



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ»
(ENERGY AND AUTOMATION SYSTEM)

«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΙΣΧΥΟΣ 500KW ΚΑΙ 1000KW»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΚΟΝΙΑΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
Δρ. ΝΤΑΦΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΛΑΡΙΣΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

Υπεύθυνη Δήλωση

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών του ΠΜΣ Πλήρους Φοίτησης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας «Ενεργειακές Τεχνολογίες και Συστήματα Αυτοματισμών» έχει συγγραφεί από εμένα προσωπικά και δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό. Η εργασία αυτή έχοντας εκπονηθεί από εμένα, αντιπροσωπεύει τις προσωπικές μου απόψεις επί του θέματος και το κείμενο είναι γραμμένο με τα δικά μου λόγια και δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής από τρίτες πηγές. Οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής αναφέρονται στο σύνολό τους, δίνοντας πλήρεις αναφορές στους συγγραφείς, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο».

Ο Δηλών

Κόνιαρης Ιωάννης

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
SUMMARY.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	10
1.1 Ενεργειακή πολιτική – Α.Π.Ε.	10
1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα	12
1.2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο	12
1.2.2 Είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	12
1.2.3 Άλλες τεχνολογίες στοιχείων.....	14
1.2.3 Πλεονεκτήματα Φ/Β συστημάτων	16
1.2.4 Κατηγορίες και ταξινόμηση των Φ/Β συστημάτων	17
1.3 Ηλιακή ακτινοβολία	18
1.3.1 Γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων	18
1.3.2 Ηλιακή γεωμετρία και ορισμοί	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	22
2.1 Συλλέκτες Φ/Β	22
2.1.1 Σταθεροί Φ/Β συλλέκτες	22
2.1.2 Περιστρεφόμενοι ηλιακοί συλλέκτες	23
2.2 Ανάλυση δεδομένων – Ανίχνευση πορείας ηλίου.....	31
2.3 Στερέωση – Απώλειες –Σκίαση Φ/Β	34
2.3.1 Στερέωση Φ/Β πλαισίων	34
2.3.2 Απώλειες Φ/Β πλαισίων.....	35
2.3.3 Σκίαση Φ/Β πλαισίων	36
2.4 Συντήρηση – βλάβες Φ/Β	39
2.4 Επίβλεψη και παρακολούθηση φωτοβολταϊκών	42
2.5 Ανίχνευση κατάστασης απομονωμένης λειτουργίας.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΞΕΛΙΞΗ – ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ Φ/Β	50
3.1 Εξέλιξη φωτοβολταϊκών	50
3.2 Νομοθεσία- Αδειοδότηση	53
3.3. Αυτοπαραγωγή	63
3.4. Διασύνδεση Φ/Β σταθμών	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Φ/Β ΙΣΧΥΟΣ 500KW ΚΑΙ 1000KW (1MW)	69
4.1. Βασικά στοιχεία προσφοράς εγκατάστασης Φ/Β.....	69
4.2. Ανάλυση Φ/Β συστημάτων	71
4.2.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια	72

4.2.2 <i>Inverters</i> (Αντιστροφείς)	79
4.2.3 Γειώσεις – Αντικεραυνική προστασία	89
4.2.4 Υποσταθμός Μέσης Τάσης – Γενικός πίνακας - Εγκατάσταση	93
4.2.5 Αυτόνομο Φ/Β σύστημα	98
4.2.6 Σύστημα παρακολούθησης - συναγερμός	99
4.2.7 Περίφραξη	99
4.3. Απόσβεση – Κόστος – Διάρκεια ζωής	100
4.3.1 Απόσβεση Φωτοβολταϊκού Σταθμού	100
4.3.2 Κόστος πλήρης εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού Σταθμού	108
4.3.3 Διάρκεια λειτουργικής ζωής Φ/Β	114
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ	116
5.1. Γενικές Εκτιμήσεις	116
5.2. Ανάλυση αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα	116
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	118

