκευής τον Ευρωκώδικα 3 (EC3/1993). Για την δε θεμελίωση τον νέο κανονισμό για την μελέτη και κατασκευή έργων απο σκυρόδεμα ΚΩΣ-2000.

Ακόμη και στην περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο η επιφάνεια των πάνελ μείνει στην κατακόρυφη θέση, το σύστημα παρουσιάζει αντοχή ίδια με ενός σπιτιού, μιας αποθήκης ή μιας ταμπέλας οδικής κυκλοφορίας που εκτίθεται σε φορτίσεις 9π.χ. θύελλα με ταχύτητα αναφοράς 135 Km / Ωρα).

Ενεργητική ασφάλεια : Όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί τα 70 Km / Ωρα, γίνεται αυτόματη οριζοντίωση.

Παθητική ασφάλεια : Στο υδραυλικό κύκλωμα ελέγχου του συστήματος έχει ενσωματωθεί παθητικό κύκλωμα ασφαλείας που σε περίπτωση καταστροφής του ελεγκτή (controller) του συστήματος ή κατάρρευσης του δικτύου της Δ.Ε.Η. (το οποίο κυρίως συμβαίνει όταν υπάρχουν ισχυρά καιρικά φαινόμενα), το κύκλωμα ασφαλείας οδηγεί την αυτόματη οριζοντίωση, η οποία επιτυγχάνεται λόγω της έκκεντρης θέσης του άξονα οριζόντιας περιστροφής σε σχέση με το κέντρο βάρους του πλαισίου των πάνελ.

## 2.4.2 Στιβαρότητα

Το χωροδικτύωμα προσδίδει στο κινητό πλαίσιο, ιδιαίτερα υψηλή στρεπτική ακαμψία. Έτσι ακόμη και σε ακραία ταχύτητα ανέμου, η επιφάνεια των πάνελ παραμένει επίπεδη και κυρίως δεν είναι δυνατόν να δημιουργηθούν εγκάρσιες ή στρεπτικές ταλαντώσεις επι της επιφάνειας των πάνελ. Οι τελευταίες είναι συνηθισμένες σε επίπεδα πλαίσια, έτσι αφενός επάγουν κοπωτικά φορτία στα πλαίσια των πάνελ, αφετέρου σε περίπτωση συντονισμού μπορούν να οδηγήσουν στην καταστροφή των μηχανισμών κίνησης ακόμη και στην κατάρρευση του ίδιου του πλαισίου στήριξης.

Το σύστημα κίνησης υλοποιείται με υδραυλικούς κυλίνδρους και βαλβίδες, απο στάνταρτ σειρά βιομηχανικών υδραυλικών. Η υδραυλική κίνηση εξασφαλίζει, αφενός πρακτικά μηδενική συντήρηση, αφετέρου η στιβαρότητα του συστήματος καθώς και η δυνατότητα υπερφόρτωσης, είναι κατα πολύ μεγαλύτερη απο κάθε εναλλακτική λύση.,

## 2.4.3 Ενσωματωμένη αντικεραυνική προστασία

Οι καταιγίδες και οι κεραυνοί αποτελούν τις κύριες αιτίες καταστροφών στις εγκαταστάσεις Φ/Β σταθμών. Ο ATLAS ενσωματώνει στο βασικό του εξοπλισμό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας με 4 ακίδες Franklin για κάθε tracker. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή προστασία του tracker, των πάνελ και των inverter έναντι των άμεσων κεραύνιων πληγμάτων.

Σημειώνεται ότι ένα σύστημα με ακίδες επι ιστών, ίδιας κλάσης προστασίας, απαιτεί την διασπορά των ιστών εντός της προστατευόμενης περιοχής με άμεση συνέπεια στην δημιουργία σκιάσεων.

Επιπρόσθετα, στον πίνακα διανομής, της έκδοσης wired ενσωματώνονται απαγωγείς κρουστικών υπερτάσεων σε όλα τα κυκλώματα (AC, DC, επικοινωνίες) για την προστασία απο έμμεσα κεράυνια πλήγματα.

#### 2.4.4 Ακρίβεια παρακολούθησης ηλίου – Μεγιστοποίηση παραγωγής

Για την ακριβή παρακολούθηση της πορείας του ήλιου, ο ελεγκτής του συστήματος επιλύει τον αστρονομικό αλγόριθμο που περιγράφει την σχετική θέση της γής ως προς τον ήλιο για την τρέχουσα ώρα, ημερομηνία και γεωγραφική θέση. Κατόπιν διαβάζει την πραγματική θέση του συστήματος μέσω των ενσωματωμένων ψηφιακών κωδικοποιητών και στη συνέχεια ενεργοποιώντας τις κατάλληλες υδραυλικές βαλβίδες κινεί το σύστημα, έως ότου το σφάλμα θέσης μηδενιστεί και η επιφάνεια των πάνελ βρεθεί κάθετα στον ήλιο.

Η χρήση του αστρονομικού αλγόριθμου για τον προσανατολισμό του συστήματος εξαλείφει τα προβλήματα άσκοπων μετακινήσεων και ταλαντώσεων που συνοδεύουν συνήθως τα συστήματα με αισθητήρες φωτός. Συμβάλει δε σημαντικά στη μέγιστη πρόσληψη της ηλιακής ακτινοβολίας, αφού μπορεί να τοποθετεί κάθετα στις ηλιακές ακτίνες τα πάνελ, ακόμα και όταν υπάρχει συννεφιά, αξιοποιώντας έτσι την υπέρυθη ακτινοβολία.

Η ακρίβεια του συστήματος μέτρησης θέσης είναι 0,75 μοίρες και η συχνότητα με την οποία εκτελείτε η κίνηση διόρθωσης θέσης αν 15 λεπτά της ώρας (το οποίο προτείνεται), η γωνία του προσπίπτοντος φωτός σε σχέση με την επιφάνεια των πάνελ κινείται στο διάστημα 87 ~ 93 μοίρες που αντιστοιχεί σε απολαβή ενέργειας καλύτερη από 99,7% σε σχέση με την μέγιστη.

#### 2.4.5 Διαδικτύωση

Το σύστημα διαθέτει :

- Σύνδεση με τον κεντρικό μετεωρολογικό σταθμό για την λήψη μετεωρολογικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
- Ενσωματωμένο σύστημα τηλεμετρίας για :
  - Παρακολούθηση κάθε tracker από μακριά
  - Χειροκίνητο χειρισμό κάθε tracker από μακριά
  - Καταγραφή και συλλογή δεδομένων

Με την δικτύωση επιτυγχάνεται ο μέγιστος UP time χρόνος του συστήματος μιας και τα προβλήματα αναφέρονται σε πραγματικό χρόνο και δρομολογείτε η επίλυσή τους.

#### 2.4.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά

##### ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

<b>Τύπος</b>	Πλήρους παρακολούθησης της θέσης του ηλίου με κίνηση σε δύο άξονες
<b>Ωφέλιμη επιφάνεια Φωτοβολταϊκών στοιχείων</b>	Έως 150 m <sup>2</sup> ανάλογα με τα προς τοποθέτηση Φωτοβολταϊκά στοιχεία.
<b>Διαστάσεις επιφάνειας Φωτοβολταϊκών στοιχείων</b>	Πλάτος 15 m X μήκος 10 m.
<b>Ισχύς Φωτοβολταϊκών Στοιχείων</b>	Έως 21,5 Kwp με στοιχεία συμβατικής τεχνολογίας
<b>Στήριξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων</b>	Συγκράτηση πάνω στο σκελετό με τον ειδικό σφικτήρα mechgrip. Εγγενής αντικλεπτική προστασία.
<b>Κατασκευαστές Φωτοβολταϊκών στοιχείων</b>	Μπορεί να δεχθεί Φωτοβολταϊκά στοιχεία από όλους τους κατασκευαστές.

<b>Περιστροφή</b>	-130 <sup>0</sup> ~ 130 <sup>0</sup> . Η κίνηση εκτελείται με υδραυλικό κύλινδρο και υδραυλική αρπάγη. Δυνατότητα ολίσθησης σε περίπτωση υπερφόρτωσης. Ενσωματωμένη failsave λειτουργία για την περίπτωση διακοπής ρεύματος.
<b>Ανύψωση</b>	0 <sup>0</sup> ~ 58 <sup>0</sup> . Κίνηση με υδραυλικό κύλινδρο
<b>Τροφοδοσία</b>	400V 3Φ
<b>Κατασκευή Σκελετού</b>	Χάλυβας γαλβανισμένος εν θερμό.
<b>Βάρος μεταλλικού μέρους (χωρίς τα Φωτοβολταϊκά στοιχεία)</b>	4500 Kg.
<b>Θεμελίωση</b>	Βάση από οπλισμένο σκυρόδεμα (15m <sup>3</sup> ). Πλάτος 5 m, Μήκος 5 m, Ύψος 0.6 m
<b>Αντοχή</b>	Αντοχή σε άνεμο με ταχύτητα αναφοράς 130 km/hour σύμφωνα με το ευρωκώδικα 3.
<b>Σύστημα ασφαλείας</b>	Αυτόματη οριζόντιωση σε περίπτωση ανέμου πάνω από την προγραμματισμένη. Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, ανεξάρτητο υδραυλικό κύκλωμα ασφαλείας οδηγεί αυτόματα στην οριζόντια θέση.
<b>Αντικεραυνική Προστασία</b>	Συλλεκτήριο σύστημα με τέσσερα αλεξικέραυνα ανά μονάδα. Ενσωματωμένοι αγωγοί όδευσης του κεραύνιου ρεύματος στην ισοδυναμική επιφάνεια. Προστασία των ηλεκτρονικών συστημάτων μέσω απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων τοποθετημένων σε όλα τα σημεία εισόδου εξόδου.
<b>Συντήρηση</b>	Δεν απαιτείται τακτική συντήρηση. Τα έδρανα και τα στοιχεία ολίσθησης είναι κατασκευασμένα από Teflon, φωσφορούχο ορείχαλκο και αυτολίπαντα βιομηχανικά πλαστικά.
<b>Έλεγχος</b>	Ανεξάρτητος ελεγκτής ανά μονάδα. Ο υπολογισμός της επιθυμητής θέσης γίνεται με επίλυση του αστρονομικού αλγορίθμου. Η μέτρηση θέσης γίνεται μέσω ψηφιακών κωδικοποιητών.

Περισσότερες πληροφορίες για το σύστημα Atlas Solar Tracker υπάρχουν στο:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι\_ATLAS Technology Gr Rev1

[<sup>16</sup>]

---

<sup>16</sup> [www.mechatron.gr](http://www.mechatron.gr)

### 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Διαστασιολόγηση & Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκού Σταθμού.

#### 3.1 Βασικός εξοπλισμός.

Με τον όρο βασικός εξοπλισμός του φωτοβολταϊκού σταθμού εννοούμε τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια, τους αντιστροφείς και της βάσης στήριξης των Φωτοβολταϊκών πλαισίων. Από την στιγμή που έχει αποφασιστεί ο τύπος των Φωτοβολταϊκών πλαισίων, ο τύπος των αντιστροφέων καθώς και ο τύπος των βάσεων στήριξης μπορούμε να προχωρήσουμε στην μελέτη χωροθέτησης και διαστασιολόγησης του φωτοβολταϊκού σταθμού. Τα ηλεκτρικά και μηχανολογικά χαρακτηριστικά του βασικού εξοπλισμού που θα επιλεγεί (Φωτοβολταϊκά πλαίσια – αντιστροφείς – βάσεις στήριξης) σε συνδυασμό με τον χώρο εγκατάστασης, ο οποίος είναι της περισσότερες φορές δεδομένος και η επιλογή του δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα αποτελέσουν όπως θα δούμε στην συνέχεια τον οδηγό μας για την επίτευξη του μέγιστου δυνατού κέρδους όσον αφορά την απόδοση σε ενέργεια του φωτοβολταϊκού σταθμού με ότι άλλο μπορεί να συνεπάγεται αυτό.

Η επιλογή του βασικού εξοπλισμού σε μιας τέτοιας έκτασης εγκατάσταση συνήθως γίνεται λαμβάνοντας υπόψη μας τους παρακάτω παράγοντες:

- Εγγυήσεις του κατασκευαστή.
- Κόστος αγοράς.
- Απόδοση.
- Πληροφορίες από την αγορά για το συγκεκριμένο προϊόν κάθε φορά.
- Διαθεσιμότητα.

Πολλές φορές η βαρύτητα που μπορεί να δοθεί σε κάθε ένα από τους παραπάνω παράγοντες αξιολόγησης για την τελική επιλογή του εξοπλισμού μπορεί να επηρεάσει και από μη τεχνικούς εξωτερικούς παράγοντες, όπως για παράδειγμα ο χρονικός περιορισμός της υλοποίησης του έργου, η εκάστοτε πολιτική για την αποζημίωση της παραγόμενης ενέργειας που εγχέεται στο δίκτυο κτλ. Στην συγκεκριμένη περίπτωση για την ανάπτυξη του φωτοβολταϊκού Σταθμού θα χρησιμοποιηθούν **348** panel της **εταιρείας Renesola και τύπου JC230M-24Bp ονομαστικής ισχύος 230Wp**. Για την επίτευξη της μέγιστης ενεργειακής απόδοσης του φωτοβολταϊκού σταθμού **η εγκατάσταση των παραπάνω φωτοβολταϊκών πλαισίων θα γίνει πάνω σε συστήματα Mechatron Solar Tracker T150**, τα οποία παρουσιάσαμε στο κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας.

Το datasheet του φβ πλαισίου υπάρχει στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II\_ renesola\_solar-panel

Τα βασικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Τεχνικά χαρακτηριστικά των πλαισίων RENESOLA JC220M – 24/BL	
Χαρακτηριστικά στα 1.000 W/m <sup>2</sup> (STC)	
Ονομαστική ισχύς - P <sub>MPP</sub>	230 W <sub>p</sub>
Ονομαστική τάση -U <sub>MPP</sub>	28,80 V
Ονομαστική ένταση-I <sub>MPP</sub>	7,65A
Ένταση βραχυκυκλώσεως - I <sub>SC</sub>	7,64A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος – U <sub>OC</sub>	37,10V
Ειδική ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας P <sub>A ειδ.</sub>	7,47 m <sup>2</sup> /kWp
Απόδοση η	13,52%
Χαρακτηριστικά στα 800 W/m <sup>2</sup> (NOCT) <sup>2</sup>	
Ισχύς P <sub>MPP</sub>	158 W
Ρεύμα I <sub>MPP</sub>	5.86 A
Τάση U <sub>MPP</sub>	27,0 V
Ρεύμα βραχυκυκλώσεως I <sub>SC</sub>	6,52 A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος U <sub>OC</sub>	33,3 V
Απόδοση η	12,0%
Ανοχή ισχύος υπό STC	+/- 3%
Μέγιστη Τάση συστήματος	1.000 V DC



Τέλος η διασύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων με το Δημόσιο Δίκτυο της Δ.Ε.Η θα γίνει με συνολικά μέσω **12 αντιστροφών της εταιρείας Kaco και τύπου Powador 6650xi**. Τα στοιχεία για τον αντιστροφέα απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα :

Το datasheet του αντιστροφέα υπάρχει στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III\_ kaco\_TL\_6650xi

Τεχνικές προδιαγραφές	KACO Powador 6650xi
Μέγιστη DC Ισχύς Εισόδου - P <sub>MPP</sub>	7500W
Εύρος Φ/Β Τάσης MPPT- U <sub>PV</sub>	350-600V
Μέγιστη DC Τάση Εισόδου- U <sub>DCmax</sub>	800V
Μέγιστη DC Ένταση Εισόδου - U <sub>DCmax</sub>	19,7A
Κυμάτωση τάσης -U <sub>pp</sub>	<10%
Μέγιστο πλήθος παράλληλων συστοιχιών (PV strings)	4
Μέγιστη Ισχύς Εξόδου (AC) - P <sub>ACmax</sub>	6650W
Ονομαστική AC Τάση Εξόδου - U <sub>AC,nom</sub>	220-240V
Ονομαστική AC Συχνότητα Εξόδου- F <sub>AC,nom</sub>	50 Hz
Μέγιστη απόδοση	98,0 %
Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης	97,7%
Συντελεστής παραμόρφωσης ρεύματος δικτύου	<3%
Διαστάσεις (ΠxΥxB)	810x340x220 mm
Βάρος	32 kg
Εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος	-20°C ..... +60°C
Τρόπος ψύξης	OptiCool
Περιβλήμα με πιστοποίηση κατά DIN EN 60529	IP-65

### 3.2 Διαστασιολόγηση του Φωτοβολταϊκού Σταθμού.

Αρχικά θα πρέπει να ειπωθεί ότι η χωροθέτηση δεν είναι μια ανεξάρτητη μελέτη αναφορικά με την μελέτη της διαστασιολόγησης και αντίστροφα. Με άλλα λόγια η χωροθέτηση και διαστασιολόγηση του φωτοβολταϊκού σταθμού, από την στιγμή που έχει γίνει η επολογή του βασικού εξοπλισμού και χώρου εγκατάστασης, είναι μια διαδικασία συνεχούς επανασχεδιασμού και ανάλυσης. Η ανάλυση και η σύγκριση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης, τα οποία προκύπτουν με την βοήθεια των διαφόρων προγραμμάτων προσομείωσης της ενεργειακής απόδοσης φωτοβολταϊκών συστημάτων που υπάρχουν στην αγορά, οδηγεί τελικά στην τελική χωροθέτηση και διαστασιολόγηση του σταθμού από ένα πλήθος περιπτώσεων. Από τα παραπάνω συνεπάγεται ότι θα πρέπει να έχουν εξ αρχής καλώς οριστεί διαφορες παραδοχές και κανόνες που θα μας οδηγήσουν ευκολότερα στο τελικό αποτέλεσμα.

Συνήθως οι κανόνες αφορούν την διαστασιολόγηση του φωτοβολταϊκού σταθμού και πιο συγκεκριμένα την σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων με τους αντιστροφείς. Ο αριθμός και η τοπολογία σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων (ποσα πάνελ σε σειρά και πόσες σειρές παράλληλα) που μπορεί να συνδεθεί σε ένα αντιστροφέα δεν είναι απεριόριστος, και ο περιορισμός που υπάρχει έγγυται στα τεχνικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά αμφότερων των δυο στοιχείων. Από την άλλη πλευρά οι παραδόχες που μπορούν να γίνουν αφορούν κυρίως στην χωροθέτηση, και πιο συγκεκριμένα σε επίπεδο απωλείων λόγω σκιάσεων μεταξύ των φωτοβολταϊκών πλαισίων και σε επίπεδο χωροθέτησης λόγω ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του χώρου της εγκατάστασης του σταθμού.

Η διαδικασία λοιπόν της διαστασιολόγησης θα πρέπει να ξεκινήσει αρχικά αξιολογώντας τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων και του αντιστροφέα, για να επεκταθεί στην συνέχεια στο πως το σύνολο των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα διαμοιραστεί και θα εγκατασταθεί πάνω στα συστήματα διαξονικής ιχνηλάτισης Mechatron Solar Tracker T150. Αρχικά υπολογίζεται ο μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων που μπορεί να συνδεθεί σε ένα αντιστροφέα και η τοπολογία της σύνδεσης των φωτοβολταϊκών αυτών πλαισίων.

### **Μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων**

Ενας περιορισμός σχετικά με το πλήθος των φωτοβολταϊκών πλαισίων προκύπτει από την μέγιστη δυνατή ισχύ στην είσοδο του αντιστροφέα και δίνεται από την σχέση:

$$\text{Μέγιστη ισχύς είσοδου αντιστροφέα} / \text{Ισχύς φωτοβολταϊκού πλαισίου} = \frac{7500Wp}{230Wp} = 32.6$$

Για την περίπτωση μας ο μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων ανα αντιστροφέα, με βάση των παραπάνω περιορισμό ισούται με 32.

Επίσης λόγω των ορίων της τάσης στην είσοδο του αντιστροφέα υπάρχει ένας δεύτερος περιορισμός στην αριθμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων που μπορεί να συνδεθούν στην είσοδό του. Ο μέγιστος αριθμός πλαισίων που μπορεί να συνδεθούν στον αντιστροφέα προκύπτει από την διαίρεση της μέγιστης δυνατής τάσης στην είσοδο του αντιστροφέα 800V με την τάση ανοικτού κυκλώματος του ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου στους σε θερμοκρασία -5°C. Η επιλογή της θερμοκρασίας αυτής έγινε λόγω της περιοχής εγκατάστασης του σταθμού, στην περιοχή αυτή δεν παρατηρούνται καθολη την διάρκεια του χρόνου θερμοκρασίες μικρότερες των -5°C.

$$\text{Μέγιστη τάση εισόδου αντιστροφέα} / \text{Τάση ανοικτού κυκλώματος πλαισίου σε θερμοκρασία} - 5C = \frac{800V}{40.88V} = 19.5$$

Με βάση λοιπόν τον δεύτερο περιορισμό στην είσοδο του αντιστροφέα δεν μπορούν να συνδεθούν περισσότερα από 19 πανελ συνδεδεμένα σε σειρά.

Ενας τρίτος περιορισμός για τον ελάχιστο αυτή την φορά αριθμό πανελ προκύπτει από την ελάχιστη απαιτούμενη τάση στην είσοδο του αντιστροφέα, με βάση την παρακάτω σχέση:

$$\text{Ελάχιστη τάση εισόδου αντιστροφέα} / \text{Τάση } V_{mp} \text{ πλαισίου σε θερμοκρασία } 60C = \frac{350V}{25.63} = 13.6$$

Από τον περιορισμο αυτό έχουμε ότι ο αριθμός των πανελ δεν μπορεί να είναι μικρότερος του 14 γιατί σε αυτήν την περίπτωση και όταν η θερμοκρασία του πλαισίου είναι 60°C η τάση μιας συστοιχίας με αριθμό πανελ μικρότερο του 14 δεν θα είναι ικανή να παρέχει την απαιτούμενη τάση στην είσοδο του αντιστροφέα για την ορθή λειτουργία αυτού.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι στην είσοδο του κάθε αντιστροφέα θα πρέπει:

- **Να συνδεθούν μέχρι 32 πλαίσια.**
- **Κάθε συστοιχία θα πρέπει να έχει από 14 έως 19 πανελ.**

Με βάση τα παραπάνω και εφόσον ο κάθε αντιστροφέας διαθέτει μόνο ένα MPPT και μπορεί να δεχθεί περισσότερες από μια συστοιχίες στην είσοδο του, καταλήγουμε στις παρακάτω επιλογές σύνδεσης για τον κάθε αντιστροφέα:

**1<sup>η</sup> επιλογή:** 2 συστοιχίες X 14 πλαίσια κάθε συστοιχία (σύνολο 28 πλαίσια).

**2<sup>η</sup> επιλογή:** 2 συστοιχίες X 15 πλαίσια κάθε συστοιχία (σύνολο 30 πλαίσια).

**3<sup>η</sup> επιλογή:** 2 συστοιχίες X 16 πλαίσια κάθε συστοιχία (σύνολο 32 πλαίσια).

Στην συνέχεια, αφού έχουμε καταλήξει στους δυνατούς τρόπους σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων στην είσοδο του αντιστροφέα, μπορούμε να προχωρήσουμε στον υπολογισμό του αριθμού πανελ που θα εγκατασταθούν σε κάθε σύστημα Mechatron Solar Tracker Atlas T150. Δεδομένης της μέγιστης επιφάνειας κάλυψης σε κάθε Tracker T150 η οποία ισούται με 150 τ.μ. μπορούμε να υπολογίσουμε τον μέγιστο αριθμό πλαισίων που μπορεί να εγκατασταθούν σε κάθε Tracker και στην συνέχεια των αριθμό Tracker T150 που θα απαιτηθούν για την εγκατάσταση των πλαισίων. Ο μέγιστος αριθμός πλαισίων του συγκεκριμένου τύπου σε ένα Tracker Atlas T150 είναι:

$$\text{Μεγιστη επιφάνεια κάλυψης Tracker} / \text{Επιφάνεια πλαισίου} = \frac{150\text{m}^2}{1.64\text{m} \times 0.992\text{m}} = 92.2$$

**Προκύπτει δηλαδή ότι ο μέγιστος αριθμός πλαισίων ανα Tracker είναι 92 πλαίσια.** Συνεπώς θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν 4 συστήματα Mechatron Solar Tracker Atlas T150, αφού τα 348 πλαίσια που θα χρησιμοποιηθούν δεν μπορούν να εγκατασταθούν πάνω σε λιγότερα συστήματα T150.

Λαμβάνοντας υποψη τις διαθέσιμες επιλογές όσον αφορά την σύνδεση φωτοβολταϊκών πλαισίων – αντιστροφέων, στις οποίες καταλήξαμε παραπάνω, έχουμε τις διαθέσιμες επιλογές όσον αφορά την αγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε κάθε Tracker:

**1<sup>η</sup> επιλογή:** 84 πλαίσια (= 3 αντιστροφείς X 2 συστοιχίες σε κάθε αντιστροφή X 14 πλαίσια κάθε συστοιχία)

**2<sup>η</sup> επιλογή:** 86 πλαίσια (= 2 αντιστροφείς X 2 συστοιχίες σε κάθε αντιστροφή X 14 πλαίσια κάθε συστοιχία  
+ 1 αντιστροφέας X 2 συστοιχίες X 15 πλαίσια κάθε συστοιχία)

**3<sup>η</sup> επιλογή:** 88 πλαίσια (= 2 αντιστροφείς X 2 συστοιχίες σε κάθε αντιστροφή X 15 πλαίσια κάθε συστοιχία  
+ 1 αντιστροφέας X 2 συστοιχίες X 14 πλαίσια κάθε συστοιχία)

**4<sup>η</sup> επιλογή:** 90 πλαίσια (= 3 αντιστροφείς X 2 συστοιχίες σε κάθε αντιστροφή X 15 πλαίσια κάθε συστοιχία)

**4<sup>η</sup> επιλογή:** 92 πλαίσια (= 2 αντιστροφείς X 2 συστοιχίες σε κάθε αντιστροφή X 15 πλαίσια κάθε συστοιχία  
+ 1 αντιστροφέας X 2 συστοιχίες X 16 πλαίσια κάθε συστοιχία)

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να καταγράψουμε τις διαθέσιμες επιλογές μας για το πόσα πλαίσια θα εγκαταστήσουμε σε κάθε Tracker, με τρόπο ώστε να μην προκύπτει σύνδεση πλαισίων του ενός συστήματος Tracker με φωτοβολταϊκά πλαίσια άλλου συστήματος Tracker. Μερικές διαθέσιμες λύσεις φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πλάισια στον Tracker 1	Πλάισια στον Tracker 2	Πλάισια στον Tracker 3	Πλάισια στον Tracker 4	Συνολικός αριθμός πλαισίων
84	84	88	92	348
84	84	90	90	348
84	86	88	90	348
86	86	88	88	348

**Για την εγκατάσταση επιλέχθηκε η τελευταία λύση όπου σε δύο Tracker εγκαθίστανται 86 πλαίσια και στους άλλους δύο Tracker 88 πλαίσια.**

Από την παραπάνω ανάλυση έγινε φανερό πως προέκυψε ο αριθμός των συνολικά 12 αντιστροφέων μέσω των οποίων θα γίνει η σύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Ο αριθμός 12 είναι βολικός για έναν ακομα λόγω αφού ο αριθμός 12 είναι πολλαπλάσιο του 3 και με τον τρόπο αυτό θα έχουμε 3 αντιστροφείς που θα εγκατασταθούν σε κάθε σύστημα Tracker και δυνατότητα μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας με τριφασικό καλώδιο με συνέπεια μειωμένες απώλειες ενέργειας κατά την μεταφορά, ευκολότερη εγκατάσταση και μικρότερο κόστος.

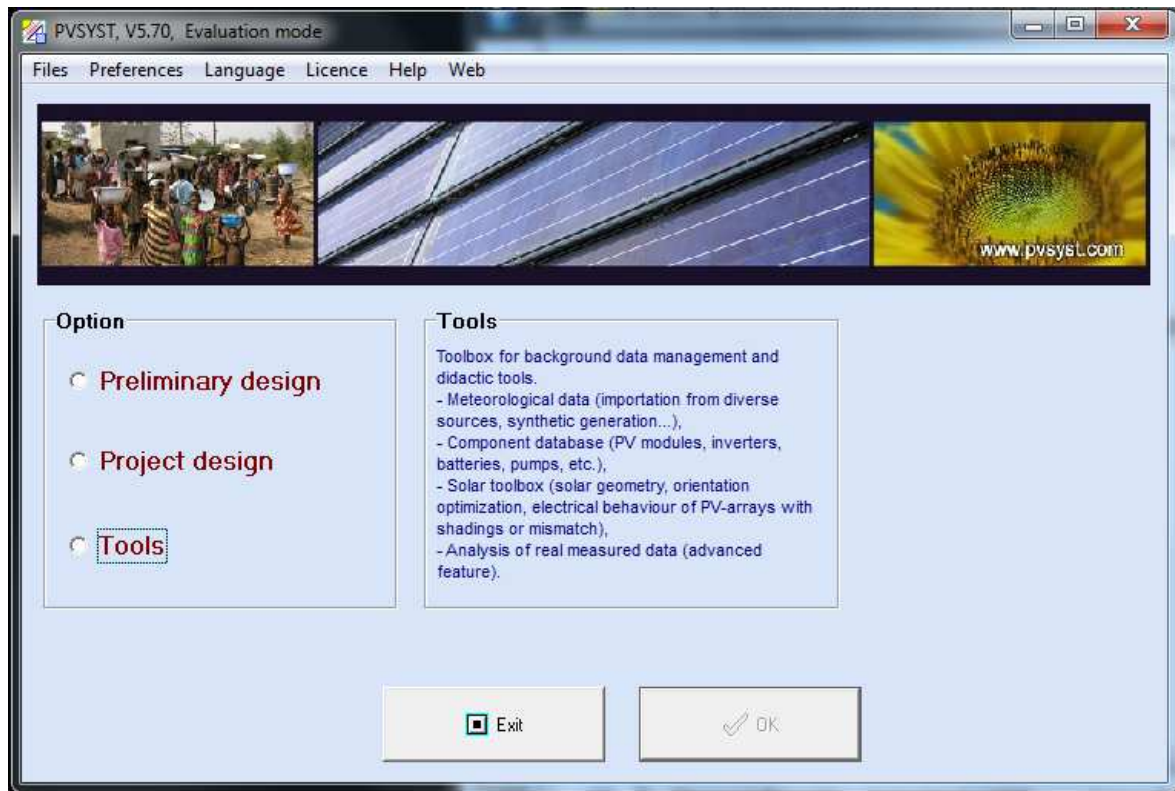
Η διαστασιολόγηση του πάρκου ελεγχθηκε και επιβιβρώθηκε με το προγραμμα διαστασιολογησης της εταιρείας KACO και φαίνεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV\_ΔΙΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ KacoCalc Pro 2.9.6

Αφου έχουμε καταλήξει στην διαστασιολόγηση των φωτοβολτικών πλαισίων με τους αντιστροφείς και τα συστήματα Mechatron Solar Tracker T150, μπορούμε πλέον να προχωρήσουμε στην χωροθέτηση των συστημάτων στον δεδομένο χώρο και στην προσομοίωση του συστήματος με την βοήθεια του προγράμματος εξομοίωσης PVSyst.

### 3.3 Χωροθέτηση & Εξομοίωση με το λογισμικό PVSYST.

Το PVSyst αποτελεί λογισμικό για την μελέτη, την εξομοίωση και ανάλυση ολοκληρωμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ασχολείται με τα φωτοβολταϊκά συστήματα διαφόρων τύπων όπως grid connected, stand alone και περιλαμβάνει εκτενείς βάσεις δεδομένων μετεωρολογικών στοιχείων καθώς επίσης και φωτοβολταϊκών συστημάτων (φωτοβολταϊκών πλαισίων και φωτοβολταϊκών αντιστροφέων). Παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να προσομοιώσει την χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού σταθμού και υπολογίζει τις αναμενόμενες απώλειες λόγω σκιάσεων από εμπόδια ή και από τα συστήματα μεταξύ τους.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η αρχική σελίδα του προγράμματος με τις βασικές επιλογές.



Σχήμα 3.1 Interface PVSYST

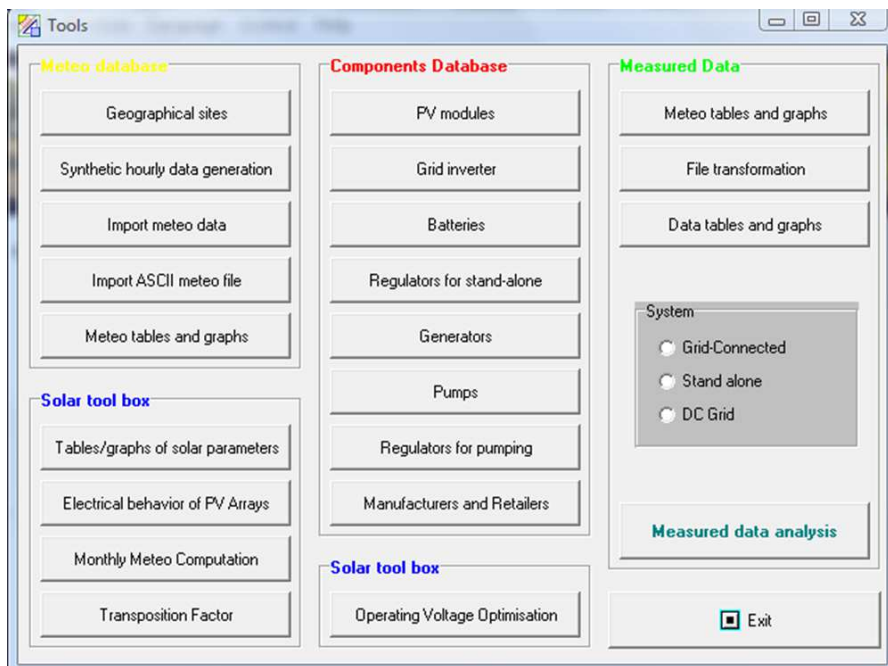
- 1<sup>η</sup> Επιλογή είναι η Preliminary design : Σε αυτή τη λειτουργία οι αξιολογήσεις για την απόδοσης του συστήματος εκτελούνται πολύ γρήγορα σε μηνιαίες τιμές, χρησιμοποιώντας μόνο λίγα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος ή τις παραμέτρους, χωρίς να προσδιορίζει συγκεκριμένα στοιχεία του συστήματος. Μία κατά προσέγγιση εκτίμηση του κόστους του συστήματος είναι επίσης διαθέσιμη.
- 2<sup>η</sup> Επιλογή είναι η Project design : Στόχος αυτής της λειτουργίας είναι η εκτέλεση ενός λεπτομερή σχεδιασμού του συστήματος με ωριαία προσομοίωση. Στο πλαίσιο ενός "σχεδίου", ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει διάφορες προσομοιώσεις του συστήματος και να τις συγκρίνει. Έχει την δυνατότητα να

καθορίσει το επίπεδο του προσανατολισμού και να προσομοιώσει με ακρίβεια την διαστασιολόγηση του σταθμού.

- Η επιπλέον επιλογή “Tools” περιλαμβάνει τη διαχείριση βάσεων δεδομένων, μετεωρολογικών δεδομένων και φωτοβολταϊκών στοιχείων - καθώς και ορισμένα άλλα ειδικά εργαλεία.

