



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Εργαστηριακός οδηγός σχεδίασης Φ/Β πάρκου 80kWp με χρήση Autocad



ΠΛΑΦΟΥΝΤΖΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΤΦ 1829

ΧΑΝΙΑ 2020

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	ii
Περίληψη	iii
Εισαγωγή.....	5
1. Ηλιακή ενέργεια· φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα	6
2. Περιγραφή συστήματος και αντικειμένου σχεδίασης.....	16
2.1. Περιγραφή φωτοβολταϊκού πάρκου	16
2.2. Πρώτα βήματα σχεδίασης	18
3. Σχεδίαση κάτοψης.....	20
4. Κατασκευή ηλεκτρολογικού μονογραμμικού σχεδίου	26
Συμπεράσματα.....	34
Αναφορές.....	36
Κατάλογος σχεδίων.....	37
Κατάλογος εικόνων.....	37
Κατάλογος πινάκων	38
Κατάλογος γραφημάτων.....	38
Παράρτημα	39

Περίληψη

Η ηλιακή ενέργεια και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να βοηθήσουν στην κατεύθυνση αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, αλλά και διαχείρισης της ολοένα αυξανόμενης ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια η οποία παρατηρείται παγκοσμίως.

Ειδικά στην Ελλάδα, ο κλάδος κατασκευής φωτοβολταϊκών πάρκων γνώρισε μεγάλη άνθιση στην τριετία 2010 – 2013, όπου και εγκαταστάθηκαν τα περισσότερα από τα εν λειτουργία σήμερα φωτοβολταϊκά πάρκα.

Στον παρόντα οδηγό σχεδίασης φωτοβολταϊκού πάρκου παραθέτουμε οδηγίες για τη σχεδίαση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος περί τα 80kWp το οποίο κατασκευάστηκε στο Νομό Λασιθίου τον Απρίλιο του 2010.

Αφού κάνουμε μία ενδελεχή αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στα οφέλη που έχουν να προσφέρουν, προχωρούμε με μία σύντομη περιγραφή του τρόπου με τον οποίο παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ενέργεια, ενώ δίνονται και στοιχεία που αφορούν στη δυναμική του Ελλαδικού χώρου για εκμετάλλευση αυτής.

Έπειτα, ακολουθεί ο οδηγός για τη σχεδίαση του φωτοβολταϊκού πάρκου, στον οποίο παρουσιάζεται βήμα – βήμα η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για τη σχεδίαση του εν λόγω φωτοβολταϊκού πάρκου.

Χωρίς να μπαίνουμε σε λεπτομέρειες οι οποίες αφορούν στα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού και στην ηλεκτρολογική μελέτη που έχει προηγηθεί, παραθέτουμε τα απαραίτητα βήματα για τη σχεδίαση αρχικά της κάτοψης του φωτοβολταϊκού πάρκου και στη συνέχεια του ηλεκτρολογικού μονογραμμικού διαγράμματος – σχεδίου του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Για όλα τα βήματα παρατίθενται εικόνες, με εξαίρεση τις εντολές και τα βήματα που αφορούν στο ίδιο το AutoCAD, όπως τη σχεδίαση γραμμών, την αλλαγή χρωμάτων και την εισαγωγή κειμένου, καθώς ο παρόν οδηγός αφιερώνεται στα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουμε για να έχουμε τα πλήρη σχέδια ενός φωτοβολταϊκού πάρκου.

Σε κάθε βήμα όπου απαιτείται η παροχή τεχνικών πληροφοριών αναφορικά με τη λειτουργία του σχεδιαζόμενου τμήματος, αυτές παρέχονται συνοπτικά για να εξυπηρετηθεί η ευκολία ανάγνωσης, κατανόησης και εφαρμογής του παρόντα οδηγού.

Abstract

Solar energy and renewable energy sources can help in the direction of tackling climate change, but also to manage the growing demand for electricity which is observed worldwide. Especially in Greece, the photovoltaic park industry experienced a great boom in the three years 2010 – 2013, where most of the currently operating photovoltaic parks were installed. In this photovoltaic park design guide, we quote instructions for the design of a photovoltaic park with a power of about 80kWp which was built in the prefecture of Lassithi in April 2010.

After making a thorough reference to the renewable energy sources and the benefits they have to offer, we proceed with a brief description of the way in which electricity is produced from solar energy, while data are given regarding the dynamics of Greece for its exploitation. Guide of the photovoltaic park design follows, which presents step by step the process that must be followed for the design of this photovoltaic park. Without going into details, which concern the technical characteristics of the equipment and the electrical study that has preceded, we list the necessary steps for the design. At first of the floor plan of the photovoltaic park and then of the electrical monogram diagram – plan of it.

All steps are illustrated with the exception of the commands and steps in AutoCAD itself, such as drawing lines, changing colors, and entering text, as this guide is devoted to the steps, we need to follow to get the full plans of a photovoltaic park.

At each step where technical information is required regarding the operation of the planned section, it is provided briefly to serve the ease of reading, understanding and applying this guide.

Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή πραγματεύεται τη σχεδίαση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 80kWp σε γήπεδο. Πιο συγκεκριμένα θα παραθέσουμε μονογραμμικό σχέδιο της ηλεκτρικής εγκατάστασης καθώς και τη χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού συστήματος και θα αναλύσουμε όλα τα επιμέρους τμήματα που έχουν σχεδιαστεί με αναφορά στον τρόπο που σχεδιάστηκαν καθώς και στο σχετικό τεχνικό υπόβαθρο.

Τα επιμέρους μέρη στα οποία θα αναφερθούμε είναι τα φωτοβολταϊκά πάνελ, οι αντιστροφείς, οι καλωδιώσεις, οι βάσεις στήριξης, ηλεκτρικοί πίνακες, αντικεραυνικά και αλλά μικρότερης κλίμακας τεμάχια.

Η παρούσα πτυχιακή χωρίζεται σε παραγράφους ανάλογα με το μέρος του φωτοβολταϊκού συστήματος το οποίο εξετάζουμε, ενώ σε κάθε παράγραφο παρατίθεται απόσπασμα του σχετικού σχεδίου και τα πλήρη σχέδια βρίσκονται σε σχετικό παράρτημα.

1. Ηλιακή ενέργεια· φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα

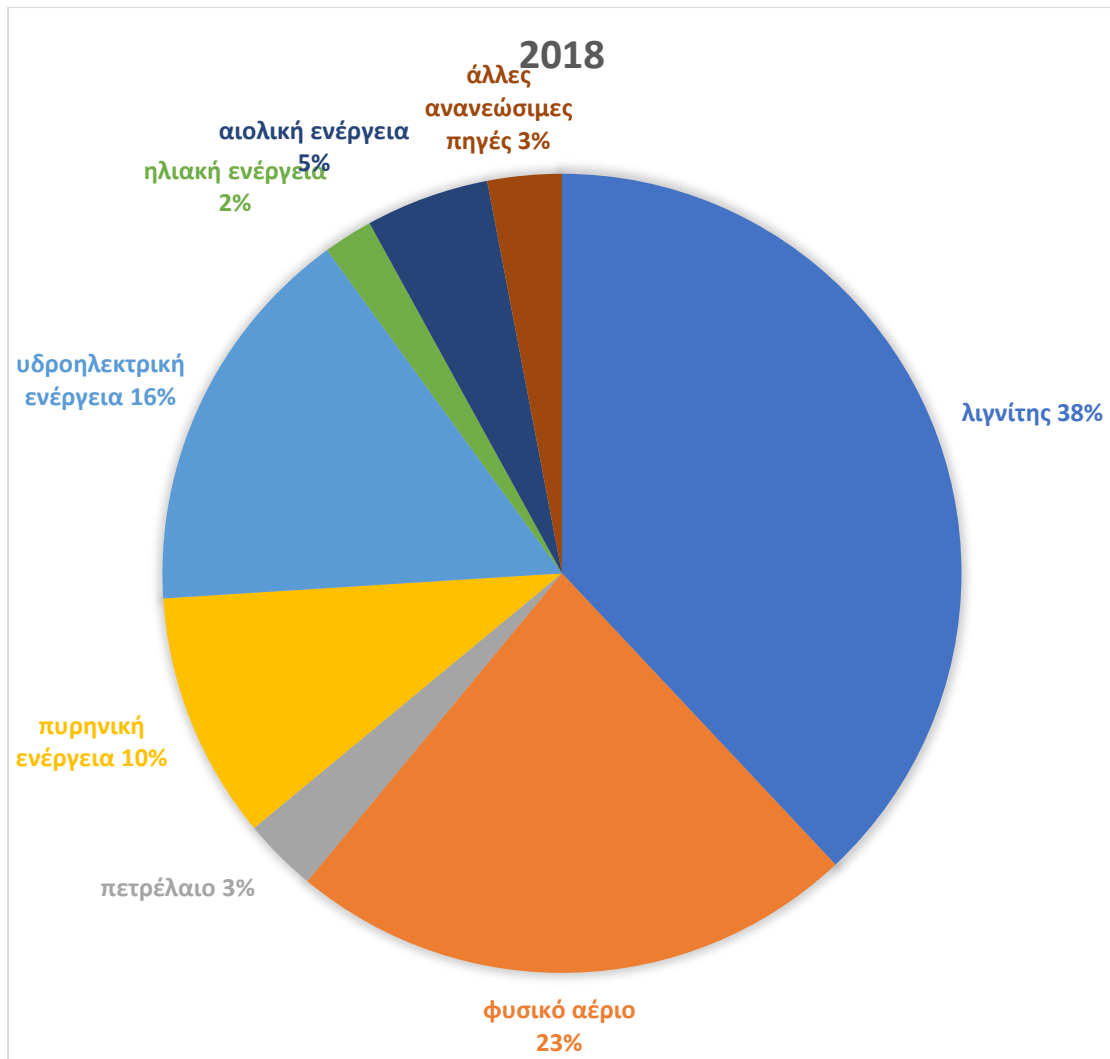
Σε αυτό το κεφάλαιο κάνουμε μία σύντομη αναφορά στα φωτοβολταϊκά συστήματα, στα στοιχεία από τα οποία αποτελούνται, στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο και δίνουμε στοιχεία τα οποία αφορούν στη διάδοση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα τα τελευταία έτη.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας είναι ανεξάντλητες και μη ρυπογόνες, καθώς για την παραγωγή ενέργειας δεν απαιτούνται ενεργοβόρες ή ρυπογόνες διαδικασίες όπως αυτές που απαιτούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς όπου για παράδειγμα απαιτείται εξόρυξη λιγνίτη ή άντληση πετρελαίου για την παραγωγή μαζούτ ή φυσικού αερίου τα οποία αποτελούν τα κύρια καύσιμα των συμβατικών θερμοηλεκτρικών μονάδων.

Ο σύγχρονος κόσμος είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την κατανάλωση ενέργειας η οποία αποτελεί βασική προϋπόθεση για την λειτουργία όλων των κρίσιμων υποδομών οι οποίες είναι συνυφασμένες με τον σύγχρονο τρόπο ζωής. Μάλιστα, η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας θεωρείται δείκτης μέτρησης της οικονομικής ανάπτυξης και του βιοτικού επιπέδου.

Προβλήματα όπως η κλιματική αλλαγή, η οποία γίνεται αντιληπτή μέσω της υπερθέρμανσης του πλανήτη, και η εξάντληση των φυσικών πόρων, όπως το πετρέλαιο, η οποία αποτελεί αιτία πολέμων και συγκρούσεων, οδηγούν την ανθρωπότητα στην χρησιμοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για να εξασφαλιστεί η συνέχιση του σύγχρονου τρόπου ζωής.