Η εργασία αυτή αφιερώνεται στην αγαπημένη μου γυναίκα και σύζυγο Λίλη (Ευαγγελία)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή, γίνεται προσπάθεια για την έρευνα, ανάλυση και αξιολόγηση φωτοβολταϊκών σταθμών ισχύος 500KWp και 1.000 KWp

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά συστήματα, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και οι κατηγορίες των φωτοβολταϊκών και γίνεται γενική αναφορά στην ηλιακή ακτινοβολία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιες βασικές παραμέτρους των φωτοβολταϊκών σταθμών, οι οποίες είναι σημαντικές για την μελέτη και την εγκατάσταση αυτών.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην νομοθεσία και την αδειοδότηση των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών, την εξέλιξη της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και τις επιλογές αξιοποίησης αυτών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται τα βασικά μέρη των φωτοβολταϊκών σταθμών. Αναφέρονται οι γενικές προδιαγραφές και χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών σταθμών και αναφέρονται τεχνικές προδιαγραφές και χαρακτηριστικά εξετάζοντας συγκεκριμένες περιπτώσεις φωτοβολταϊκών σταθμών. Παρουσιάζεται ανάλυση των φωτοβολταϊκών σταθμών και αναφέρονται στοιχεία κόστους και αναλυτικά χαρακτηριστικά για την κάθε εξεταζόμενη περίπτωση.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις και τα συμπεράσματα καθώς και προτάσεις για την αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών.

Τέλος, παρατίθεται η σχετική βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της εργασίας.

Λέξεις κλειδιά: Φωτοβολταϊκό σύστημα, Φωτοβολταϊκός σταθμός, Φ/Β, Κόστος φωτοβολταϊκού σταθμού, Σταθερά Φ/Β πλαίσια

SUMMARY

In this work, an effort has been made for research, analyze and evaluate photovoltaic power stations of 500 KWp and 1,000 KWp.

The first chapter introduces the photovoltaic systems, mentions the advantages and categories of photovoltaics and makes a general reference to solar radiation.

The second chapter presents some basic parameters of photovoltaic stations, which are important for their study and installation.

The third chapter refers to the legislation and licensing of photovoltaic technologies, the evolution of the technology of photovoltaic systems as well as the options for their utilization.

The fourth chapter analyzes the basic parts of photovoltaic stations. The general specifications and characteristics of the photovoltaic stations are reported and technical specifications and characteristics are reported considering specific cases of photovoltaic stations. An analysis of the photovoltaic stations is presented and cost data and detailed characteristics are reported for each examined case.

The fifth chapter presents the assessments and conclusions as well as suggestions for the utilization of photovoltaics.

Finally, the relevant literature used for the implementation of the work is listed.

Keywords: Photovoltaic system, Photovoltaic station, PV, Cost of photovoltaic station, Fixed PV panels

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1:	Στόχοι “ΑΠΕ” και “ΕΞΕ” 2030	11
Πίνακας 2.1:	Απώλειες Φ/Β συστήματος: τυπική τιμή και εύρος με ελάχιστες – μέγιστες τιμές	36
Πίνακας 3.1:	Ισχύς διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων στην Ευρώπη	50
Πίνακας 3.2:	Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β συστημάτων στην Ευρώπη	51
Πίνακας 3.3:	Ποσοστό ετήσιας παραγωγής ανά Φ/Β στοιχείο	53
Πίνακας 3.4:	Αδειοδότηση – εγκρίσεις Φ/Β ισχύος $\leq 1\text{MW}$ (2020)	58
Πίνακας 3.5:	Τιμολόγηση MWh Φ/Β	61
Πίνακας 3.6:	Τροποποιήσεις Υπουργική Απόφασης 2019	64
Πίνακας 3.7:	Κόστος σύνδεσης Φ/Β αυτοπαραγωγής με το δίκτυο	65
Πίνακας 3.8:	Μέγιστη ισχύς διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος αυτοπαραγωγής	66
Πίνακας 4.1:	Πίνακας σύγκρισης φωτοβολταϊκών στοιχείων	73
Πίνακας 4.2:	Ενδεικτική προσφορά Φ/Β συστήματος 500kW (περ. Α)	109
Πίνακας 4.3:	Ενδεικτική προσφορά Φ/Β συστήματος 500kW (περ. Β)	110
Πίνακας 4.4:	Ενδεικτική προσφορά Φ/Β συστήματος 1.000kW (1MW) (περ. Γ)	111
Πίνακας 4.5:	Ενδεικτική προσφορά Φ/Β συστήματος 500kW (0,5MW) (περ. Δ)	111
Πίνακας 4.6:	Κόστος εγκατάστασης Φ/Β σταθμών (τιμές 2020) με σταθερές βάσεις	113
Πίνακας 4.7:	Κόστος εγκατάστασης Φ/Β σταθμών (τιμές 2020) με σταθερές βάσεις και “trackers”	113
Πίνακας 4.8:	Κόστος Φ/Β συστήματος 500kW με tracker ενός άξονα (περ. Δ)	114