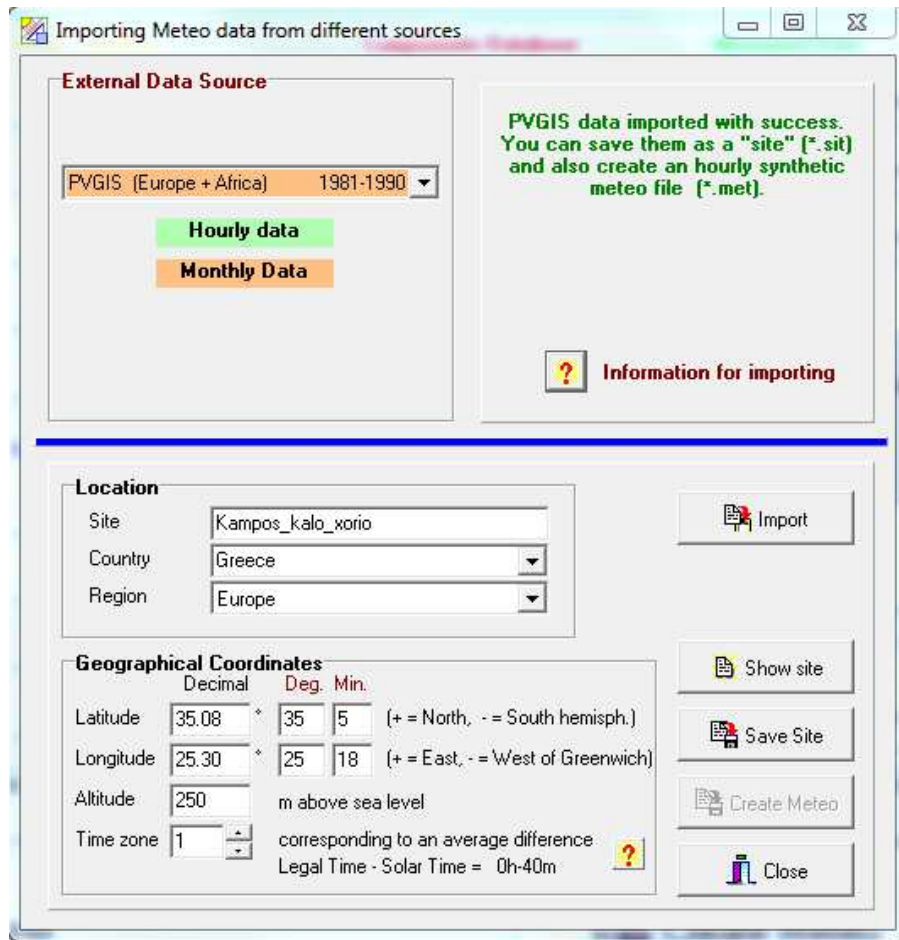
Για να έχουμε μια ολοκληρωμένη μελέτη προσομοίωσης του φωτοβολταϊκού σταθμού θα πρέπει αρχικά να εισάγουμε στο πρόγραμμα τα δεδομένα της συγκεκριμένης περιοχής, στην οποία θα γίνει η εγκατάσταση του σταθμού. Επομένως ξεκινάμε με την επιλογή “Tools” και εμφανίζεται η οθόνη όπως στην παρακάτω εικόνα:

[<sup>17</sup>]



Σχήμα 3.2 Παράθυρο εργαλειοθήκης με υπόβαθρο για τα δεδομένα διαχείρισης

<sup>17</sup> <http://files.pvsyst.com/help/index.html>



Σχήμα 3.3 Παράθυρο εισαγωγή μετεωρολογικών δεδομένων από διαφορετικές πηγές

Για την συγκεκριμένη μελέτη προσομοίωσης επελέγει να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα ηλιοφάνειας της συγκεκριμένης περιοχής όπως αυτά προκύπτουν από το PVGIS.

Για τη εισαγωγή των δεδομένων από το PVGIS θα μπορούμε στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>, εκεί θα επιλέξουμε τους διαδικτυακούς χάρτες της Ευρώπης και στην συνέχεια την γεωγραφική θέση που θέλουμε.

Επιλέγουμε την καρτέλα Monthly global irradiation data και στη συνέχεια από το drop down menu του radiation database το Climate – SAF PVGIS, επίσης πρέπει να τσεκάρουμε το Horizontal irradiation, το Dif. / global radiation και στο Monthly ambient temperature data το Daily average of temperature. Στο output options θα επιλέξουμε το Show graphs, το Show horizon και το web page, στη συνέχεια πατάμε το calculate.

The screenshot shows the PVGIS web interface. At the top, there are logos for JRC and CM SAF, and the title "Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps". The navigation bar includes "EUROPA > EC > JRC > IE > RE > SOLAREC > PVGIS > Interactive maps > europe". A search bar contains the coordinates "e.g., 'Ispra, Italy' or '45.256N, 16.9589E'". The cursor position is 35.121, 25.276 and the selected position is 35.120, 25.275. The main panel is titled "Monthly global irradiation data" and includes options for radiation database (Climate-SAF PVGIS), irradiation types (Horizontal, at opt. angle, at chosen angle), and ambient temperature data (Average daytime, Daily average, Heating degree days). Output options include Show graphs, Show horizon, Web page, Text file, and PDF. A "Calculate" button and a "[help]" link are also visible.

Σχήμα 3.4 Διαδικτυακή σελίδα PVGIS

Τα δεδομένα που μεταφέρουμε στο PVSYST για τον υπολογισμό είναι ο πίνακας με την εκτίμηση των μακροπρόθεσμων μηνιαίων μέσο όρων καθώς και το σχεδιάγραμμα που μας δείχνει το περίγραμμα του ορίζοντα.

**Monthly Solar Irradiation**

**PVGIS Estimates of long-term monthly averages**

Location: 35°7'11" North, 25°16'31" East, Elevation: 383 m a.s.l.,

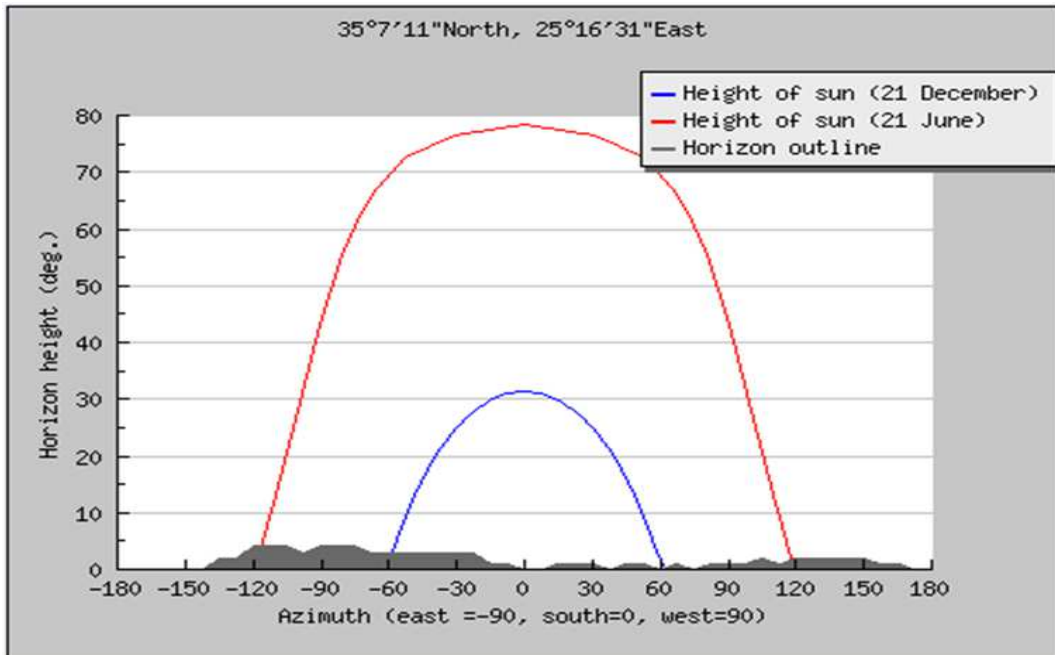
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Optimal inclination angle is: 29 degrees  
Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	$H_h$	$D/G$	$T_{24h}$
Jan	2450	0.47	10.4
Feb	3100	0.46	10.4
Mar	4800	0.37	12.0
Apr	6040	0.37	14.8
May	7170	0.32	19.1
Jun	8450	0.21	23.1
Jul	8420	0.20	25.6
Aug	7610	0.21	25.5
Sep	5790	0.29	22.7
Oct	4260	0.36	19.1
Nov	2840	0.42	15.2
Dec	2160	0.49	12.1
<b>Year</b>	<b>5270</b>	<b>0.30</b>	<b>17.5</b>

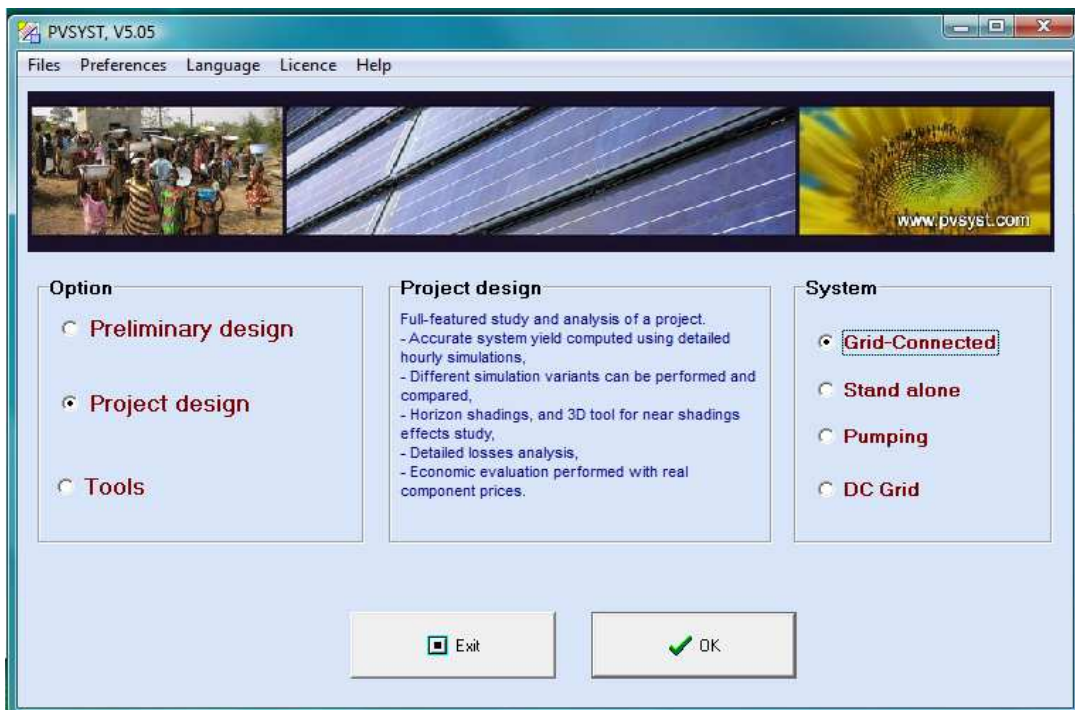
$H_h$ : Irradiation on horizontal plane ( $Wh/m^2/day$ )  
 $D/G$ : Ratio of diffuse to global irradiation (-)  
 $T_{24h}$ : 24 hour average of temperature ( $^{\circ}C$ )

Σχήμα 3.5 Μακροπρόθεσμοι μηνιαίοι μέσοι όροι



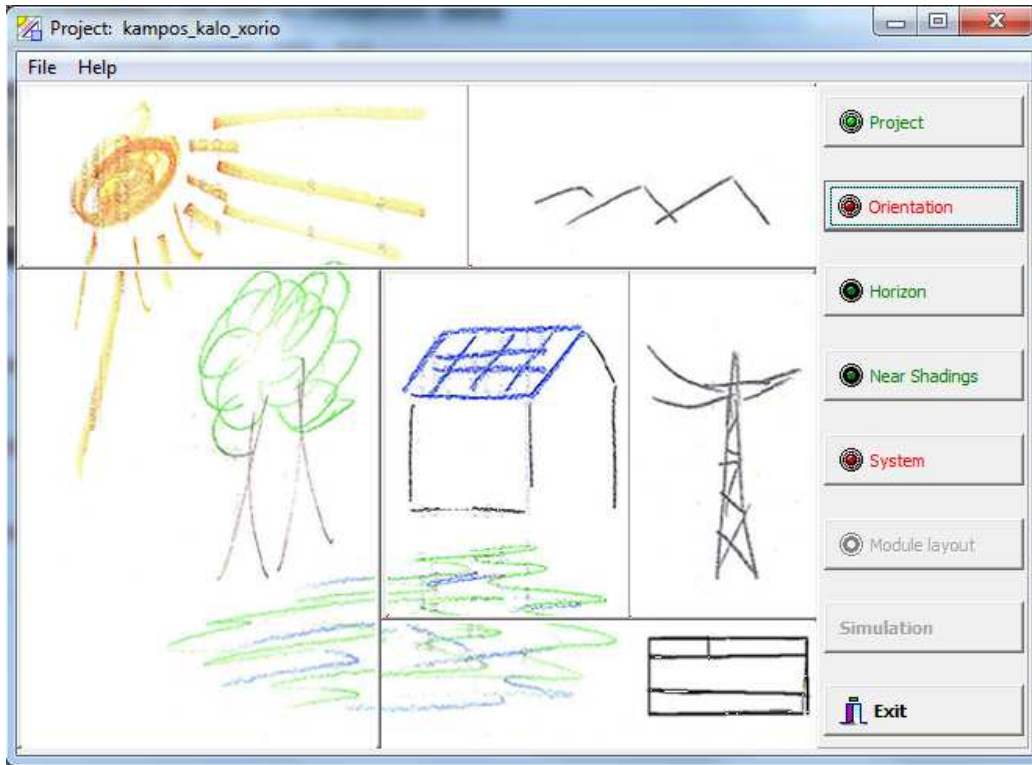
Σχήμα 3.6 Σχεδιάγραμμα του ορίζοντα

Αφού περάσαμε τα μετεωρολογικά δεδομένα και τα στοιχεία για το ηλιακό δυναμικό και την θερμοκρασία της γεωγραφικής περιοχής όπου έχει εγκατασταθεί το Φ/Β πάρκο, θα γυρίσουμε στο interface του προγράμματος όπου θα επιλέξουμε το project design και το grid-connected (σχήμα 3.7).

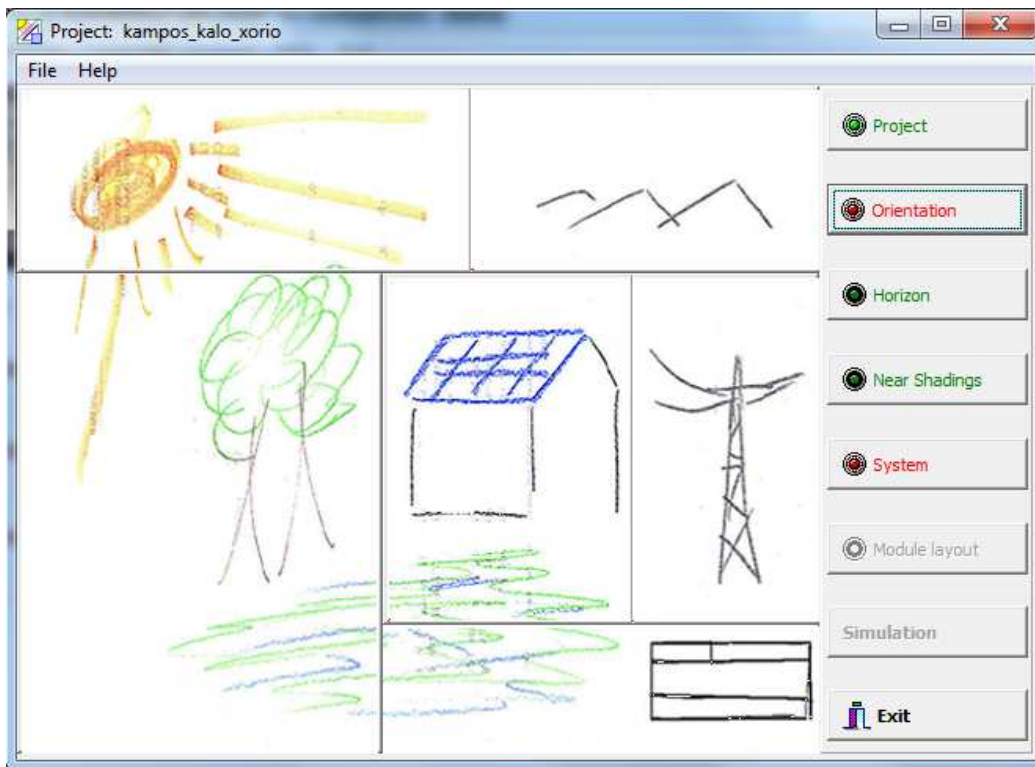


Στην συνέχεια ακολουθεί το κεντρικό interface (σχήμα 3.8) το οποίο λειτουργεί ως συνδετικός κρίκος μεταξύ των υπολογιστικών φύλλων, που μελετούν την διαστασιολόγηση με βάση τις ακόλουθες παραμέτρους.

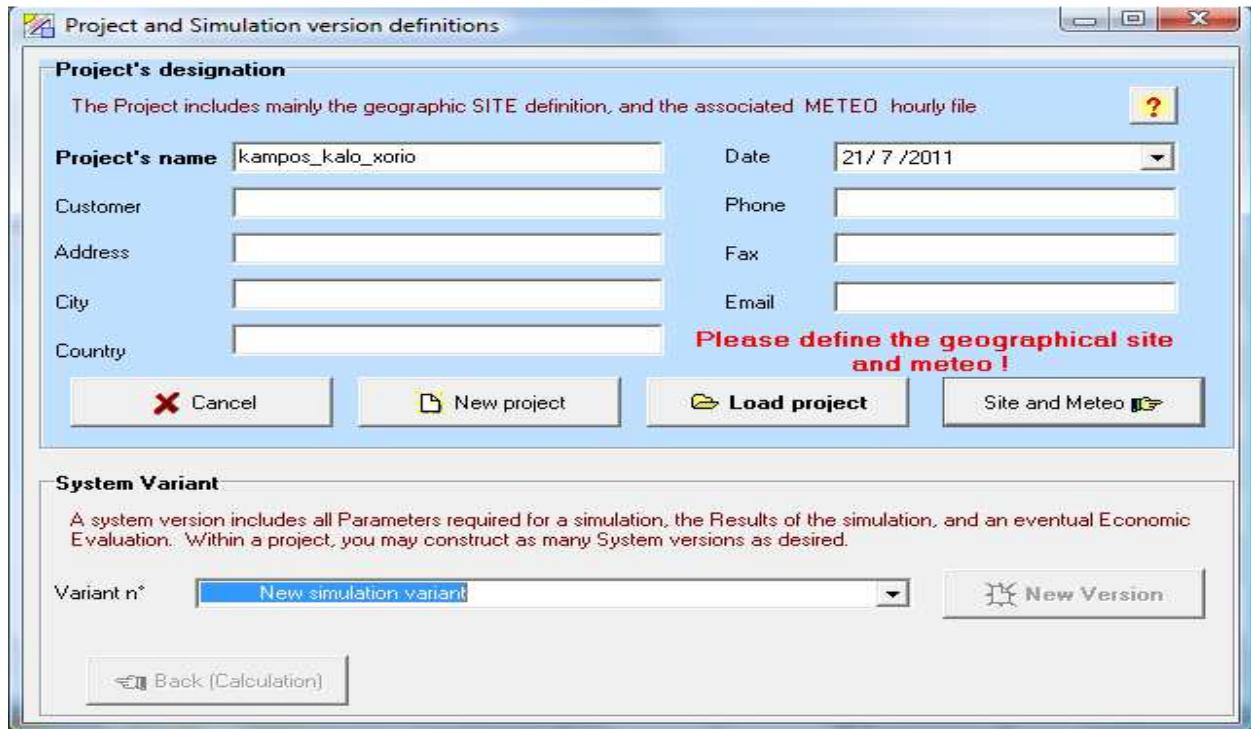




- (Project) Η γεωγραφική θέση του έργου και τα μετεωρολογικά δεδομένα της ευρύτερης περιοχής.
- (Orientation) Επιλογή συστήματος στήριξης Φ/Β πλαισίων.
- (Horizon) Σχηματική απεικόνιση του ορίζοντα απο την γεωγραφική θέση του συστήματος.
- (Near shading) Πρόκειται για υπολογιστικό και σχεδιαστικό φύλλο εργασιών στο οποίο μπορούμε να προσομοιώσουμε την χωροθέτηση του σταθμού.
- (System) Διαστασιολόγηση του συστήματος.
- (Simulation) Προσομοίωση του συστήματος.

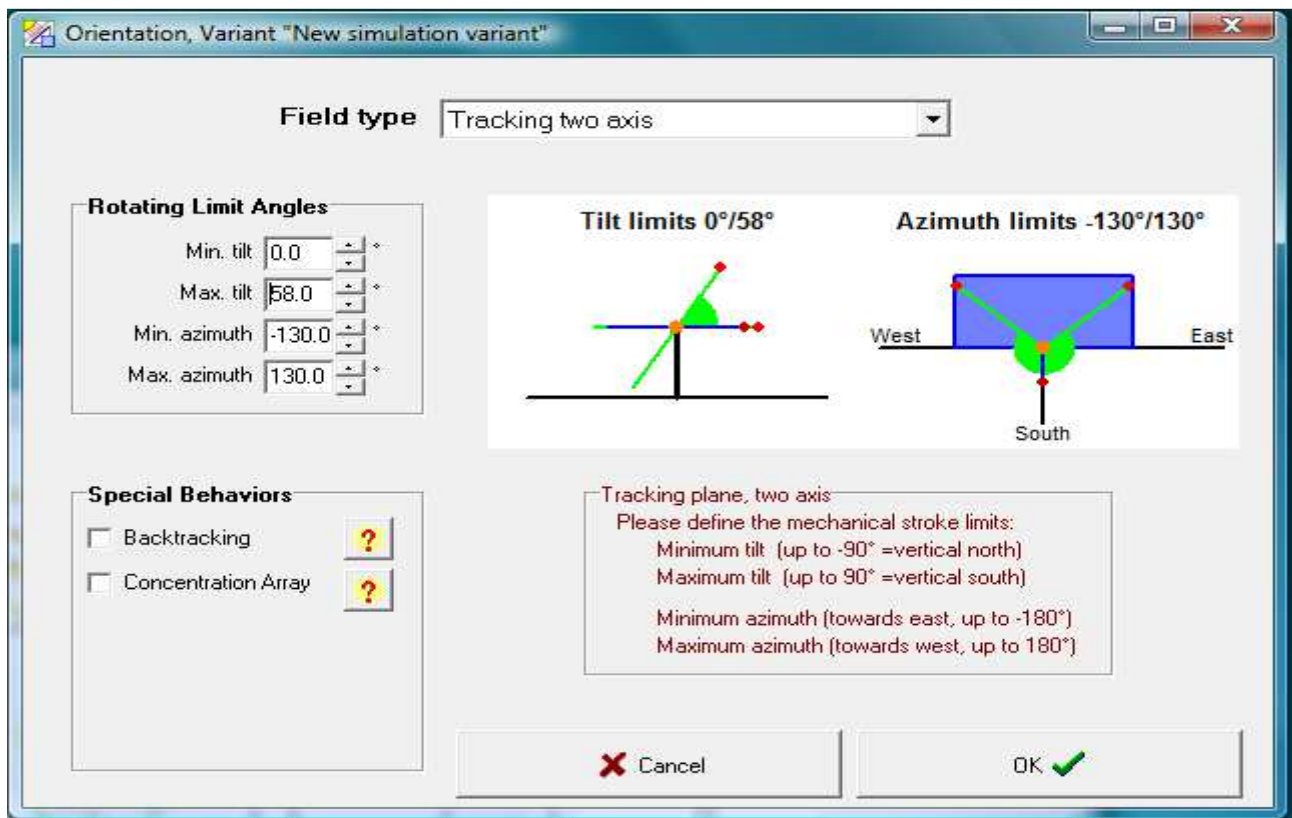


Σχήμα 3.9 Interface PVSYST V5.7



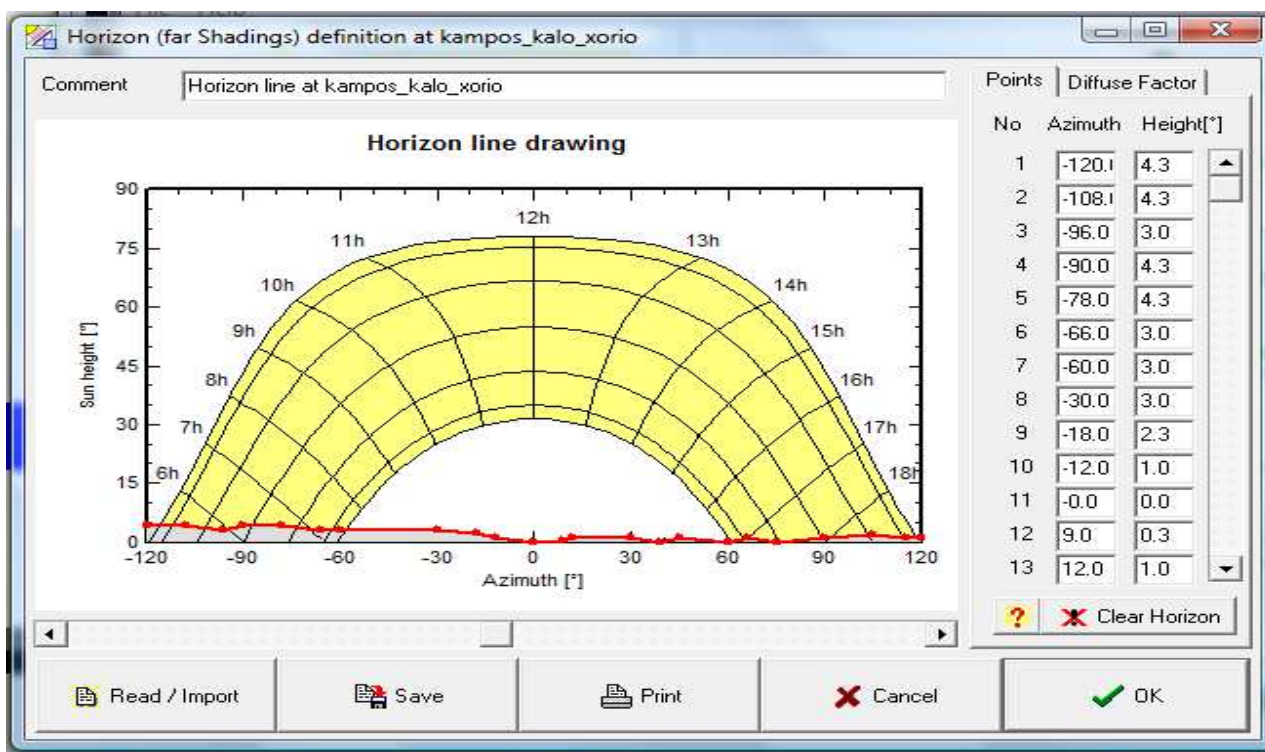
Σχήμα 3.10 Παράθυρο για την γεωγραφική θέση του έργου και τα μετεωρολογικά δεδομένα της ευρύτερης περιοχής

Στην επόμενη απεικόνιση (σχήμα 3.11) ορίζουμε το σύστημα διαξονικής ιχνηλάτισης ως τύπο πεδίου, ενώ τα όρια για την κατακόρυφη κίνηση του tracker είναι από  $0^{\circ}$  έως  $58^{\circ}$  μοίρες και η οριζόντια κίνηση του tracker ως προς τον βορρά είναι από  $-130^{\circ}$  έως  $130^{\circ}$  μοίρες



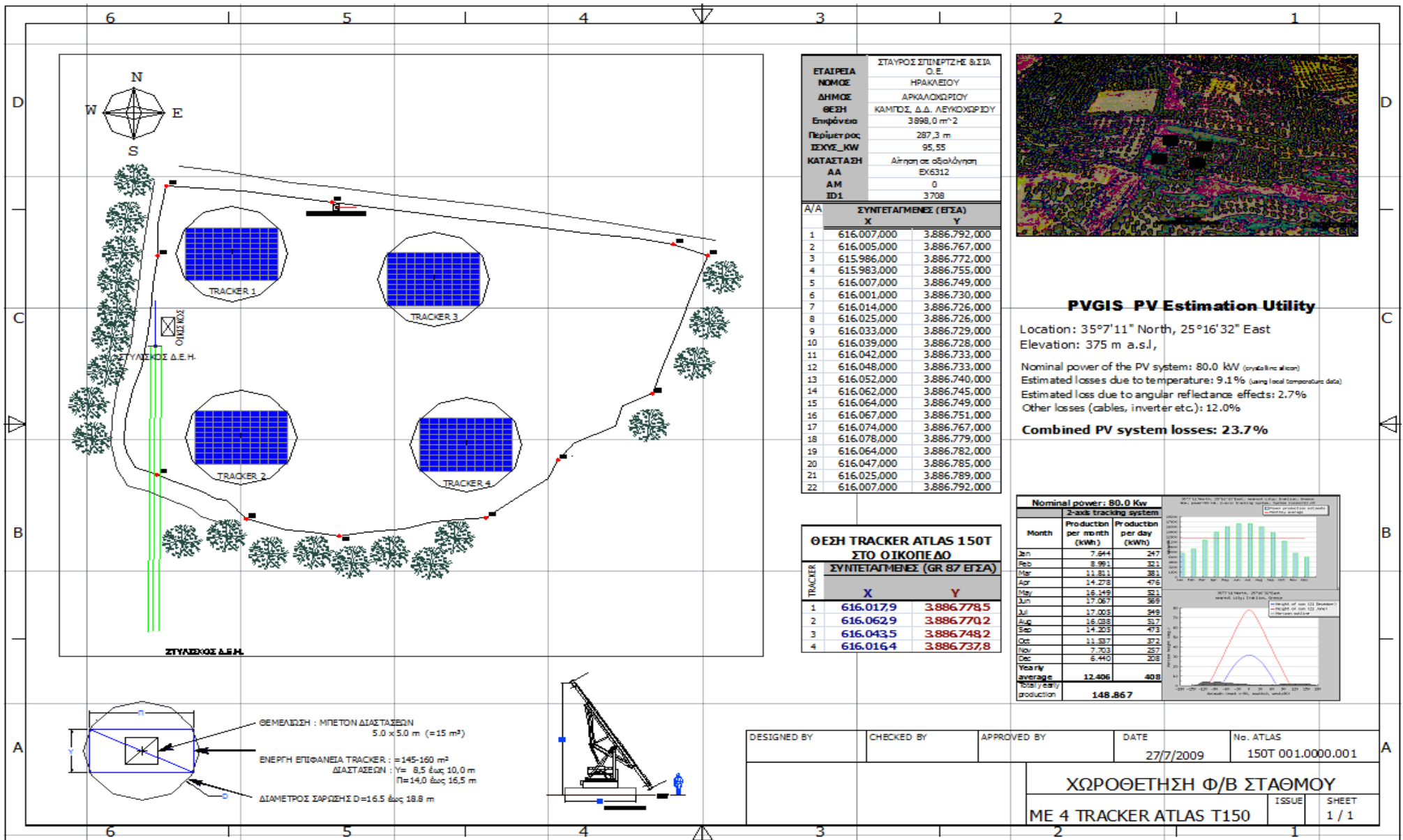
Σχήμα 3.11 Παράθυρο για τον προσανατολισμός του συστήματος ως προς το αζιμούθιο και την κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο

Στην παράμετρο Horizon έχουμε την σχηματική απεικόνιση του ορίζοντα έτσι ώστε να γνωρίζουμε τις πιθανές απώλειες ενέργειας λόγω του ορίζοντα, δηλαδή της θέσης εγκατάστασης.



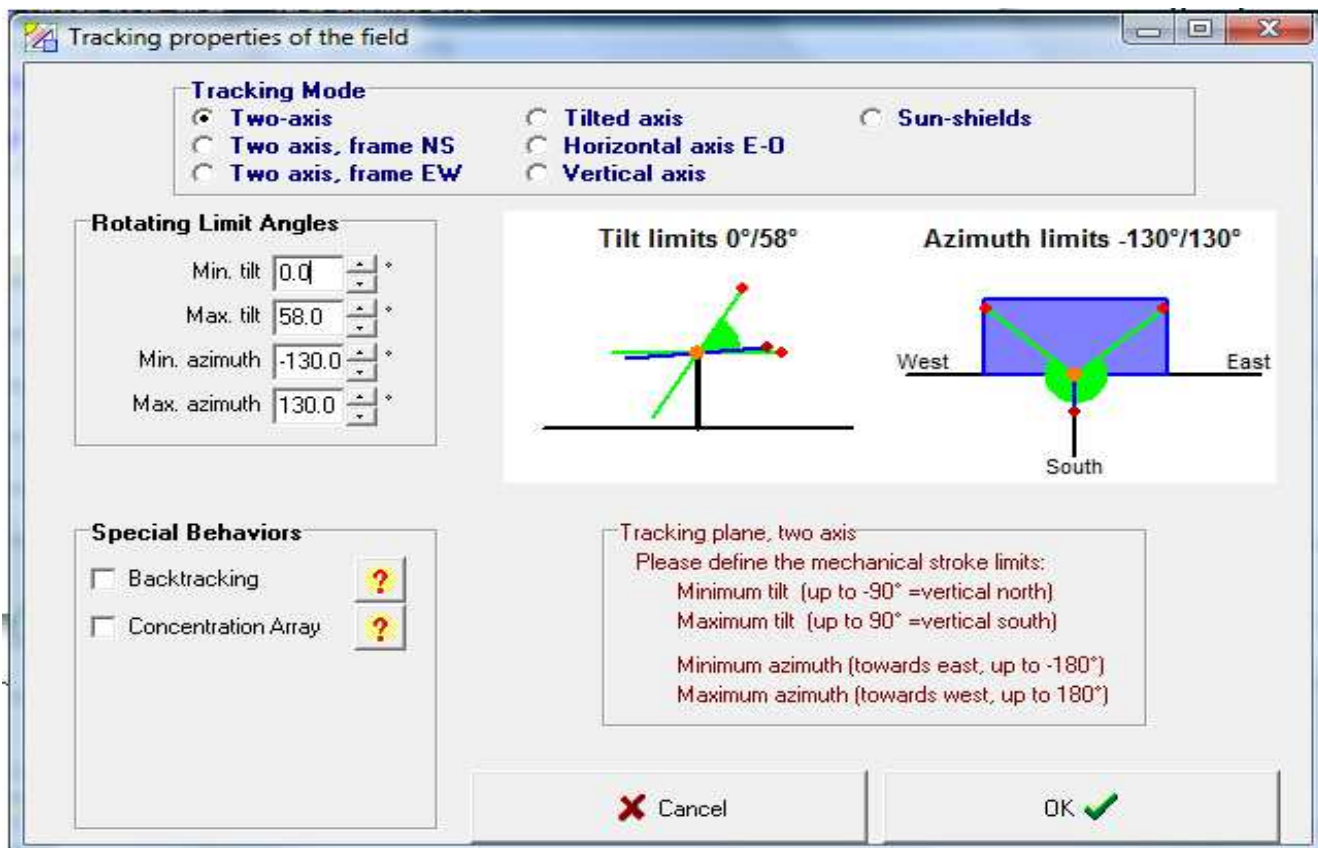
Σχήμα 3.12 Σχηματική απεικόνιση του ορίζοντα απο την γεωγραφική θέση του συστήματος

Στην παράμετρο κοντινές σκιάσεις (Near shading) εισάγουμε την χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού σταθμού όπως την έχουμε διαμόρφωση με την βοήθεια του Autoocad εντός του αγροτεμαχίου εγκατάστασης, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Η χωροθέτηση των τεσσάρων συστημάτων Mechatron Solar Tracker έγινε με τρόπο ώστε να έχουμε τις βέλτιστες αποστάσεις μεταξύ των Tracker. Κριτήριο μας για την επιλογή των αποστάσεων μεταξύ των συστημάτων Mechatron Solar Tracker αποτελεί η απώλεια ενέργειας λόγω σκιάσεων σε ετήσια βάση. Μια καλή παραδοχή θεωρείται οι απώλειες ενέργειας από σκιάσεις μεταξύ των συστημάτων Mechatron Solar Tracker να μην υπερβαίνει το 2% της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας και σκοπός μας είναι η απώλεια ενέργειας λόγω σκιάσεων να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.