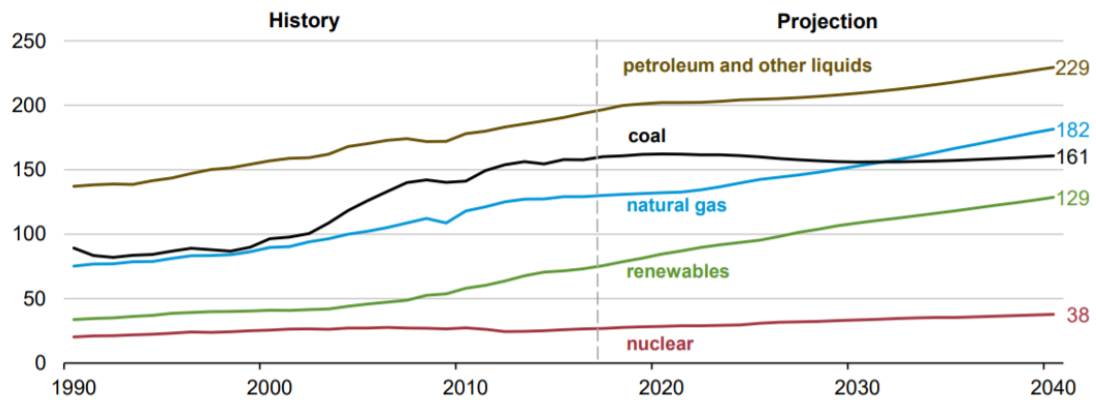
Στο παρακάτω γράφημα αποτυπώνεται η παγκόσμια κάλυψη πρωτογενούς ενέργειας ανά πηγή ή καύσιμο το οποίο χρησιμοποιείται:



Γράφημα 1: Κάλυψη πρωτογενούς ενέργειας ανά πηγή ή καύσιμο
(InternationalEnergyAgency (IEA), 2019)

Είναι προφανές πως το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας καλύπτεται από ορυκτά καύσιμα, ωστόσο σύμφωνα με εκτιμήσεις αναμένεται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να διεισδύσουν σημαντικά σε όλο τον κόσμο παράγοντας περισσότερη ενέργεια τα επόμενα έτη όπως παρατηρούμε και στο παρακάτω γράφημα: (γράφημα 2)

IEO2018 Reference case
world energy consumption by energy source
quadrillion Btu

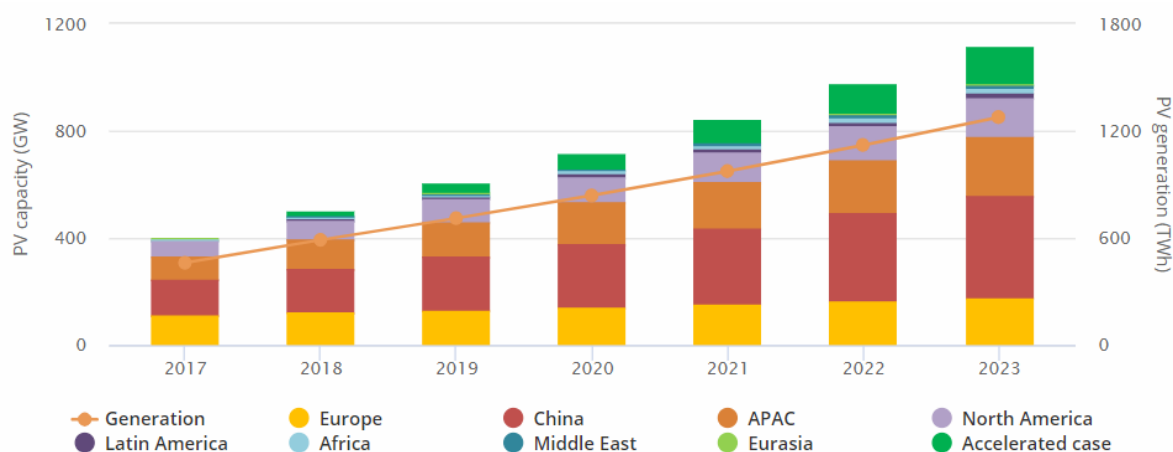


Γράφημα 2: Εκτίμηση για την κάλυψη πρωτογενούς ενέργειας (σε 4κις BTU) από διάφορες πηγές ενέργειας μέχρι το 2040(Carriano, 2018)

Παρατηρείται γραμμική αύξηση τόσο της εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής ενέργειας όσο και της παραγόμενης ενέργειας από αυτούς, η οποία αναμένεται να συνεχιστεί μέχρι το 2023 σύμφωνα με την ετήσια έκθεση της Παγκόσμιας Επιτροπής Ενέργειας.

Στην τάση αυτή, πρωτοπόροι είναι η Κίνα, οι χώρες στην περιοχή της Ασίας και του Ειρηνικού Ωκεανού¹ και η Ευρώπη. (InternationalEnergyAgency, 2018)

Γράφημα 3: Εγκατεστημένη ισχύς και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας (InternationalEnergyAgency, 2018)



Έχοντας αναφερθεί στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στη διάδοσή τους ανά τον κόσμο, κρίνεται χρήσιμο να αναφερθούμε και στην κατάσταση η οποία επικρατεί στην Ελλάδα, τόσο όσον αφορά στην κάλυψη της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας από διάφορες πηγές ενέργειας όσο και στην διείσδυση της ηλιακής ενέργειας.

Το μίγμα καυσίμου, όπως αναφέρεται η κατανομή της κάλυψης της κατανάλωσης ενέργειας σε διαφορετικά καύσιμα ή πηγές ενέργειας, για το 2018 διαμορφώθηκε ως εξής σύμφωνα με στοιχεία του ΑΔΜΗΕ:

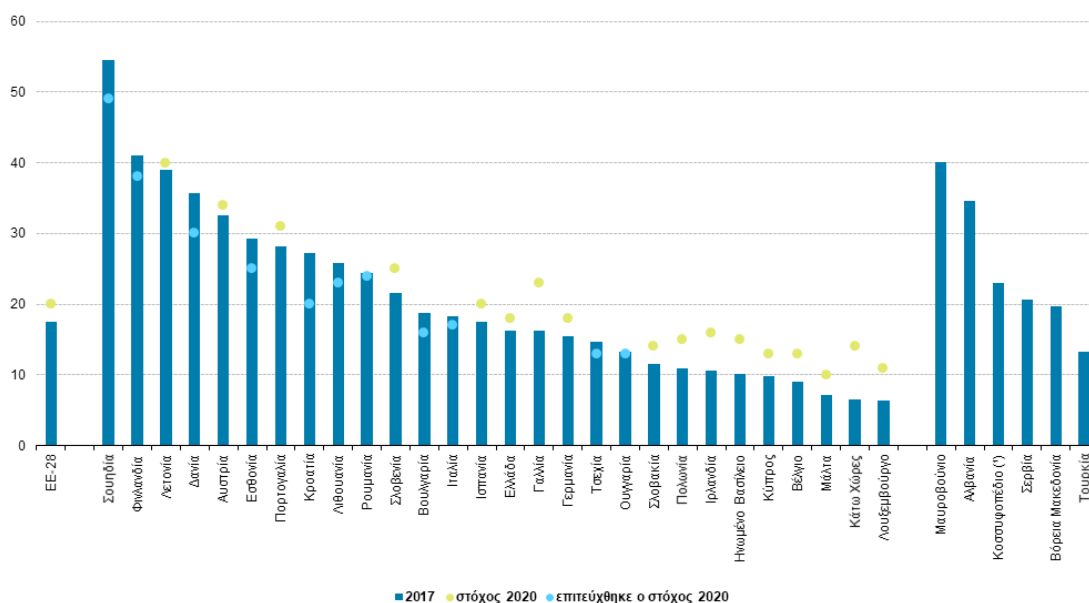
¹ Με APAC αναφέρονται όλες οι χώρες της Ασίας και του Ειρηνικού ωκεανού εκτός της Κίνας η οποία αναφέρεται ξεχωριστά



Αξίζει να σημειωθεί ότι το 2018, το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αυξήθηκε κατά μία ποσοστιαία μονάδα το 2018 σε σχέση με το 2017 φτάνοντας στο 12%.

Σύμφωνα δε με στοιχεία της Eurostat για το έτος 2017, η Ευρωπαϊκή Ένωση πλησίασε στον στόχο κάλυψης 20% της κατανάλωσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ παρατηρούμε στο παρακάτω γράφημα ότι η Ελλάδα κατατάσσεται περίπου στο μέσο των 28 κρατών μελών: (γράφημα 4)

Μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, 2017
(% επί της ακαθάριστης τελικής ενεργειακής κατανάλωσης)



(*) Η ονομασία αυτή χρησιμοποιείται με επιφύλαξη των θέσεων ως προς το καθεστώς και συνάδει με την απόφαση 1244(1999) του Συμβουλίου Ασφαλείας των Ηνωμένων Εθνών και τη γνώμη του Διεθνούς Δικαστηρίου σχετικά με τη διακήρυξη της ανεξαρτησίας του Κοσσυφοπέδιου.
Πηγή: Eurostat (επιγραφμικός κωδικός δεδομένων: nrg_ind_gen)



Γράφημα 4: Μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας EE28 (Eurostat, 2018)

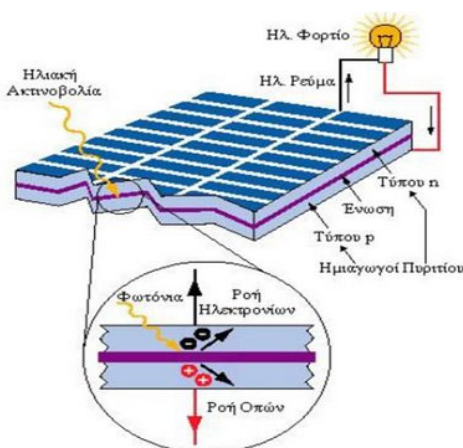
Με τον όρο ηλιακή ενέργεια αναφερόμαστε σε όλες τις μορφές ενέργειας οι οποίες προέρχονται από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή τόσο ηλεκτρικής όσο και θερμικής ενέργειας εφαρμογή στην παραγωγή τόσο ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω φωτοβολταϊκών πάρκων, όσο και θερμικής ενέργειας, μέσω ενεργητικών ή παθητικών ηλιακών πάρκων.

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ αποτελούνται από συστοιχίες φωτοβολταϊκών κυψελών ή όπως αλλιώς αναφέρονται, φωτοβολταϊκά στοιχεία. Όταν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο εκτίθεται σε ηλιακή ακτινοβολία, στο εσωτερικό του δημιουργείται το ηλεκτρικό ρεύμα, καθώς τα φωτοβολταϊκά στοιχεία λειτουργούν ως φωτοδίοδοι, καλούμενο και ως φωτόρευμα.

Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο (photovoltaic cell) αποτελείται από δύο υλικά, τα οποία εφάπτονται, και το οποίο όπως θα αναλύσουμε και παρακάτω έχει την ιδιότητα να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα όταν εκτίθεται σε ηλιακή ακτινοβολία.

Η ένταση του ρεύματος αυτού εξαρτάται από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή από την πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας, στην οποία εκτίθεται το φωτοβολταϊκό στοιχείο.