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Γεωγραφικό Μήκος και Πλάτος - Παράλληλος - Μεσημβρινοί	19
Σχήμα 1.2: Γεωγραφικό Πλάτος και Απόκλιση	20
Σχήμα 1.3: Απεικόνιση ηλιακών γωνιών στο κεκλιμένο επίπεδο	21
Σχήμα 2.1: Γραφική παράσταση λόγου «ι» και γεωγραφικό πλάτος	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά συστήματα, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και οι κατηγορίες των φωτοβολταϊκών και γίνεται γενική αναφορά στην ηλιακή ακτινοβολία.

1.1 Ενεργειακή πολιτική – Α.Π.Ε.

Α. Ευρωπαϊκή πολιτική

Η ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας αφορά την στρατηγική πολιτική που εφαρμόζεται έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι ενεργειακές ανάγκες και να έχουμε δυνατότητες επίλυσης των ενεργειακών ζητημάτων που συνεχώς προκύπτουν. Για τον σκοπό αυτό απαιτείται να διαμορφώνεται και να υφίσταται το απαιτούμενο ρυθμιστικό και νομικό καθεστώς. [1]

Η ευρωπαϊκή πολιτική εφαρμόζεται μέσα από τα αρμόδια όργανα και τις επιτροπές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έχει εγκρίνει κλιματική και ενεργειακή πολιτική που έχει σαν στόχο να καταπολεμηθεί η αλλαγή του κλίματος και να επιτύχουμε έτσι την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ). Επιπλέον να έχουμε ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας και να επιτύχουμε ενεργειακή αποδοτικότητα με επίτευξη του στόχου χαμηλών εκπομπών του άνθρακα.

Οι απαιτήσεις της ευρωπαϊκής πολιτικής και κατά συνέπεια οι ευρωπαϊκές δεσμεύσεις, γνωστές ως στόχοι 20-20-20, αφορούσαν:

- Να μειωθούν οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ποσοστιαία, κατά 20% σε σχέση με τα δεδομένα επίπεδα του 1990
- Το 20% της καταναλισκόμενης ενέργειας στην ΕΕ να προέρχεται από ΑΠΕ
- Να μειωθεί κατά 20% η χρήση των πρωτογενών μορφών ενέργειας

Οι στόχοι της ενεργειακής πολιτικής για ΑΠΕ (Ανανεώσιμες πηγές) και ΕΞΕ (Εξοικονόμηση ενέργειας) με ορίζοντα το 2030 είναι το ποσοστό «%» ΑΠΕ στην κατανάλωση της ενέργειας να φτάσει το 22% για το 2025 και το 26% για το 2030. Επίσης το ποσοστό «%» ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να φτάσει το 46% για το 2025 και το 55% για το 2030. [1]

Πίνακας 1.1: Στόχοι “ΑΠΕ” και “ΕΞΕ” 2030 [1]

ΣΤΟΧΟΣ	2025	2030
% ΑΠΕ Τελικής Κατανάλωσης Ενέργειας	22%	26%
% ΑΠΕ Ηλεκτροπαραγωγής	46%	55%
% ΑΠΕ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας	42%	52%
% ΑΠΕ Κατανάλωσης Θερμικής Ενέργειας	26%	27%
% Βιοκαυσίμων Μεταφορές	6%	8%

B. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ

Η Παραγωγή της Ηλεκτρικής Ενέργειας επιτυγχάνεται με την χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Μπορούμε να έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενη από τις παρακάτω περιπτώσεις: [1]

1. Ηλιακή ή αιολική ενέργεια – Βιομάζα – Βιοαέριο
2. Γεωθερμική ενέργεια
3. Ενέργεια προερχόμενη από την θάλασσα
4. Υδάτινο δυναμικό
5. Συνδυασμό δύο ή περισσότερων ανωτέρων αναφερόμενων μορφών ενέργειας
6. Συμπααραγωγή (π.χ. συμπααραγωγή ηλεκτρισμού –θερμότητας)

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί πηγή ΑΠΕ και είναι το σύνολο εκείνων των μορφών ενέργειας που έχουν ως πηγή ενέργειας τον ήλιο δηλαδή την ηλιακή ακτινοβολία. Το ηλιακό φως και η θερμότητα, τα οποία προέρχονται από τον ήλιο, ακτινοβολούνται και απορροφούνται από στοιχεία/ενώσεις της γης με συνέπεια την μετατροπή τους σε ενέργεια διαφορετικών μορφών. Την ενέργεια του ήλιου δύναται να την εκμεταλλευτούμε χρησιμοποιώντας θερμικά ή παθητικά ηλιακά συστήματα και φωτοβολταϊκά συστήματα. [1]

1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

1.2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα που χρησιμοποιείται για να αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια έχει σαν βάση το «**φωτοβολταϊκό φαινόμενο**». Το ηλιακό φως όταν προσπίπτει σε επιφάνεια που περιέχει ημιαγωγία υλικά είτε απορροφάται είτε αντανακλάται από το υλικό. Η απορρόφηση του υλικού οδηγεί στην παραγωγή θερμότητας και λόγω των ημιαγωγίων υλικών (ημιαγωγοί) στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. [2]

Γενικά τα υλικά, λαμβάνοντας υπόψη τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, τα υλικά διακρίνονται σε αγωγούς (καλοί αγωγοί ηλεκτρισμού), σε μονωτικά (κακοί αγωγοί ηλεκτρισμού) και ημιαγωγούς (συνδυασμός των ανωτέρω). Οι ημιαγωγοί χάρη στις ιδιότητες που έχουν και στις δυνατότητες διαχείρισης που προσφέρουν έχουν συμβάλει σημαντικά στην εξέλιξη των φωτοβολταϊκών και άλλων τεχνολογιών.

1.2.2 Είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων

Ένα σύνολο από φωτοβολταϊκά στοιχεία (κυψέλες) ονομάζεται **φωτοβολταϊκό πλαίσιο**. Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο περιλαμβάνει δύο λεπτά στρώματα από ημιαγωγούς p-type και n-type. Ένα συνηθισμένο πλαίσιο περιλαμβάνει τριάντα έξι (36) στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους σε σειρά. [2]

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που συναντώνται περισσότερο είναι τα **μονοκρυσταλλικά** και τα **πολυκρυσταλλικά** και λιγότερα τα λεπτού υμένα. Αναλυτικά αναφέρονται παρακάτω:

α) Μονοκρυσταλλικά στοιχεία από πυρίτιο (Single Crystalline Silicon ή sc-Si).

Τα στοιχεία αυτά κατασκευάζονται από ένα λεπτό στρώμα από καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο με πάχος 300μm, στο οποίο τοποθετείται μεταλλικό πλέγμα έτσι ώστε να δύναται να λειτουργεί σαν ηλιακό στοιχείο.

Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία αποτελούνται από καθαρό κρύσταλλο με κυλινδρική μορφή και συνήθως έχουν τετραγωνική μορφή για την ευκολότερη τοποθέτησή τους.

Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά έχουν πολύ καλή σχέση απόδοσης/επιφάνειας (ενεργειακή πυκνότητα).