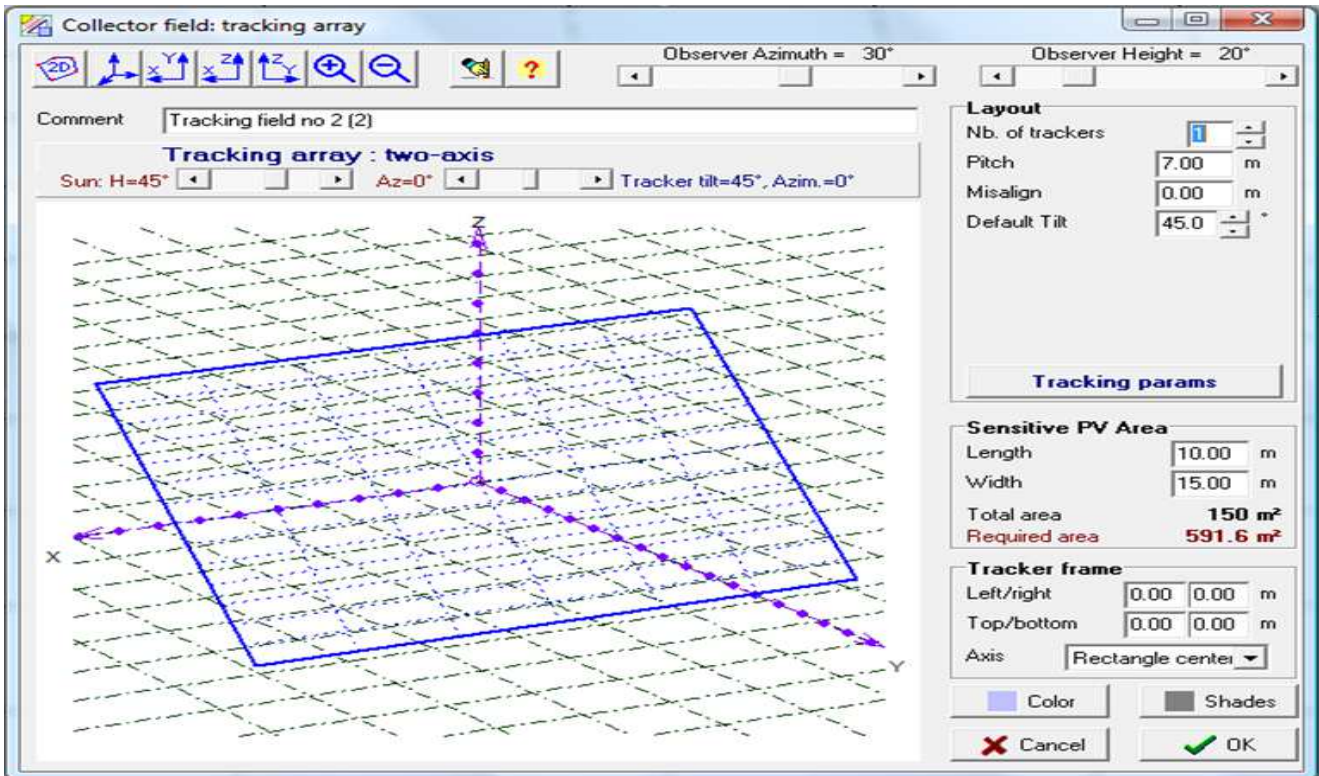
Σχήμα 3.13 Χωροθέτηση για το Φ/Β πάρκο των 80KWp στην τοποθεσία Κάμπος Καλό χωριό με μηδενισμένο το νοτιοδυτικό σημείο του χωραφιού

Στην συνέχεια θα περάσουμε στο PVSYSYΤ στην παράμετρο near shading στην επιλογή construction / perspective. Εκεί θα περάσουμε στις επιλογές objects – New – Tracking PV plane όπου στο tracking mode θα επιλέξουμε το two axis (κίνηση σε δύο άξονες), ενώ στο rotating limit angles θα δώσουμε τιμές για την ελάχιστη – μέγιστη κλίση ( $0^{\circ}$  έως  $58^{\circ}$ ) του tracker και τις τιμές για την κίνηση του tracker στο αζιμουθιο ( $-130^{\circ}$  έως  $130^{\circ}$ ) (σχήμα 3.14).

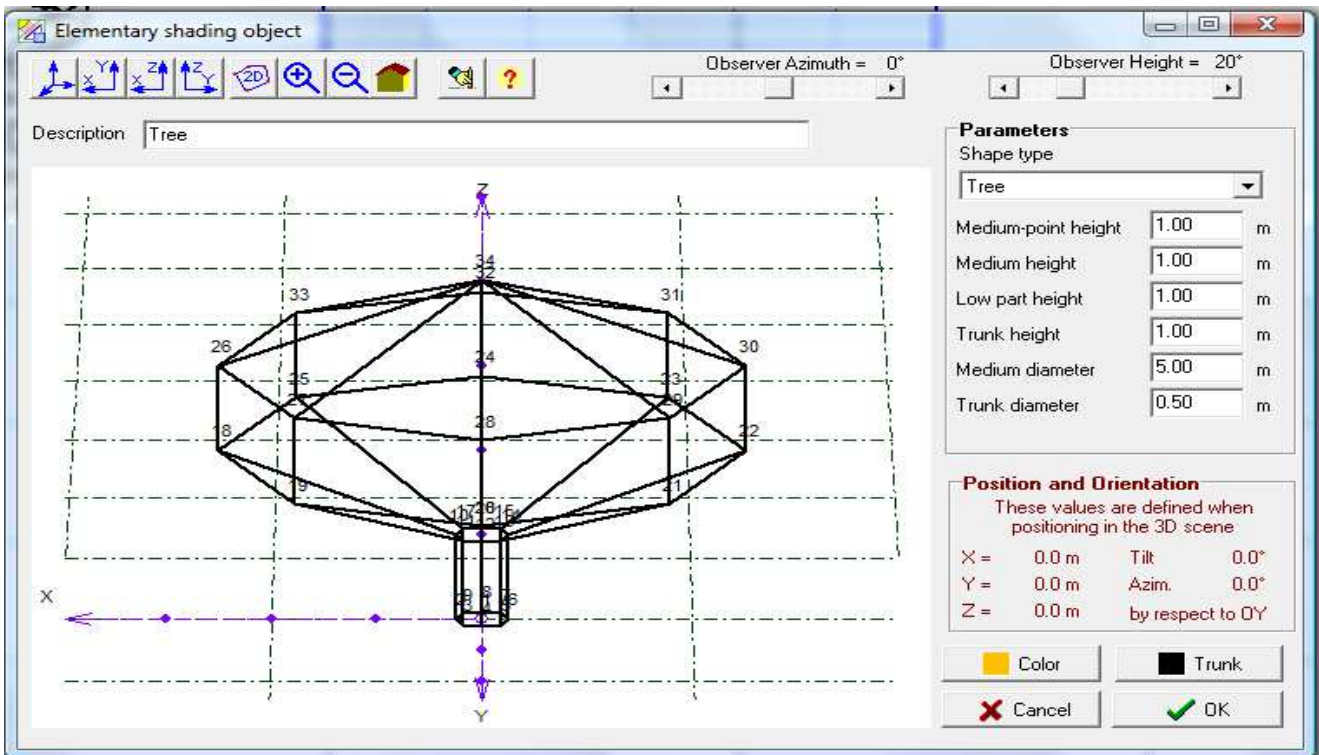


Σχήμα 3.14 Παράθυρο που ορίζουμε τα όρια της κίνησης του tracker κατ την κάθετη και οριζόντια κίνηση

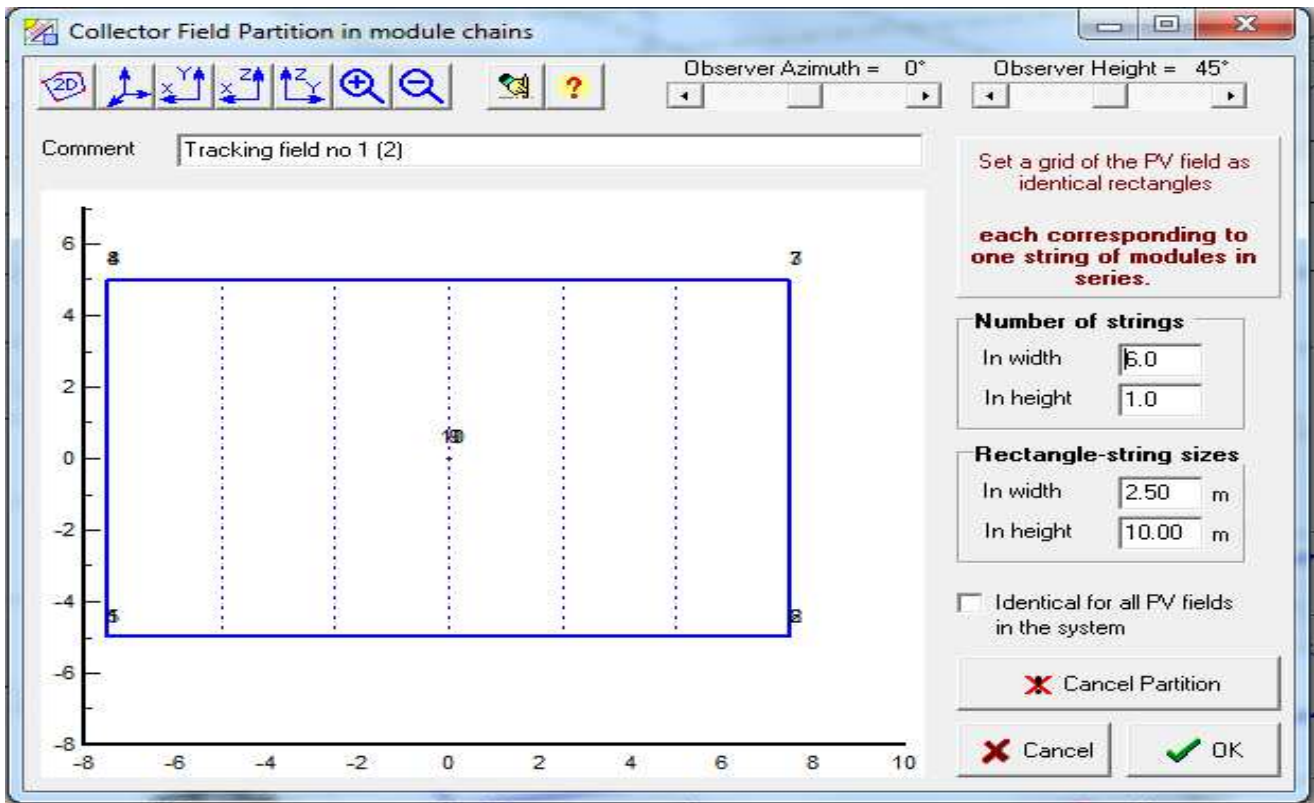
Στην συνέχεια θα περάσουμε στο παράθυρο collector field: tracking array όπου θα δώσουμε το σχήμα της επιφάνειας του tracker που θα φτιάξουμε για να περάσουμε στο περιβάλλον του προγράμματος, το ύψος του απο το έδαφος και την επιφάνεια που καλύπτεται απο Φ/Β πάνελ. Στο sensitive area θα δώσουμε το μήκος και το πλάτος της επιφάνειας του tracker : Μήκος=15 μέτρα , Πλάτος=10μέτρα, ενώ στο tracker frame απο την στιγμή που αξιοποιούμε όλο το πλαίσιο του tracker θα μηδενίσουμε όλες τις τιμές στο left/right και top/bottom. Το σημείο z/Height είναι 4,58m που είναι το ύψος του tracker (σχήμα 3.18).Επίσης με την επιλογή elementary shading object (3.16) θα δημιουργήσουμε τα δέντρα τα οποία υπάρχουν πολύ κοντά στο χωράφι. Ακόμα για να ορίσουμε το χώρισμα το στοιχειοσειρών στο πλαίσιο του κάθε tracker, κατά μήκος και κατά πλάτος του πλαισίου, θα ανοίξουμε το παράθυρο Collector field partition in module chains (σχήμα 3.17).



Σχήμα 3.15 Παράθυρο που ορίζουμε την συνολική επιφάνεια του tracker, το ύψος του απο το έδαφος και την επιφάνεια του πλαισίου που αξιοποιείται.

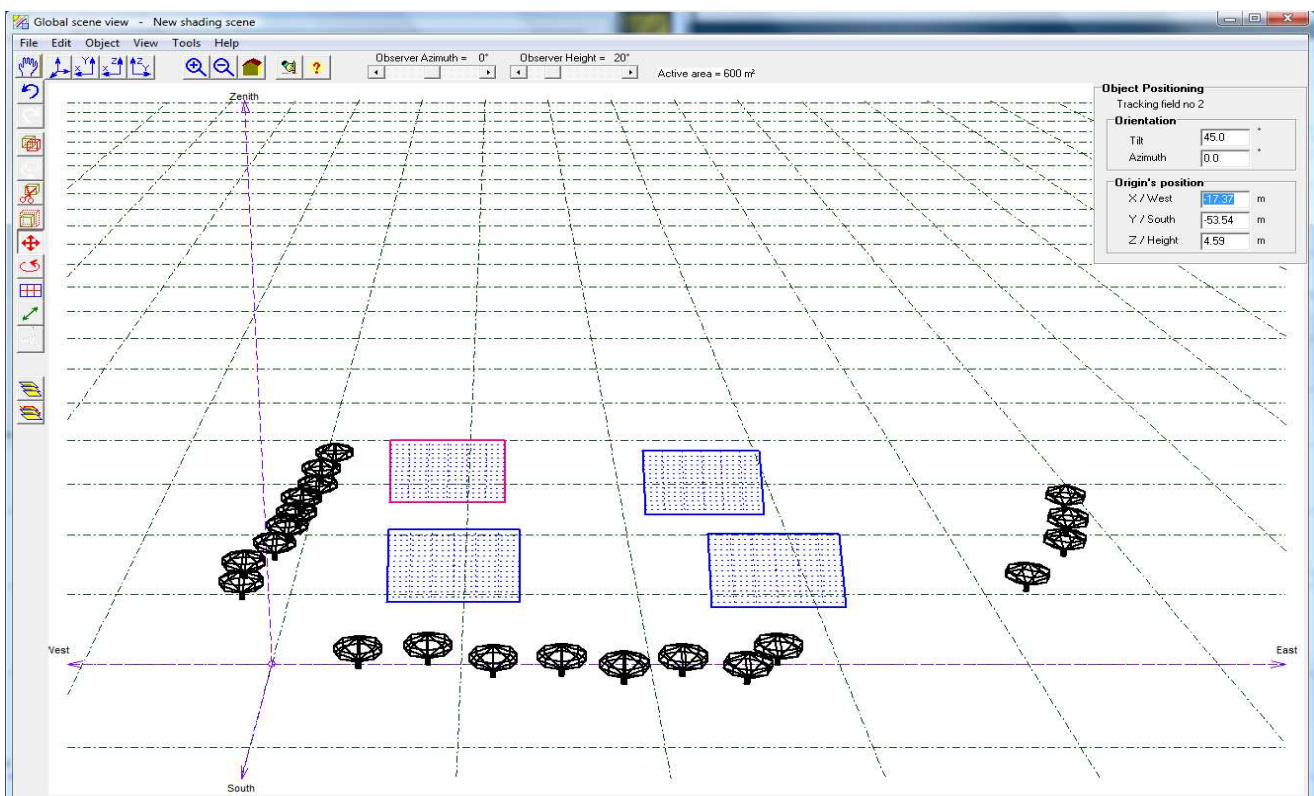


Σχήμα 3.16 Ορισμός αντικειμένων σκίασης



Σχήμα 3.17 Ορισμός του αριθμού των πάνελ κατά μήκος και κατά πλάτος του πλαισίου του tracker

Τέλος για να περάσουμε την θέση του κάθε tracker στο περιβάλλον του προγράμματος θα πάμε στο object - position in scene και θα δώσουμε τις συντεταγμένες x και y που μετράμε από το κέντρο του κάθε tracker από το σχέδιο του Autocad στο σχήμα 3.13. Το σημείο z/Height είναι 4.58 σε κάθε tracker (σχήμα 3.18), επίσης με τον ίδιο τρόπο θα περάσουμε και τις θέσεις των δέντρων .



Σχήμα 3.18 Χωροθέτηση των tracker σε 3D περιβάλλον

Στην επιλογή System έχουμε την δυνατότητα εισαγωγής στην μελέτη του εξοπλισμού που επιλέξαμε και της διαστασιολόγησης που υπολογίστηκε παραπάνω (ενότητα 3.2)

Κάθε μια καρτέλα από τις επόμενες τέσσερις που ακολουθούν αναφέρεται στην διαστασιολόγηση ενός κάθε φορά από τα συνολικά τέσσερα συστήματα Mechatron Solar Tracker.

The screenshot shows the 'Grid system definition' software interface with the following sections:

- Global System configuration:** Number of kinds of sub-fields: 4. Includes a 'Simplified Schema' button.
- Global system summary:**

Nb. of modules	170	Nominal PV Power	38.7 kWp
Module area	273 m <sup>2</sup>	Maximum PV Power	37.4 kWdc
Nb. of inverters	8	Nominal AC Power	49.2 kWac
- Sub-field #1 | Sub-field #2 | Sub-field #3 | Sub-field #4:**
  - Presizing Help:**  No Sizing. Enter planned power: 19.8 kWp, ... or available area: 140 m<sup>2</sup>.
  - Select the PV module:** Sort modules by:  Power,  Technology,  Manufacturer. Selected: 230 Wp 25V Si-poly, JC230M-24/Bb, Renesola. Approx. needed modules: 86. Sizing voltages: V<sub>mpp</sub> (60°C): 25.7 V, V<sub>oc</sub> (-10°C): 40.6 V.
  - Select the inverter:** Sort inverters by:  Power,  Voltage (max),  Manufacturer. Selected: 7.2 kW, 350 - 600 V, 50/60 Hz, Powador 7200 xi, KACO new energy. Nb. of inverters: 3. Operating Voltage: 350-600 V, Input maximum voltage: 800 V, Global Inverter's power: 21.6 kWac.
  - Design the array:**
    - Number of modules and strings:** Mod. in series: 14 (should be between 14 and 19), Nbre strings: 6 (impossible (Min=7, Max=6)). Overload loss: 0.0%, P<sub>nom</sub> ratio: 0.89. Nb. modules: 84, Area: 137 m<sup>2</sup>.
    - Operating conditions:** V<sub>mpp</sub> (60°C): 360 V, V<sub>mpp</sub> (20°C): 425 V, V<sub>oc</sub> (-10°C): 569 V. Plane irradiance: 1000 W/m<sup>2</sup>. Imp<sub>p</sub> (STC): 46.4 A, Max. operating power: 17.4 kW at 1000 W/m<sup>2</sup> and 50°C. I<sub>sc</sub> (STC): 51.0 A. I<sub>sc</sub> (at STC): 50.5 A. Array nom. Power (STC): 19.3 kWp.
    - Warning:** The inverter power is slightly oversized.
- Buttons:** User's needs, Detailed losses, Cancel, OK.



Grid system definition, Variant: "New simulation variant"

### Global System configuration

4 Number of kinds of sub-fields

Simplified Schema

### Global system summary

Nb. of modules	170	Nominal PV Power	38.7 kWp
Module area	273 m <sup>2</sup>	Maximum PV Power	37.4 kWdc
Nb. of inverters	8	Nominal AC Power	49.2 kWac

---

Sub-field #1
Sub-field #2
Sub-field #3
Sub-field #4

#### Presizing Help

No Sizing
  Enter planned power  kWp,
 ... or available area  m<sup>2</sup>

#### Select the PV module

Sort modules:  Power  Technology  Manufacturer

230 Wp 25V	Si-poly	JC230M-24/Bb	Renesola	Manufacturer 20°	<input type="button" value="Open"/>
------------	---------	--------------	----------	------------------	-------------------------------------

Approx. needed modules: **86**

Sizing voltages: V<sub>mpp</sub> (60°C) **25.7 V**  
V<sub>oc</sub> (-10°C) **40.6 V**

#### Select the inverter

Sort inverters by:  Power  Voltage (max)  Manufacturer

7.2 kW	350 - 600 V	50/60 Hz	Powador 7200 xi	KACO new energy	<input type="button" value="Open"/>
--------	-------------	----------	-----------------	-----------------	-------------------------------------

50 Hz  
 60 Hz

Nb. of inverters: 
 Operating Voltage: **350-600 V**
 Global Inverter's power: **21.6 kWac**  
 Input maximum voltage: **800 V**

#### Design the array

##### Number of modules and strings

Mod. in series:  should be between 14 and 19

Nbre strings:  impossible (Min=7, Max=6)

Overload loss: **0.0 %**

P<sub>nom</sub> ratio: **0.89**

**Nb. modules: 84**    **Area: 137 m<sup>2</sup>**

##### Operating conditions

V<sub>mpp</sub> (60°C): 360 V  
V<sub>mpp</sub> (20°C): 425 V  
V<sub>oc</sub> (-10°C): 569 V

Plane irradiance: **1000 W/m<sup>2</sup>**

Max. in data     STC  
 I<sub>mpp</sub> (STC): 46.4 A    Max. operating power: **17.4 kW**  
 I<sub>sc</sub> (STC): 51.0 A    at 1000 W/m<sup>2</sup> and 50°C

I<sub>sc</sub> (at STC): 50.5 A    **Array nom. Power (STC): 19.3 kWp**

The inverter power is slightly oversized.

User's needs
 Detailed losses
 Cancel
 OK

Grid system definition, Variant "New simulation variant"

### Global System configuration

4 Number of kinds of sub-fields

Simplified Schema

### Global system summary

Nb. of modules	259	Nominal PV Power	59.4 kWp
Module area	420 m <sup>2</sup>	Maximum PV Power	57.4 kW/dc
Nb. of inverters	10	Nominal AC Power	67.8 kWac

---

Sub-field #1
Sub-field #2
Sub-field #3
Sub-field #4

#### Presizing Help

No Sizing
  Enter planned power  kWp,
  ... or available area  m<sup>2</sup>

#### Select the PV module

Sort modules:  Power  Technology  Manufacturer

230 Wp 25V	Si-poly	JC230M-24/Bb	Renesola	Manufacturer 20
------------	---------	--------------	----------	-----------------

Approx. needed modules: **88**    Sizing voltages: V<sub>mpp</sub> (60°C) **25.7 V**  
 V<sub>oc</sub> (-10°C) **40.6 V**

#### Select the inverter

Sort inverters by:  Power  Voltage (max)  Manufacturer

7.2 kW	350 - 600 V	50/60 Hz	Powador 7200 xi	KACO new energy
--------	-------------	----------	-----------------	-----------------

Nb. of inverters: 
 Operating Voltage: **350-600 V**    Global Inverter's power: **21.6 kWac**  
 Input maximum voltage: **800 V**

#### Design the array

##### Number of modules and strings

Mod. in series:  should be between 14 and 19

Nbre strings:  only possibility 6

Overload loss: **0.0 %**

P<sub>nom</sub> ratio: **0.96**

**Nb. modules: 90    Area: 146 m<sup>2</sup>**

##### Operating conditions

V<sub>mpp</sub> (60°C): 386 V

V<sub>mpp</sub> (20°C): 455 V

V<sub>oc</sub> (-10°C): 610 V

Plane irradiance: **1000 W/m<sup>2</sup>**  Max. in data  STC

I<sub>mpp</sub> (STC): 46.4 A    Max. operating power: **18.7 kW**

I<sub>sc</sub> (STC): 51.0 A    at 1000 W/m<sup>2</sup> and 50°C

I<sub>sc</sub> (at STC): 50.5 A    **Array nom. Power (STC): 20.7 kWp**

The inverter power is slightly oversized.

User's needs
 Detailed losses
 Cancel
 OK

Grid system definition, Variant "New simulation variant"

### Global System configuration

4 Number of kinds of sub-fields

Simplified Schema

### Global system summary

Nb. of modules	348	Nominal PV Power	80.0 kWp
Module area	566 m <sup>2</sup>	Maximum PV Power	77.4 kW/dc
Nb. of inverters	12	Nominal AC Power	86.4 kW/ac

---

Sub-field #1
Sub-field #2
Sub-field #3
Sub-field #4

#### Presizing Help

No Sizing    Enter planned power  20.2 kWp, ... or available area  143 m<sup>2</sup>

#### Select the PV module

Sort modules:  Power     Technology     Manufacturer

All modules

230 Wp 25V	Si-poly	JC230M-24/Bb	Renesola	Manufacturer 20'	
------------	---------	--------------	----------	------------------	--

Approx. needed modules: **88**    Sizing voltages: V<sub>mpp</sub> (60°C) **25.7 V**  
V<sub>oc</sub> (-10°C) **40.6 V**

#### Select the inverter

Sort inverters by:  Power     Voltage (max)     Manufacturer

All inverters

7.2 kW	350 - 600 V	50/60 Hz	Powador 7200 xi	KACD new energy	
--------	-------------	----------	-----------------	-----------------	--

Nb. of inverters:      Operating Voltage: **350-600 V**    Global Inverter's power: **21.6 kWac**  
Input maximum voltage: **800 V**

#### Design the array

##### Number of modules and strings

Mod. in series:  should be between 14 and 19

Nbre strings:  only possibility 6

Overload loss: **0.0 %**

P<sub>nom</sub> ratio: **0.96**

Show sizing

**Nb. modules: 90    Area: 146 m<sup>2</sup>**

##### Operating conditions

V<sub>mpp</sub> (60°C): 386 V  
V<sub>mpp</sub> (20°C): 455 V  
V<sub>oc</sub> (-10°C): 610 V

Plane irradiance: **1000 W/m<sup>2</sup>**     Max. in data     STC

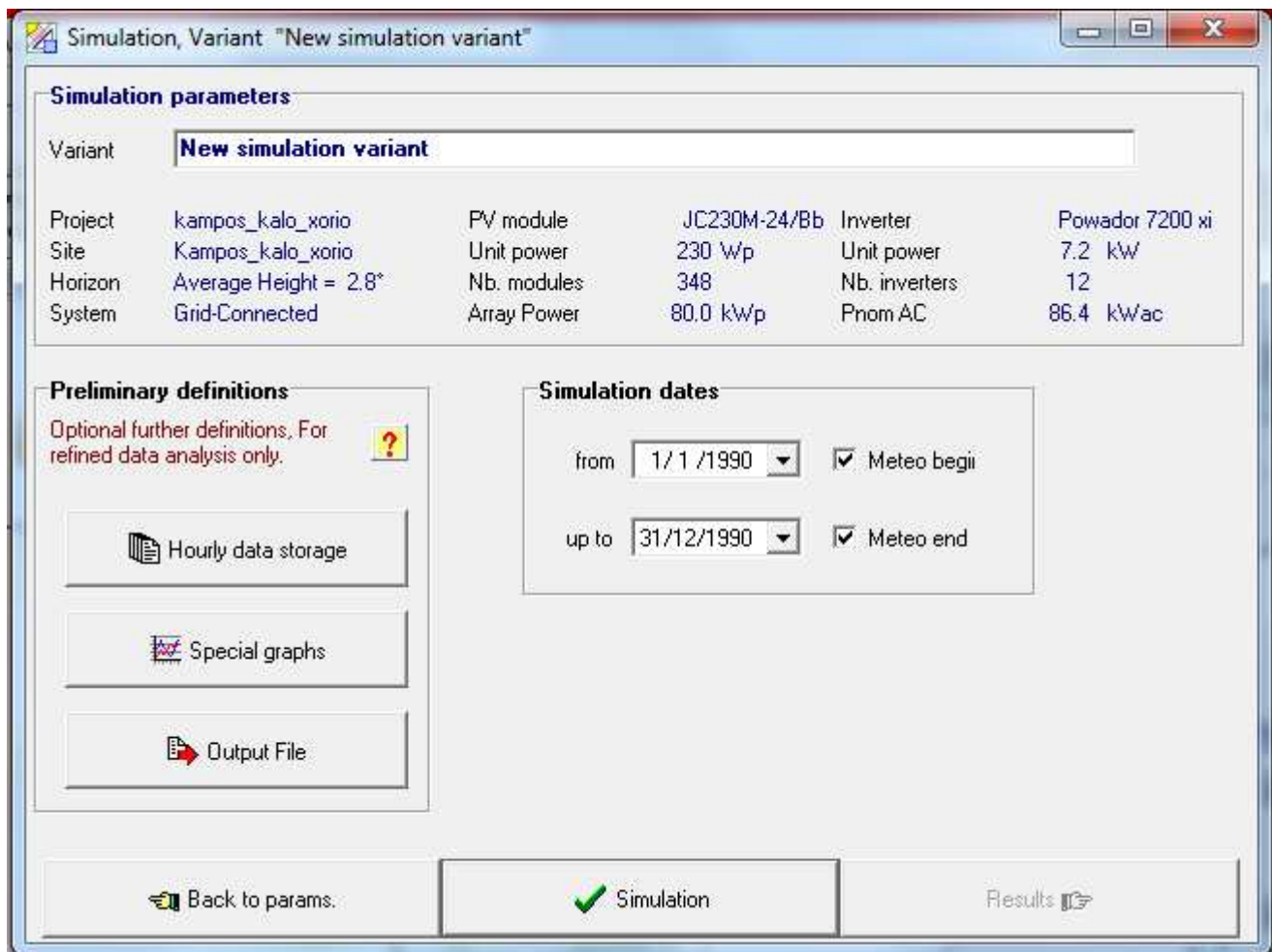
I<sub>mpp</sub> (STC): 46.4 A    Max. operating power: **18.7 kW**  
I<sub>sc</sub> (STC): 51.0 A    at 1000 W/m<sup>2</sup> and 50°C

I<sub>sc</sub> (at STC): 50.5 A    **Array nom. Power (STC): 20.7 kWp**

The inverter power is slightly oversized.

User's needs
 Detailed losses
 Cancel
 OK

Τέλος με την επιλογή Simulation μας δίνεται η δυνατότητα να ξεκινήσουμε την προσομοίωση του συστήματος και να πάρουμε τα αποτελέσματα αυτής.



Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παραθέτουμε στις σελίδες που ακολουθούν.