Σε ένα τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο η τάση ανοιχτού κυκλώματος που δημιουργείται μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 0,5-0,7 V, ενώ αντίστοιχα η πυκνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 10-40 mA/cm² όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας έχει πυκνότητα 1 kW/m².



Εικόνα 1: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών στοιχείων σημειώνει ραγδαία εξέλιξη μόλις τις τελευταίες δύο δεκαετίες, αν και το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είχε παρατηρηθεί πολύ νωρίτερα από τον Γάλλο φυσικό Becquerel το 1839. Αργότερα, το 1954 έγινε γνωστή η κατασκευή του πρώτου φωτοβολταϊκού στοιχείου, το οποίο κατασκευάστηκε από πυρίτιο και είχε βαθμό απόδοσης 6% από τους ερευνητές Fuller, Pearson και Chapin.

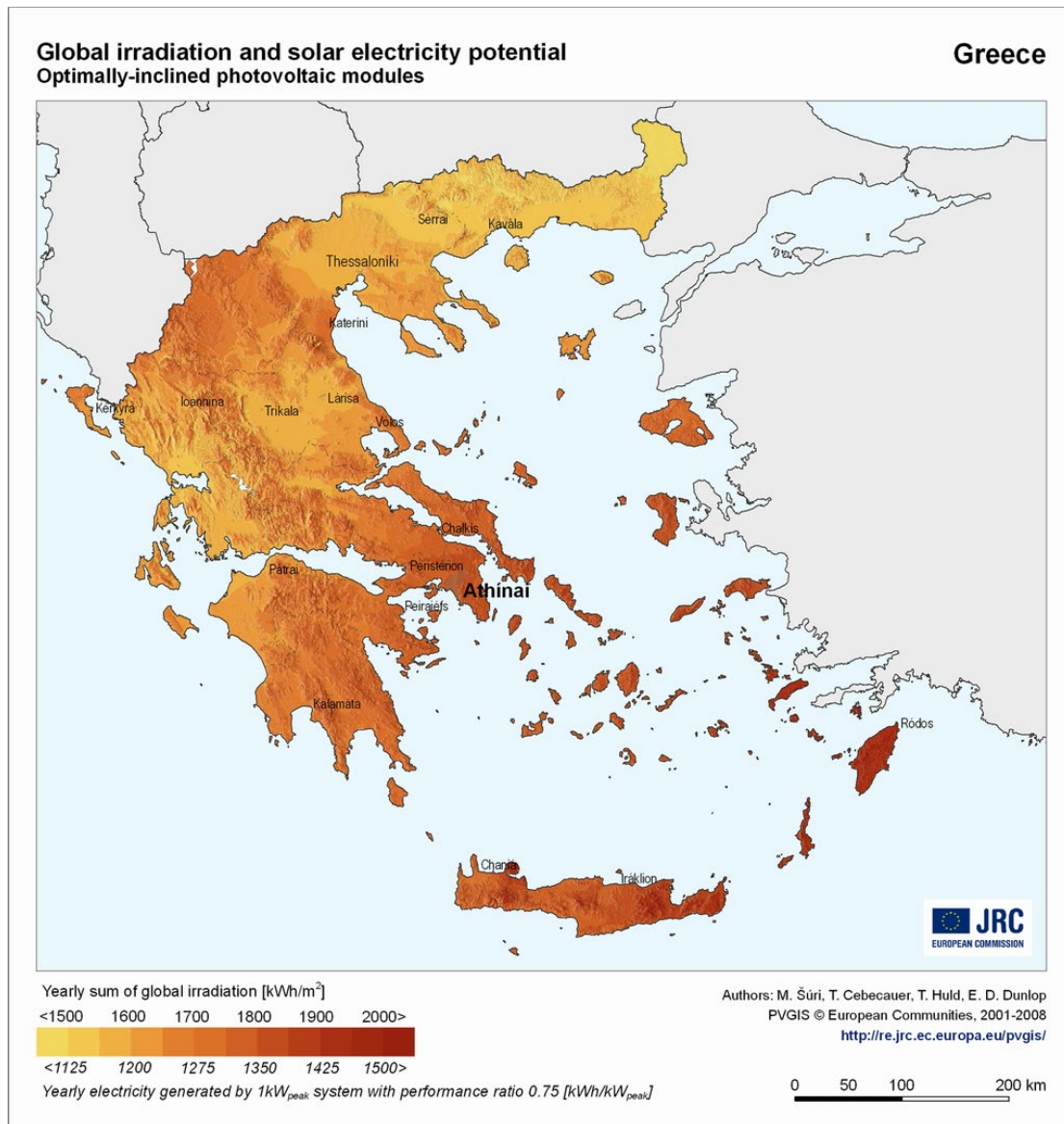
Τα πρώτα φωτοβολταϊκά πάνελ που κυκλοφόρησαν στο εμπόριο είχαν πολύ υψηλό κόστος κτήσης, χαμηλούς βαθμούς απόδοσης οι οποίοι δεν ξεπερνούσαν το 10% και κατασκευάζονταν από διάφορα κρυσταλλικά υλικά, κυρίως παραλλαγές του πυρίτιου. (Εικόνα 1)

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που κυκλοφορούν τα τελευταία χρόνια αποτελούνται ως επί το πλείστο επίσης από πυρίτιο, μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό, ενώ μικρό μερίδιο της αγοράς κερδίζουν και πάνελ από άμορφο πυρίτιο. Κατασκευαστικά, τα φωτοβολταϊκά πάνελ αποτελούνται από τις φωτοβολταϊκές κυψέλες στις οποίες

αναφερθήκαμε παραπάνω, οι οποίες συνδέονται ανά ομάδες με ηλεκτρόδια για τη συλλογή του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος και της παραγόμενης ηλεκτρικής τάσης ανά ομάδες φωτοβολταϊκών κυψελών, τα οποία οδηγούνται σε ένα κυτίο διακλάδωσης, γνωστό και ως junction box, όπου με τη χρήση κατάλληλων διόδων εξασφαλίζεται η ροή ενέργειας μόνο προς το junction box. Εξωτερικά, τα φωτοβολταϊκά πάνελ προστατεύονται στην εμπρόσθια πλευρά από γυαλί ειδικής αντοχής, ώστε να έχουν την απαραίτητη αντοχή έναντι των καιρικών φαινομένων στα οποία εκτίθενται, στην οπίσθια πλευρά με ένα διάφανο υλικό ώστε να μην ανακλάται ακτινοβολία και πλευρικά από ένα πλαίσιο αλουμινίου, το οποίο τους δίνει την απαραίτητη μηχανική αντοχή ώστε να μπορούν τόσο να μεταφέρονται όσο και να εγκαθίστανται επάνω σε μεταλλικές βάσεις.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των φωτοβολταϊκών πάνελ τα οποία παράγουν ενέργεια με μορφή συνεχούς τάσης και μέσω μετατροπέων οι οποίοι μετατρέπουν την παραγόμενη ενέργεια σε μορφή εναλλασσόμενης τάσης ώστε να μπορεί να διοχετευθεί στα συστήματα διανομής και μεταφοράς της ενέργειας και άλλου εξοπλισμού.

Παρακάτω παρατίθεται ο χάρτης της Ελλάδας με αποτυπωμένη την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (Γράφημα 5). Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα υψηλή, λόγω του γεωγραφικού ύψους της χώρας και δημιουργεί προσδοκίες για περαιτέρω διεξόδυση της ηλιακής ενέργειας τα επόμενα έτη:



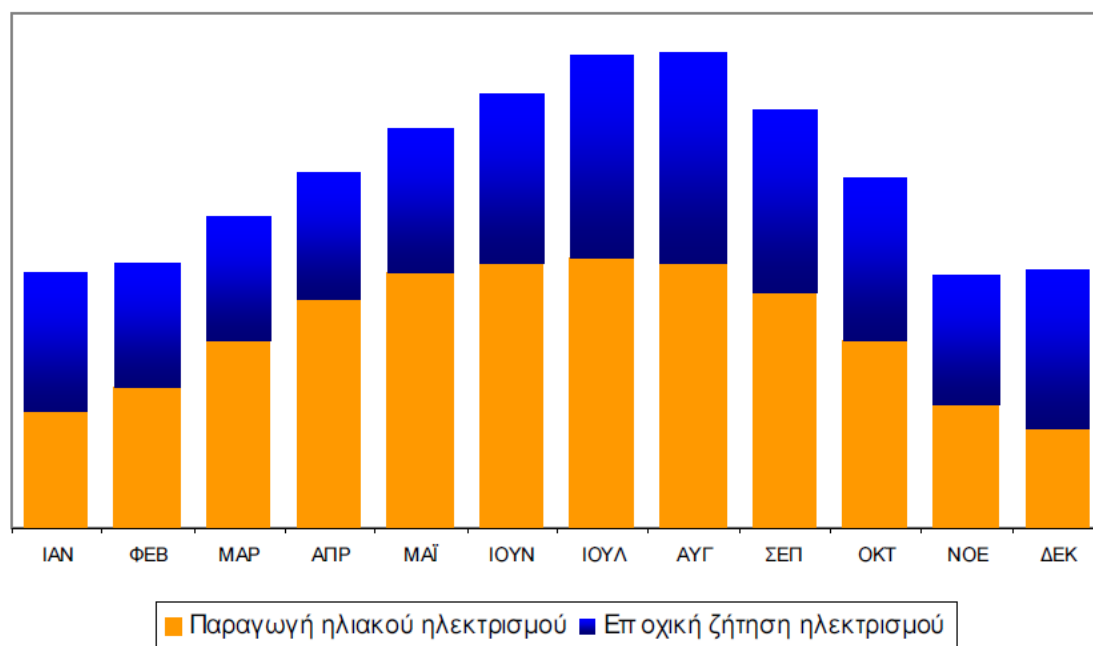
Γράφημα 5: Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας Ελλάδα(Σύρι, et al., 2005)

Σύμφωνα δε με οδηγό του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, ο μέσος βαθμός ενεργειακής απόδοσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα ισούται με 1,35 kWh/kWp, το οποίο σημαίνει πως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα με εγκατεστημένη ισχύ 1 MW στην Ελλάδα αναμένεται να παράγει περί τις 1,3 MWh ετησίως.

Τέλος, αξίζει να αναφερθούμε στον στοχαστικό αλλά και στον εποχικό χαρακτήρα της ηλιακής ενέργειας. Αφενός, όπως όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έτσι και η ηλιακή ενέργεια έχει έντονη στοχαστικότητα, δηλαδή δεν μπορεί να θεωρηθεί δεδομένη η διαθεσιμότητά της ανά πάσα στιγμή, καθώς εξαρτάται άμεσα από τις

καιρικές συνθήκες. Για παράδειγμα, η διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας μπορεί να είναι χαμηλή σε περιόδους παρατεταμένης συννεφιάς ή κακοκαιρίας.

Έπειτα, η ηλιακή ενέργεια έχει υψηλή εποχικότητα. Όπως παρατηρούμε και στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 6), η παραγωγή της αυξάνεται κατά τους θερινούς μήνες και μειώνεται κατά το υπόλοιπο χρονικό διάστημα, πράγμα το οποίο είναι λογικό δεδομένου ότι όπως αναφέραμε και παραπάνω, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζει έντονα την πυκνότητα της παραγόμενης ενέργειας:



Γράφημα 6: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια και ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας(Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών, 2013)

Ως εκ τούτου, αναμένεται εντονότερη κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αλλά αντίστοιχα και κατά τις μεσημεριανές ώρες καθ' όλο το έτος.