Εικόνα 1.1: Κυψέλη - μονοκρυσταλλικό πυρίτιο [2]

β) Πολυκρυσταλλικά στοιχεία από πυρίτιο (Multi Crystalline Silicon ή mc-Si)

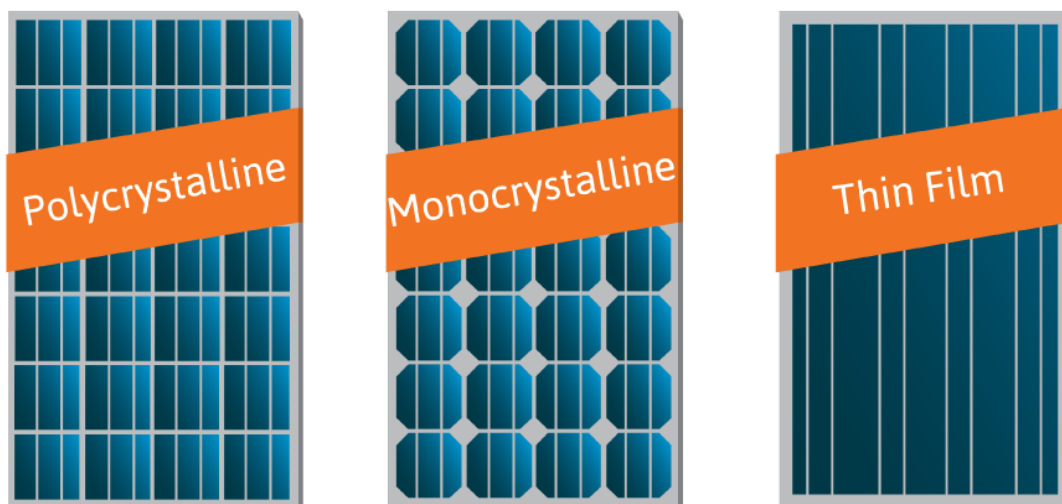
Τα στοιχεία αυτά κατασκευάζονται από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους από καθαρό πυρίτιο. Είναι αρχικά τετραγωνικής μορφής και έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία και έχουν πάχος 300 μm περίπου. Η απόδοση των στοιχείων αυτών είναι ανάλογη της επιφάνειάς τους. [2]



Εικόνα 1.2: Κυψέλη - πολυκρυσταλλικό πυρίτιο [2]

γ) Φωτοβολταϊκά στοιχεία από λεπτή μεμβράνη (Thin film).

Τα στοιχεία αυτά έχουν πάχος μερικών μόνο μικρών (μm) και είναι λεπτές επιστρώσεις ταινιών ταινίες. Η παραγωγή τους γίνεται με εναπόθεση ημιαγωγού (συνήθως πυρίτιο) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης γυαλί ή αλουμίνιο ή άλλο χαμηλού κόστους υλικό. [2]



Εικόνα 1.3: Κυψέλες πυριτίου (πηγή: eco2day.gr)

1.2.3 Άλλες τεχνολογίες στοιχείων

Η εξέλιξη των τεχνολογιών των Φ/Β συστημάτων είναι σημαντική καθώς συνεχώς αναπτύσσονται νέα συστήματα και νέες τεχνολογίες. Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα διφασικά φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Όσον αφορά τις τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών στοιχείων, εκτός των ανωτέρω αναφερόμενων, υπάρχουν και άλλα είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων που χρησιμοποιούνται για την χρήση σε φωτοβολταϊκά και γενικά για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Υπάρχουν διαφόρων ειδών φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Αναφέρουμε χαρακτηριστικά τα παρακάτω:

- 1) φωτοβολταϊκά στοιχεία από **άμορφο πυρίτιο**.

Τα στοιχεία αυτά κατασκευάζονται από άμορφο πυρίτιο.

- 2) **υβριδικά** φωτοβολταϊκά στοιχεία

Το υβριδικό φωτοβολταϊκό αποτελεί σύνολο από στρώσεις με υλικά διαφορετικών τεχνολογιών (π.χ. Heterojunction with Intrinsic Thin-layer, HIT). Συνήθως

περιλαμβάνουν δύο στρώσεις από άμορφο πυριτίο (πάνω και κάτω) και ενδιάμεσα μια στρώση από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Η απόδοση φτάνει το 17,20%. [3]

Ένας άλλος τύπος είναι το Υβριδικό Φωτοβολταϊκό/Θερμικό (PV/Thermal). Τα στοιχεία αυτά λειτουργούν σαν φωτοβολταϊκά πλαίσια και σαν ηλιακοί συλλέκτες. Συνδυάζουν δηλαδή την χρήση σαν φωτοβολταϊκό για την παραγωγή ηλεκτρισμού και την χρήση σαν ηλιακός συλλέκτης για την παραγωγή θερμότητας. [4]

3) Διφασικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (Bifacial photovoltaic ή Bifacial PV).