PVSYST V5.70		12/09/13	Page 1/6
<b>Grid-Connected System: Simulation parameters</b>			
<b>Project :</b>	<b>kamos_kalo_xorio</b>		
<b>Geographical Site</b>	<b>Kamos_kalo_xorio</b>	<b>Country</b>	<b>Greece</b>
<b>Situation</b>	Latitude	35.1°N	Longitude 25.3°E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+1	Altitude 250 m
	Albedo	0.20	
<b>Meteo data :</b>	Kamos_kalo_xorio, Synthetic Hourly data		
<b>Simulation variant :</b>	<b>New simulation variant</b>		
	Simulation date	12/09/13 23h45	
<b>Simulation parameters</b>			
<b>Tracking plane, two axis</b>	Minimum Tilt	0°	Maximum Tilt 58°
Rotation Limitations	Minimum Azimuth	-130°	Maximum Azimuth 130°
<b>Horizon</b>	Average Height	2.8°	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
<b>PV Arrays Characteristics (4 kinds of array defined)</b>			
<b>PV module</b>	Si-poly	Model	<b>JC230M-24/Bb</b>
	Manufacturer	Renesola	
<b>Array#1:</b>	Number of PV modules	In series	14 modules
	Total number of PV modules	Nb. modules	84
	Array global power	Nominal (STC)	<b>19.32 kWp</b>
	Array operating characteristics (50°C)	U mpp	376 V
		In parallel	6 strings
		Unit Nom. Power	230 Wp
		At operating cond.	17.44 kWp (50°C)
		I mpp	46 A
<b>Array#2:</b>	Number of PV modules	In series	14 modules
	Total number of PV modules	Nb. modules	84
	Array global power	Nominal (STC)	<b>19.32 kWp</b>
	Array operating characteristics (50°C)	U mpp	376 V
		In parallel	6 strings
		Unit Nom. Power	230 Wp
		At operating cond.	17.44 kWp (50°C)
		I mpp	46 A
<b>Array#3:</b>	Number of PV modules	In series	15 modules
	Total number of PV modules	Nb. modules	90
	Array global power	Nominal (STC)	<b>20.70 kWp</b>
	Array operating characteristics (50°C)	U mpp	403 V
		In parallel	6 strings
		Unit Nom. Power	230 Wp
		At operating cond.	18.68 kWp (50°C)
		I mpp	46 A
<b>Array#4:</b>	Number of PV modules	In series	15 modules
	Total number of PV modules	Nb. modules	90
	Array global power	Nominal (STC)	<b>20.70 kWp</b>
	Array operating characteristics (50°C)	U mpp	403 V
		In parallel	6 strings
		Unit Nom. Power	230 Wp
		At operating cond.	18.68 kWp (50°C)
		I mpp	46 A
<b>Total</b>	Arrays global power	Nominal (STC)	<b>80 kWp</b>
		Module area	<b>566 m²</b>
		Total	348 modules
		Cell area	508 m²
<b>Inverter</b>		Model	<b>Powador 7200 xi</b>
		Manufacturer	KACO new energy
		Operating Voltage	350-600 V
		Unit Nom. Power	7.20 kW AC
<b>Array#1:</b>	Number of Inverter	3	Total Power 22 kW AC
<b>Array#2:</b>	Number of Inverter	3	Total Power 22 kW AC
<b>Array#3:</b>	Number of Inverter	3	Total Power 22 kW AC
<b>Array#4:</b>	Number of Inverter	3	Total Power 22 kW AC
<b>Total</b>	Number of Inverter	12	Total Power 86 kW AC

## Grid-Connected System: Simulation parameters (continued)

**PV Array loss factors**

Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Uv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m <sup>2</sup> , Tamb=20°C, Wind=1 m/s.)			NOCT	56 °C
Wiring Ohmic Loss	Array#1	134 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
	Array#2	134 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
	Array#3	144 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
	Array#4	144 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
	Global		Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss			Loss Fraction	1.5 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05

**User's needs :** Unlimited load (grid)

### Grid-Connected System: Horizon definition

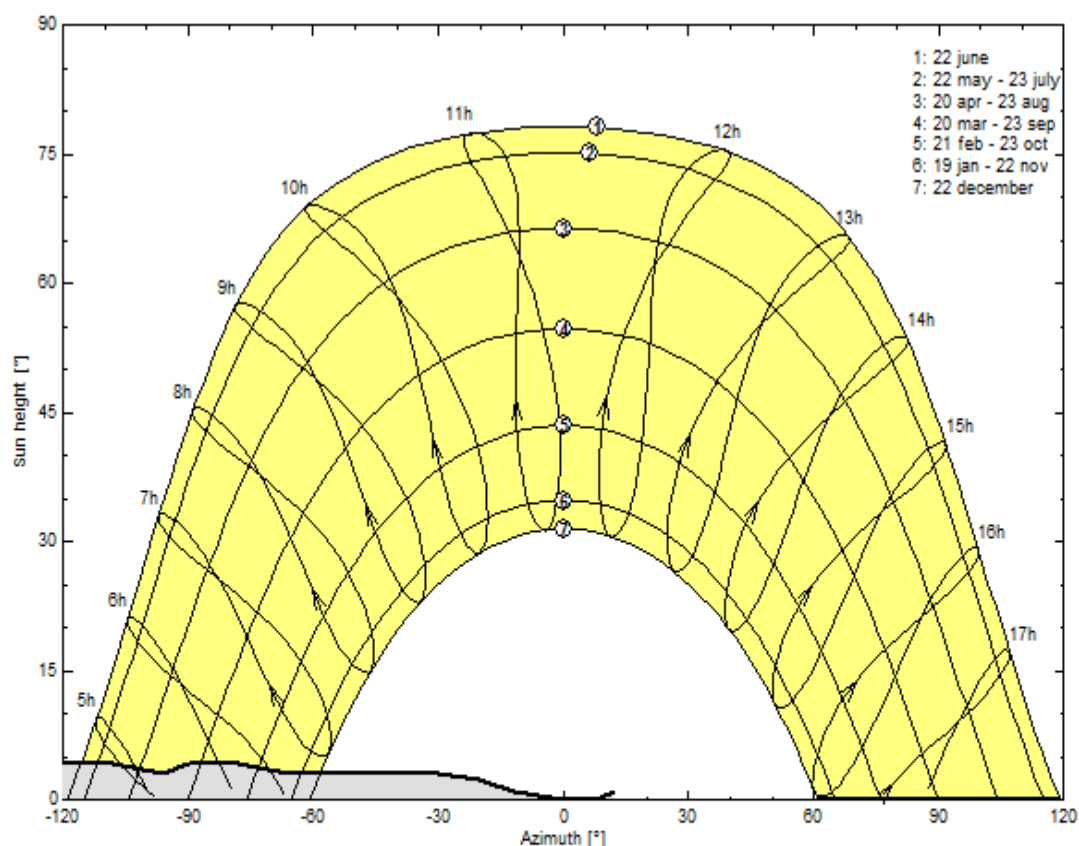
**Project :** kampos\_kalo\_xorio  
**Simulation variant :** New simulation variant

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
<b>Horizon</b>	Average Height	2.8°		
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings			
<b>PV Field Orientation</b>	Tracking two axis			
<b>PV modules</b>	Model	JC230M-24/Bb	Pnom	230 Wp
<b>PV Array</b>	Nb. of modules	348	Pnom total	<b>80.0 kWp</b>
<b>Inverter</b>	Model	Powador 7200 xi	Pnom	7.20 kW ac
<b>Inverter pack</b>	Nb. of units	12.0	Pnom total	<b>86.4 kW ac</b>
<b>User's needs</b>	Unlimited load (grid)			

<b>Horizon</b>	Average Height	2.8°	Diffuse Factor	0.99
	Albedo Factor	100 %	Albedo Fraction	0.95

Height [°]	4.3	4.3	3.0	4.3	4.3	3.0	3.0	3.0	2.3	1.0	0.0	0.3	1.0
Azimuth [°]	-120	-108	-96	-90	-78	-66	-60	-30	-20	-12	-0	9	12

Horizon line at Kampos\_kalo\_xorio

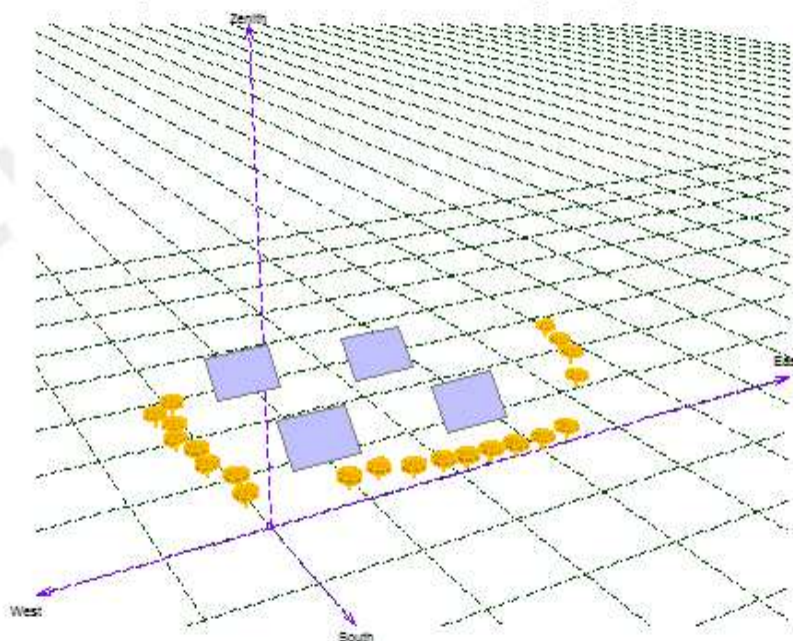


### Grid-Connected System: Near shading definition

**Project :** kamos\_kalo\_xorio  
**Simulation variant :** New simulation variant

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
<b>Horizon</b>	Average Height	2.8°		
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings			
PV Field Orientation	Tracking two axis			
PV modules	Model	JC230M-24/Bb	Pnom	230 Wp
PV Array	Nb. of modules	348	Pnom total	<b>80.0 kWp</b>
Inverter	Model	Powador 7200 xi	Pnom	7.20 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	12.0	Pnom total	<b>86.4 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

**Perspective of the PV-field and surrounding shading scene**



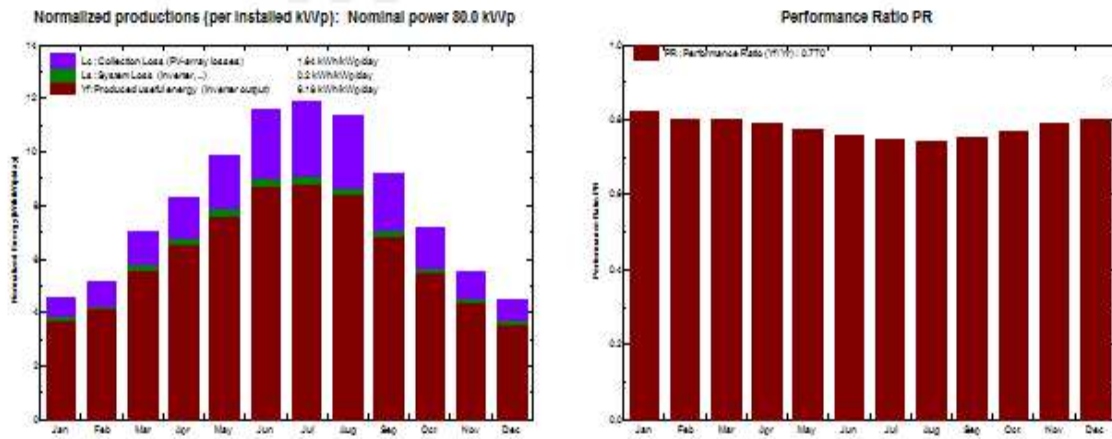


### Grid-Connected System: Main results

**Project :** kampos\_kalo\_xorio  
**Simulation variant :** New simulation variant

<b>Main system parameters</b>	System type	Grid-Connected
Horizon	Average Height	2.8°
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	Tracking two axis	
PV modules	Model	JC230M-24/Bb
PV Array	Nb. of modules	348
Inverter	Model	Powador 7200 xi
Inverter pack	Nb. of units	12.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
	Pnom	230 Wp
	Pnom total	<b>80.0 kWp</b>
	Pnom	7.20 kW ac
	Pnom total	<b>86.4 kW ac</b>

**Main simulation results**  
 System Production **Produced Energy 180.5 MWh/year** Specific prod. 2255 kWh/kWp/year  
 Performance Ratio PR **77.0 %**



#### New simulation variant Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
January	76.9	10.50	141.8	136.6	9.62	9.30	11.99	11.59
February	89.9	10.60	145.0	137.8	9.59	9.27	11.68	11.29
March	146.0	12.10	217.2	208.7	14.37	13.91	11.68	11.31
April	180.3	14.90	249.5	239.6	16.25	15.73	11.50	11.14
May	225.1	19.10	305.9	295.9	19.54	18.92	11.28	10.92
June	249.9	23.10	347.4	337.8	21.74	21.06	11.05	10.70
July	257.6	25.70	367.5	357.5	22.61	21.90	10.87	10.52
August	235.3	25.60	352.4	340.7	21.54	20.86	10.80	10.46
September	176.4	22.80	274.4	263.6	17.09	16.55	11.00	10.65
October	132.1	19.20	221.1	212.7	14.09	13.63	11.25	10.89
November	87.0	15.30	166.3	159.3	10.84	10.48	11.51	11.14
December	75.6	12.20	138.5	132.0	9.19	8.89	11.72	11.33
Year	1932.0	17.63	2927.1	2822.0	186.46	180.49	11.25	10.89

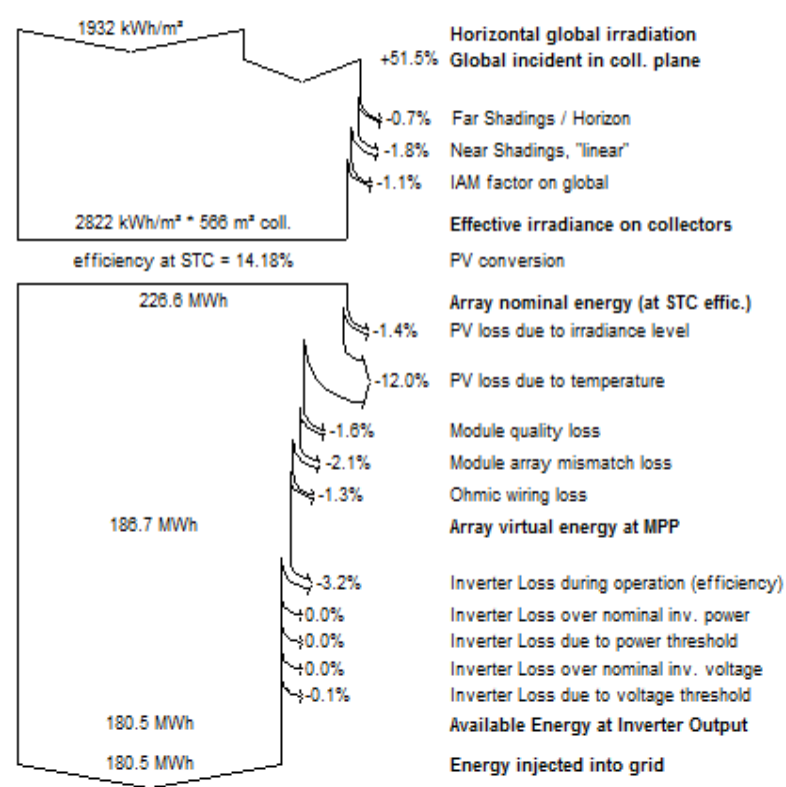
Legends:	GlobHor Horizontal global irradiation	EArray Effective energy at the output of the array
	T Amb Ambient Temperature	E_Grid Energy injected into grid
	GlobInc Global incident in coll. plane	EffArrR Effic. Eout array / rough area
	GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings	EffSysR Effic. Eout system / rough area

### Grid-Connected System: Loss diagram

**Project :** kampos\_kalo\_xorio  
**Simulation variant :** New simulation variant

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
Horizon	Average Height	2.8°		
Near Shadings	Linear shadings			
PV Field Orientation	Tracking two axis			
PV modules	Model	JC230M-24/Bb	Pnom	230 Wp
PV Array	Nb. of modules	348	Pnom total	<b>80.0 kWp</b>
Inverter	Model	Powador 7200 xi	Pnom	7.20 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	12.0	Pnom total	<b>86.4 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

#### Loss diagram over the whole year



Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η αναμενόμενη ετήσια απολαβή ενέργειας **εκτιμάται στις 180.500KWh.** Η τιμή αυτή είναι μια μέση τιμή της ετήσιας ενέργειας που θα πρέπει να περιμένουμε από την λειτουργία του σταθμού με βάση την συγκεκριμένη χωροθέτηση των συστημάτων Mechatron Solar Tracker Atlas T150 και την συγκεκριμένη χωροθέτηση. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα απωλειών της προσομοίωσης προκύπτει ότι η απώλεια λόγω σκιάσεων μεταξύ των συστημάτων Trackers και των άλλων εμποδίων (δένδρων, δίκτυο μεταφοράς) **δεν υπερβαίνει το 2% της παραγόμενης ενέργειας** το οποίο είχαμε θέση σαν όριο. Στην περίπτωση που οι απώλειες λόγω των σκιάσεων αυτών προέκυπταν μεγαλύτερες από το συγκεκριμένο ποσοστό, θα έπρεπε να χωροθετήσουμε, εάν ήταν εφικτό, τα συστήματα με διαφορετικό τρόπο εντός του αγροτεμαχίου και να τρέξουμε ξανά την αντίστοιχη προσομοίωση με την βοήθεια του προγράμματος PVsyst, προκειμένου να φτάσουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

## 4<sup>ο</sup> Κεφαλαίο : Γείωση & Ηλεκτρολογικά Φωτοβολταϊκού Σταθμού.

### 4.1. Γείωση.

Με τον όρο γείωση εννοούμε γενικά την αγώγιμη σύνδεση, σκόπιμη ή τυχαία, μέσω της οποίας ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ή μια συσκευή συνδέεται με την γή ή με αγώγιμο σώμα τέτοιου μεγέθους που να θεωρείται γή. Σκοπός της γείωσης είναι να εξασφαλίζει την ακεραιότητα του εξοπλισμού και την συνέχεια της λειτουργίας του σε περίπτωση εμφάνισης οποιουδήποτε σφάλματος, παρέχοντας διαδρομή απαγωγής και εκτόνωσης του ρεύματος στην Γη. Προστατεύει από ηλεκτροπληξία τα άτομα που είτε δουλεύουν είτε κινούνται στον περιβάλλοντα χώρο και μειώνει τις πιθανότητες ανάπτυξης επικίνδυνων βηματικών τάσεων ή τάσεων επαφής.

Ένα σύστημα γείωσης θα πρέπει να πληρή τα παραπάνω κριτήρια:

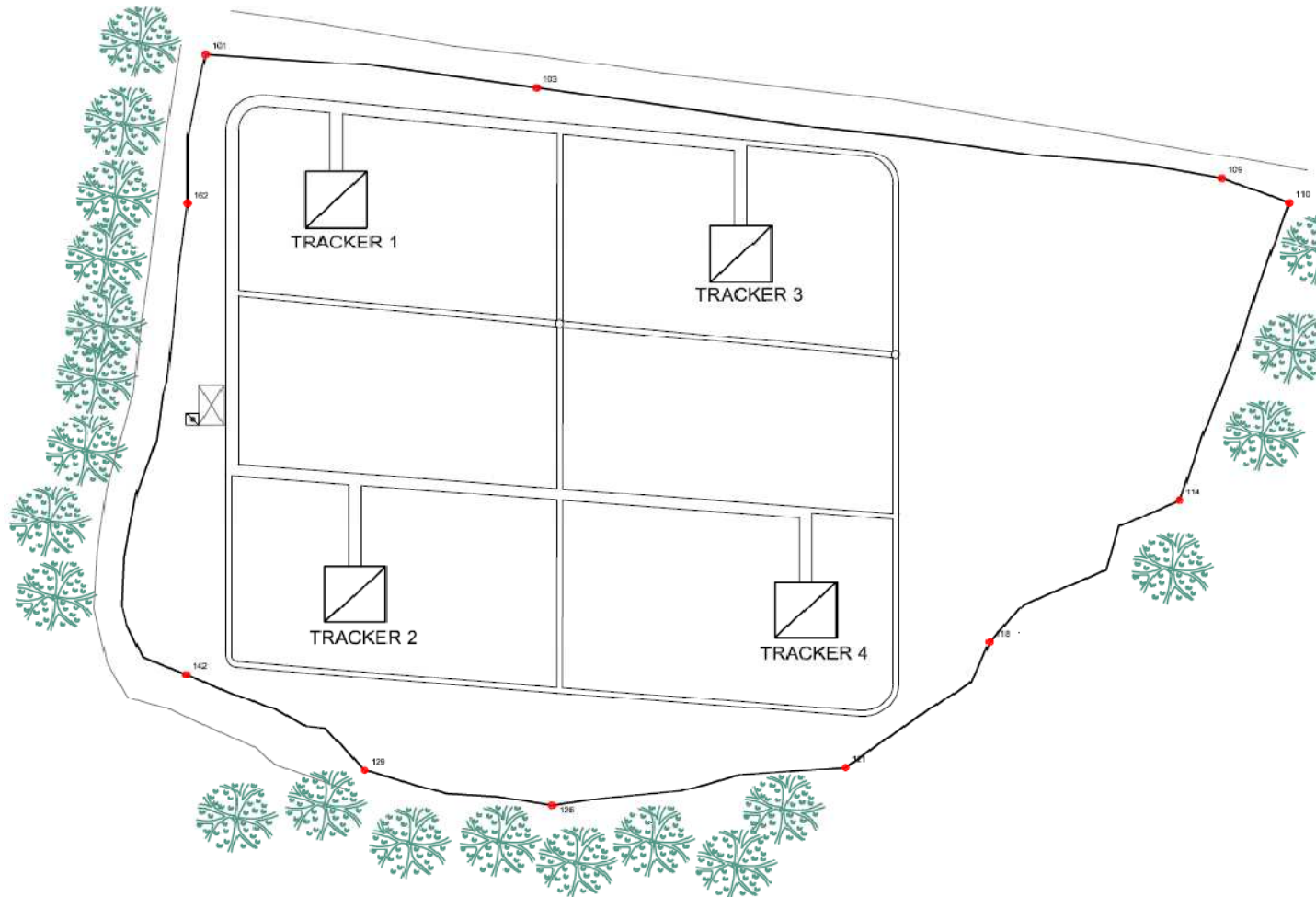
- Να παρέχει χαμηλή εμπέδηση για το ρεύμα.
- Να μειώνει τον κίνδυνο κατάρρευσης ηλεκτρονικού εξοπλισμού.
- Να μειώνει τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας για τον άνθρωπο.
- Να ελαχιστοποιεί το κόστος.

Παράγοντες που επηρεάζουν την συμπεριφορά του συστήματος γείωσης είναι το σχήμα και οι διαστάσεις του καθώς επίσης και η ειδική αντίσταση του εδάφους που το περιβάλλει. Ανάλογα με το είδος του εδάφους, η ειδική αντίσταση μεταβάλλεται με αποτέλεσμα να πρέπει να ληφθεί υπόψη στις παραμέτρους του συστήματος γείωσης. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές της ειδικής αντίστασης γείωσης για τους διάφορους τύπους εδάφους.

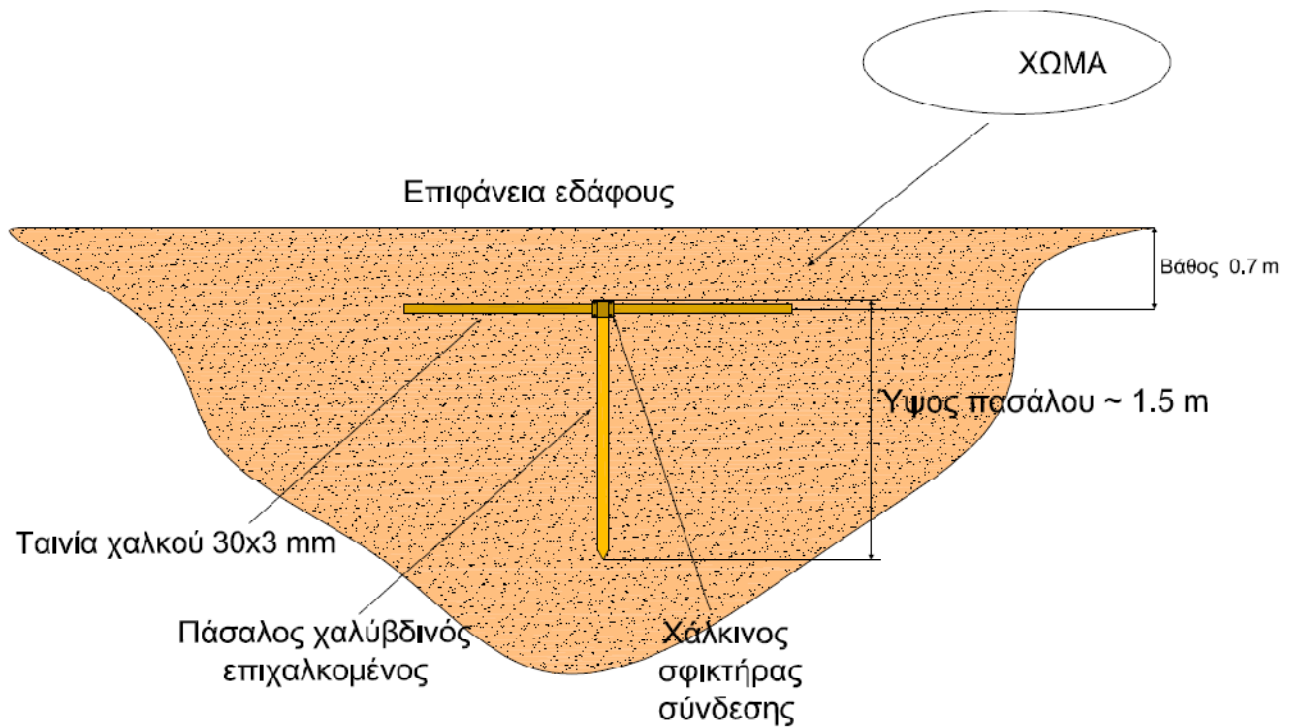
<i>Τύπος εδάφους</i>	<i>Ειδική αντίσταση <math>\rho</math> (<math>\Omega \cdot m</math>)</i>
Ελώδες έδαφος	30
Αργιλώδες, πηλώδες ή αγρού	100
Υγρή άμμος	200
Υγρά χαλίκια	500
Ξηρή άμμος,	1000
Πετρώδες και ξηρά χαλίκια	3000

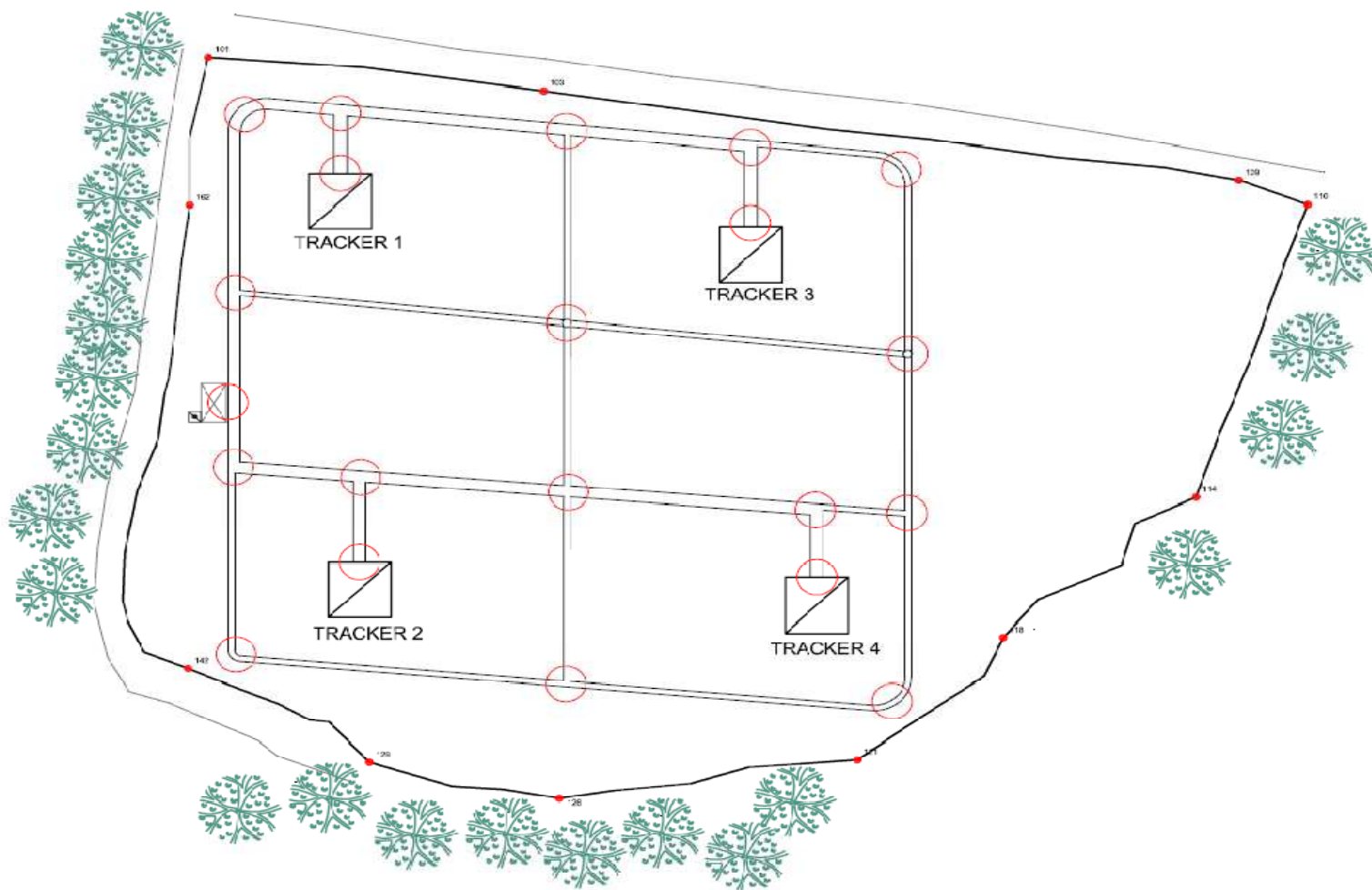
Στην συγκεκριμένη μελέτη επιλέγεται η ενιαία δομή του συστήματος γείωσης, δηλαδή δεν τοποθετείται ξεχωριστή γείωση για το κάθε σύστημα Tracker. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται σε περίπτωση κεραυνικού πλήγματος η διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο ή περισσότερων ενδεχομένως συστημάτων γείωσης και επιτυγχάνεται μείωση της τιμής της αντίστασης γείωσης.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η σχεδίαση του συστήματος γείωσης του φωτοβολταϊκού σταθμού.



Τα χαντάκια στο παραπάνω σχήμα έχουν βάθος 0.7m και το πλάτος αυτών διαφέρει ανάλογα με το εάν από το ίδιο χαντάκι θα οδεύσουν, εκτός από την ταινία γείωσης, και καλώδια για την σύνδεση των συστημάτων Tracker και των υποπινάκων επι των Tracker. Για την υλοποίηση του συστήματος γείωσης θα χρησιμοποιηθεί ταινία χαλκού διαστάσεων 30x3mm σε συνδυασμό με ηλεκτρόδια γείωσης τα οποία θα τοποθετηθούν στα σημεία διασταύρωσης της ταινίας γείωσης και στα σημεία κοντά στις ισοδυναμικές συνδέσεις των συστημάτων Mechatron Solar Tracker για την μείωση της αντίστασης γείωσης, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.

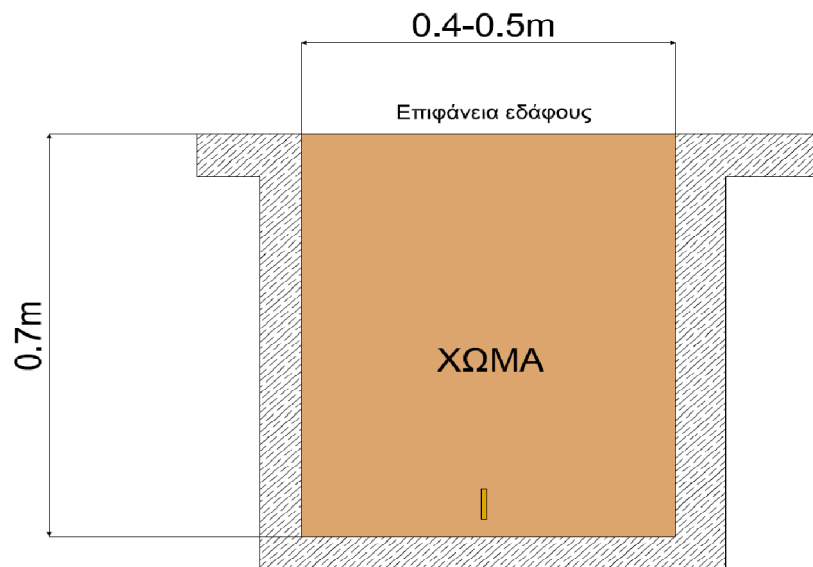




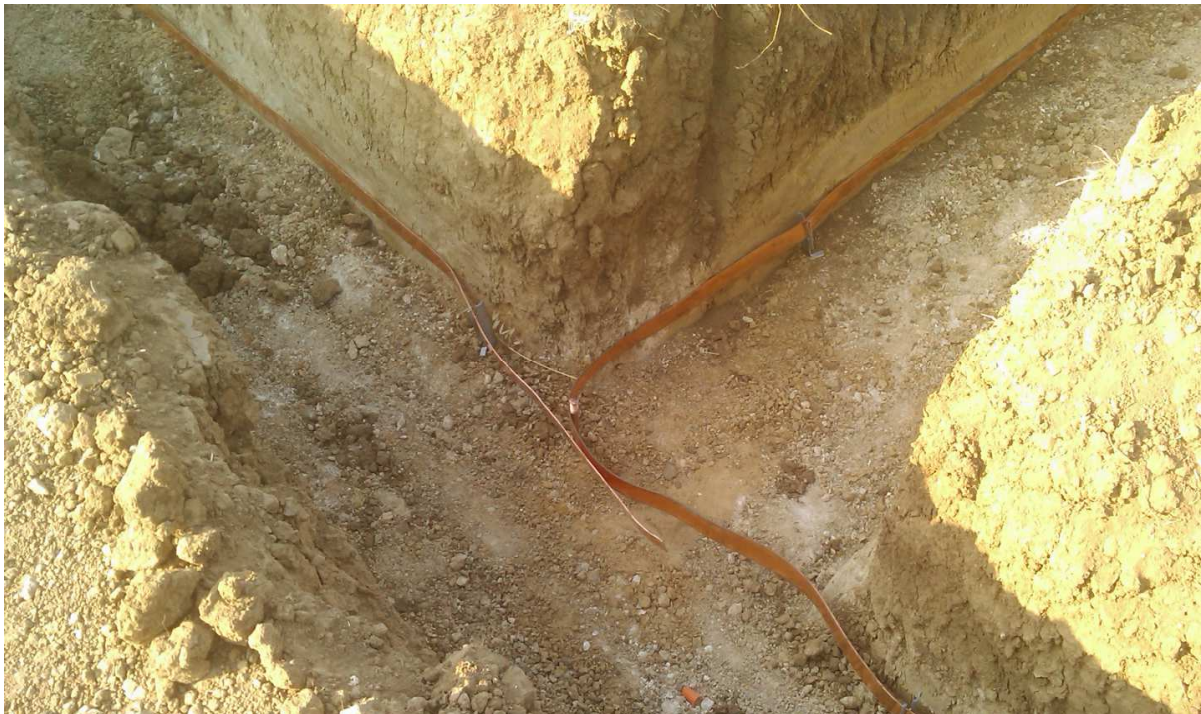
Στην εικόνα παραπάνω φαίνονται τα σημεία (κόκκινοι κύκλοι) στα οποία θα τοποθετηθούν τα ηλεκτρόδια γείωσης με σκοπό την μείωση της αντίστασης γείωσης του όλου συστήματος.



Η ταινία χαλκού τοποθετείται με την μεγάλη της πλευρά κατακόρυφα με την βοήθεια ειδικών στηριγμάτων τα οποία τοποθετούνται σε απόσταση περίπου 2 μέτρων, στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο τοποθετήθηκε η ταινία γείωσης στην περίπτωση όπου μέσα από το κανάλι διέρχεται μόνο η ταινία γείωσης.



Στις φωτογραφίες που ακολουθούν φαίνεται ο τρόπος τοποθέτησης της ταινίας γείωσης όπως περιγράφηκε παραπάνω.





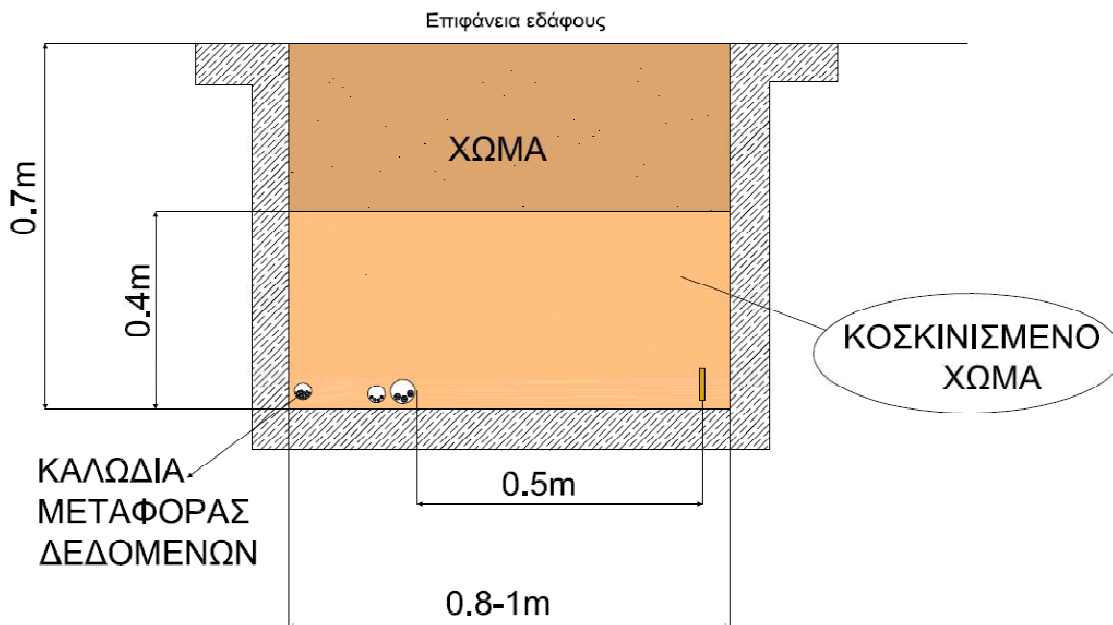
Στις παραπάνω φωτογραφίες μπορούμε να διακρίνουμε την τοποθέτηση του ηλεκτροδίου γείωσης σε ένα σημείο διασταύρωσης της του πλέγματος του συστήματος γείωσης.