2. Περιγραφή συστήματος και αντικειμένου σχεδίασης

Στις παρακάτω δύο παραγράφους περιγράφουμε το προς σχεδίαση σύστημα και κάνουμε μία εισαγωγή στον τρόπο σχεδίασης, όπου αναφερόμαστε και στα πρώτα βήματα σχεδίασης τα οποία δεν αφορούν το ίδιο το φωτοβολταϊκό πάρκο αλλά περισσότερο αφορούν στη διαδικασία της σχεδίασης.

2.1. Περιγραφή φωτοβολταϊκού πάρκου

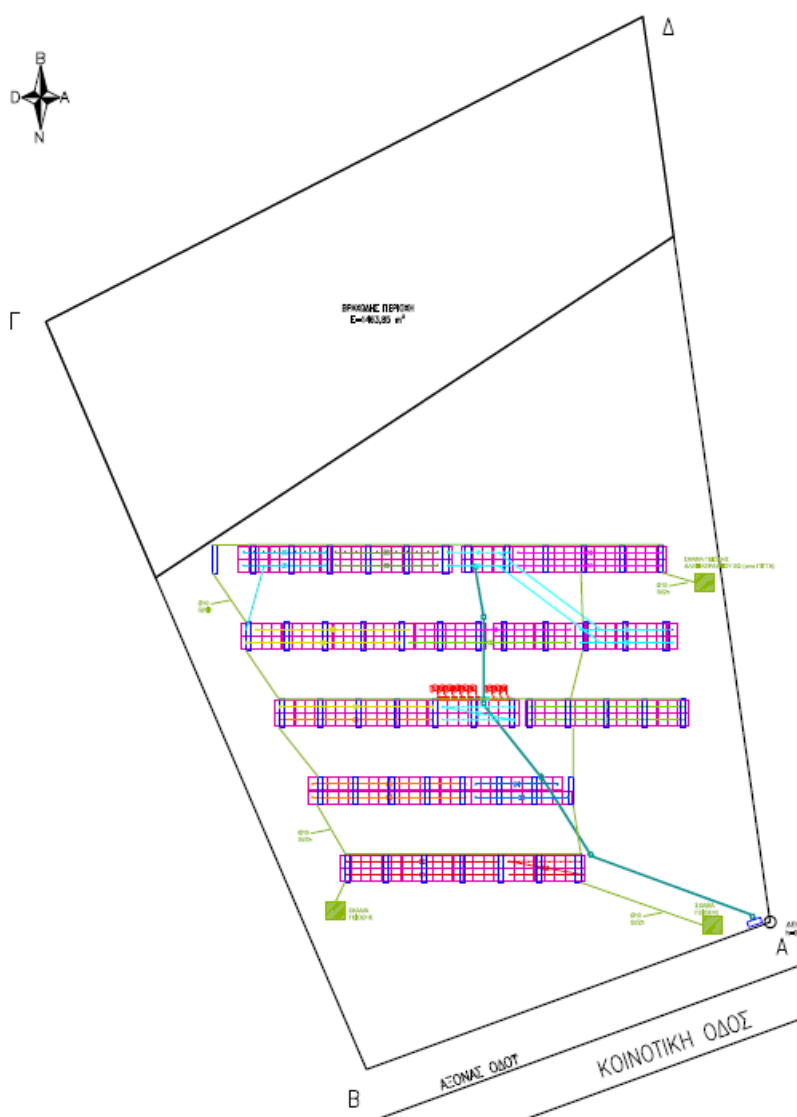
Στον παρακάτω πίνακα γίνεται μία σύνοψη που αφορά στα στοιχεία του φωτοβολταϊκού πάρκου. Το πάρκο αποτελείται συνολικά από 344 φωτοβολταϊκά πάνελ συνολικής ισχύος 79,415 kWp και 9 μονοφασικούς inverter της SMA συνολικής ονομαστικής ισχύος 81kW.

	string	πλήθος πάνελ	ισχύς πάνελ (Wp)	ισχύς (Wp)	τύπος inverter	ισχύς inverter (kW)
inverter 1	1,2,3	48	230	11040	SMA SMC11000	11
inverter 2	4,5,6	48	230	11040	SMA SMC11000	11
inverter 3	7,8,9	48	230	11040	SMA SMC11000	11
inverter 4	10,11,12	48	230	11040	SMA SMC11000	11
inverter 5	13,14,15	48	230	11040	SMA SMC11000	11
inverter 6	16,17,18	45	230	10350	SMA SMC11000	11
inverter 7	19,2	22	235	5170	SMA SB5000	5
inverter 8	21,22	18	235	4230	SMA SB5000	5
inverter 9	23,24	19	235	4465	SMA SB5000	5
Σ		344		79415		81

Πίνακας 1: Διαστασιολόγηση inverters

Επιπλέον, όπως φαίνεται και στο παρακάτω απόσπασμα της κατόψεως του φωτοβολταϊκού πάρκου (Σχέδιο 1) , έχουν σχεδιαστεί συνολικά οκτώ τραπέζια από πάνελ, όπως αποκαλούνται στην αγορά τα πάνελ τα οποία εγκαθίστανται ομαδοποιημένα επί διακριτών βάσεων στήριξης.

Επιπλέον, παρατηρούμε ότι όλοι οι inverter έχουν εγκατασταθεί επί του συστήματος στήριξης στο κέντρο του φωτοβολταϊκού πάρκου και πλησίον αυτών έχει εγκατασταθεί και ο γενικός ηλεκτρολογικός πίνακας στον οποίο συνδέονται οι αφίξεις όλων των inverter.



Σχέδιο 1: Κάτοψη φωτοβολταϊκού πάρκου

Ο γενικός ηλεκτρολογικός πίνακας συνδέεται στην παροχή από ΔΕΔΔΗΕ του φωτοβολταϊκού πάρκου η οποία βρίσκεται στο δεξιότερο κάτω άκρο της κατόψεως.

Επιπλέον, παρατηρούμε πως έχει κατασκευαστεί σύστημα γείωσης το οποίο συνδέεται περιμετρικά στα τέσσερα άκρα της εγκατάστασης, έτσι ώστε αυτά να συνδεθούν ισοδυναμικά και επιπλέον, σε αυτό συνδέεται και το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (Σ.Α.Π.).

Στις επόμενες παραγράφους θα αναφερθούμε στη σχεδίαση κάθε μέρους του φωτοβολταϊκού πάρκου έχοντας λάβει ως δεδομένο ότι έχει πραγματοποιηθεί η μελέτη για το παρόν φωτοβολταϊκό πάρκο και ότι σκοπός της παρούσης είναι να αποτελέσει οδηγό για τη σχεδίαση φωτοβολταϊκών πάρκων με χρήση AutoCAD.

2.2. Πρώτα βήματα σχεδίασης

Προτού αναφερθούμε στη σχεδίαση των επιμέρους τμημάτων του φωτοβολταϊκού πάρκου κάνουμε μία σύντομη αναφορά στα πρώτα βήματα σχεδίασης τόσο για την κάτοψη του φωτοβολταϊκού πάρκου όσο και για το ηλεκτρολογικό μονογραμμικό του σχέδιο.

Αρχικά θα πρέπει να έχουμε διαθέσιμη την κάτοψη του γηπέδου σε κλίμακα 1:1 έτσι ώστε να μπορούμε να σχεδιάσουμε και τα επιμέρους στοιχεία του πάρκου με σωστές διαστάσεις ή αν έχουμε διαφορετική κλίμακα να την λάβουμε υπόψη μας ώστε και τα στοιχεία του φωτοβολταϊκού πάρκου να σχεδιαστούν υπό την ίδια κλίμακα.

Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζουμε ότι θα καταλήξουμε σε ένα σχέδιο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και κατά την κατασκευή του έργου ώστε να εξασφαλιστεί η εφαρμογή της μελέτης του μηχανικού. Επιπλέον, αν δεν ληφθεί η κλίμακα του σχεδίου υπόψη υπάρχει ο κίνδυνος να καταλήξουμε να μην χωρούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ όπως το πλήθος αυτών αλλά και η διαστασιολόγηση των inverter υπολογίστηκαν κατά το στάδιο της μελέτης, σύμφωνα με τον Πίνακα 1.

Έπειτα, πρέπει να γνωρίζουμε τον προσανατολισμό του γηπέδου, έτσι ώστε να σχεδιάσουμε τα φωτοβολταϊκά πάνελ με τον επιθυμητό, νότιο προσανατολισμό. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα πάνελ παραπάνω, στο Σχέδιο 1, έχουν σχεδιαστεί «υπό γωνία» σε σχέση με τις τέσσερις πλευρές του γηπέδου και

ακολουθούν τον προσανατολισμό B-N της πυξίδας όπως αυτή έχει αποτυπωθεί στην άνω αριστερή πλευρά της κατόψεως:

Εικόνα 2: Σύμβολο πυξίδας (απόσπασμα Σχεδίου 1)



Έπειτα, πρέπει να γνωρίζουμε επακριβώς τις διαστάσεις των φωτοβολταϊκών πάνελ καθώς και την κλίση υπό την οποία πρόκειται να εγκατασταθούν, έτσι ώστε να μπορούμε να υπολογίσουμε τις διαστάσεις των φωτοβολταϊκών πάνελ όπως αυτά θα αποτυπωθούν επί της κατόψεως. Στο βήμα αυτό θα αναφερθούμε αναλυτικά παρακάτω στο σημείο που αναφερόμαστε στα φωτοβολταϊκά πάνελ.

Στην κάτοψη επιπλέον, πρέπει να αποτυπώνεται το σημείο όπου φτάνει η παροχή από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ. Η αποτύπωση όλων των στοιχείων του φωτοβολταϊκού πάρκου με τήρηση των παραπάνω απαιτήσεων μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ενός σχεδίου το οποίο θα χρησιμεύσει όχι μόνον κατά την κατασκευή του έργου, αλλά και κατά την κοστολόγηση αυτού και κατά την παραγγελία των απαραίτητων υλικών, όπως τεμαχίων βάσεων στήριξης και ειδικών τεμαχίων για την κατασκευή τους, καλωδίων κλπ.

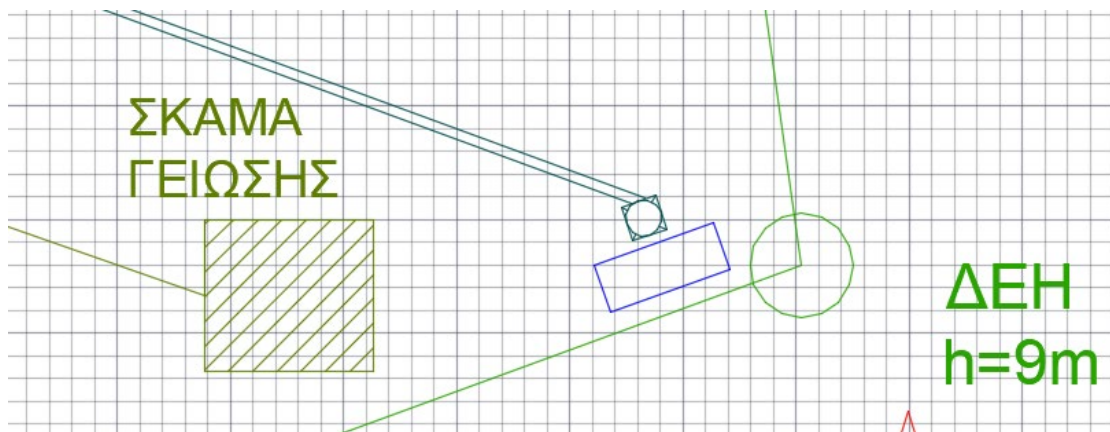
Σε ό,τι αφορά στο ηλεκτρολογικό μονογραμμικό σχέδιο του φωτοβολταϊκού πάρκου, θα πρέπει να προηγηθεί μελέτη έτσι ώστε ο μηχανικός να είναι σε θέση να γνωρίζει την ακριβή διαστασιολόγηση του έργου, τη διαστασιολόγηση των ηλεκτρικών γραμμών (διατομές και είδος καλωδίων) και τη διαστασιολόγηση και ορθή επιλογή των μέσων προστασίας αυτών (αυτόματοι και μικροαυτόματοι διακόπτες, αντικεραυνικά, γενικός αυτόματος διακόπτης κ.α.).