Τα στοιχεία αυτά λειτουργούν σαν φωτοβολταϊκά και στις δύο πλευρές ενώ τα συνηθισμένα εκμεταλλεύονται την μία πλευρά του πλαισίου. [5]

Τα διφασικά φωτοβολταϊκά στοιχεία λέγονται επίσης και φωτοβολταϊκά διπλής όψης. Στα συμβατικά panels, αξιοποιείται ένα μόνο μέρος της προσφερόμενης ηλιακής ενέργειας, διότι είναι ενεργά από τη μία μόνο όψη τους, η οποία ενεργοποιείται όταν ο ήλιος βρίσκεται, κατά την κίνηση του, στο νότιο μισό του ορίζοντα και ειδικότερα στην περιοχή 150° περίπου. Ενώ τα bifacial – windsol εκμεταλλεύονται επιπλέον :

α) το χρόνο όπου ο ήλιος βρίσκεται βόρεια του νοητού άξονα «Ανατολής – Δύσης», που κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου είναι πάνω από επτά (7) ώρες ημερησίως,

β) την ακτινοβολία που υφίσταται και η οποία διαχέεται στο περιβάλλον και

γ) την ακτινοβολία που ανακλάται.



Εικόνα 1.4: Φωτοβολταϊκά στοιχεία bifacial (πηγή: solarreviews.com)

1.2.3 Πλεονεκτήματα Φ/Β συστημάτων

Τα πλεονεκτήματα ενός συστήματος με φωτοβολταϊκές γεννήτριες είναι:

- ✓ **Υψηλή αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής:** Η χρήση των φ/β συστημάτων έχει επεκταθεί σε πάρα πολλές εφαρμογές λόγω της υψηλής αξιοπιστίας και της σημαντικής αντοχής (διάρκειας ζωής) που προσφέρουν. [6]
- ✓ **Μηδενικό κόστος της λειτουργίας τους:** Έχουν σαν πηγή ενέργειας τον ήλιο και δεν απαιτούν την κατανάλωση πρωτογενών μορφών ενέργειας (πρώτες ύλες).
- ✓ **Δεν απαιτείται σημαντική συντήρηση:** Τα σταθερά φωτοβολταϊκά δεν απαιτούν ιδιαίτερη συντήρηση. Εξαίρεση αποτελούν τα Φ/Β με trackers.
- ✓ **Δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον:** Έχουν σαν πηγή ενέργειας τον ήλιο και δεν απαιτούν την κατανάλωση πρωτογενών μορφών ενέργειας (πρώτες ύλες). Κατά συνέπεια δεν παράγουν καυσαέρια ή υποπροϊόντα. Η λειτουργία τους είναι αθόρυβη και δύναται να κατασκευάζονται από υλικά τα οποία είναι ανακυκλώσιμα.
- ✓ **Διαθέτουν Ευελιξία:** Τοποθετούνται ανάλογα ενεργειακές απαιτήσεις που ζητούνται. Όταν οι ανάγκες θα αυξηθούν μελλοντικά, μπορούν εύκολα να αναβαθμισθούν για να καλύψουν τη νέα ζήτηση ενέργειας.

- ✓ **Αυτονομία ενέργειας:** Δύναται να παρέχουν πλήρη αυτονομία ενέργειας. Έτσι δύναται να τοποθετούνται και σε δυσπρόσιτες περιοχές, οπουδήποτε απαιτηθεί και γενικά όπου το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΔΔΗΕ-ΔΕΗ είτε δεν υπάρχει είτε είναι οικονομικά ασύμφορο (μεγάλο κόστος) να φτάσει.