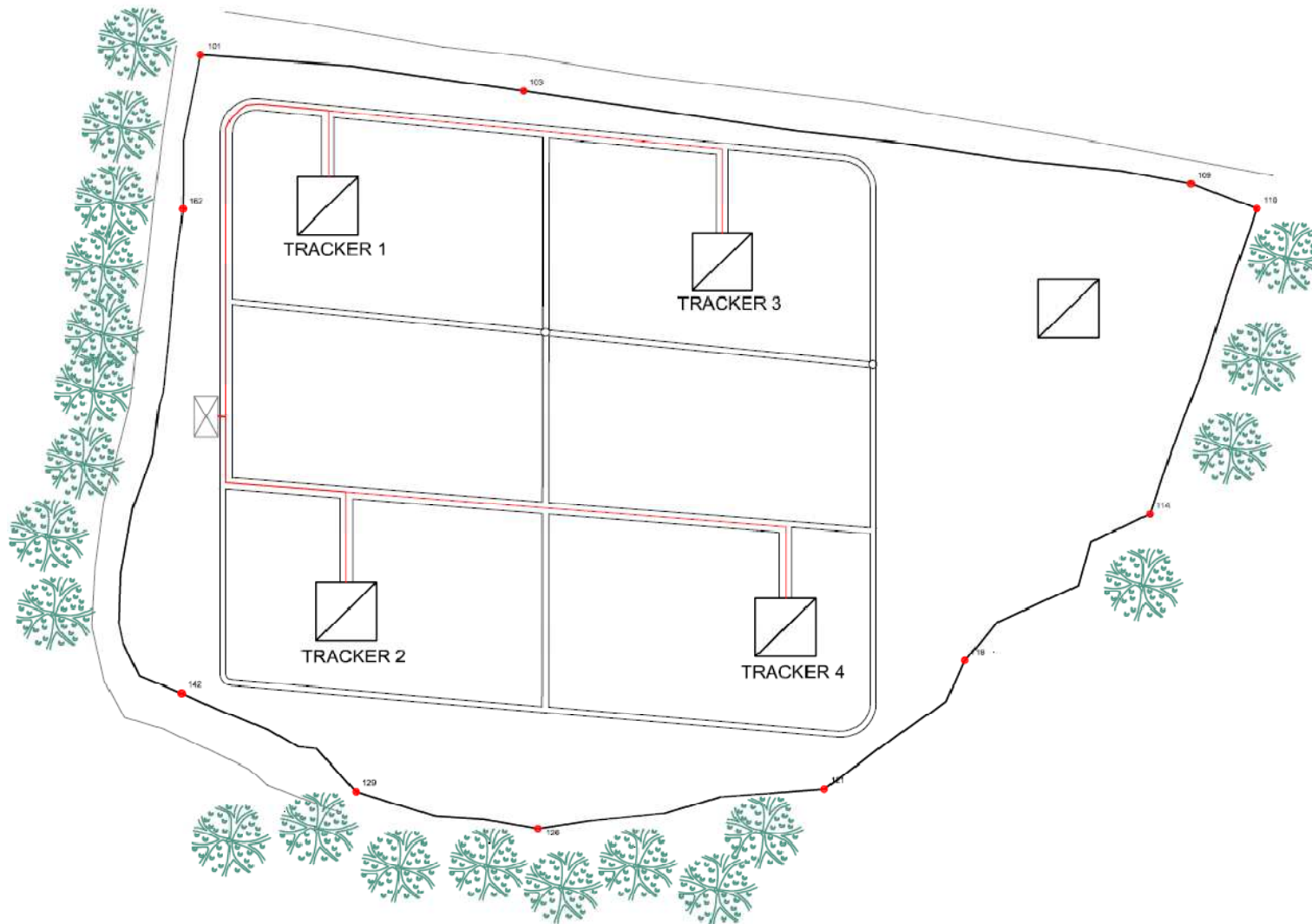
. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V παρουσιάζονται οι μετρήσεις που αφορούν την γείωση του σταθμου.

## 4.2. Υπολογισμός & Τοποθέτηση καλωδίων εντός του εδάφους.

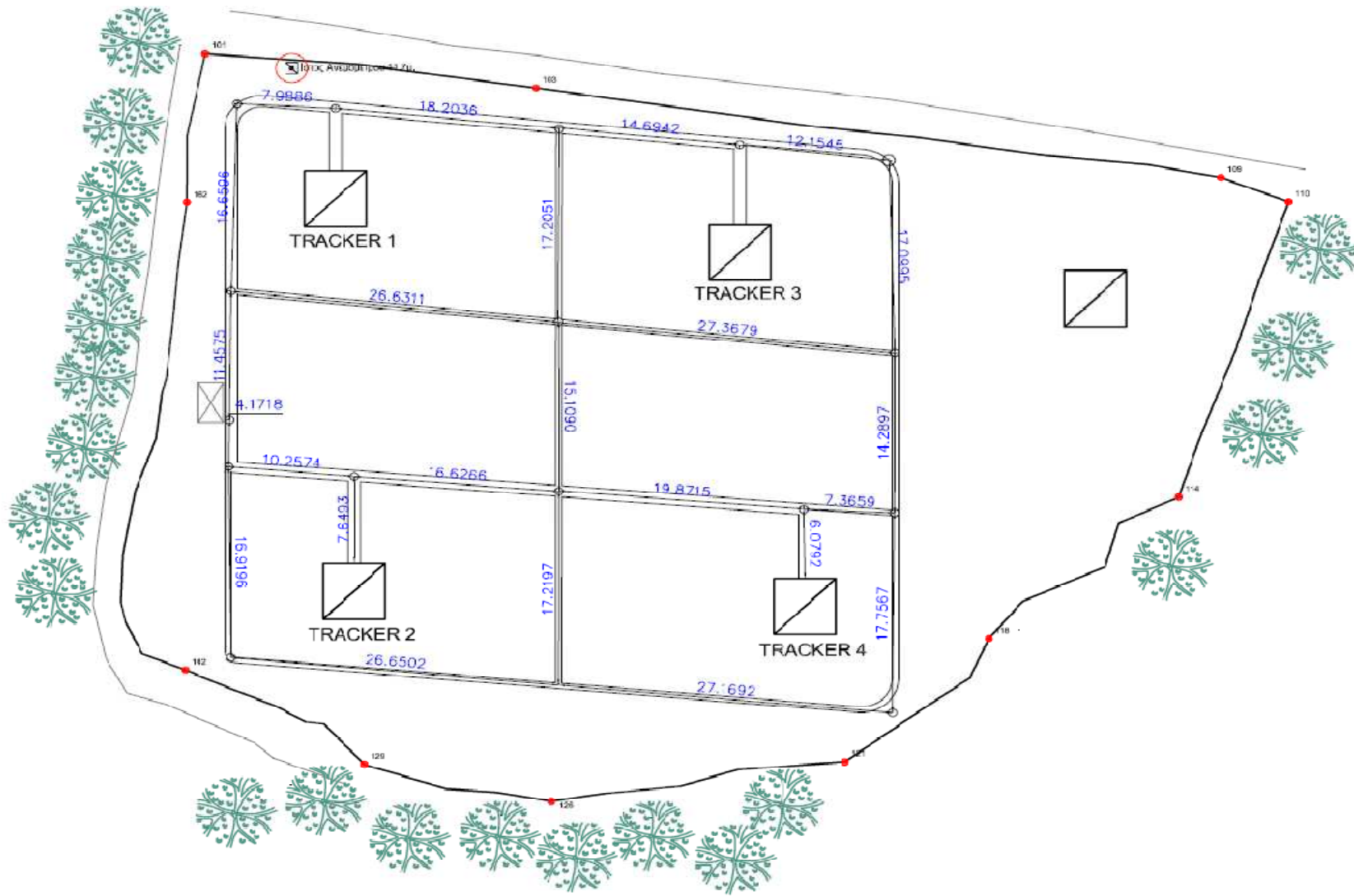
### 4.2.1. Καλώδιωση Οικίσκου - Trackers.

Βασιζόμενη στο σχέδιασμό του συστήματος γείωσης του φωτοβολταϊκού σταθμού, ο οποίος παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, μπορούμε να υπολογίσουμε τα μήκη καθώς και της διατομής των καλωδίων AC τα οποία θα ενταφιαστούν. Για τον υπολογισμό του μήκους και στην συνέχεια της διατομής των καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν δεχτήκαμε για λόγους κόστους εκσκαφών και χρόνου η όδευση των καλωδίων να γίνει από τα χαντάκια από τα οποία θα οδεύσει και η γείωση. Τα χαντάκια από τα οποία θα έχουμε όδευση καλωδίων και ταινίας γείωσης θα γίνουν πιο πλατιά από τα χαντάκια στα οποία θα οδεύσει μόνο ταινία γείωσης, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ της γείωσης και των καλωδίων. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η τομή του χαντακιού από όπου θα οδεύσει η ταινία γείωσης και καλώδια.





Στην παραπάνω εικόνα δείχνεται ο τρόπος με τον οποία έχουν οδεύσει τα καλώδια από τον οικίσκο του φωτοβολταϊκού σταθμού στους τέσσερις Trackers.



Στην παραπάνω εικόνα γίνεται η καταγραφή των μηκών των χαντακιών από όπου θα προκύψει το μήκος των καλωδίων τα οποία θα απαιτηθούν για την σύνδεση οικίσκος- Trackers. Τα μήκη των καλωδίων που τελικά θα απαιτηθούν είναι:

Καλώδια Ισχύος	Απόσταση σε μέτρα
Tracker 1 - Οικίσκος	40.63
Tracker 2 - Οικίσκος	24.04
Tracker 3 - Οικίσκος	75.04
Tracker 4 - Οικίσκος	59.02
ΣΥΝΟΛΟ	198.73

Λόγο της τοποθέτησης τριών αντιστροφών σε κάθε σύστημα Tracker, όπως υπολογίσαμε στην παράγραφο 3.2, τα αντίστοιχα καλώδια με τα παραπάνω μήκη θα είναι τετραπολικά (3 φάσεις και ουδέτερος, αφού δεν υπάρχει λόγος αγωγού γείωσης). Τελικά η ελάχιστη διατομή που μπορεί να έχει ο κάθε αγωγός μπορεί να προκύψει από τον παρακάτω τύπο:

$$P_{loss} = 100 \times (0.1756 \times P \times L_{cable}) / (A \times 400^2 \times \cos^2 \varphi)$$

ο οποίος μας δίνει το ποσοστό επί τοις εκατό των απωλειών ισχύος για συγκεκριμένου μήκους και διατομής συμμετρικής φόρτισης τριφασικό καλώδιο.

Με την βοήθεια του παραπάνω τύπου υπολογίζουμε τις ελάχιστες διατομές τριφασικών καλωδίων έτσι ώστε οι απώλειες ενέργειας να μην υπερβαίνουν το 1%. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

Καλώδια Ισχύος	Απόσταση σε μέτρα	Διατομή αγωγού (mm <sup>2</sup> )
Tracker 1 - Οικίσκος	40.63	25 (0.43%)
Tracker 2 - Οικίσκος	24.04	16 (0.44%)
Tracker 3 - Οικίσκος	75.04	35 (0.52%)
Tracker 4 - Οικίσκος	59.02	35 (0.42%)
ΣΥΝΟΛΟ	198.73	

#### 4.2.2. Καλωδίωση Οικίσκου – Μετρητικής Διάταξης Δ.Ε.Η.

Κάνοντας χρήση του παραπάνω τύπου για τον υπολογισμό των απωλειών μπορούμε να υπολογίσουμε την ελάχιστη διατομή των καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν για την σύνδεση του Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης (Γ.Π.Χ.Τ) με την Μετρητική Διάταξη του φωτοβολταϊκού σταθμού.

Στην συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκαν, για την σύνδεση αυτή, πέντε (5) μονοπολική αγωγοί διατομής 95mm<sup>2</sup>. Η επιλογή μας, δίνει μηδενικές απώλειες ενέργειας, παρόλο που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αγωγοί με μικρότερη διατομή, για το απαιτούμενο μήκος καλωδίων σύνδεσης το οποίο ισούται με 7m.

#### 4.2.3. Καλωδίωση περιμετρικού φωτισμού.

Για τον περιμετρικό φωτισμό προβλέπεται η τοποθέτηση προβολέων LED ισχύος. Η τοποθέτηση των καμερών θα γίνει στα σημεία που φαίνονται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα. Για τον σκοπό αυτό τοποθετούνται γραμμές που θα οδεύουν εντός του εδάφους μέχρι τους προβολείς. Το καλώδιο που χρησιμοποιείται είναι

#### 4.2.4. Καλωδίωση συστήματος συναγερμού.

Για το σύστημα συναγερμού προβλέπεται η τοποθέτηση ανιχνευτών δέσμης υπερύθρων σε ιστούς ύψους 0.6m στο εσωτερικό της περίφραξης και σε απόσταση από αυτήν 1m. Επίσης θα τοποθετηθούν δυο μαγνητικές επαφές, μια στην θύρα της περίφραξης και μια στην θύρα του οικίσκου, καθώς και μια σειρήνα στο εξωτερικό μέρος του οικίσκου. Για το σκοπό αυτό προβλέπεται η τοποθέτηση γραμμών καλωδίων FTP εξωτερικού χώρου εντός του εδάφους.

#### **4.2.5. Καλωδίωση συστήματος καμερών.**

Για την πλήρη εποπτεία του χώρου προβλέπεται η τοποθέτηση καμερών στο χώρο του φωτοβολταϊκού σταθμού. Για την καλωδίωση των καμερών χρησιμοποιείται καλώδιο LiY\_CY 4x0,34 mm<sup>2</sup>. Η όδευση των καλωδίων θα γίνει εντός του εδάφους.

#### **4.2.6. Καλωδίωση συστημάτων τηλεμετρίας.**

Για τα συστήματα τηλεπαρακολούθησης των αντιστροφών και των συστημάτων Mechatron Solar Tracker T150 θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο LiY-CY 4x0.25 mm<sup>2</sup>. Η σύνδεση των αντίστοιχων συστημάτων θα γίνει σε σειρά σύμφωνα με τις υποδείξεις του κατασκευαστή με το μήκος του αγωγού για το κάθε σύστημα να μην υπερβαίνει τα 1000m. Η όδευση των αγωγών θα γίνει εντός του εδάφους από τον οικίσκο όπου θα τοποθετηθούν τα καταγραφικά των αντίστοιχων συστημάτων μέχρι και τα τέσσερα σύστημα Mechatron Solar Tracker όπου είναι εγκατεστημένοι και οι αντιστροφείς του φωτοβολταϊκού Σταθμού.

### ***4.3. Καλωδίωση συστημάτων Mechatron Solar Tracker.***

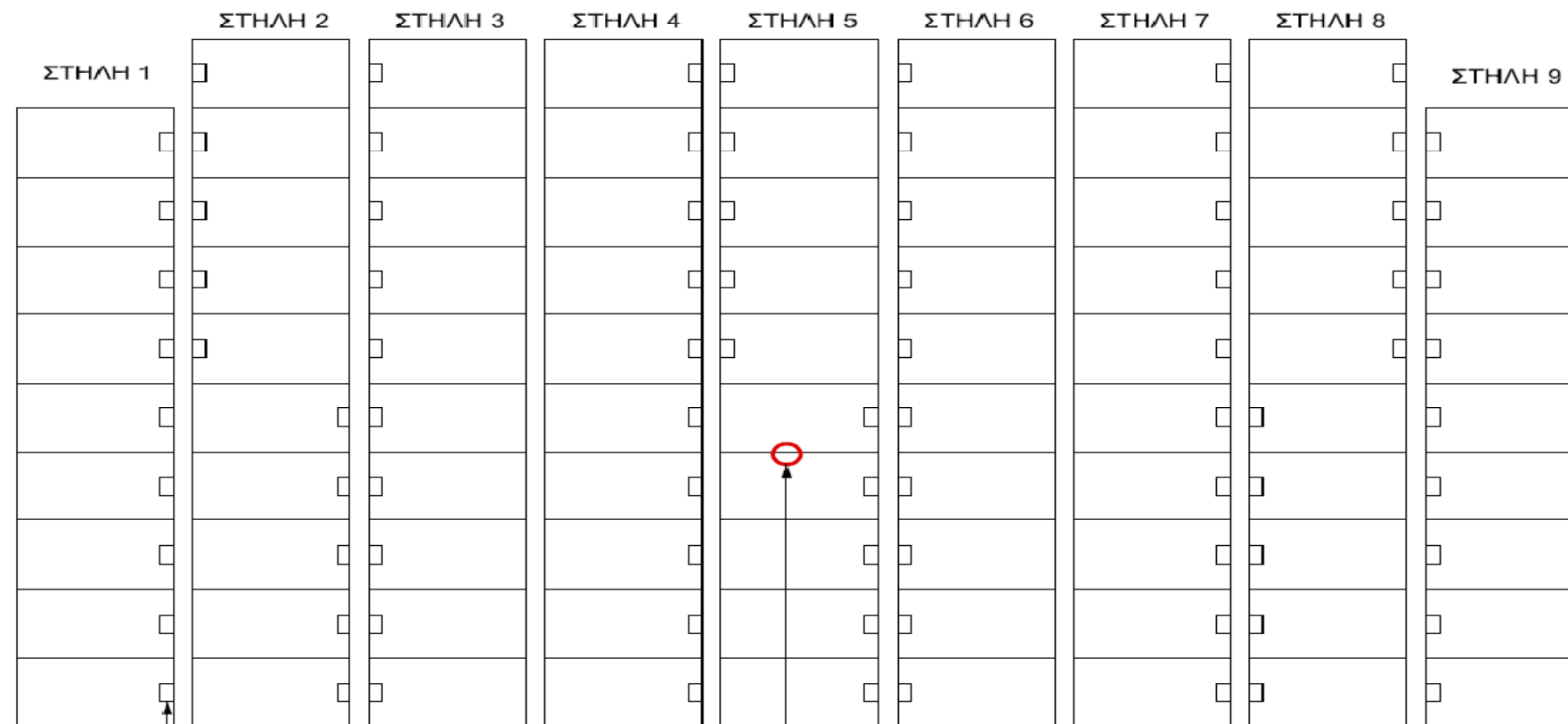
#### **4.3.1. Καλωδίωση συστοιχιών Tracker με 88 & 86 πάνελ Renesola 230Wp.**

Στο σχέδιο που ακολουθεί απεικονίζεται ο τρόπος τοποθέτησης των Φωτοβολταϊκών πλαισίων επι του Tracker. Η τοποθέτηση των πλαισίων έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε η σύνδεση των Φωτοβολταϊκών πλαισίων μεταξύ τους, για τον σχηματισμό των συστοιχιών, να μπορεί να γίνει εύκολα και γρήγορα.



**88 panels:**

**ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ PANELs - ATLASOLAR T150 - Renesola 230Wp**  
**ΠΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ TRACKER**



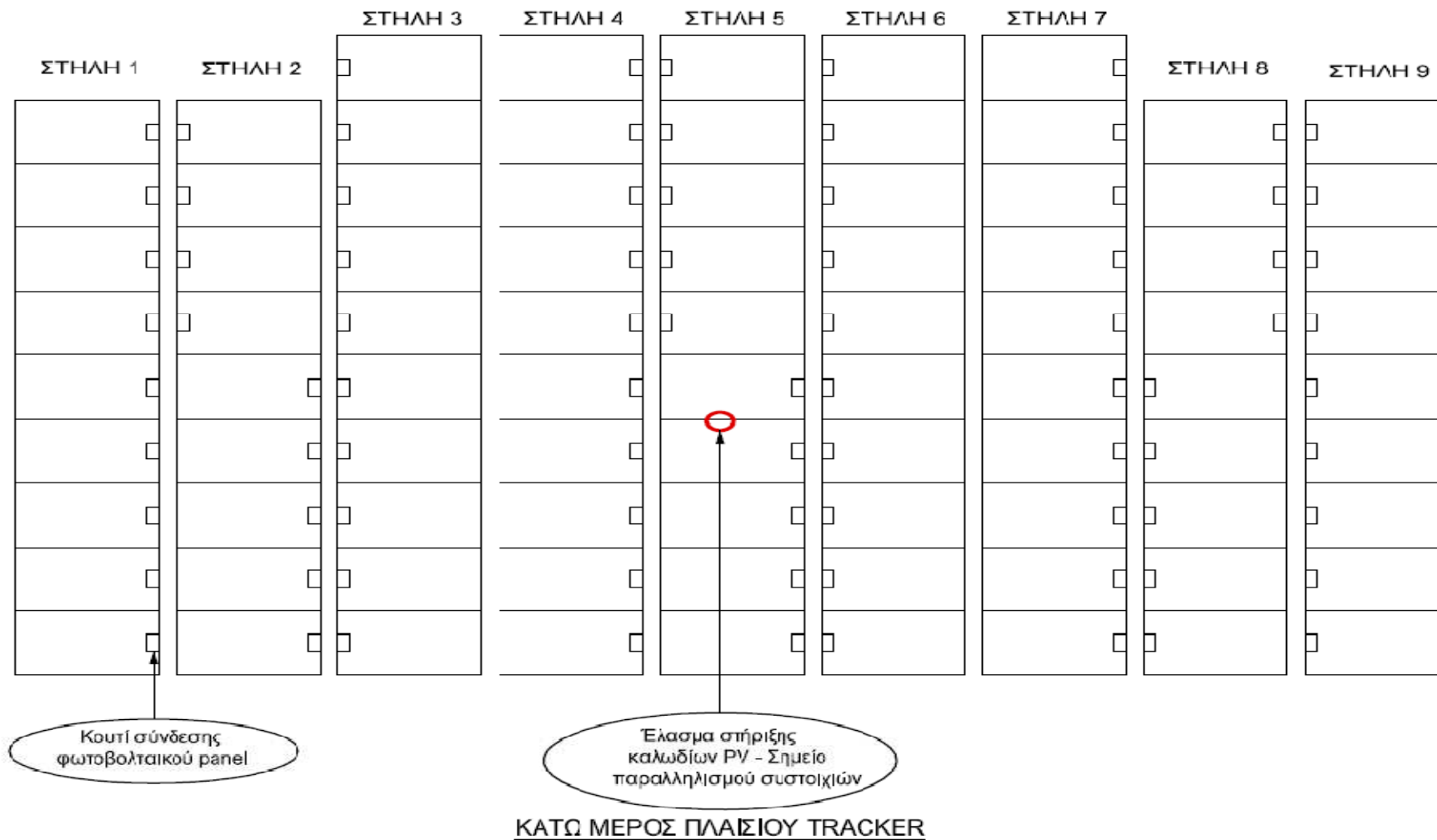
Κουτί σύνδεσης  
φωτοβολταϊκού panel

Έλασμα στήριξης  
καλωδίων PV - Σημείο  
παραλληλισμού συστοιχιών

**ΚΑΤΩ ΜΕΡΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ TRACKER**

**86 panels:**

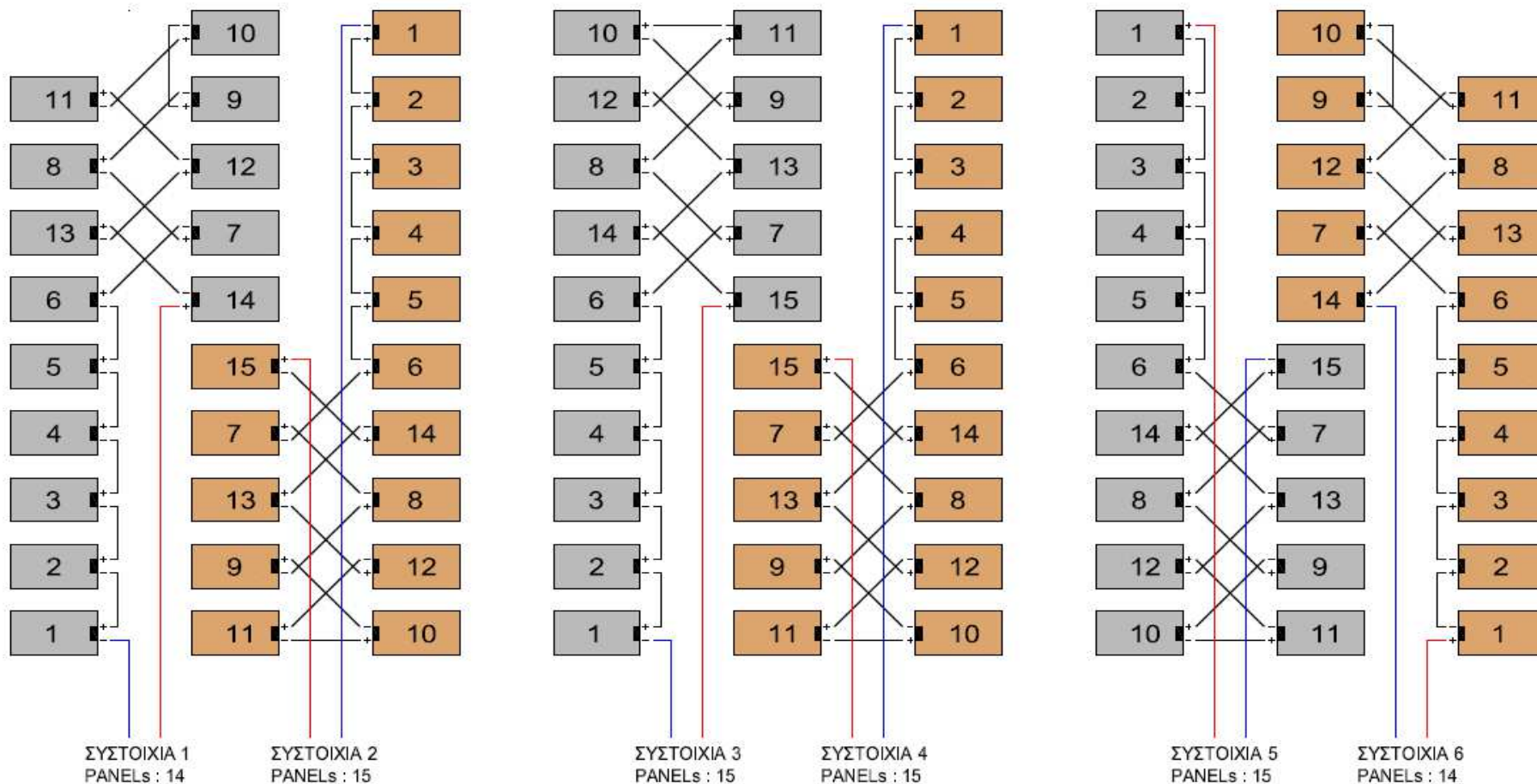
**ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ PANELs - ATLASOLAR T150 - Renesola 230Wp**  
**ΠΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ TRACKER**



Στο σχέδιο που ακολουθεί απεικονίζεται ο τρόπος σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων για τον σχηματισμό των συστοιχιών.

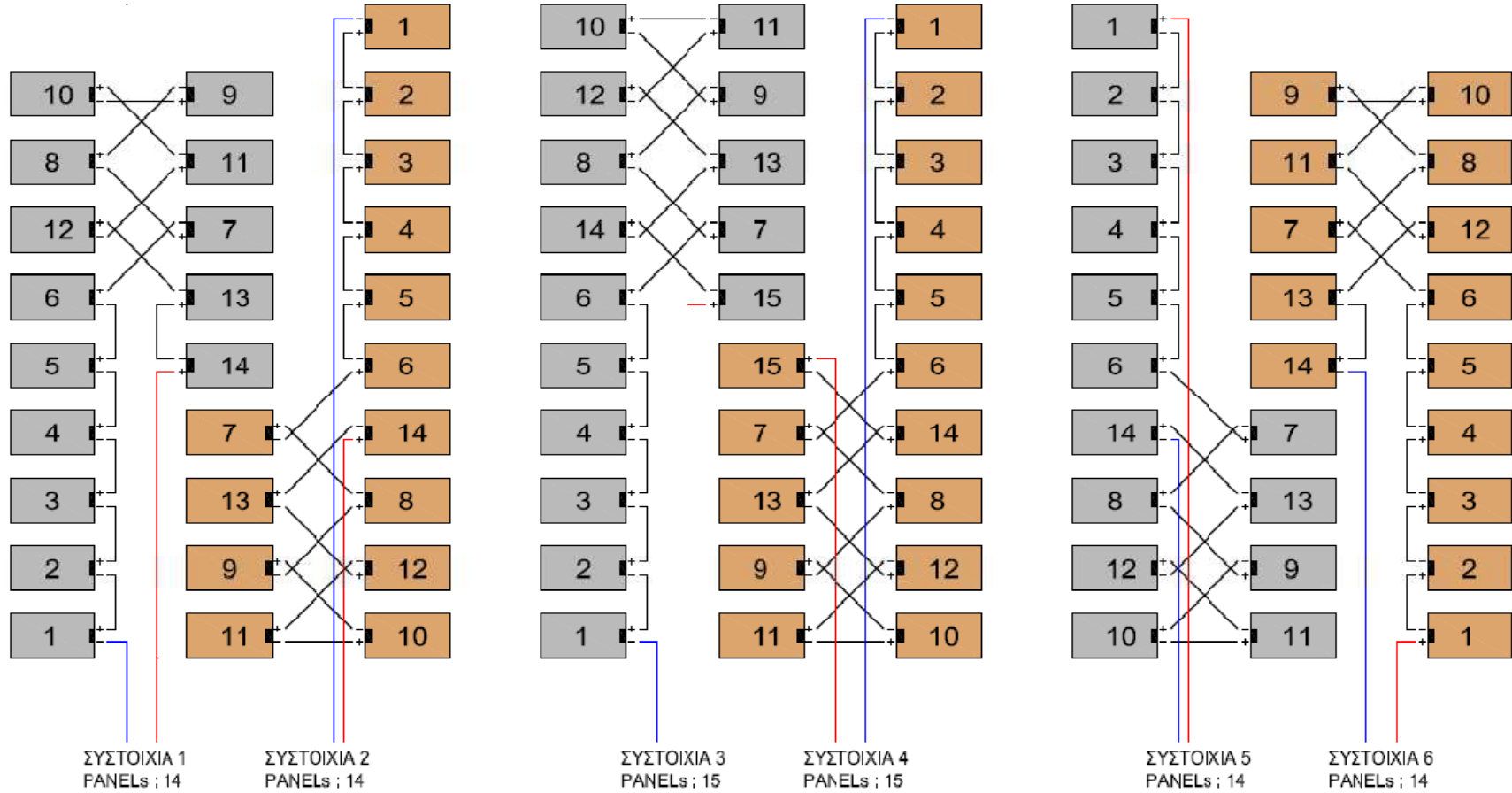
**88 panels:**

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ PANELs - ATLASOLAR T150 - Renesola 230Wp  
 ΠΛΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ TRACKER



**86 panels:**

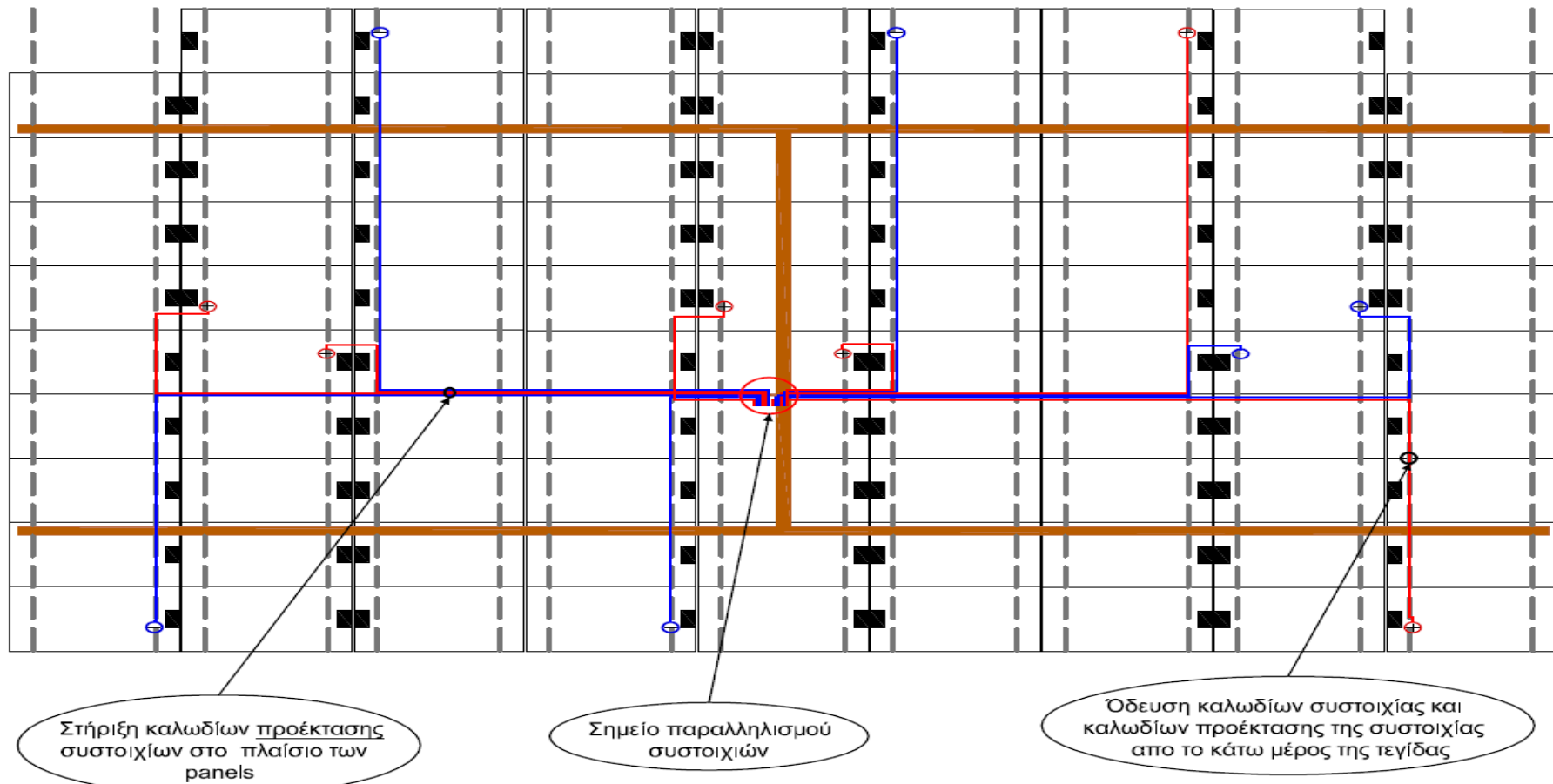
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ PANELs - ATLASCLAR T150 - Renesola 230Wp  
ΠΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΠΛΑΣΙΟΥ TRACKER



Τέλος στο σχέδιο που ακολουθεί φαίνεται ο τρόπος όδευσης των καλωδίων προέκτασης των συστοιχιών, των καλωδίων δηλαδή που θα χρειαστεί να τοποθετήσουμε για να συνδέσουμε την κάθε συστοιχία με τον αντίστοιχο αντιστροφέα, μέσω του υποπίνακα που βρίσκεται τοποθετημένος πάνω στον κάθε Tracker.