3. Σχεδίαση κάτοψης

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο σχεδιαστής θα πρέπει να έχει στη διάθεσή του τόσο την κάτοψη του γηπέδου, όσο και την μελέτη του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Αρχικά αποτυπώνεται το σημείο στο οποίο θα βρίσκεται το σημείο διασύνδεσης με το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ και σχεδιάζεται ο γενικός πίνακας χαμηλής τάσης και το κυτίο του μετρητή με μπλε χρώμα καθώς και το σκάμμα εντός του οποίου θα οδεύσει η παροχή του γενικού πίνακα διανομής του φωτοβολταϊκού πάρκου:

Εικόνα 3: Σημείο διασύνδεσης με το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ, σκάμμα παροχής και σκάμμα γείωσης



Επιπλέον, σχεδιάζεται το σκάμμα γείωσης, εντός του οποίου θα οδεύσει ένας αγωγός γείωσης διατομής $\Phi 10$ και ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για την ισοδυναμική με το σύστημα γείωσης σύνδεση όλων των μεταλλικών μερών του φωτοβολταϊκού πάρκου (μεταλλικές βάσεις στήριξης) καθώς και όλων των σημείων γείωσης του ηλεκτρικού εξοπλισμού (σασί inverter) και της αντικεραυνικής προστασίας τόσο της AC όσο και της DC εγκατάστασης. Με πράσινο χρώμα σχεδιάζεται το πλέγμα γείωσης το οποίο τοποθετείται σε τρία συνολικά σημεία στο φωτοβολταϊκό πάρκο έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η επιθυμητή τιμή αντίστασης γείωσης. Στα σημεία αυτά αναφερόμαστε αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

Έπειτα, η σχεδίαση της κατόψεως ξεκινά με την τοποθέτηση του πρώτου φωτοβολταϊκού πάνελ, κατόπιν επιλογής του κατάλληλου προσανατολισμού και υπολογισμού των διαστάσεων με τις οποίες πρέπει να σχεδιαστεί. Ενδεικτικά, αν το σύστημα στήριξης έχει γωνία 23° , τότε το ύψος του φωτοβολταϊκού πάνελ πρέπει

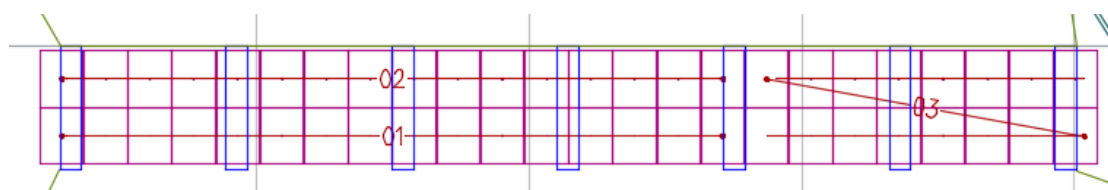
να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας με το συνημίτονο της γωνίας αυτής δηλαδή με έναν συντελεστή ίσο με $\cos(23^\circ)=0,92$ καθώς επί της κατόψεως αποτυπώνεται η κάθετη προβολή του και πρέπει να έχει τις σωστές διαστάσεις ώστε να αποτυπωθεί ορθά η κατασκευή επί του σχεδίου. Στην περίπτωση που μελετούμε, η γωνία του ήλιου είναι 23° όπως αναφέρεται και στο υπόμνημα(Εικόνα 10) συνεπώς το σύστημα στήριξης πρέπει να έχει γωνία περί τις 23° για να εξασφαλιστεί η μέγιστη απόδοση του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Έπειτα, υπολογίζεται το ύψος κάθε «τραπεζιού» έτσι ώστε κατόπιν υπολογισμού του συντελεστή σκίασης βάσει των γεωγραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής να προσδιοριστεί η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να έχουν μεταξύ τους τα τραπέζια έτσι ώστε το ένα να μη σκιάζει το άλλο.

Βάσει υπομνήματος(Εικόνα 10), ο συντελεστής σκίασης είναι ίσος με 2,36 και η απόσταση μεταξύ των τραπεζιών έχει επιλεγεί ίση με 5m, καθώς το ύψος κάθε τραπεζιού φτάνει στα 2m περίπου.

Στη συνέχεια η διαδικασία συνεχίζει με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πάνελ που θα σχηματίσουν strings και αφού αυτά διαχωριστούν σε ομάδες ή «τραπέζια». Για το σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εντολή του AutoCAD “array” όπου δίνεται το πλήθος των πάνελ και η μεταξύ τους αποστάσεις.

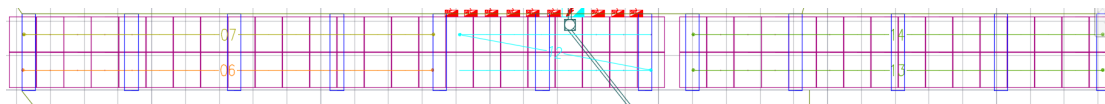
Εικόνα 4:Σχεδίαση strings 1,2,3 σε ένα «τραπέζι»



Όπως παρατηρούμε παραπάνω, στην Εικόνα 4, έχουν σχεδιαστεί τρία strings, συγκεκριμένα τα strings 1,2,3 τα οποία θα στηριχθούν σε ένα κοινό σύστημα στήριξης, καθώς όπως παρατηρούμε, σε αντίθεση με την Εικόνα 5 δεν υπάρχει διάδρομος ή χώρισμα μεταξύ των strings. Τα χωρίσματα αυτά χρησιμοποιούνται τόσο για τη διευκόλυνση των συντηρητών του πάρκου όσο και για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των συστημάτων στήριξης, τα οποία έχουν περιορισμένο μήκος

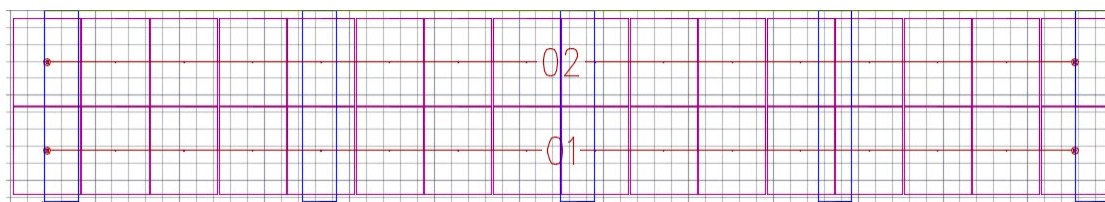
συνεχόμενης κατασκευής, καθώς αποτελούνται από τεγίδες αλουμινίου οι οποίες εμφανίζουν έντονη συστολή και διαστολή λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ως εκ τούτου πρέπει να αφήνεται κενό για τη διαστολή και συστολή ανά προκαθορισμένο αριθμό μέτρων. (Εικόνα 4)

Εικόνα 5: Σχεδίαση strings 6,7,12,13,14

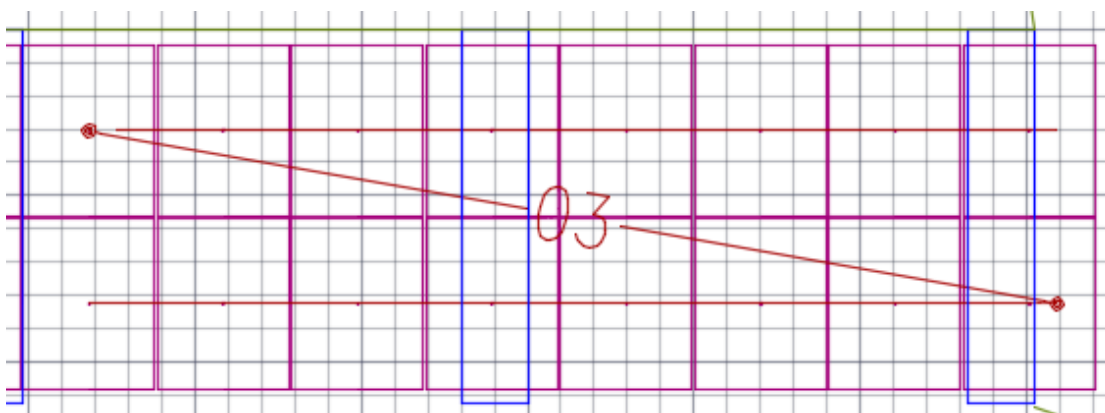


Επιπλέον, σε κάθε string αποτυπώνεται ο τρόπος με τον οποίο θα συνδεθούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ μεταξύ τους. Ενδεικτικά παραθέτουμε την Εικόνα 4 μεγεθυμένη δύο φορές, (Εικόνα 6) όπου στην πρώτη τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνδέονται σε σειρά μεταξύ τους καθώς βρίσκονται στο ίδιο «τραπέζι» και στην ίδια πλευρά αυτού ενώ στην δεύτερη (Εικόνα 7) τα φωτοβολταϊκά πάνελ του string 3 βρίσκονται επάνω και κάτω στο ίδιο τραπέζι με αποτέλεσμα το καλώδιο solar να τρέχει διαγωνίως επάνω και κάτω έτσι ώστε στα δύο άκρα του string να βρίσκεται ο αρνητικός και ο θετικός πόλος.

Εικόνα 6: Σύνδεση σε σειρά πάνελ κάτω πλευράς (string 1) και επάνω πλευράς (string 2)



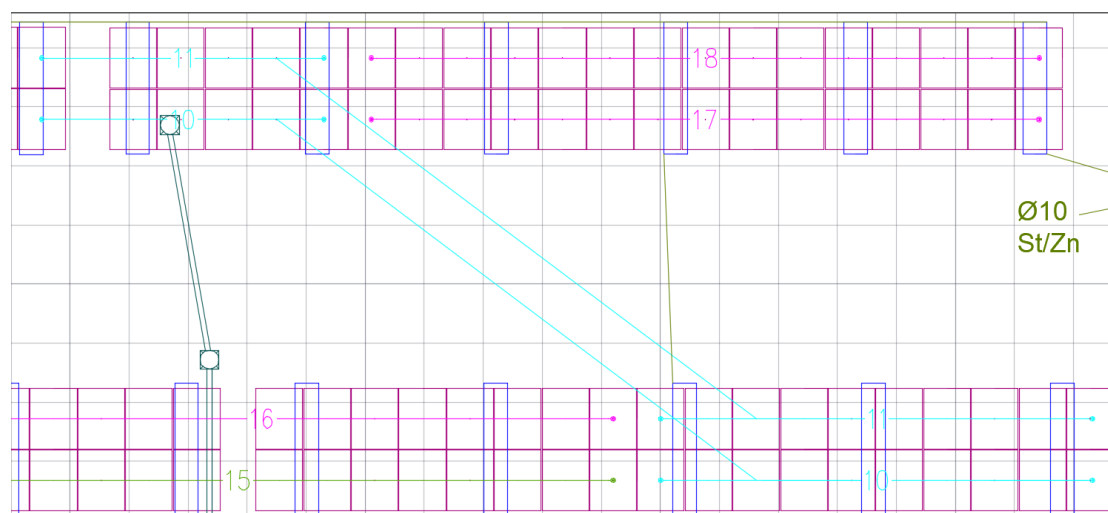
Εικόνα 7: Σύνδεση σε σειρά πάνελ κάτω και επάνω πλευράς (string 3)



Επιπλέον, υπάρχουν και περιπτώσεις όπου τα φωτοβολταϊκά πάνελ ενός string βρίσκονται σε δύο διαφορετικά «τραπέζια» όπως αυτά των string 10 και 11. Όπως

παρατηρούμε παρακάτω στην Εικόνα 8, σχεδιάζεται η όδευση των καλωδίων solar που θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία των string 10 και 11 με ανοιχτό μπλε χρώμα. Τα καλώδια αυτά τοποθετούνται σε σκάμμα, το οποίο για λόγους ευκολίας δεν έχει αποτυπωθεί στην παρούσα κάτοψη.