1.2.4 Κατηγορίες και ταξινόμηση των Φ/Β συστημάτων

Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν γενικά ως:

- **Διασυνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο Φ/Β συστήματα:** Όταν η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης και το περίσσειμα ενέργειας, όταν αυτό υπάρχει, διαχέεται στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. [6]
- **Αυτόνομα Φ/Β συστήματα:** είναι Φ/Β συστήματα μικρής ισχύος, τα οποία τοποθετούνται σε κατοικίες, σε κτίρια κεραιών, σε εξοχικά σπίτια, σε χιονοδρομικά κέντρα, σε υπαίθρια φωτιστικά και άλλα σημεία, στα οποία προσφέρουν αυτονομία ενέργειας.
- **Υβριδικά Φ/Β συστήματα:** Είναι φωτοβολταϊκά συστήματα που δύναται να συνδυάζονται με μία, τουλάχιστον, ακόμα πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα δύναται να ταξινομηθούν σύμφωνα με τις «ιδιότητες» τους ή τα ιδιαίτερα «χαρακτηριστικά» τους ως εξής: [7]

- **Χωρικής διάταξης:** σε συγκεντρωτικό, σε κατανεμημένο
- **Διαμόρφωσης:** σε συνδεδεμένο στο δίκτυο, σε σύστημα εκτός δικτύου
- **Τελικής χρήσης:** σε οικιακό, εμπορικό, βιομηχανικό ή κλίμακας χρησιμότητας

Το μέγεθος των φωτοβολταϊκών σταθμών ή εγκαταστάσεων δύναται να ταξινομηθεί με βάση τους «όρους μέγιστης ισχύος» των Φ/Β όπως παρακάτω: [7]

- **Κατοικιών (Residential):** έως 10 kW μέγιστης ισχύος.
- **Εμπορικό (Commercial):** από 10 kW έως 250 kW μέγιστης ισχύος.
- **Βιομηχανικό (Industrial):** μέγιστη ισχύ άνω των 250 kW
- **Κλίμακας χρησιμότητας (Utility-scale) :** μέγιστη ισχύ άνω του 1 MW.

Η ανωτέρω αναφερόμενη ταξινόμηση σχετίζεται, συνήθως, με την εγκατεστημένη χωρητικότητα (ισχύς) του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Επίσης, οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, με ανάλογες διαμορφώσεις, από χαμηλές απαιτήσεις για την συντήρηση έως ακριβή και λεπτομερή παρακολούθηση της απόδοσής της, δύναται να είναι: [7]

- **Διαμόρφωσης Α.** Προεπιλεγμένη (καθορισμένη / βασική) εγκατάσταση
- **Διαμόρφωσης Β.** "Α" επιπλέον βελτιστοποιημένη σχεδίαση και πρόβλεψη απόδοσης
- **Διαμόρφωσης Γ.** "Β" επιπλέον βελτιστοποιημένη παρακολούθηση και συντήρηση

1.3 Ηλιακή ακτινοβολία

1.3.1 Γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων

Το σύστημα των γεωγραφικών συντεταγμένων είναι αυτό χρησιμοποιείται περισσότερο σαν σύστημα αναφοράς σε όλο τον κόσμο. Θεωρούμε τον πλανήτη γη σαν ένα σχήμα «ελλειψοειδές εκ περιστροφής» και για την απλούστερη λειτουργεία του συστήματος λαμβάνεται σαν «σφαίρα». [8]

Στο σύστημα των γεωγραφικών συντεταγμένων μπορούμε να προσδιορίσουμε ένα σημείο πάνω στη γη λαμβάνοντας υπόψη δύο τιμές:

- α) το γεωγραφικό μήκος και
- β) το γεωγραφικό πλάτος.

Το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος είναι οι γωνίες οι οποίες σχηματίζονται από ένα σημείο αναφοράς, το οποίο ορίζουμε σαν κέντρο της Γης μέχρι το σημείο υπολογισμού, το οποίο είναι ένα σημείο πάνω στην επιφάνειά της. Υπολογίζονται σε μοίρες ή εναλλακτικά σε βαθμούς (grads).