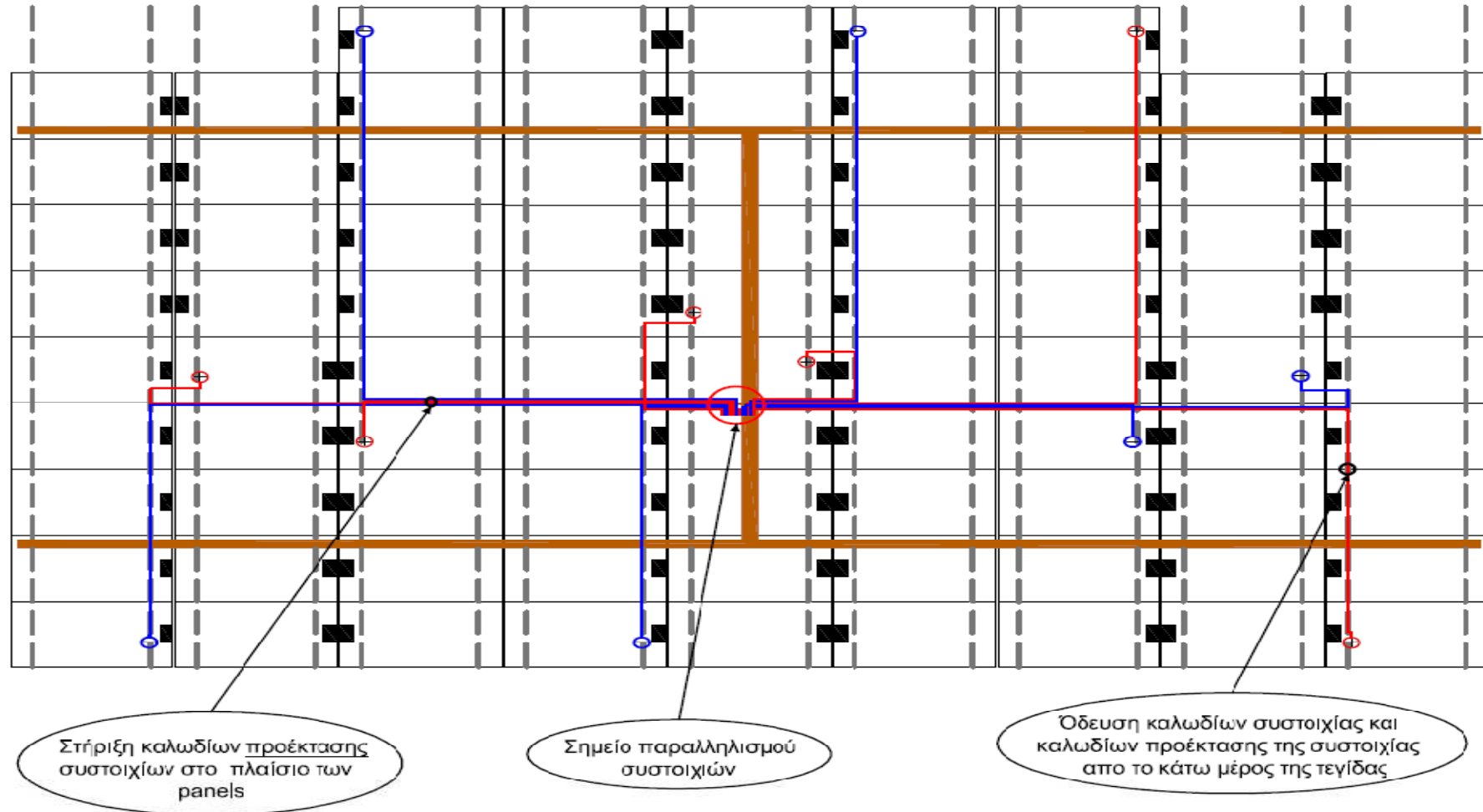
**88 panels:**

**ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ PANELs - ATLASOLAR T150 - Renesola 230Wp**  
**ΠΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ TRACKER**



86 panels:

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ PANELs - ATLASOLAR T150 - Renesola 230Wp  
ΠΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ TRACKER



Στην συνέχεια παρατίθενται φωτογραφίες από την καλωδίωση των συστοιχίων.

- Πλαίσιο συστήματος Mechatron Solar Tracker με τοποθετημένα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια.



- Συνδεση φωτοβολταϊκών πλαισίων για το σχηματισμό των συστοιχίων.



- Καλώδια προέκτασης συστοιχίων.



- Όδευση DC καλωδίων.





- Συγκέντρωση καλωδίων προέκτασης συστοιχιών στο κέντρο του πλαισίου του Tracker.



Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI παρουσιάζονται οι μετρήσεις της αντίστασης μόνωσης των συστοιχιών

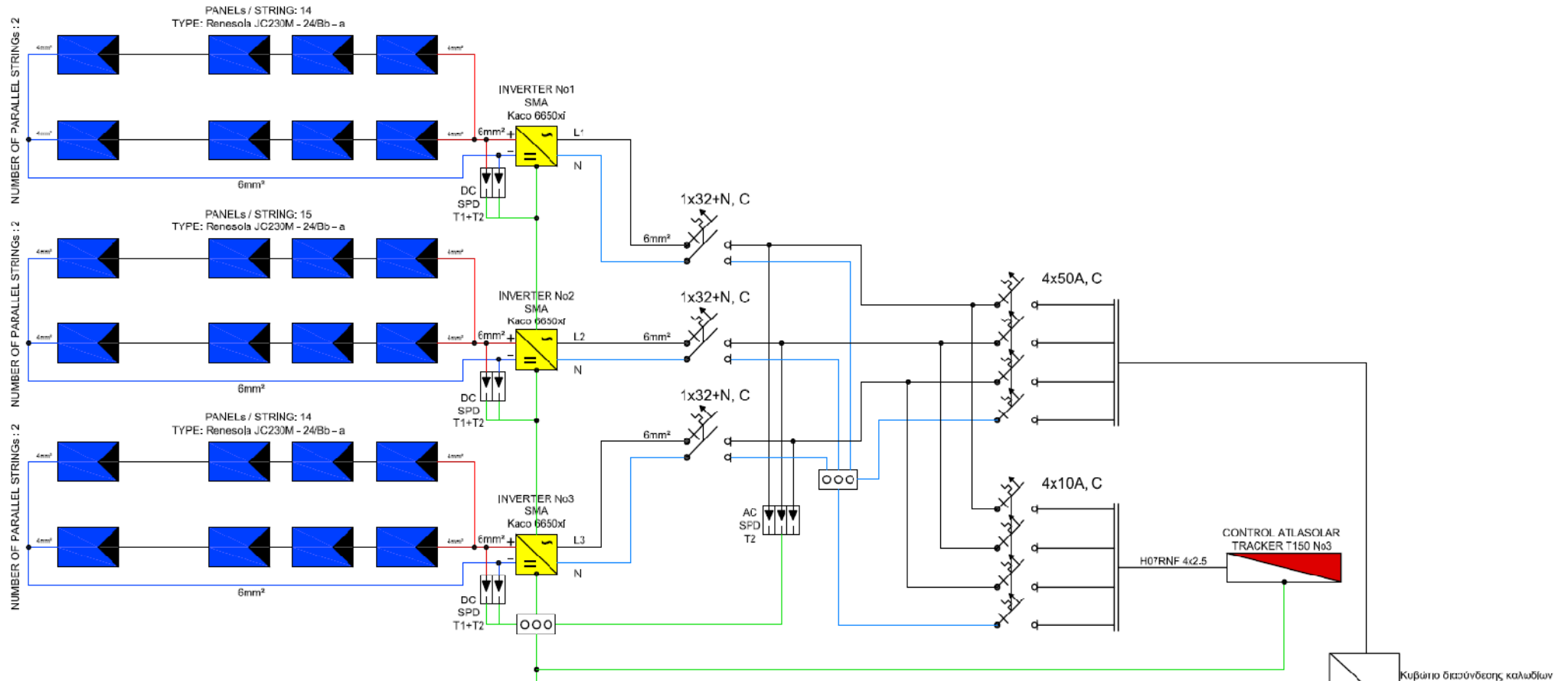
Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VII\_ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ παρουσιάζεται η μελετη εφαρμογής για την υλοποίηση του Φ/Β Σταθμού

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VIII\_Φωτογραφίες Εγκατάστασης παρουσιάζονται φωτογραφίες από τα στάδια κατασκευής του Φ/Β Σταθμού



Παρακάτω δίνεται το μονογραμμικό σχέδιο του υποπίνακα ισχύος που είναι τοποθετημένος σε κάθε Tracker .

### ATLASOLAR TRACKER T150 No 3 - 19.78KWp



Μέσω του υποπίνακα ισχύος κάθε Tracker γίνεται η σύνδεση των φωτοβολταϊκών συστοιχιών στους αντιστροφεείς που είναι εγκατεστημένη πάνω στον ίδιο Tracker. Η σύνδεση των συστοιχιών γίνεται διάμεσου των κρουστικών απαγωγών υπέρτασης, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχέδιο. Οι κρουστική απαγωγής υπέρτασης που χρησιμοποιήθηκαν είναι τύπου T1+T2 για προστασία από έμμεσα και άμεσα κεραυνικό πλήγμα. Όπως φαίνεται στο ίδιο σχέδιο μέσω του ίδιου υποπίνακα ασφαρίζεται το κάλωδιο ισχύος που αναχωρεί από τον κάθε Tracker προς τον οικίσκο του φωτοβολταϊκού σταθμού με την ανάλογη προστασία για υπερτάσεις. Τέλος μέσω του υποπίνακα ισχύος έχουμε την τροφοδοσία του συστήματος Tracker, δηλαδή του δεύτερου υποπίνακα που είναι τοποθετημένος πάνω στο κάθε σύστημα.

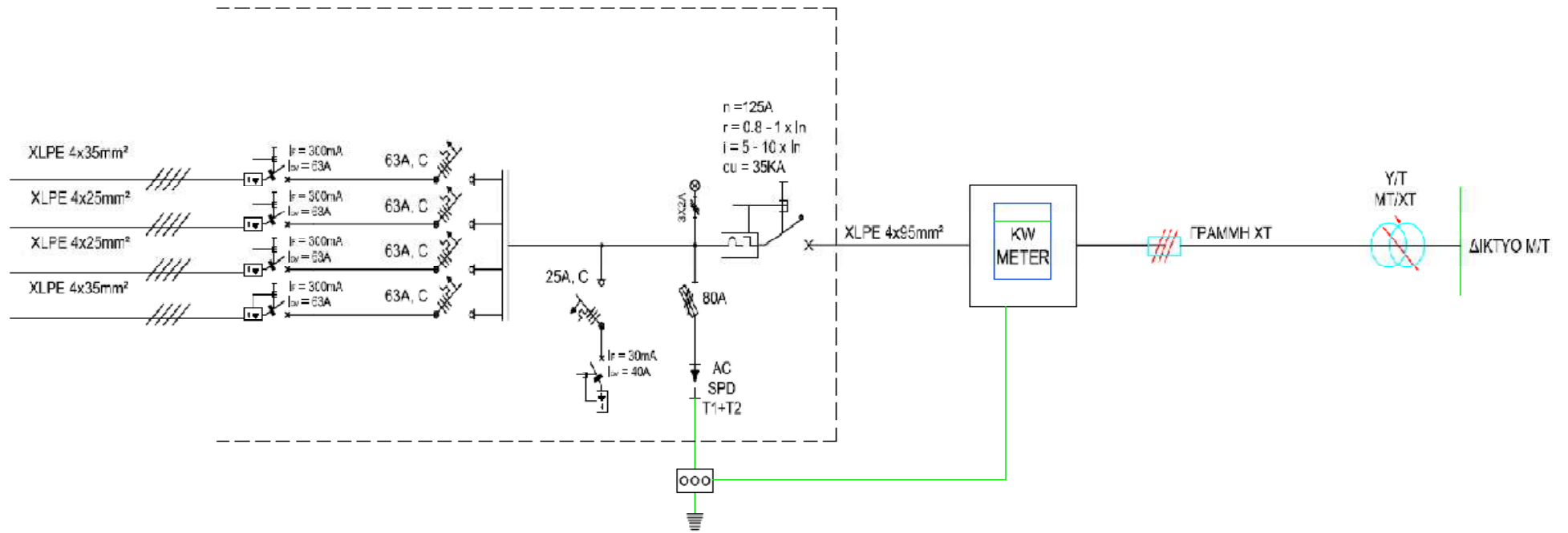
- Υποπίνακας ισχύος πάνω σε Tracker και πίνακας ελέγχου Tracker.



- Αντιστροφεείς τοποθετημένοι πάνω σε ένα σύστημα Mechatron Solar Tracker T150.

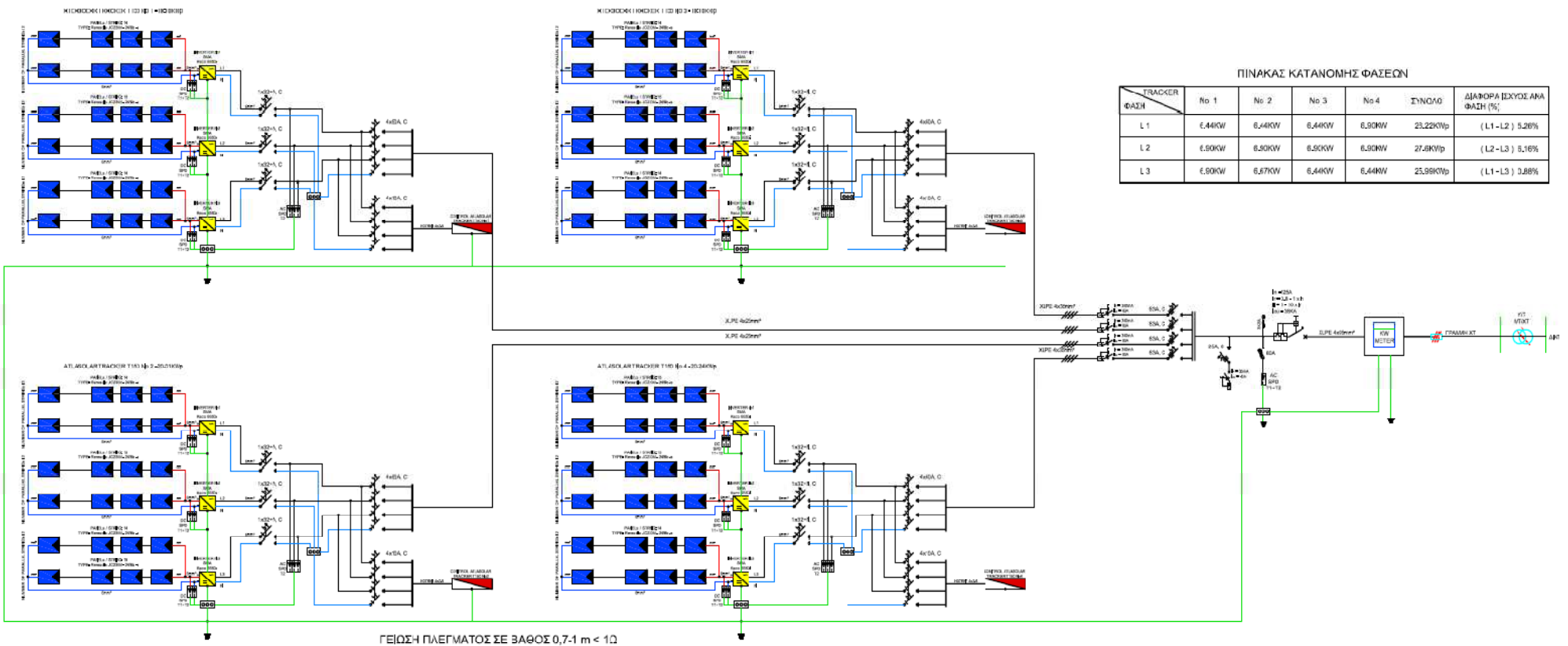


Παρακάτω δίνεται το μονογραμμικό διάγραμμα του Γ.Π.Χ.Τ. του φωτοβολταϊκού σταθμού ο οποίος είναι τοποθετημένος εντός του οικίσκου του σταθμού.



- Μονογραμμικό σχέδιο φωτοβολταϊκού σταθμού.





ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΦΑΣΕΩΝ

TRACKER ΦΑΣΗ	No 1	No 2	No 3	No 4	ΣΥΝΟΛΟ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΙΣΧΥΟΣ ΑΜΑ ΦΑΣΗ (%)
L 1	6,44KW	6,44KW	6,44KW	6,90KW	23,22KWp	(L1-L2) 5,26%
L 2	6,90KW	6,90KW	6,90KW	6,90KW	27,6KWp	(L2-L3) 5,16%
L 3	6,90KW	6,77KW	6,44KW	6,44KW	25,98KWp	(L1-L3) 3,88%

**ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ**

<p>Τύπος Φ/Β Μονάδας ( PV panel ) : Renesola JC230M 24/Bb-a            Συνολική Ισχύς Φ/Β Μονάδας ( P<sub>max</sub> at STC ) : 230Wp            Τάση λειτουργίας Φ/Β Μονάδας ( U<sub>mp</sub> at STC ) : 29,1V            Βύσμα λειτουργίας Φ/Β Μονάδας ( Log at STC ) : 9,27A</p>	<p>Συνολικός Αριθμός Φ/Β Μονάδων : 347 τεμάχια            Συνολική Ισχύς Φ/Β Σταθμού : 79,81 KWp</p>	<p>Τύπος αντιστροφέων ( Inverter ) : Kaco 6650xi            Μέγιστη Ισχύς Εξόδου ( P<sub>ac,max</sub> ) : 7,5 KWp            Συνολικός Αριθμός Αντιστροφέων ( Inverters ) : 12 τεμάχια</p>
--	--	--

## 5ο Κεφαλαίο : Παρακολούθηση λειτουργίας Φωτοβολταϊκού Σταθμού.

### 5.1. Γενικά.

Η σημασία της σωστής εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού σταθμού είναι αδιαμφισβήτητη. Παρόλα αυτά για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας σπουδαίο ρόλο διαδραματίζει και η συνεχής παρακολούθηση του σταθμού μέσω εξελιγμένων συστημάτων τηλεμετρίας. Λόγω αναρίθμητων απρόβλεπτων παραγόντων, μπορεί ανά πάσα στιγμή είτε η παραγωγή να βγει εκτός λειτουργίας ,είτε να προκληθούν ζημιές στην εγκατάσταση . Καταλαβαίνουμε λοιπόν, πόσο σημαντική είναι η καθημερινή παρακολούθηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Η επιτήρηση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης γίνεται με την βοήθεια εξελιγμένων συστημάτων που μας επιτρέπουν ανά πάσα στιγμή από τον υπολογιστή μας η από το κινητό μας, να ελέγξουμε την σωστή λειτουργία της, να συγκρίνουμε τις αποδόσεις των προηγούμενων περιόδων, η ακόμα και να ενημερωθούμε άμεσα για μια διακοπή λειτουργίας ή για μια ενδεχόμενη βλάβη.

Πιο συγκεκριμένα η επιτήρηση της λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού σταθμού περιλαμβάνει την παρακολούθηση της λειτουργίας των εγκατεστημένων στον φωτοβολταϊκό σταθμό αντιστροφών, των συστημάτων παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου (εφόσον υπάρχουν) καθώς επίσης και των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν στην συγκεκριμένη περιοχή της εγκατάστασης.

Η δυνατότητα απομακρυσμένης επιτήρησης και παρακολούθησης του φωτοβολταϊκού σταθμού μέσω των συστημάτων καταγραφής των επιμέρους δομικών στοιχείων του σταθμού, όπως περιγράψαμε παραπάνω (αντιστροφείς, tracker), είναι εφικτή μόνο στην περίπτωση κατά την οποία τα παραπάνω καταγραφικά που είναι εγκατεστημένα στο φωτοβολταϊκό σταθμό έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Η δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο από την θέση που είναι εγκατεστημένος ένας φωτοβολταϊκός σταθμός δίνεται στις περισσότερες των περιπτώσεων με τους παρακάτω τρόπους:

- Μέσω 3G router (μέσω κινητής τηλεφωνίας),
- Μέσω δορυφόρου (δορυφορικό Internet).
- Μέσω γραμμής (καλωδιακό Internet).
- Μέσω ασύρματης ζεύξης, με αλλό σημείο όπου υπάρχει καλωδιακό internet.

Η δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο από την θέση εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού σταθμού μας δίνει, πέραν των όσων περιγράψαμε παραπάνω και τα οποία αφορούν την παρακολούθηση της καλής λειτουργίας του εξοπλισμού, την δυνατότητα της απομακρυσμένης παρακολούθησης των συστημάτων ασφαλείας και του απομακρυσμένου ελέγχου του πάρκου μέσω των καμερών που πολλές φορές εγκαθίστανται σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να έχουμε μια συνολική εικόνα της κατάστασης του φωτοβολταϊκού σταθμού.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα περιγράψουμε τα συστήματα που έχουν εγκατασταθεί στον εν λόγω φωτοβολταϊκό σταθμό και μας παρέχουν την δυνατότητα του απομακρυσμένου ελέγχου της λειτουργίας των αντιστροφών και της λειτουργίας των συστημάτων διαξονικής ιχνηλάτισης Mechatron Solar Tracker T150.

## 5.1 Καταγραφικό Αντιστροφών.

Το Powador-proLOG είναι ένας καταγραφέας δεδομένων, ο οποίος προσφέρει εκτενείς δυνατότητες για την επιτόπια και εξ αποστάσεως επιτήρηση στον υπολογιστή (PC). Καταγράφει ρεύματα, τάσεις, θερμοκρασίες, την ισχύ, καθώς και την οικονομική απόδοση κάθε ενός επιμέρους μετατροπέα. Πέραν τούτου υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης εξωτερικών αισθητήρων. Τα αποθηκευμένα δεδομένα της εγκατάστασης αποστέλλονται μια φορά την ημέρα με ένα αρχείο κειμένου στη διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου της επιλογής σας. Εκτός αυτού, σε περίπτωση κατά την οποία η εγκατάσταση αποκλίνει από τις καθορισμένες από τον χρήστη καταστάσεις λειτουργίας, ο καταγραφέας δεδομένων αυτομάτως αποστέλλει σχετική αναφορά μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, φαξ ή μηνύματος [SMS](#). Οι παράμετροι συναγερμού μπορούν να προσαρμοστούν ακριβώς στα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης.<sup>[18]</sup>



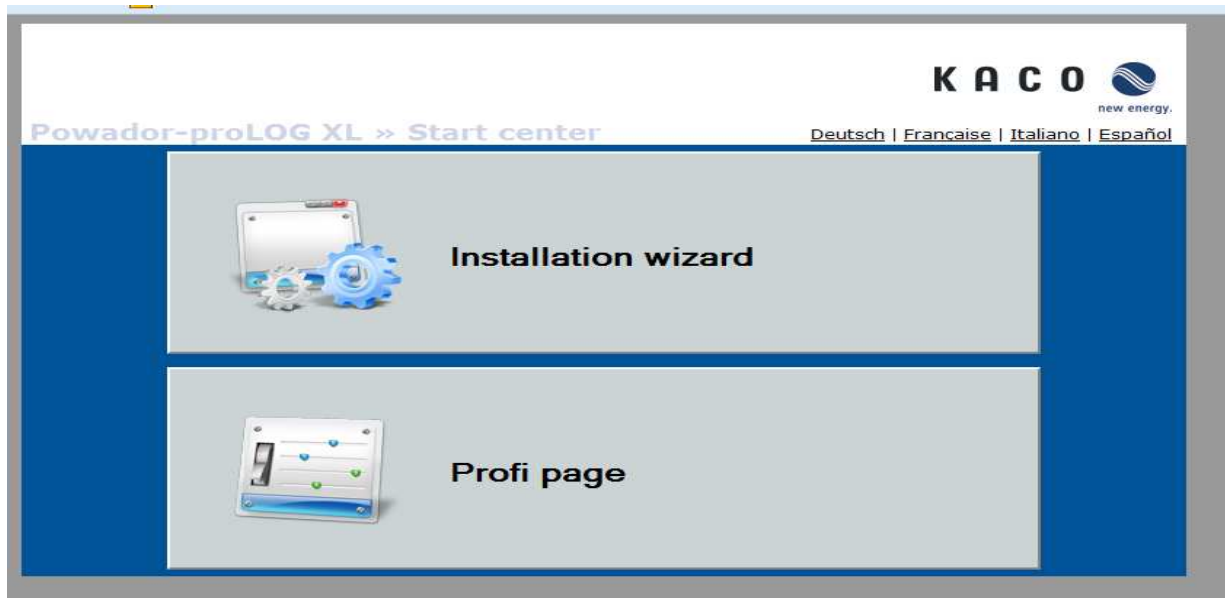
Ο χειρισμός του Powador-proLOG γίνεται μέσω της ενσωματωμένης επιφάνειας χρήστη. Για να ανοίξουμε την σελίδα σύνδεσης της συσκευής ακολουθούμε την ακόλουθη διαδικασία:

- Εκκινούμε το λογισμικό πλοήγησης (π.χ internet explorer).
- Εισάγουμε την διεύθυνση IP στην σειρά διευθύνσεων και πατάμε “Enter”.

Εμφανίζεται η ακόλουθη εικόνα:


---

<sup>18</sup> <http://kaconewenergy.com/us/>



Αφού πραγματοποιήσουμε είσοδο στο Powador-proLOG μπορούμε να πραγματοποιήσουμε πλοήγηση στις διάφορες σελίδες και να πραγματοποιήσουμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις είτε αυτές αφορούν τους αντιστροφείς είτε τις παραμέτρους της ίδιας της συσκευής π.χ ρύθμιση των παραμέτρων του δικτύου κτλ.

General | Online values | Status | Configuration

**Powador** 

Welcome to monitoring system « Powador-proLOG XL »

**System Survey of the Plant STAVROS PINIRTZIS\_KAMPOS**


Hardware		Monitoring	
Analog inputs	0 allocated	Last alarm message	Inverter failure
Digital inputs	0 allocated	Date/Time	04.11.13 / 06:38:32
Current sensors	0	Last data transfer	04.11.13 / 00:50:00
Inverters	12	Free Memory	66 %
Powador-Argus Boxes	0	GSM field strength	0%

System Parameters		Orientation	
Plant operator	KAMPOS	Tilt	TRACKING
Installed power	80 kW	Module efficiency	14 %
Inverters			
Module type			
Module area	600 m <sup>2</sup>		

System Time: 23:06:30 / 04.11.2013

General | Online values | Status | Configuration

**Powador** 

**Online values » Inverter Survey**

Sum of all Inverters

Designation	Value	Unit	Designation	Value	Unit
Current Power	69.018	kW	Current monthly energy yield	1999.910	kWh
Current daily energy yield	109.086	kWh	Current annual energy yield	172334.933	kWh
Previous day energy yield	322.877	kWh	Total energy yield	355099.559	kWh

Survey of Individual Inverters

Address	Power	Unit	Daily energy	Unit
1	5700	W	9804	Wh
2	5912	W	9537	Wh
3	5555	W	7545	Wh
4	5743	W	9867	Wh
5	5524	W	9498	Wh
6	5894	W	5511	Wh
7	5913	W	10081	Wh
8	5916	W	9230	Wh
9	5453	W	9186	Wh
10	5509	W	9570	Wh
11	5636	W	8957	Wh
12	5958	W	10300	Wh

General Online values Status Configuration

**Powador** **KACO** new energy

Status » Inverters

Failure Messages

Designation	Alarm Type	Alarm target	Alarm Counter	Transfer Status	Info
No response of inverter	Email	STAVROS PINIRTZIS & SIA OE	59	-	Last alarm: 23.09.13 / 17:06:36
Energy yield deviation	Email	STAVROS PINIRTZIS & SIA OE	30	-	Last alarm: 15.05.13 / 00:00:00
Inverter failure	Email	STAVROS PINIRTZIS & SIA OE	511	-	Last alarm: 05.11.13 / 07:36:08
Feed-in power reduction	Email	STAVROS PINIRTZIS & SIA OE	0	-	

Quick Info

Address	Status
01	Feed in at max. MPP
02	Feed in at max. MPP
03	Feed in at max. MPP
04	Feed in at max. MPP
05	Feed in at max. MPP
06	Feed in at max. MPP
07	Feed in at max. MPP
08	Feed in at max. MPP
09	Feed in at max. MPP
10	Feed in at max. MPP
11	Feed in at max. MPP
12	Feed in at max. MPP

Το Powador-monitor είναι ένα δωρεάν λογισμικό υπολογιστή (PC) για την επιτόπια αξιολόγηση των τιμών μέτρησης, οι οποίες καταγράφονται από τον καταγραφέα δεδομένων Powador-proLOG. Η μεταβίβαση των δεδομένων στον υπολογιστή γίνεται μέσω μόντεμ ή Ethernet. Μπορεί να γίνει εισαγωγή των δεδομένων μέσω κάρτας μνήμης Compact Flash Card. Η απεικόνιση μπορεί να γίνει επιλέγοντας ανάμεσα σε διάφορα είδη προβολής. Εκτός αυτού μπορεί να γίνει αρχειοθέτηση, με την οποία σας παρέχεται η δυνατότητα του οπτικού ελέγχου των τιμών των μετατροπένων για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται μια σελίδα του προγράμματος Powador-monitor.



Τέλος η δικτυακή πύλη Powador-web σε συνδυασμό με το Powador-proLOG επιτρέπει την εκτενή αξιολόγηση και οπτική απεικόνιση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Μέσω του διαδικτύου είναι δυνατή η παγκόσμια

πρόσβαση. Η πρόσβαση προστατεύεται με κωδικό. Το ποια δεδομένα παρουσιάζονται, εξαρτάται από τη διαμόρφωση του καταγραφέα δεδομένων. Οι παρεχόμενες δυνατότητες παρουσιάζονται εκτείνονται από την παραγόμενη ενέργεια σε διάφορες χρονικές περιόδους και επιμέρους εγκαταστάσεις, συμπεριλαμβανομένης της σύγκρισης θεωρητικών και πραγματικών αποδόσεων, και τις τιμές μεμονωμένων μετατροπών όπως ρεύμα, τάση, ισχύς στην είσοδο και έξοδο ως τη θερμοκρασία συστοιχιών και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ακόμη, υπάρχει δυνατότητα διαμόρφωσης και ταξινόμησης των συνθηκών και του είδους των μηνυμάτων συναγερμού. Με τη λειτουργία αναφοράς, υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής πινάκων δεδομένων για μεγάλες χρονικές περιόδους. Με την καταβολή ενός εφάπαξ τέλους υπάρχει δυνατότητα ενσωμάτωσης των διαγραμμάτων του Powador-web στην ιστοσελίδα σας.

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IX\_Powador\_proLOG\_db\_en-1 παρουσιάζεται το datasheet του καταγραφικού Powador-proLOG

## **5.2 Καταγραφικό Mechatron Solar Tracker.**

Ομοίως με το Powador-proLOG το WebBox της Mechatron είναι ένας καταγραφέας δεδομένων, ο οποίος προσφέρει εκτενείς δυνατότητες για την επιτόπια και εξ αποστάσεως επιτήρηση στον υπολογιστή (PC). Καταγράφει την θέση των Tracker και των οποιοδήποτε συμβάντων λαμβάνουν χώρα στην λειτουργία αυτών. Πέραν τούτου υπάρχει η δυνατότητα απομακρυσμένου χειρισμού των συστημάτων Tracker, η δυνατότητα του απομακρυσμένου ελέγχου είναι ιδιαίτερα χρήσιμη. Εκτός αυτού, σε περίπτωση κατά την οποία οποιοδήποτε σύστημα παρουσιάσει μια οποιαδήποτε δυσλειτουργία ο καταγραφέας δεδομένων αυτομάτως αποστέλλει σχετική αναφορά μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.



Ο χειρισμός του WebBox της Mechatron γίνεται, όπως και στο καταγραφικό Powador-proLOG, μέσω της ενσωματωμένης επιφάνειας χρήστη. Για να ανοίξουμε την σελίδα σύνδεσης της συσκευής ακολουθούμε την ακόλουθη διαδικασία:

- Εκκινούμε το λογισμικό πλοήγησης (π.χ internet explorer).
- Εισάγουμε την διεύθυνσή IP στην σειρά διευθύνσεων και πατάμε “Enter”.

Εμφανίζεται η ακόλουθη εικόνα:

# Atlas Solar Tracker

[Login](#)

Αφού πραγματοποιήσουμε είσοδο στο WebBox της Mechatron μπορούμε να πραγματοποιήσουμε πλοήγηση στις διάφορες σελίδες και να πραγματοποιήσουμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις είτε αυτές αφορούν τους Tracker είτε τις παραμέτρους της ίδιας της συσκευής π.χ ρύθμιση των παραμέτρων του δικτύου κτλ.

The screenshot displays the Atlas Solar Tracker web interface. At the top, the header includes the logo 'ATLAS SOLAR TRACKER' and the firmware version '1.01.54'. Below the header, a navigation bar shows 'Setup' as the active page, with sub-menus for 'PLANT', 'TRACKERS', and 'BASIC SETUP'. The 'PLANT' menu is further divided into 'Overview', 'Events', 'Force', and 'Settings'. The main content area is titled 'Plant / Overview' and contains a table with the following data:

Trackers	4
Wind speed	19
Wind speed 1	19.8
Wind speed 2	0.0
Wind speed 3	0.0
	..: Km/h
Operating status	Tracking: 4 Horiz.Park: 0 Alarm: 0 No Comm: 0
Wind Statistics	Level: 0 1 2 3 4 Times: 198 202 22 1 0 Durat: ***** 846 90 4 0 Level: 0 Duration: 765408

A 'Clear' button is located at the bottom of the Wind Statistics section.

**Setup**

pinirtzis kampos

PLANT TRACKERS BASIC SETUP

Monitor | Installation | Setup | Logs |

**Trackers / Monitor**

1 Refresh

Moving West  
147~147

Ent ^ > Esc  
Abort

Address	Serv.Time	Date/Time	Tzone	Mode	Azimuth	Elevation	Az.Pulses	El.Pulses	Status	Next Tracking
1	11:19:33	05/11/13 11:18:16	3	1	148.02	33.16	147	75	Tracking	11:22:54
2	11:19:33	05/11/13 11:18:35	3	1	149.42	33.73	144	74	Tracking	11:21:27
3	11:19:33	05/11/13 11:18:53	3	1	149.51	33.77	148	74	Tracking	11:22:35
4	11:19:33	05/11/13 11:19:10	3	1	149.61	33.81	144	74	Tracking	11:28:16

General
Wind
Shadows
Azim.Zones

**Time-Location**

Plant ID:None Plant Name:pinirtzis kampos		Plant Synch
Long: 25.28	Lat: 35.12	
Server Day/Time		Plant Synch
		Read RTC

**Tracking**

Mode	Sun	Plant Synch
Interval	10	Plant Synch

**Emergency Park**

On strong wind	Yes	Plant Synch
On comm error	Yes	Plant Synch

**Position offset**

Azimuth offset angle	0.00	Plant Synch
Azimuth offset point	-50	Plant Synch

**Parameters Reset**

Set ALL Parameters to Default	Reset now
-------------------------------	-----------



**Setup**

**PLANT**    **TRACKERS**    **BASIC SETUP**

Overview | Events | **Force** | Settings |

---

**Plant / Force**

Select tracker to change settings

TRACKER MANUAL MOVE		
Wash	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Position reset	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Azimuth from home	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Elevation from home	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Azimuth offset	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Elevation offset	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Azimuth angle	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Elevation angle	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Wind attitude 1	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Wind attitude 2	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Wind attitude 3	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
Wind attitude 4	<input type="text"/>	<input type="button" value="Move"/>
<input type="button" value="Return to tracking mode"/>		<input type="button" value="Cancel Movement"/>

### 5.3. Καταγραφικό καμερών.

Ομοίως με τα παραπάνω καταγραφικά, το καταγραφικό των καμερών προσφέρει εκτενείς δυνατότητες για την επιτόπια και εξ αποστάσεως επιτήρηση στον υπολογιστή (PC).

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες εικόνες από την επιτήρηση του πάρκου με την βοήθεια των καμερών.