Εικόνα 8: Συνδεσμολογία strings 10 και 11



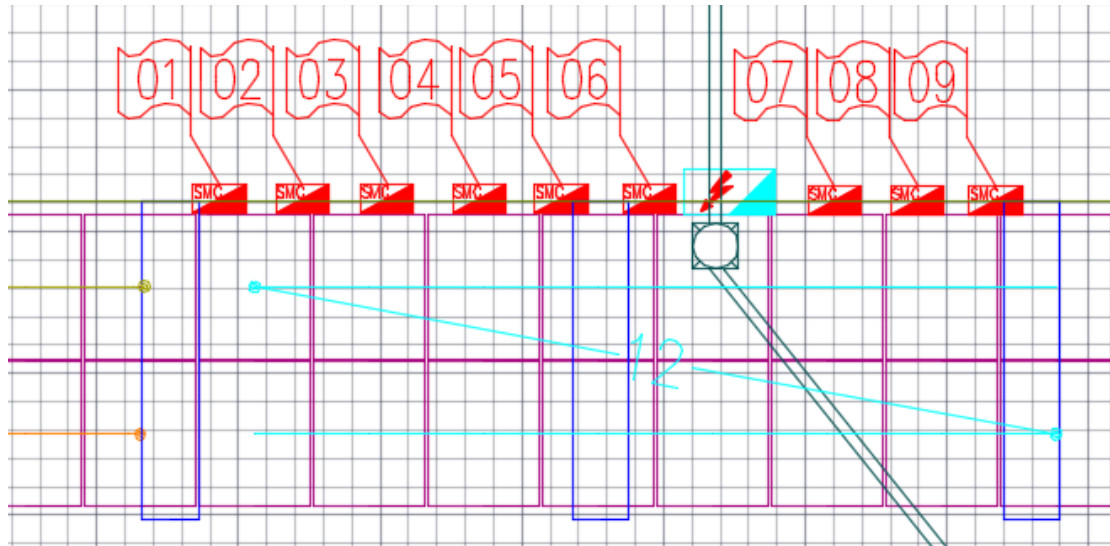
Έπειτα, για κάθε τραπέζι ξεχωριστά υπολογίζονται τα σημεία στα οποία θα τοποθετηθούν οι βάσεις στήριξης, καθώς στο μελετώμενο έργο, οι μεταλλικές βάσεις στήριξης εδράζονται σε τιμεντένιες βάσεις το άνοιγμα μεταξύ των οποίων υπολογίζεται βάσει στατικής μελέτης ή βάσει των προδιαγραφών του κατασκευαστή των μεταλλικών βάσεων στήριξης.

Στη συνέχεια, σχεδιάζεται το σημείο όπου τοποθετούνται τόσο τα inverter όσο και ο γενικός πίνακας διανομής του φωτοβολταϊκού πάρκου.(Εικόνα 9) Όπως παρατηρούμε παρακάτω στην Εικόνα 9, όλοι οι inverters θα τοποθετηθούν στο πίσω μέρος, κατά πάσα πιθανότητα επί των βάσεων στήριξης. Εναλλακτικά, ενδέχεται να τοποθετούνται επί ξεχωριστής μεταλλικής βάσης στο παρακάτω σημείο, το οποίο ωστόσο δεν συνηθίζεται. Επιπλέον, στο ίδιο σημείο τοποθετείται και ο γενικός πίνακας διανομής του πάρκου.

Σε κάθε inverter τοποθετείται σήμανση με τον αύξοντα αριθμό του καθώς και με τον τύπο του. Επιπλέον, σχεδιάζεται η όδευση της παροχής του πίνακα και συγκεκριμένα το σκάμμα εντός του οποίου αυτή οδεύει. Το σκάμμα αυτό το

παρατηρούμε παρακάτω στην Εικόνα 9 να φτάνει στον γενικό πίνακα διανομής, ενώ το έχουμε δείξει και παραπάνω στην Εικόνα 3.

Εικόνα 9: Σημείο εγκατάστασης inverters και γενικού πίνακα διανομής



Στο τέλος, προστίθεται στο σχέδιο υπόμνημα με όλα τα στοιχεία του έργου (Εικόνα 10):

Εικόνα 10: Υπόμνημα κατόψεως

	α.ρ. inverter	string	αρ. πάνελ	ισχύς πάνελ
SMC11000	INV 1	1, 2, 3	16	230Wp
	INV 2	4, 5, 6	16	
	INV3	7, 8, 9	16	
	INV 4	10, 11, 12	16	
	INV 5	13, 14, 15	16	
	INV 6	16, 17, 18	15	230Wp
SB5000	INV 7	19, 20	11	235Wp
	INV 8	21, 22	9	235Wp
	INV 9 (A)	23	10	
	INV 9 (B)	24	9	235Wp

$E(ΑΒΓΔ)=4.396,01 \text{ m}^2$
 ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ %
 $E_{\text{ΦΒ}}/E_{\text{ΣΥΝΟΛΟ}} = 659,81\text{m}^2 / 4.396,01\text{m}^2 = 15,00\% < 80\%$

79,65kWp


Aleo S_18 230Wp 3 Strings X 16 Modules X 5 SMC 11000TL
 Aleo S_18 230Wp 3 Strings X 15 Modules X 1 SMC 11000TL
 Aleo S_18 235Wp 2 Strings X 11 Modules X 1 SB 5000TL
 Aleo S_18 235Wp 1 Strings X 10 Modules + 1 String X 9 Modules X 2 SB 5000TL

Sun Angle 23o
 Shade Factor: 2.36

4. Δημιουργία ηλεκτρολογικού μονογραμμικού σχεδίου

Αρχικά θα πρέπει να επιλεγούν τα ηλεκτρολογικά υλικά τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη σχεδίαση και με αυτά να δημιουργηθεί ένα υπόμνημα ηλεκτρολογικών συμβόλων. Το υπόμνημα αυτό, όπως φαίνεται και παρακάτω, συνήθως τοποθετείται στην κάτω πλευρά του σχεδίου ή στην δεξιά πλευρά εντός του γενικού υπομνήματος του σχεδίου.

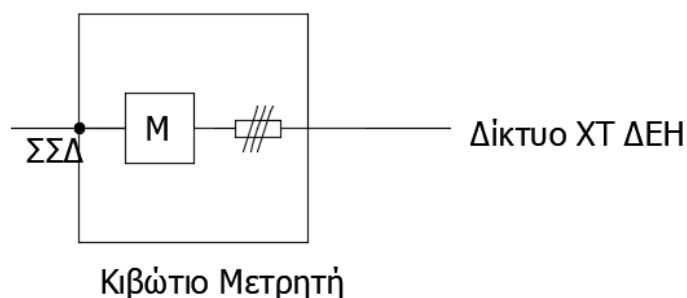
Εικόνα 11: Υπόμνημα ηλεκτρολογικών συμβόλων

 INVERTER	 ΔΙΠΟΛΙΚΟ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟ ΥΠΕΡΤΑΣΗΣ AC	 ΤΡΙΠΟΛΙΚΟ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟ ΥΠΕΡΤΑΣΗΣ AC	 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟ ΥΠΕΡΤΑΣΗΣ DC	 ΓΕΙΩΣΗ	 ΑΣΦΑΛΕΙΟΑΠΟΖΕΥΚΤΗΣ 3-ΠΟΛΟΣ	 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΛΥΧΝΙΑ
 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	 ΚΙΒΩΤΙΟ ΜΕΤΡΗΤΗ	 ΜΙΚΡΟΑΥΤΟΜΑΤΟΣ 1-ΠΟΛΟΣ	 ΜΙΚΡΟΑΥΤΟΜΑΤΟΣ 3-ΠΟΛΟΣ	 ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΡΥΘΜΙΣΜΕΝΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ		

Έπειτα, ακολουθώντας την κείμενη νομοθεσία και πρότυπα, όπως το CENELEC, δημιουργείται το μονογραμμικό σχέδιο, βάσει των αποτελεσμάτων της ηλεκτρολογικής μελέτης.

Αρχικά σχεδιάζεται το σημείο διασύνδεσης(Εικόνα 12) με το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ. Στο σημείο αυτό σχεδιάζεται το κυτίο του μετρητή ενέργειας και αποτυπώνεται ότι αυτό περιλαμβάνει ασφάλειες του ΔΕΔΔΗΕ και έναν μετρητή ενέργειας:

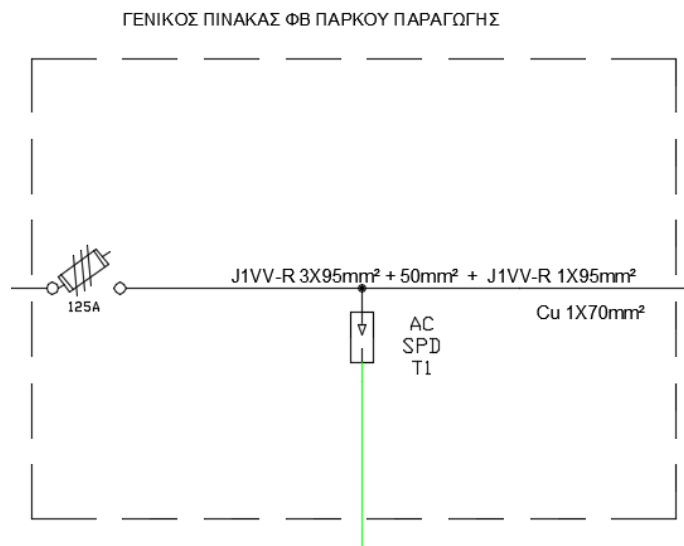
Εικόνα 12: Σημείο σύνδεσης δικτύου



Έπειτα, σχεδιάζεται ο γενικός πίνακας χαμηλής τάσης (Εικόνα 13) , όπου αποτυπώνεται η άφιξη της παροχής από το σημείο διασύνδεσης και ο γενικός ασφαλειοαποζεύκτης, όπου τοποθετούνται οι γενικές μαχαιρωτές ασφάλειες του πάρκου. Επιπλέον, σχεδιάζεται η αντικεραυνική προστασία της γραμμής τύπου

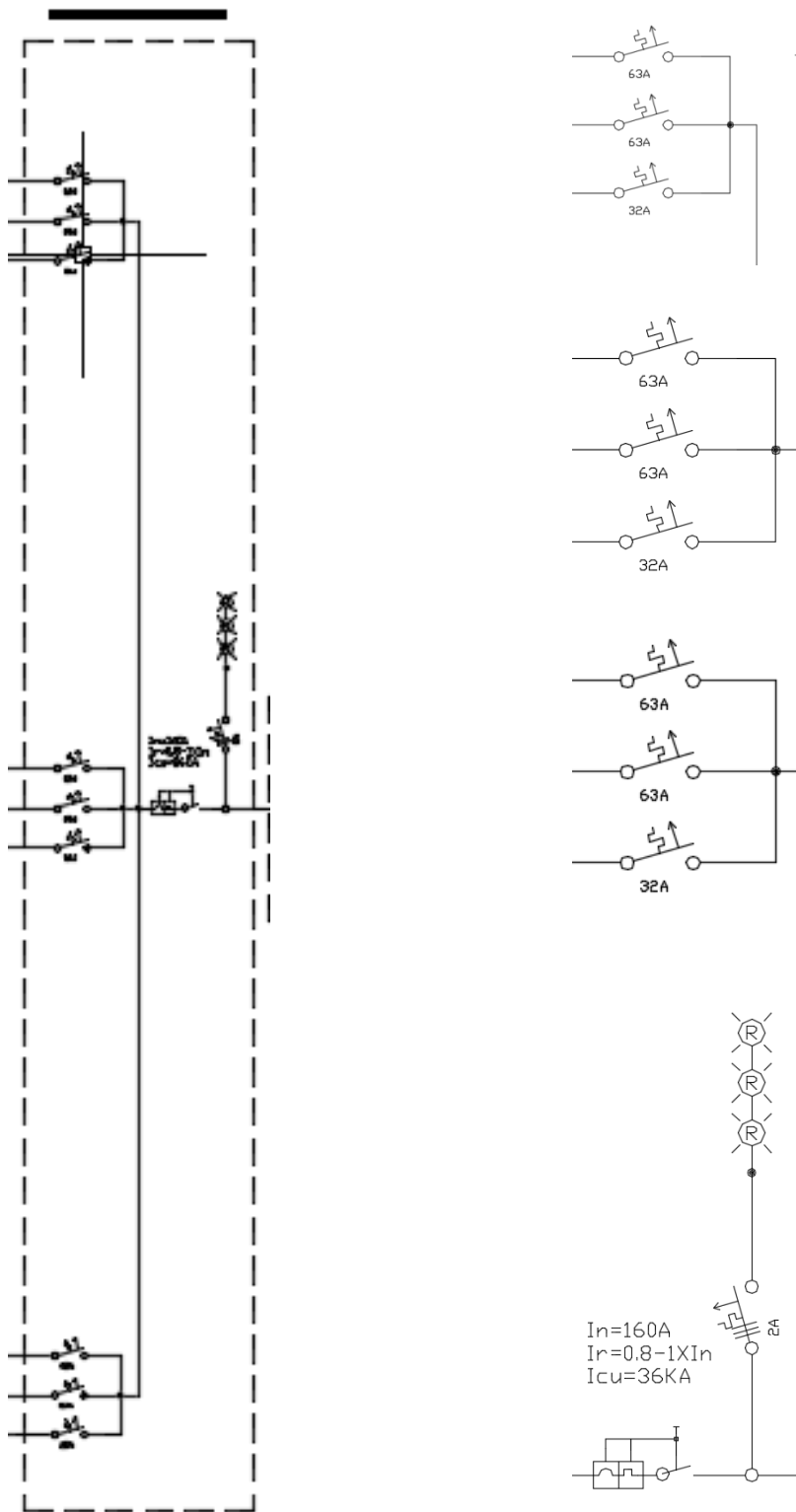
ACSPDT1, ενώ με πράσινο χρώμα σχεδιάζεται η ισοδυναμική σύνδεση του αντικεραυνικού με το σύστημα γείωσης του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Εικόνα 13: Γενικός πίνακας χαμηλής τάσης



Έπειτα σχεδιάζεται ο γενικός πίνακας διανομής του πάρκου, ο οποίος πρόκειται να τροφοδοτήσει τους εννέα inverters καθώς και άλλα φορτία, τα οποία στην περίπτωση που εξετάζεται δεν αποτυπώνονται (συναγερμός, προβολείς, ρευματοδότες για συσκευές τηλεμετρίας κ.α.).

Όπως παρατηρούμε παρακάτω στην Εικόνα 14 σχεδιάζεται ο γενικός αυτόματος διακόπτης ισχύος με το εύρος λειτουργίας του, τρεις ενδεικτικές λυχνίες για την ένδειξη παρουσίας τάσης, καθώς και τα φορτία που τροφοδοτεί ο πίνακας, δηλαδή οι εννέα inverters με τους μικροαυτόματους διακόπτες με τους οποίους ασφαλίζεται η παροχή τους:



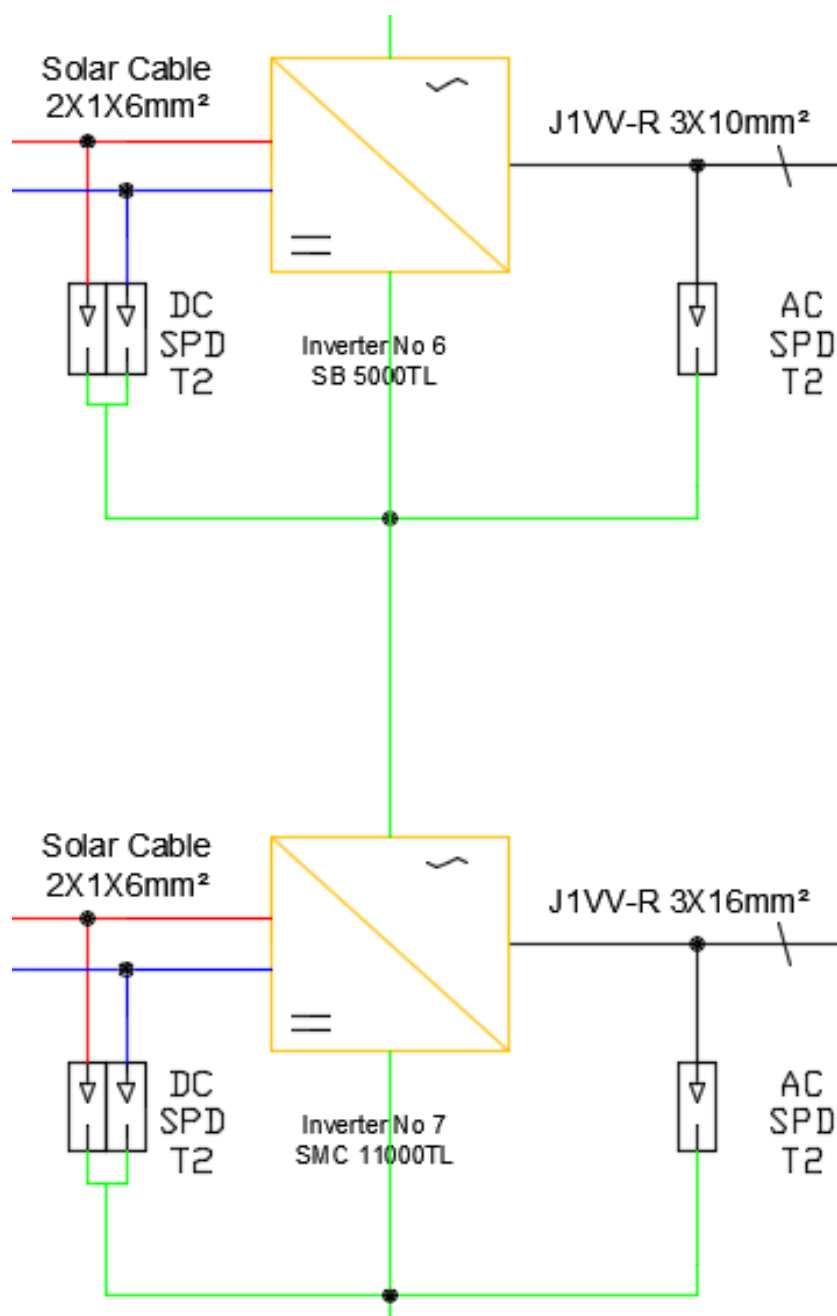
Εικόνα 14: Γενικός πίνακας διανομής

Έπειτα, πρέπει να προστεθούν τα φορτία τα οποία πρόκειται να τροφοδοτηθούν, στην περίπτωση μας τα εννέα inverters. Για κάθε inverter προστίθεται περιγραφή με το όνομά του και την αρίθμηση του βάσει μελέτης. Παρατίθενται ενδεικτικά οι

inverters 6 και 7 καθώς η διαδικασία σχεδίασης είναι η ίδια για τους υπόλοιπους επτά (Εικόνα 15). Αξίζει να σημειωθεί πως εκτός από τη σχεδίαση του ίδιου του inverter, αποτυπώνονται και τα αντικεραυνικά τύπου AC και DC τα οποία τοποθετούνται αντίστοιχα στην AC και DC πλευρά κάθε inverter, ενώ με πράσινο χρώμα αποτυπώνεται η ισοδυναμική σύνδεση των αντικεραυνικών και του inverter με το σύστημα γείωσης του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Επιπλέον, στην AC πλευρά κάθε inverter σχεδιάζεται η παροχή AC αυτού από τον γενικό πίνακα διανομής του φωτοβολταϊκού πάρκου και αναφέρεται η διατομή αυτής και ο τύπος του καλωδίου (J1VV-R 3X10mm²για τον inverter 6 και J1VV-R 3X16mm²), ενώ στην DC πλευρά κάθε inverter σχεδιάζεται η παροχή DC, δηλαδή τα καλώδια με τα οποία συνδέονται οι εκάστοτε στοιχειοσειρές (strings) από φωτοβολταϊκά πάνελ σε κάθε inverter και αναφέρεται η διατομή αυτής και ο τύπος του καλωδίου (Solar καλώδιο 2X1X6mm²). Με κόκκινο χρώμα σημειώνεται ο θετικός πόλος των φωτοβολταϊκών πάνελ και με μπλε (ή σε άλλες περιπτώσεις με μαύρο χρώμα) σημειώνεται ο αρνητικός πόλος των φωτοβολταϊκών πάνελ.

Εικόνα 15: Σχεδίαση inverters

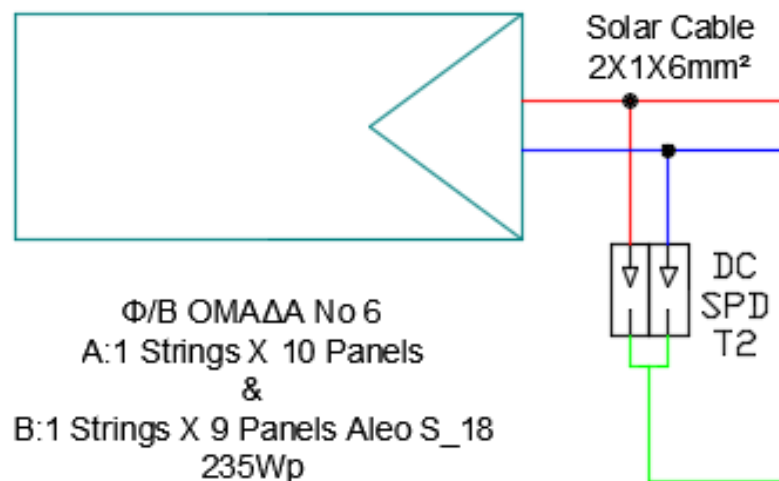


Έπειτα σε κάθε inverter σχεδιάζονται τα strings από φωτοβολταϊκά πάνελ τα οποία πρόκειται να συνδεθούν στον κάθε ένα. Δεδομένου ότι έχουν επιλεγεί δύο τύπων inverters, ανάλογα με το πλήθος των εισόδων DC τους σχεδιάζονται και τα strings από φωτοβολταϊκά πάνελ τα οποία θα συνδεθούν σε κάθε έναν.