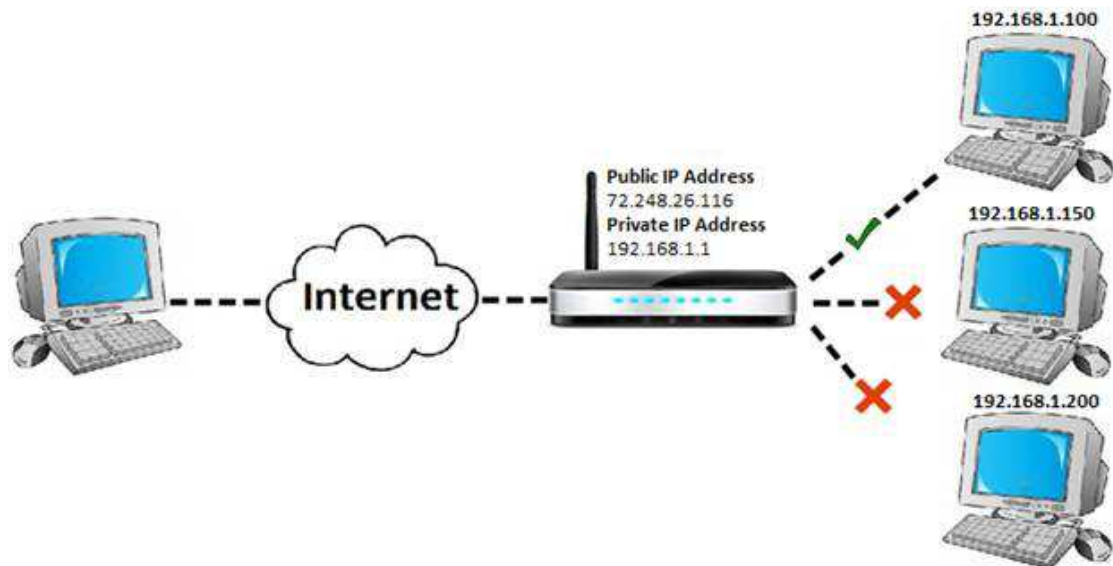




#### 5.4 Πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Για να είναι δυνατή η απομακρυσμένη παρακολούθηση των καταγραφικών που παρουσιάστηκαν παραπάνω θα πρέπει, όπως ήδη αναφέρθηκε, να υπάρχει πρόσβαση στο διαδίκτυο στο χώρο της εγκατάστασης. Για τον σκοπό αυτό επιλέχτηκε η χρήση 3G router, και πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω κινητής τηλεφωνίας.





Ο χειρισμός του Router γίνεται, όπως και στα καταγραφικά που περιγράψαμε παραπάνω, μέσω της ενσωματωμένης επιφάνειας χρήστη. Αφού εισέλθουμε στο περιβάλλον χειρισμού της συσκευής θα πρέπει να πραγματοποιήσουμε μια σειρά από ρυθμίσεις έτσι ώστε να είναι δυνατή η απομακρυσμένη πρόσβαση στις συσκευές του τοπικού δικτύου. Οι ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν αναφέρονται στο εγχειρίδιο χρήσης του συγκεκριμένου router.

Παρακάτω παραθέτουμε μερικές εικόνες από την διεπαφή επικοινωνίας χρήστη του router και τις διάφορες ρυθμίσεις που κάναμε.

TP-LINK®

Status	<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">3G</div> <p><b>3G USB Modem:</b> MF110</p> <p><small>If your location or ISP is not listed, or the default Dial number / APN is not the latest one, please enable <b>Set the Dial Number and APN manually</b> and fill in the right ones.</small></p> <p><b>Location:</b> <input type="text" value="Australia"/></p> <p><b>Mobile ISP:</b> <input type="text" value="Bigpond"/></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Set the Dial Number and APN manually</p> <p><b>Dial Number:</b> <input type="text" value="*99#"/></p> <p><b>APN:</b> <input type="text" value="vpn-internet"/></p> <p><b>Username:</b> <input type="text"/> (optional)</p> <p><b>Password:</b> <input type="text"/> (optional)</p> <p><input type="button" value="Connect"/> <input type="button" value="Disconnect"/> <span>Connected</span></p> <p><b>Connection Mode:</b></p> <p><input type="radio"/> Connect on Demand</p> <p><input checked="" type="radio"/> Connect Automatically</p> <p><input type="radio"/> Connect Manually</p> <p>Max Idle Time: <input type="text" value="15"/> minutes (0 means remain active at all times)</p>
Quick Setup	
QSS	
Network	
- Internet Access	
- 3G	
- WAN	
- MAC Clone	
- LAN	
Wireless	
DHCP	
Forwarding	
Security	
Parental Control	
Access Control	
Advanced Routing	
Bandwidth Control	
IP & MAC Binding	
Dynamic DNS	
System Tools	

**TP-LINK®**

- Status
- Quick Setup
- QSS
- Network**
  - Internet Access
  - 3G
  - WAN
  - MAC Clone
  - LAN
- Wireless
- DHCP
- Forwarding
- Security
- Parental Control
- Access Control
- Advanced Routing
- Bandwidth Control
- IP & MAC Binding
- Dynamic DNS
- System Tools

### WAN

WAN settings is unavailable as the Internet Access is 3G Only.  
Please change settings on [Internet Access](#) if you want to use WAN.

WAN Connection Type:

IP Address:

Subnet Mask:

Default Gateway:    **WAN port is unplugged!**

MTU Size (in bytes):  (The default is 1500, do not change unless necessary.)

Use These DNS Servers

Primary DNS:

Secondary DNS:  (Optional)

Host Name:

**TP-LINK®**

- Status
- Quick Setup
- QSS
- Network**
  - Internet Access
  - 3G
  - WAN
  - MAC Clone
  - LAN
- Wireless
- DHCP
- Forwarding
- Security
- Parental Control
- Access Control
- Advanced Routing
- Bandwidth Control
- IP & MAC Binding
- Dynamic DNS
- System Tools

### LAN

MAC Address:

IP Address:

Subnet Mask:

**TP-LINK®**

Status  
Quick Setup  
QSS  
Network  
Wireless  
DHCP  
**Forwarding**  
- Virtual Servers  
- Port Triggering  
- DMZ  
- UPnP  
Security  
Parental Control  
Access Control  
Advanced Routing  
Bandwidth Control  
IP & MAC Binding  
Dynamic DNS  
System Tools

### Virtual Servers

ID	Service Port	IP Address	Protocol	Status	Modify
1	81	192.168.1.200	TCP	Enabled	<a href="#">Modify</a> <a href="#">Delete</a>
2	80	192.168.1.10	TCP	Enabled	<a href="#">Modify</a> <a href="#">Delete</a>
3	8000	192.168.1.100	TCP	Enabled	<a href="#">Modify</a> <a href="#">Delete</a>
4	8001	192.168.1.100	TCP	Enabled	<a href="#">Modify</a> <a href="#">Delete</a>

Add New... Enable All Disable All Delete All

Previous Next

**TP-LINK®**

Status  
Quick Setup  
QSS  
Network  
Wireless  
DHCP  
Forwarding  
**Security**  
- Basic Security  
- Advanced Security  
- Local Management  
- Remote Management  
Parental Control  
Access Control  
Advanced Routing  
Bandwidth Control  
IP & MAC Binding  
Dynamic DNS  
System Tools

### Basic Security

#### Firewall

SPI Firewall:  Enable  Disable

#### VPN

PPTP Passthrough:  Enable  Disable  
L2TP Passthrough:  Enable  Disable  
IPSec Passthrough:  Enable  Disable

#### ALG

FTP ALG:  Enable  Disable  
TFTP ALG:  Enable  Disable  
H323 ALG:  Enable  Disable  
RTSP ALG:  Enable  Disable

Save

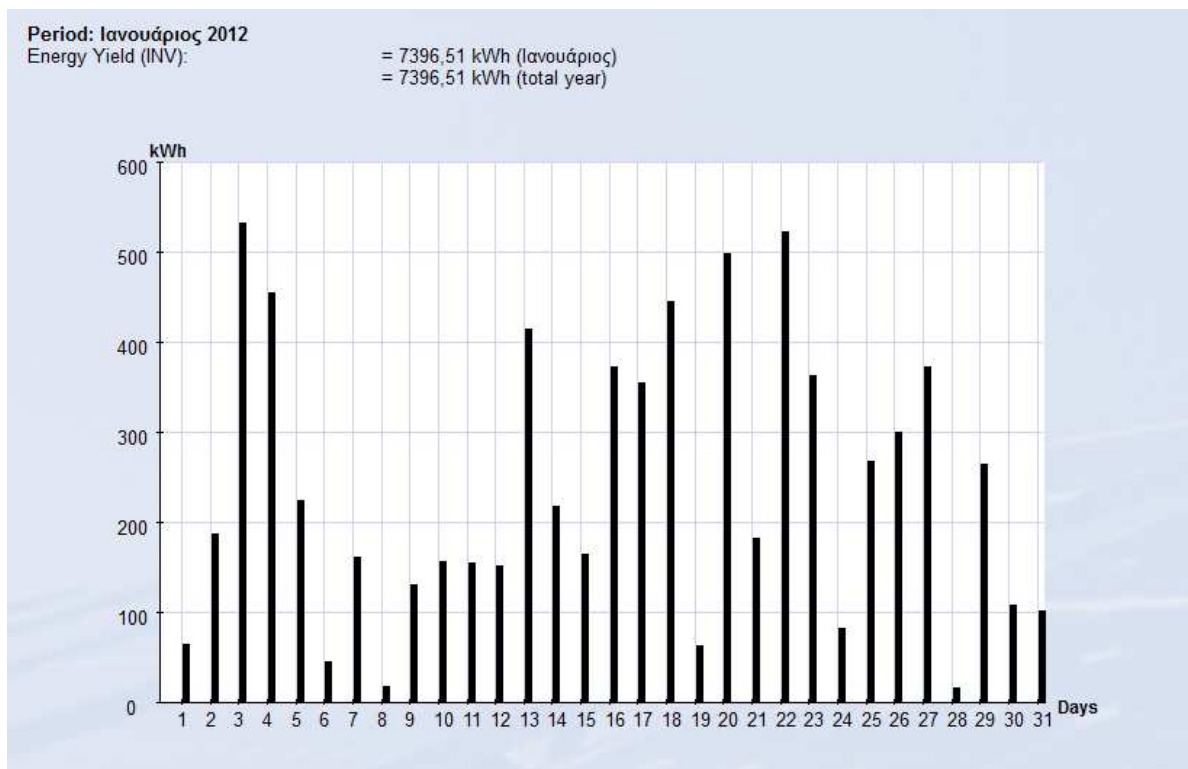
Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Χ παρουσιάζεται το datasheet του καταγραφικού 3G ROUTER

## 6ο Κεφαλαίο : Πραγματικά Δεδομένα και Σύγκριση.

### 6.1 Πραγματικά Δεδομένα.

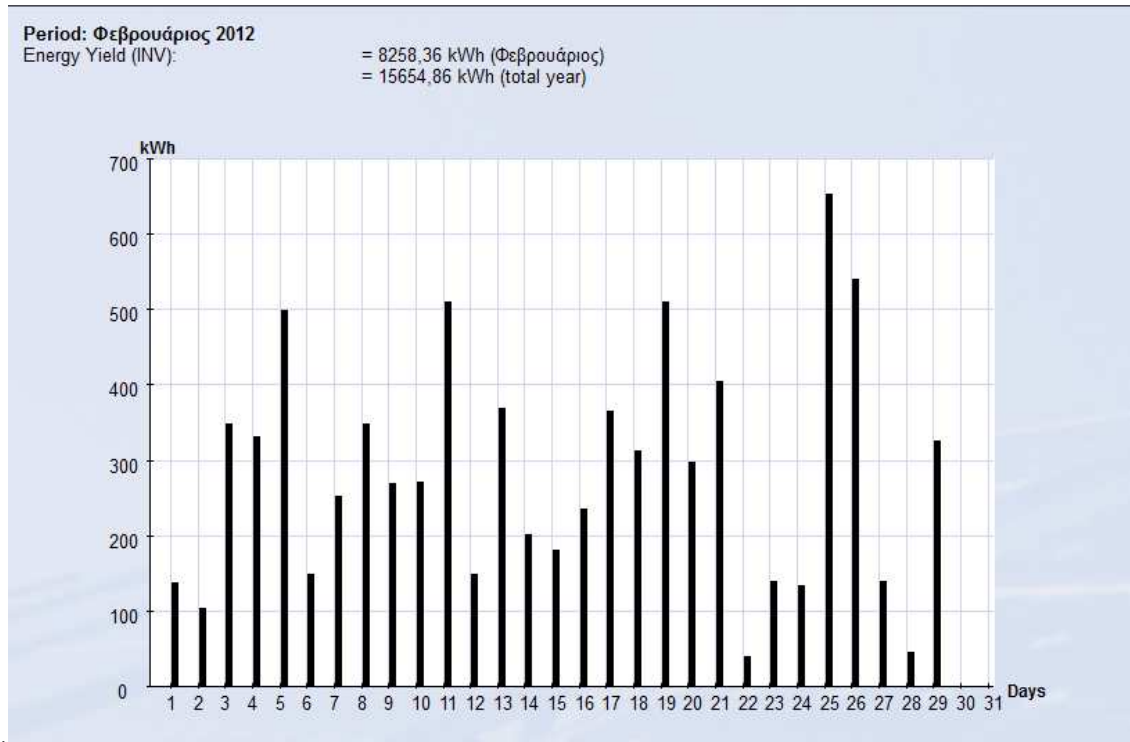
Με την βοήθεια των συστημάτων καταγραφής που έχουν εγκατασταθεί στο φβ σταθμό είμαστε σε θέση να ανατρέξουμε στα δεδομένα παραγωγής του φωτοβολταϊκού σταθμού προγενέστερων χρονικών περιόδων και να εξαγάγουμε συμπεράσματα σχετικά με την λειτουργία του σταθμού και την δυναμικότητα της περιοχής. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα πραγματικά δεδομένα της παραγωγής του σταθμού για το έτος 2012, τα δεδομένα είναι τα δεδομένα τα οποία τραβήξαμε από το καταγραφικό των αντιστροφών και στην συνέχεια τα επεξεργαστήκαμε με την βοήθεια του προγράμματος Powador-monitor.