Αρχικά, ο inverter τύπου SMA SunnyBoy 5000 έχει δύο εισόδους DC, την A και την B, οπότε κατά την σχεδίαση των strings όπως αυτά συνδέονται σε κάθε όμοιο inverter, αναφέρεται το πλήθος των φωτοβολταϊκών πάνελ τα οποία πρόκειται να

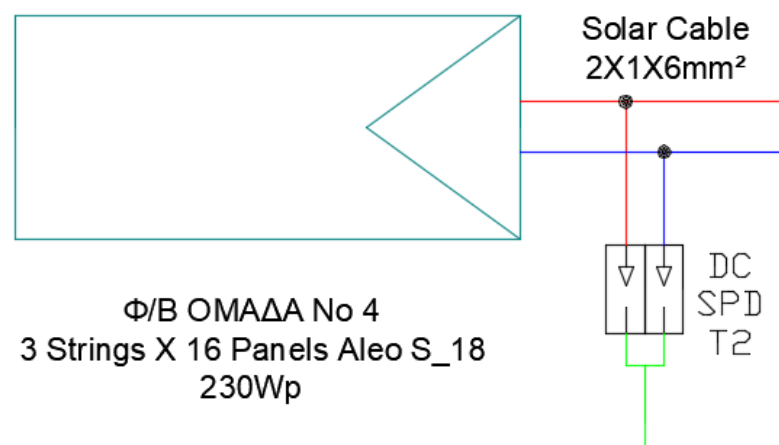
συνδεθούν σε κάθε μία από τις δύο εισόδους. Όπως παρατηρούμε παρακάτω στην Εικόνα 16, πρόκειται να συνδεθούν 10 φωτοβολταϊκά πάνελ στην είσοδο A και 9 φωτοβολταϊκά πάνελ στην είσοδο B.

Εικόνα 16: Stings Inverter 6



Αντίστοιχα, δεδομένου ότι ο inverter τύπου SMA SunnyMiniCentral έχει μία μόνον είσοδο DC, όπως παρατηρούμε παρακάτω στην Εικόνα 17, πρόκειται να συνδεθούν τρία όμοια strings των 16 πάνελ. Αξίζει να σημειωθεί πως η σύνδεση των strings στις εισόδους DC των inverters γίνεται με τυποποιημένους ακροδέκτες, ενώ για τον παραλληλισμό των strings που συνδέονται υπεύθυνος είναι ο ίδιος ο inverter.

Εικόνα 17: Stings Inverter 7



Σε ό,τι αφορά στην δημιουργία του μονογραμμικού σχεδίου του φωτοβολταϊκού πάρκου, αξίζει να σημειωθεί ότι όλες οι ισοδυναμικές με το σύστημα γείωσης συνδέσεις αποτυπώνονται να οδεύουν και να συνδέονται με αυτό στο κάτω μέρος του σχεδίου, όπου αναφέρεται και το είδος του συστήματος γείωσης, το οποίο στην προκειμένη περίπτωση είναι πλέγμα γείωσης τοποθετημένο σε βάθος 0,7 έως 1m.

Εικόνα 18: Οδευση όλων των ισοδυναμικών με τη γη συνδέσεων στο σύστημα γείωσης



Τέλος στο μονογραμμικό σχέδιο προστίθεται υπόμνημα στο οποίο αναφέρονται τα στοιχεία του έργου (Εικόνα 19):

Εικόνα 19: Υπόμνημα μονογραμμικού σχεδίου

.\\04-HELIOMECHANICS\HELIOMECHANICS L03D.JPG	
ΕΡΓΟ : ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΠΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΠΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 79,65 kWp	
ΘΕΣΗ : ΘΕΣΗ ΚΑΛΟ ΝΕΡΟ, ΔΗΜΟΣ ΜΑΚΡΥ ΠΑΛΟΥ ΝΟΜΟΣ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	
ΘΕΜΑ : ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΜΗΔ02

Συμπεράσματα

Κατόπιν ολοκλήρωσης της συγγραφής αυτού του οδηγού έχουμε συνειδητοποιήσει την ανάγκη καταρχήν για στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έτσι ώστε να αντιμετωπίσουμε τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σε ό,τι αφορά στην κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών με τον απαραίτητο σεβασμό στο περιβάλλον και στις επόμενες γενιές.

Η διαδικασία για τη σχεδίαση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου μπορεί να θεωρηθεί ως πρότυπη, όπως αυτή που παρουσιάστηκε στις παραπάνω παραγράφους, καθώς τα βήματα που παρατέθηκαν με τη σειρά μπορούν να διευκολύνουν έναν μηχανικό για τη σχεδίαση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου.

Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή έτσι ώστε οι προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω στην παράγραφο 2.2 να τηρούνται έτσι ώστε να μην χρειαστεί ο μηχανικός να προβεί σε διορθώσεις του σχεδίου στην πορεία της διαδικασίας σχεδίασης αλλά ούτε και κατά την κατασκευή, στο μέτρο του δυνατού καθώς πολλές φορές στη φάση της κατασκευής εισάγονται διάφοροι αστάθμητοι παράγοντες οι οποίοι μπορεί να αναγκάσουν τον υπεύθυνο μηχανικό σε αλλαγές.

Ειδικά δε σε ό,τι αφορά στην κατασκευή του ηλεκτρολογικού μονογραμμικού σχεδίου απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς πρέπει να υπολογιστούν όλες οι παράμετροι των στοιχείων του φωτοβολταϊκού πάρκου και να σχεδιαστούν κατόπιν μελέτης οι απαραίτητες διατάξεις με γνώμονα την προστασία της ζωής και της περιουσίας των χρηστών (ιδιοκτήτες, συντηρητές κ.α.) αλλά και να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή οικονομική απόδοση του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Κλείνοντας, πρέπει να τονίσουμε ότι η διαδικασία της σχεδίασης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας μελέτης αυτού καθώς ό,τι μεταφέρεται στην κάτοψη και στον ηλεκτρολογικό μονογραμμικό σχέδιο πρέπει να έχει προκύψει από την μελέτη, αλλά και όποια δυσκολία αποτύπωσης κατά τη διαδικασία σχεδίασης ή όποια απόκλιση από την πραγματικότητα και τη ζητούμενη σχεδίαση κατά το στάδιο της κατασκευής πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για διόρθωση της μελέτης. Μάλιστα, τόσο η κάτοψη του φωτοβολταϊκού πάρκου όσο και το μονογραμμικό ηλεκτρολογικό του σχέδιο πρέπει

να συμπεριλαμβάνονται στα παραδοτέα στον ΔΕΔΔΗΕ ώστε να υπογραφεί σύμβαση σύνδεσης και εν τέλει να συνδεθεί το πάρκο με το δίκτυό του.

Με τον τρόπο αυτό μπορεί να εξασφαλιστεί η ορθή κατασκευή του έργου, η τεκμηρίωση για τον τρόπο με τον κατασκευάστηκε, αλλά και να υπάρχει η δυνατότητα για μετέπειτα παρεμβάσεις στο έργο, όπως προληπτικές συντηρήσεις, οι οποίες θα ήταν δύσκολο να πραγματοποιηθούν αν δεν υπήρχε πιστό σχέδιο της κατασκευής και αν αυτό δεν ανταποκρινόταν στη σχετική μελέτη.

Αναφορές

Capuano, L., 2018. *International Energy Outlook 2018*, s.l.: International Energy Agency.

Eurostat, 2018. *Στατιστικές για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές*, s.l.: Eurostat.

International Energy Agency (IEA), 2019. *World Energy Outlook 2019*, s.l.: International Energy Agency (IEA).

International Energy Agency, 2018. *Renewables 2018*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.iea.org/renewables2018/>

Šúri, M., Huld, T. A. & Dunlop, E. D., 2005. PVGIS: a web-based solar radiation database for the calculation of PV potential in Europe.. *International Journal of Sustainable Energy*, 24(2), pp. 55-67.

Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών, 2013. *Φωτοβολταϊκά: Ένας πρακτικός τεχνικός οδηγός*, Αθήνα: Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών.

Κατάλογος σχεδίων

Σχέδιο 1: Κάτοψη φωτοβολταϊκού πάρκου	17
---	----

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο	12
Εικόνα 2: Σύμβολο πυξίδας (απόσπασμα Σχεδίου 1)	19
Εικόνα 3: Σημείο διασύνδεσης με το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ, σκάμμα παροχής και σκάμμα γείωσης	20
Εικόνα 4: Σχεδίαση strings 1,2,3 σε ένα «τραπέζι»	21
Εικόνα 5: Σχεδίαση strings 6,7,12,13,14.....	22
Εικόνα 6: Σύνδεση σε σειρά πάνελ κάτω πλευράς (string 1) και επάνω πλευράς (string 2).....	22
Εικόνα 7: Σύνδεση σε σειρά πάνελ κάτω και επάνω πλευράς (string 3)	22
Εικόνα 8: Συνδεσμολογία strings 10 και 11.....	23
Εικόνα 9: Σημείο εγκατάστασης inverters και γενικού πίνακα διανομής	24
Εικόνα 10: Υπόμνημα κατόψεως	25
Εικόνα 11: Υπόμνημα ηλεκτρολογικών συμβόλων	26
Εικόνα 12: Σημείο σύνδεσης δικτύου.....	26
Εικόνα 13: Γενικός πίνακας χαμηλής τάσης.....	27
Εικόνα 14: Γενικός πίνακας διανομής	28
Εικόνα 15: Σχεδίαση inverters	30
Εικόνα 16: Stings Inverter 6	31
Εικόνα 17: Stings Inverter 7	31
Εικόνα 18: Όδευση όλων των ισοδυναμικών με τη γη συνδέσεων στο σύστημα γείωσης.....	32
Εικόνα 19: Υπόμνημα μονογραμμικού σχεδίου.....	33

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Διαστασιολόγηση inverters.....	16
---	----

Κατάλογος γραφημάτων

Γράφημα 1: Κάλυψη πρωτογενούς ενέργειας ανά πηγή ή καύσιμο (International Energy Agency (IEA), 2019).....	7
---	---

Γράφημα 2: Εκτίμηση για την κάλυψη πρωτογενούς ενέργειας (σε 4κις BTU) από διάφορες πηγές ενέργειας μέχρι το 2040 (Caruano, 2018)	8
---	---

Γράφημα 3: Εγκατεστημένη ισχύς και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας (InternationalEnergyAgency, 2018).....	9
---	---

Γράφημα 4: Μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας EE28 (Eurostat, 2018).....	11
---	----

Γράφημα 5: Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας Ελλάδα (Žúri, et al., 2005)	14
--	----

Γράφημα 6: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια και ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών, 2013).....	15
---	----

Παράρτημα