- **ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2012**



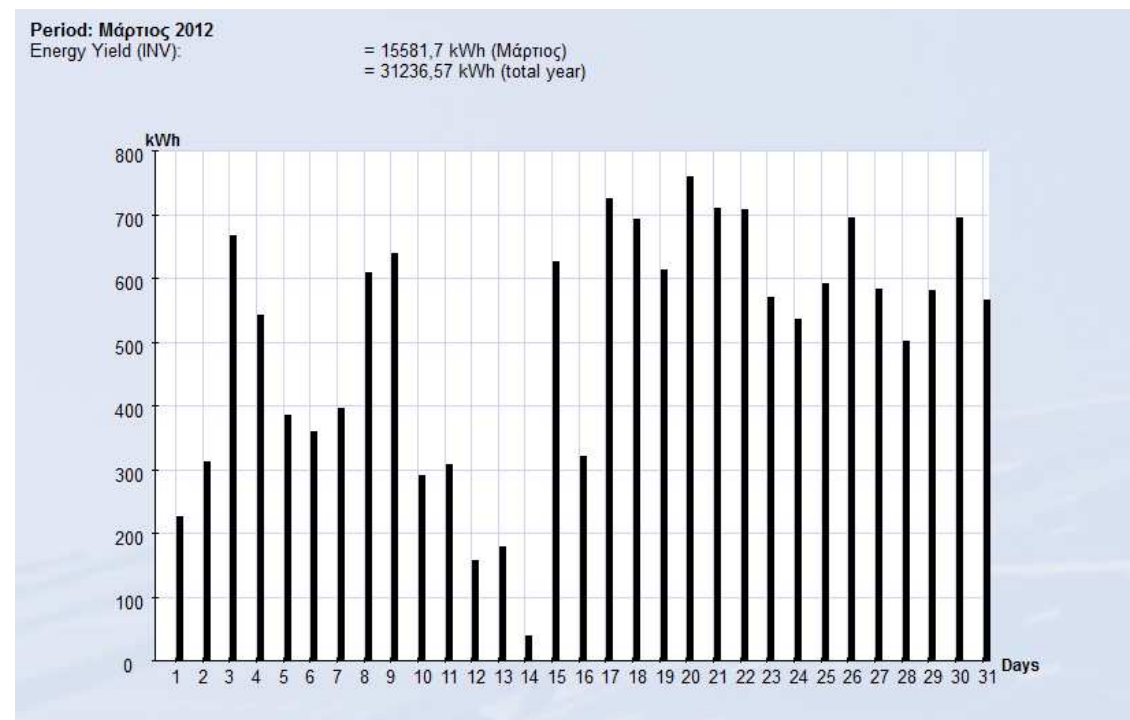
**Μεση ημερήσια παραγωγή: 238 KW/h**

- **ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2012**



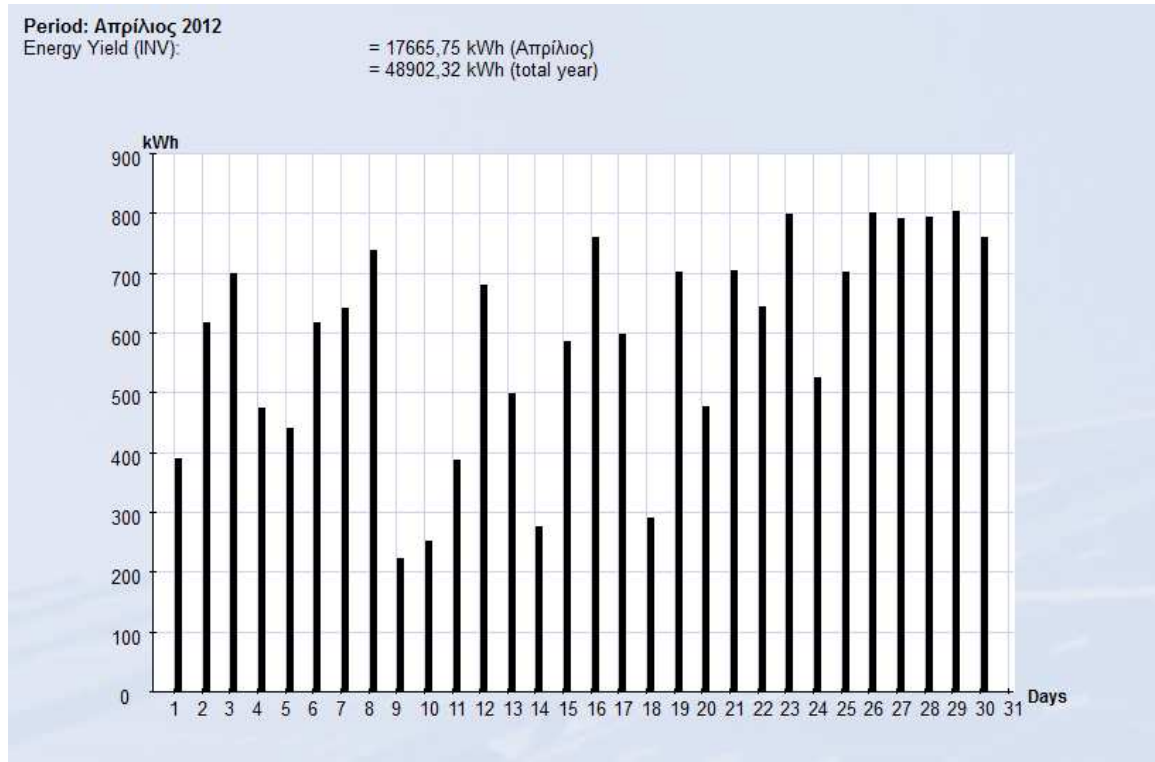
**Μεση ημερήσια παραγωγή: 275 KWh**

- **ΜΑΡΤΙΟΣ 2012**



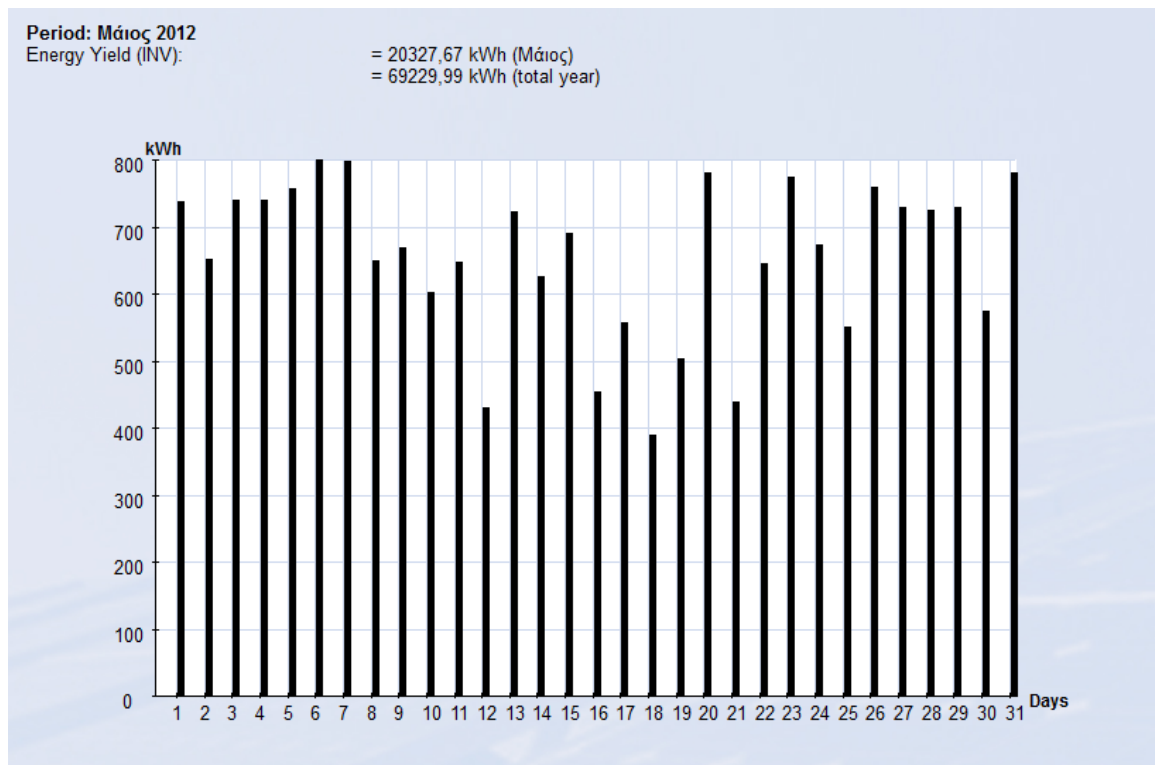
**Μεση ημερήσια παραγωγή: 502 KWh**

- **ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2012**



**Μεση ημερήσια παραγωγή: 589 KWh**

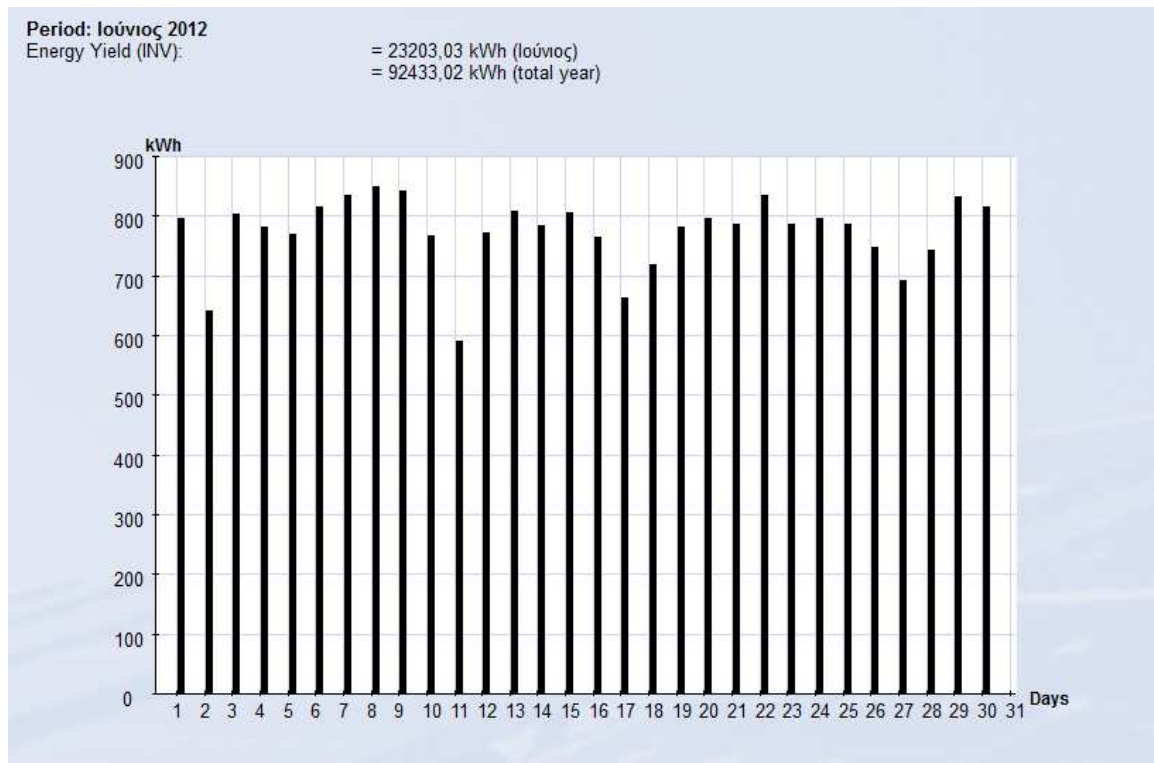
- **ΜΑΙΟΣ 2012**





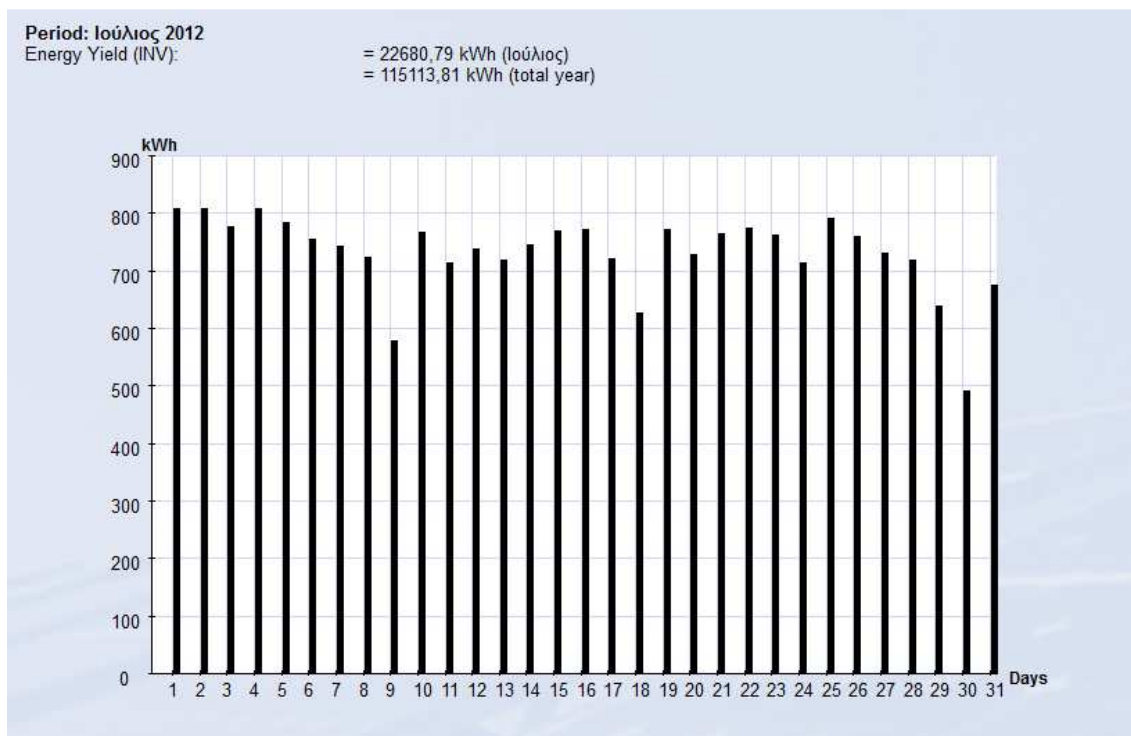
**Μεση ημερήσια παραγωγή: 656 KWh**

- **ΙΟΥΝΙΟΣ 2012**



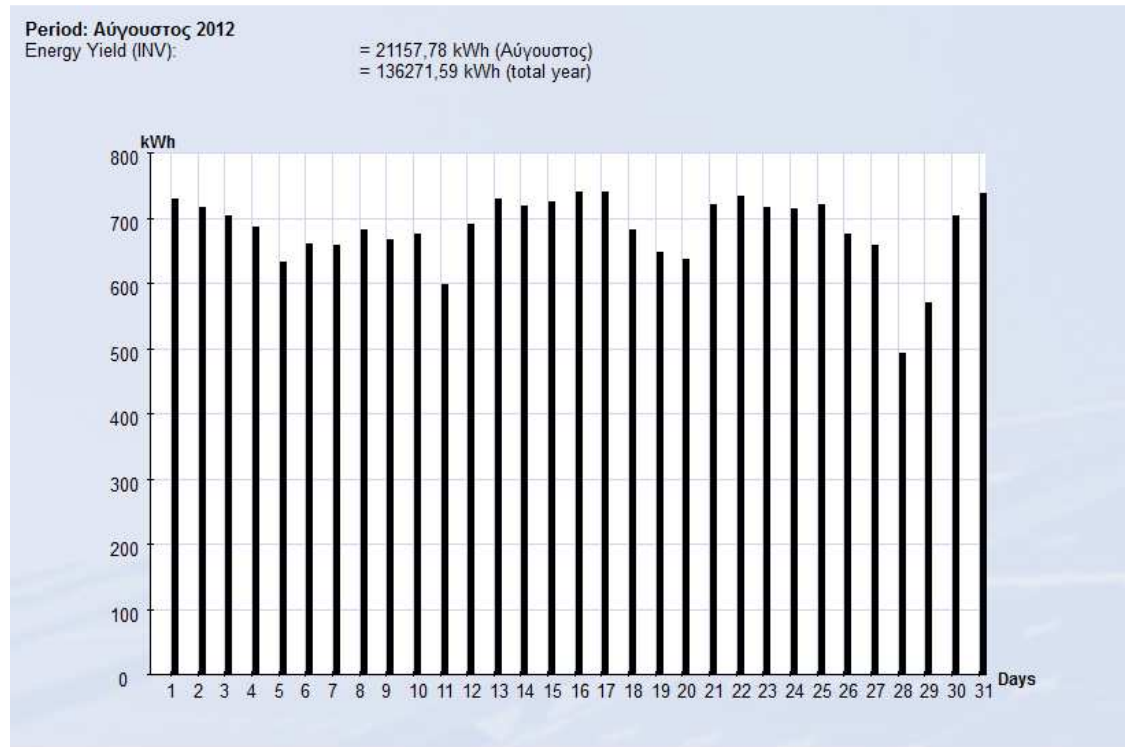
**Μεση ημερήσια παραγωγή: 773 KWh**

- **ΙΟΥΛΙΟΣ 2012**



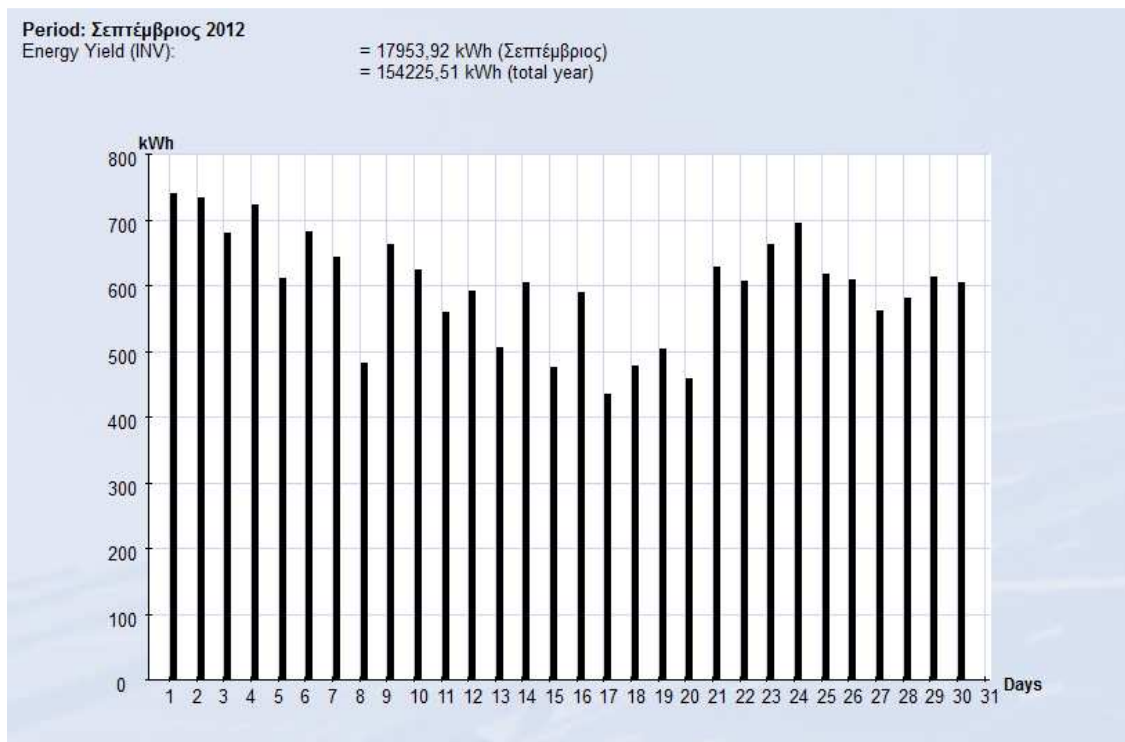
**Μεση ημερήσια παραγωγή: 731 KWh**

- **ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2012**



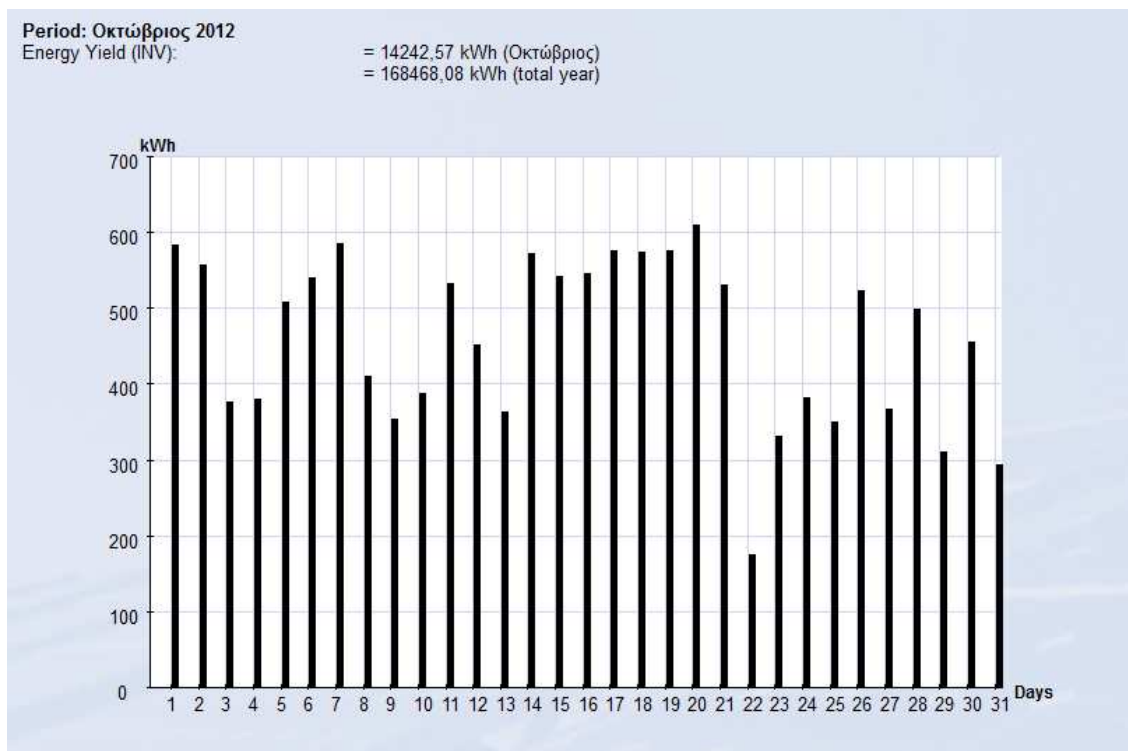
**Μεση ημερήσια παραγωγή: 682 KWh**

- **ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2012**



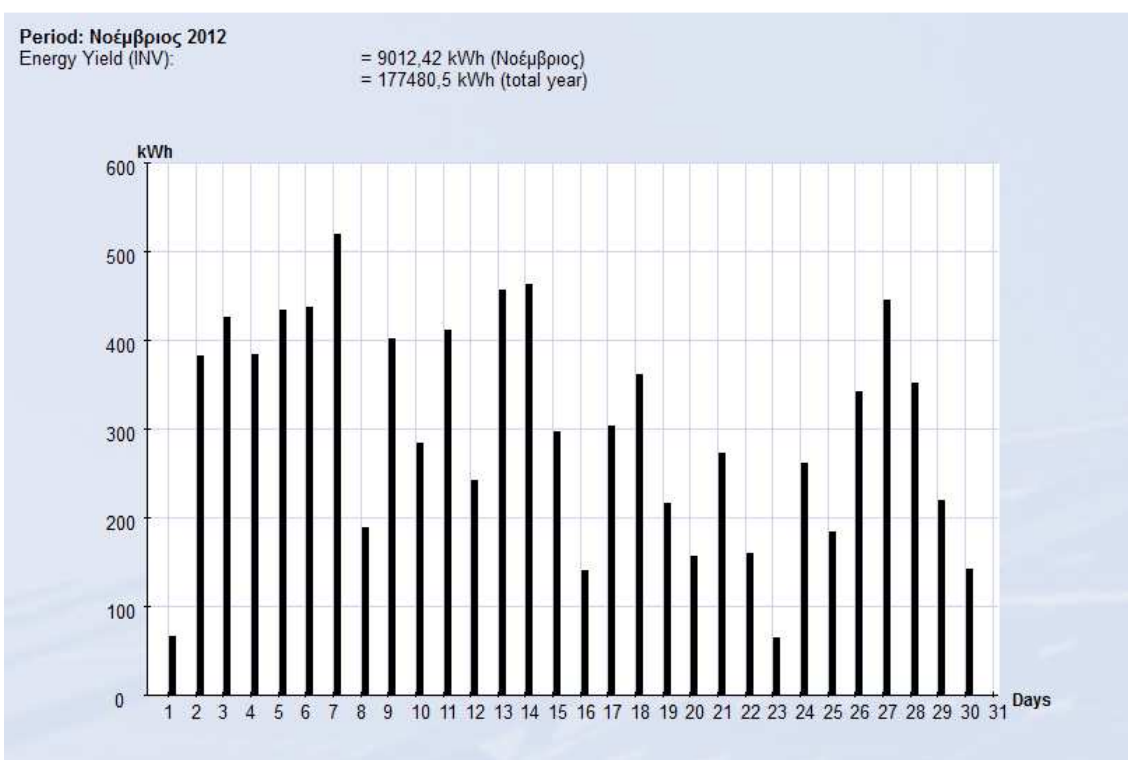
**Μεση ημερήσια παραγωγή: 598 KWh**

- **ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012**



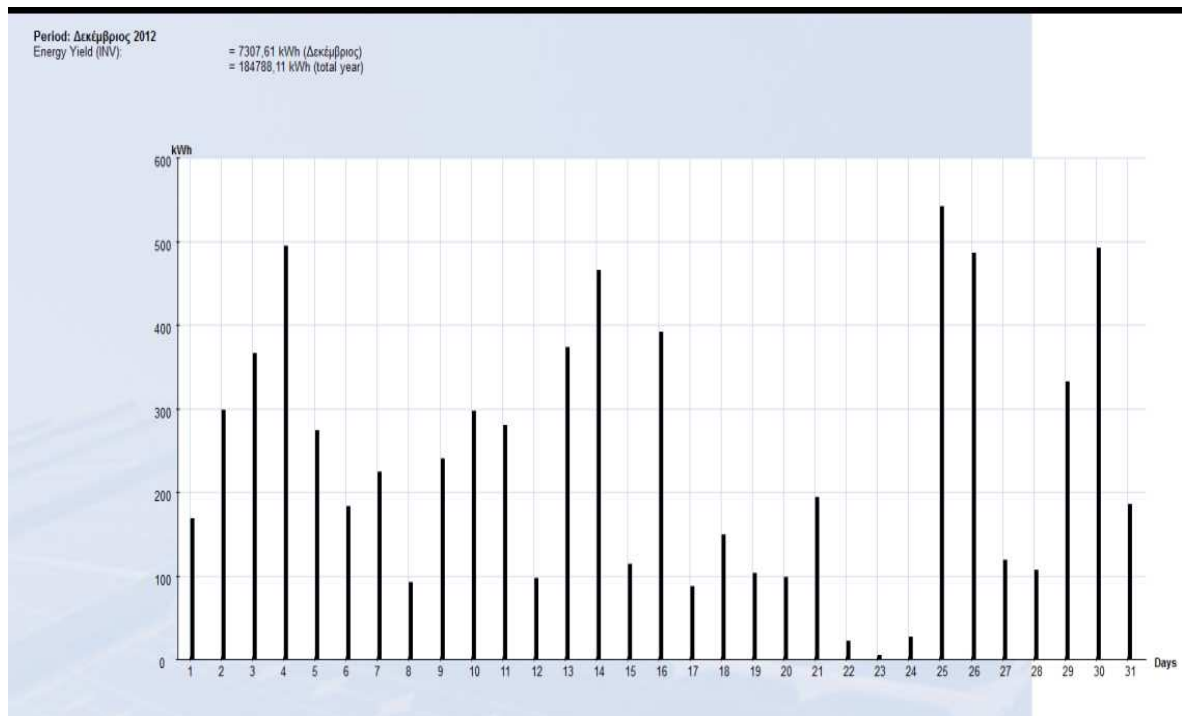
**Μεση ημερήσια παραγωγή: 459 KWh**

- **ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2012**



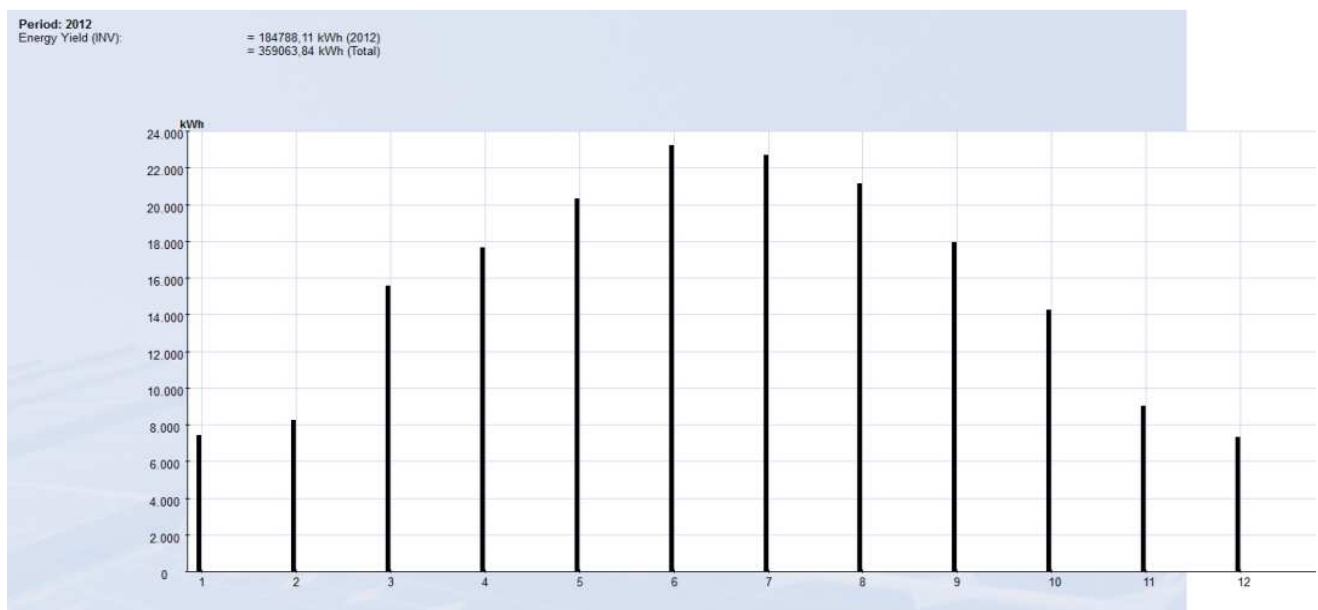
**Μεση ημερήσια παραγωγή: 300 KWh**

• **ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2012**



**Μεση ημερήσια παραγωγή: 235 KW/h**

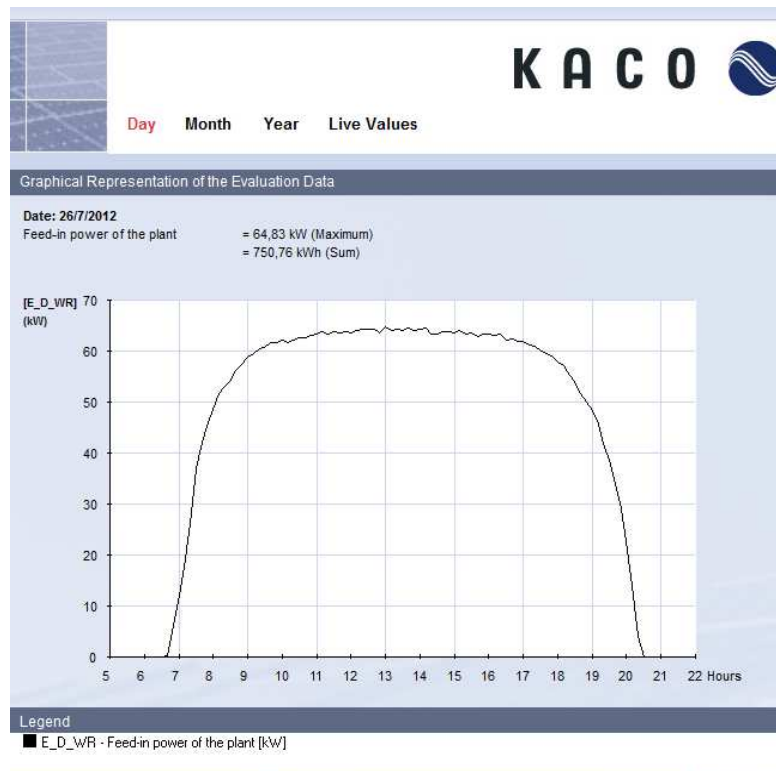
Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το ιστογράμμα της μινιαίας παραγωγής του φωτοβολταϊκού σταθμου για το ίδιο έτος.



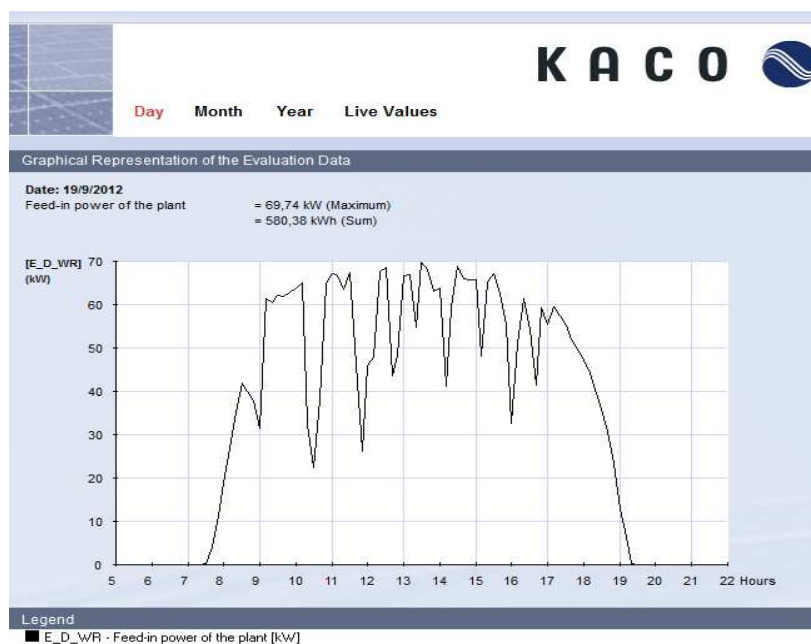
## Συνολική ετήσια παραγωγή: 184.788 KW/h

Στις συνέχεια παρουσιάζονται κάποια τυπικά διαγράμματα που απεικονίζουν την καμπύλη στιγμιαίας ισχύος του φωτοβολταϊκού σταθμού για ορισμένες χαρακτηριστικές μέρες του χρόνου.

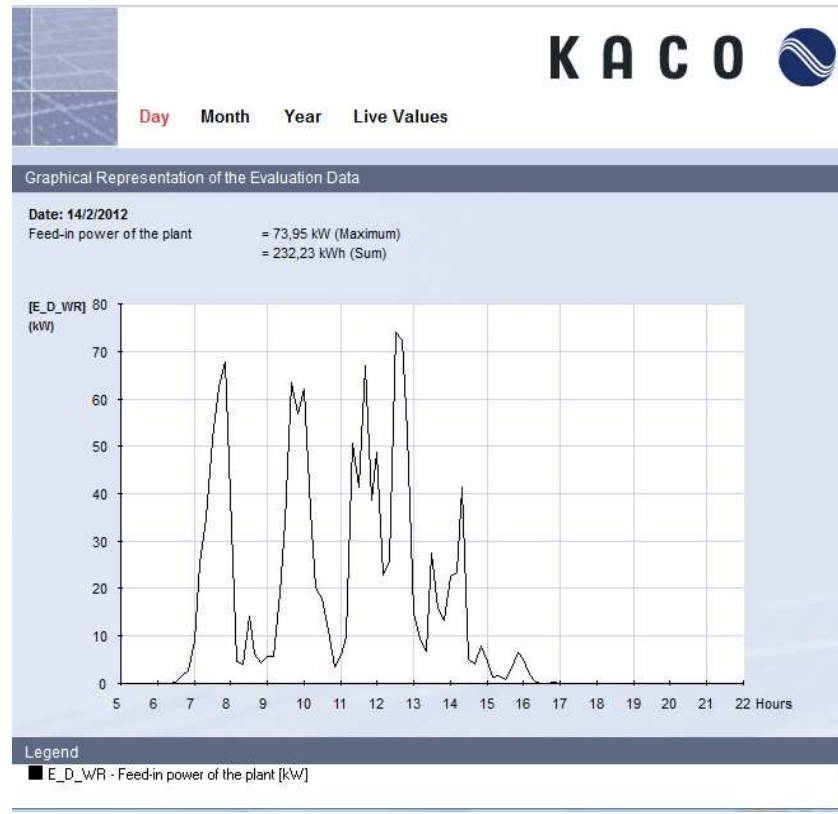
- **Κλασική μέρα Ιουλίου, ημερήσια παραγωγή 750KWh**



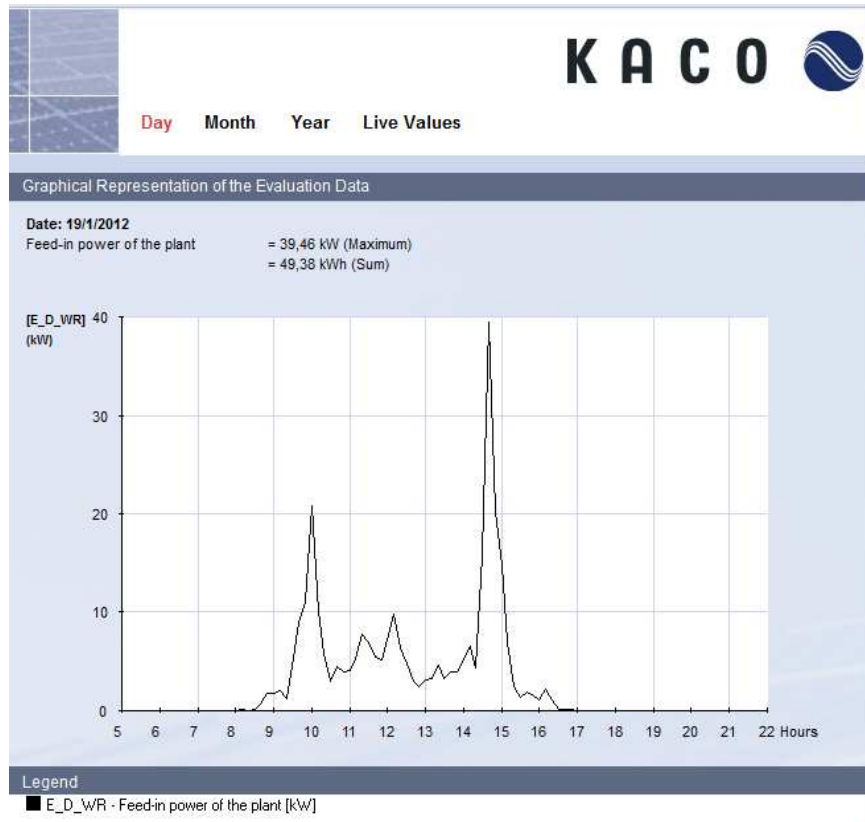
- **Κλασική μέρα Σεπτεμβρίου, ημερήσια παραγωγή 580KWh**



- **Κλασική μέρα Φεβρουαρίου, ημερήσια παραγωγή 232KWh**



- **Ημέρα Δεκεμβρίου με συννεφιά, ημερήσια παραγωγή 49KWh**



Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία της παραγωγής για το έτος 2012 και κάποια δεδομένα που μπορούν να εξαχθούν από την στοιχεία της μηνιαίας παραγωγής.

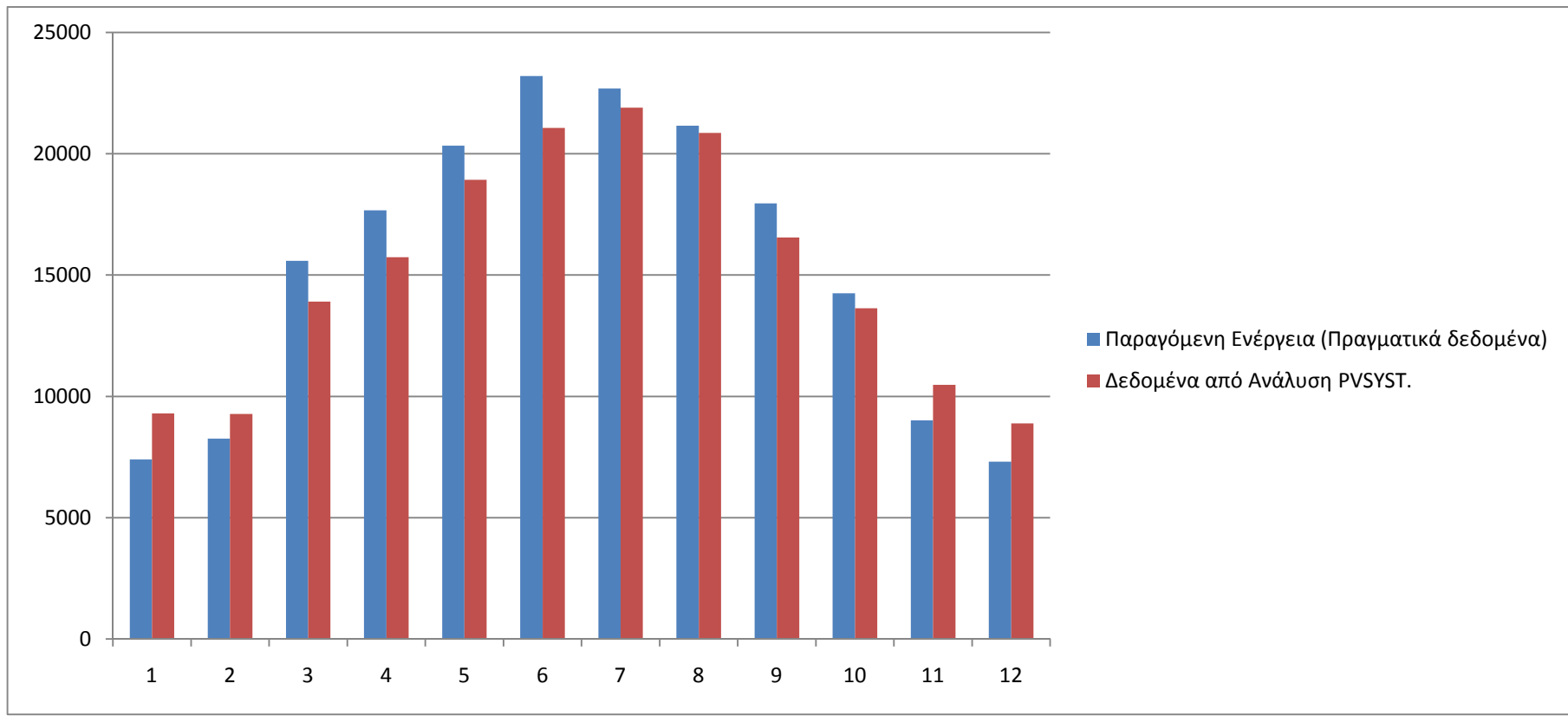
ΜΗΝΑΣ ΕΤΟΥΣ	Παραγόμενη Ενέργεια	Μέση Χρονική Διάρκεια Λειτουργίας Σταθμού (ώρες)	Μέση Παραγόμενη Ενέργεια ανά Ημέρα (KWh)	Μέση Παραγόμενη Ανά ώρα Ενέργεια (KWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7396,51	9,5	239	25
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	8258,36	10,75	295	27
ΜΑΡΤΙΟΣ	15581,7	11,75	503	43
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	17665,75	13	589	45
ΜΑΙΟΣ	20327,67	14	656	47
ΙΟΥΝΙΟΣ	23203,03	14,5	773	53
ΙΟΥΛΙΟΣ	22680,79	14,25	732	51
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	21157,78	13,25	683	52
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	17953,92	12,25	598	49
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	14242,57	11	459	42
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	9012,42	11,25	300	27
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7307,61	9,75	236	24

## 6.2 Σύγκριση Πραγματικών Δεδομένων με Αποτελέσματα PVSYST.

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα δεδομένα της πραγματικής παραγωγής του σταθμού για το έτος 2012 και συγκρίνονται με τα δεδομένα που προέκυψαν από την προσομοίωση που έγινε με την βοήθεια του προγράμματος PVSYST. Στην δεξιά στήλη του παρακάτω πίνακα φαίνεται η επί τοις εκατό διαφορά τις πραγματικής παραγωγής σε σχέση με την παραγωγή από το PVSYST.

<b>ΜΗΝΑΣ ΕΤΟΥΣ</b>	<b>Παραγόμενη Ενέργεια (Πραγματικά δεδομένα)</b>	<b>Δεδομένα από Ανάλυση PVSYST.</b>	<b>Διαφορά %</b>
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	7396,51	9300	-26
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	8258,36	9270	-12
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	15581,7	13910	11
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	17665,75	15730	11
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	20327,67	18920	7
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	23203,03	21060	9
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	22680,79	21900	3
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	21157,78	20860	1
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	17953,92	16550	8
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	14242,57	13630	4
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	9012,42	10480	-16
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	7307,61	8890	-22
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>184788,11</b>	<b>180500</b>	2





Φαίνεται από τα παραπάνω ότι συνολικά η ετήσια απόκλιση της πραγματικής παραγωγής με την εκτιμώμενη από το PVSYST παραγωγή ανέρχεται στο 2%, με το πρόγραμμα PVSYST να υπολογίζει χαμηλότερη ετήσια παραγωγή. Επίσης παρατηρούμε ότι το πρόγραμμα έχει υπερεκτίμηση την παραγωγή για τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με την πραγματικότητα ενώ παράλληλα για τους καλοκαιρινούς και ανοιξιάτικους μήνες έχει υπολογίσει μειωμένη παραγωγή σε σχέση με την πραγματικότητα.

### 6.3 Οικονομική Αξιολόγηση.

Παρακάτω ακολουθεί μια τεχνοοικονομική ανάλυση του φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής 80KWp.

- **ΣΕΝΑΡΙΟ 1<sup>ο</sup>** ( Οικονομικά δεδομένα έτους 2009)

Επένδυση με tracker	450.000
Υψος εγκρισης αναπτυξιακού με tracker	450.000
Ιδία συμμετοχή με tracker	112.500
Παραγωγή με tracker	160.000
Επιδότηση	40,0%
Ετη Λογιστικής Απόσβεσης	5,00
Χρόνια Αποπληρωμής Δανεισμού	10,00
Επιτόκιο δανεισμού	4,0%
Πληθωρισμός	3,0%
Τιμή Kwh	0,50
Ετήσια ανατίμηση ΔΕΗ	3,00%
Ετήσια Πώση απόδοσης	0,70%
Ετήσια Λειτουργικά έξοδα	3.000
Εξτρα Εξοδα πρώτου Χρόνου (Μη επιδοτούμενα)	15000
Συμβόλαιο συντήρισης (επί της παραγωγής Ενέργειας) 1/100	5,0%
Ασφάλιση Εξοπλισμού (επί της συνολικής αξίας) 1/1000	3,5
Συντελεστής Φορ. Φυσικών Προσωπων	40%
Συντελεστής Φορ. Ομόρυθμης	25%
Εξοδα Εξαγοράς Αδειας (με δανεισμό)	0
Εξοδα Εξαγοράς Αδειας (Με μετρητά)	0
Υπολιματική αξία Ακίνητου	0,00

Ετος	Υπόλοιπο Δανειακού κεφαλαίου	Ετήσια Δόση Δανείου	Τόκοι Ετους	Ετήσια Παραγωγή (Kwh)	Τιμή Kwh	Ετήσια Εσοδα	Ετήσια Έξοδα	Αποσβέσεις	Εσοδα Επιδότησης	Κερδοφορία	Φόρος Εταιρίας	Φόρος Μετόχων	Συνολικός Φόρος	Gross Profit
														-450.000
1	172.500	21.268	6.900	160.000	0,500	80.000	23.575	90.000	36.000	-4.475	-559	-895	-1.454	56.425
2	158.132	21.268	6.325	158.880	0,515	81.823	8.756	90.000	36.000	12.742	1.593	2.548	4.141	73.067
3	143.190	21.268	5.728	157.768	0,530	83.688	8.942	90.000	36.000	15.018	1.877	3.004	4.881	74.746
4	127.650	21.268	5.106	156.663	0,546	85.595	9.133	90.000	36.000	17.356	2.170	3.471	5.641	76.462
5	111.488	21.268	4.460	155.567	0,563	87.546	9.329	90.000	36.000	19.758	2.470	3.952	6.421	78.217
6	94.680	21.268	3.787	154.478	0,580	89.541	9.530	0	0	76.224	9.528	15.245	24.773	80.011
7	77.199	21.268	3.088	153.397	0,597	91.582	9.736	0	0	78.758	9.845	15.752	25.596	81.845
8	59.020	21.268	2.361	152.323	0,615	93.669	9.948	0	0	81.360	10.170	16.272	26.442	83.721
9	40.113	21.268	1.605	151.256	0,633	95.804	10.165	0	0	84.034	10.504	16.807	27.311	85.638
10	20.450	21.268	818	150.198	0,652	97.987	10.389	0	0	86.780	10.848	17.356	28.204	87.598
11	0	0	0	149.146	0,672	100.220	10.618	0	0	89.602	11.200	17.920	29.121	89.602
12	0	0	0	148.102	0,692	102.504	10.853	0	0	91.651	11.456	18.330	29.787	91.651
13	0	0	0	147.066	0,713	104.840	11.094	0	0	93.746	11.718	18.749	30.467	93.746
14	0	0	0	146.036	0,734	107.229	11.342	0	0	95.887	11.986	19.177	31.163	95.887
15	0	0	0	145.014	0,756	109.673	11.596	0	0	98.077	12.260	19.615	31.875	98.077
16	0	0	0	143.999	0,779	112.173	11.858	0	0	100.315	12.539	20.063	32.602	100.315
17	0	0	0	142.991	0,802	114.729	12.126	0	0	102.604	12.825	20.521	33.346	102.604
18	0	0	0	141.990	0,826	117.344	12.401	0	0	104.943	13.118	20.989	34.106	104.943
19	0	0	0	140.996	0,851	120.018	12.683	0	0	107.335	13.417	21.467	34.884	107.335
20	0	0	0	140.009	0,877	122.753	12.973	0	0	109.780	13.723	21.956	35.679	109.780
Ποσό επιδότησης		180.000	<b>Με Traker</b>					Καθαρή Παρούσα Αξία με επιτόκιο		7%	<b>NPV</b>	<b>407.709,31 €</b>		
Ποσό δανεισμού		172.500								<b>IRR</b>	<b>17%</b>			

- **ΣΕΝΑΡΙΟ 2<sup>ο</sup>** ( Οικονομικά δεδομένα έτους 2013)

Επένδυση με tracker	400.000
Υψος εγκρισης αναπτυξιακού με tracker	288.000
Ιδία συμμετοχή με tracker	100.000
Παραγωγή με tracker	184.788
Επιδότηση	40,0%
Ετη Λογιστικής Απόσβεσης	5,00
Χρόνια Αποπληρωμής Δανεισμού	10,00
Επιτόκιο δανεισμού	8,0%
Πληθωρισμός	-1,0%
Τιμή Κwh	0,38
Ετήσια ανατίμηση ΔΕΗ	-0,25%
Ετήσια Πώση απόδοσης	0,70%
Ετήσια Λειτουργικά έξοδα	3.000
Εξτρα Έξοδα πρώτου Χρόνου (Μη επιδοτούμενα)	15000
Συμβόλαιο συντήρισης (επί της παραγωγής Ενέργειας) 1/100	5,0%
Ασφάλιση Εξοπλισμού (επί της συνολικής αξίας) 1/1000	3,5
Συντελεστής Φορ. Φυσικών Προσωπων	40%
Συντελεστής Φορ. Ομόρυθμης	25%
Έξοδα Εξαγοράς Αδειας (με δανεισμό)	0
Έξοδα Εξαγοράς Αδειας (Με μετρητά)	0
Υπολιματική αξία Ακίνητου	0,00

Ετος	Υπόλοιπο Δανειακού κεφαλαίου	Ετήσια Δόση Δανείου	Τόκοι Ετους	Ετήσια Παραγωγή ή (Kwh)	Τιμή Kwh	Ετήσια Εσοδα	Ετήσια Έξοδα	Αποσβέσεις	Εσοδα Επιδότησης	Κερδοφορία	Φόρος Εταιρίας	Φόρος Μετόχων	Συνολικός Φόρος	Gross Profit
														-400.000
1	199.800	29.776	15.984	184.788	0,375	69.296	22.865	80.000	23.040	-26.513	-3.314	-5.303	-8.617	46.431
2	186.008	29.776	14.881	183.494	0,374	68.638	7.802	80.000	23.040	-11.004	-1.376	-2.201	-3.576	60.836
3	171.112	29.776	13.689	182.210	0,373	67.988	7.740	80.000	23.040	-10.401	-1.300	-2.080	-3.380	60.248
4	155.025	29.776	12.402	180.935	0,372	67.343	7.678	80.000	23.040	-9.697	-1.212	-1.939	-3.152	59.665
5	137.651	29.776	11.012	179.668	0,371	66.704	7.617	80.000	23.040	-8.885	-1.111	-1.777	-2.888	59.087
6	118.887	29.776	9.511	178.410	0,370	66.072	7.557	0	0	49.004	6.126	9.801	15.926	58.515
7	98.622	29.776	7.890	177.161	0,369	65.445	7.497	0	0	50.059	6.257	10.012	16.269	57.949
8	76.736	29.776	6.139	175.921	0,368	64.825	7.437	0	0	51.248	6.406	10.250	16.656	57.387
9	53.099	29.776	4.248	174.690	0,368	64.210	7.379	0	0	52.583	6.573	10.517	17.090	56.831
10	27.570	29.776	2.206	173.467	0,367	63.601	7.321	0	0	54.075	6.759	10.815	17.574	56.280
11	0	0	0	172.253	0,366	62.998	7.263	0	0	55.735	6.967	11.147	18.114	55.735
12	0	0	0	171.047	0,365	62.401	7.206	0	0	55.195	6.899	11.039	17.938	55.195
13	0	0	0	169.850	0,364	61.809	7.150	0	0	54.659	6.832	10.932	17.764	54.659
14	0	0	0	168.661	0,363	61.223	7.094	0	0	54.129	6.766	10.826	17.592	54.129
15	0	0	0	167.480	0,362	60.642	7.038	0	0	53.604	6.700	10.721	17.421	53.604
16	0	0	0	166.308	0,361	60.067	6.984	0	0	53.084	6.635	10.617	17.252	53.084
17	0	0	0	165.144	0,360	59.498	6.929	0	0	52.568	6.571	10.514	17.085	52.568
18	0	0	0	163.988	0,359	58.933	6.876	0	0	52.058	6.507	10.412	16.919	52.058
19	0	0	0	162.840	0,358	58.375	6.822	0	0	51.552	6.444	10.310	16.755	51.552
20	0	0	0	161.700	0,358	57.821	6.770	0	0	51.051	6.381	10.210	16.592	51.051
Ποσό επιδότησης		115.200	<b>Με Traker</b>					Καθαρή Παρούσα Αξία με επιτόκιο			3%	<b>NPV</b>	<b>415.451,82 €</b>	
Ποσό δανεισμού	199.800											<b>IRR</b>	<b>13%</b>	

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

[1] <http://www.hellasres.gr/Greek/gnoriste-tis-ape/gnoriste-tis-ape.htm>

ΟΔΗΓΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - Δυνατότητες Αξιοποίησης στην Τοπική Αυτοδιοίκηση

[2] [www.dei.com.gr/Documents/proedros%20renes2010.pdf](http://www.dei.com.gr/Documents/proedros%20renes2010.pdf)

[3] <http://www.hellasres.gr/Greek/giati-ape/giati-ape.htm>

ΟΔΗΓΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - Δυνατότητες Αξιοποίησης στην Τοπική Αυτοδιοίκηση

[4] <http://www.rae.gr/old/about/main.htm>

[5] <http://www.lagie.gr/etaireia/skopos-armodiotites>

[6] <http://www.admie.gr/i-etaireia/apostoli/rolos-armodiotites>

[7] <http://www.deddie.gr/Default.aspx?id=56570&nt=18&lang=1>

[8]

[www.rae.gr/site/file/categories\\_new/global\\_regulation/global\\_national/global\\_national\\_laws/YA\\_5813\\_FEK\\_B\\_383?p=file&i=0](http://www.rae.gr/site/file/categories_new/global_regulation/global_national/global_national_laws/YA_5813_FEK_B_383?p=file&i=0)

[9] [http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/168%287-10-94%29\\_2244.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/168%287-10-94%29_2244.pdf)

[10] <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=VtweJAT%2FbGU%3D&tabid=277&language=el-GR>

[11] <http://www.hellasres.gr/Greek/thesmiko-plaisio/elliniki-nomothesia.htm>

[12] <http://www.energia.gr/photos/articlefiles/ya+1726+2003.pdf>

[13] [http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/129%2827-6-06%29\\_3468.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/129%2827-6-06%29_3468.pdf)

[14] ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ – ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

[15] ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ – ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

[16] [www.mechatron.gr](http://www.mechatron.gr)

Εγχειρίδιο συναρμολόγησης Atlas Tracker T150

[17] <http://files.pvsyst.com/help/index.html>

PVsyst Help

[18] <http://kaconewenergy.com/us/>

Planning and Installing Photovoltaic Systems, Earthscan

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VII

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VIII

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΧ

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Χ