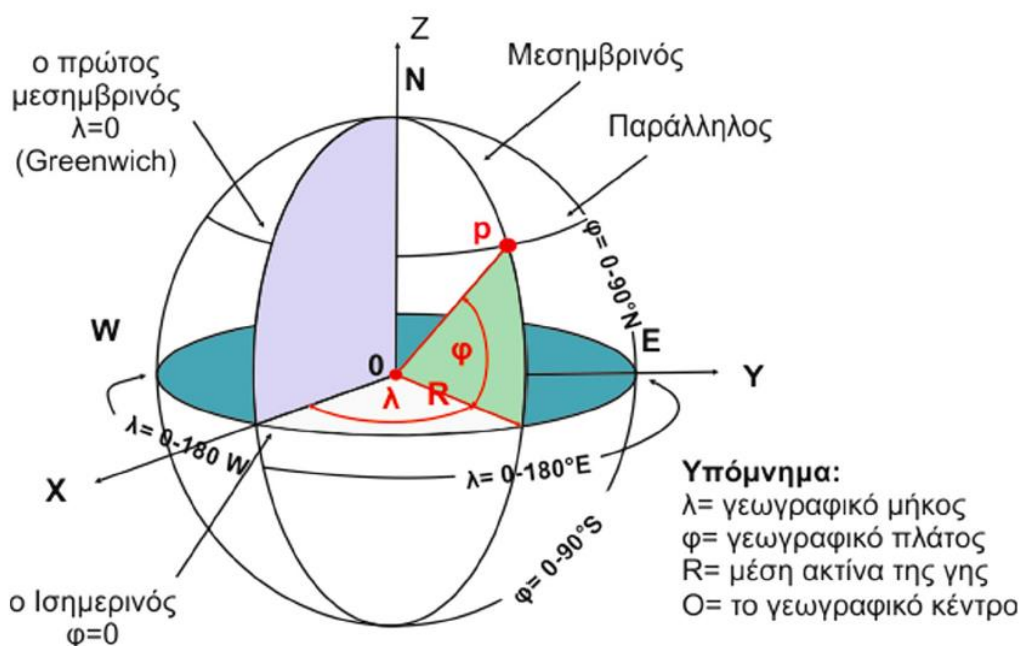
Στο σύστημα των γεωγραφικών συντεταγμένων οι οριζόντιες γραμμές είναι οι «παράλληλοι» και έχουν ίδιο γεωγραφικό πλάτος. Οι κάθετες γραμμές είναι οι «μεσημβρινοί» και έχουν ίδιο γεωγραφικό μήκος.

Οι γραμμές των παράλληλων και των μεσημβρινών δημιουργούν ένα πλέγμα που λέγεται «γεωγραφικός κάνναβος».

Η γραμμή με πλάτος «φ» που απέχει ίσα διαστήματα από τους πόλους λέγεται «ισημερινός» και έχει πλάτος μηδέν. Λαμβάνεται θετική προς το Βορρά και αρνητική προς το Νότο. Ισχύει: $\langle -90^0 \leq \varphi \leq 90^0 \rangle$.

Η γραμμή με μηδενικό γεωγραφικό μήκος λέγεται «πρώτος μεσημβρινός». Λαμβάνουμε ως «πρώτο μεσημβρινό» την γραμμή που διέρχεται από το Γκρήνουιτς της Αγγλίας.

Γεωγραφικό μήκος « λ » είναι η γωνία μεταξύ του σημείου ενός τόπου, ανατολικά ή δυτικά ως προς τον «πρώτο μεσημβρινό». Οπότε χαρακτηρίζεται και ως «Α» (ανατολικό, αγγλική ορολογία: E, East) ή «Δ» (δυτικό, αγγλική ορολογία: W, West). Το μετράμε σε μοίρες και υποδιαιρέσεις μοιρών (πρώτα και δεύτερα). Λαμβάνει τιμές από « 0° έως 180° Δυτικά» και « 0° έως 180° Ανατολικά». [8]



Σχήμα 1.1. Γεωγραφικό Μήκος και Πλάτος - Παράλληλος - Μεσημβρινοί
(πηγή: el.wikipedia.org)

1.3.2 Ηλιακή γεωμετρία και ορισμοί

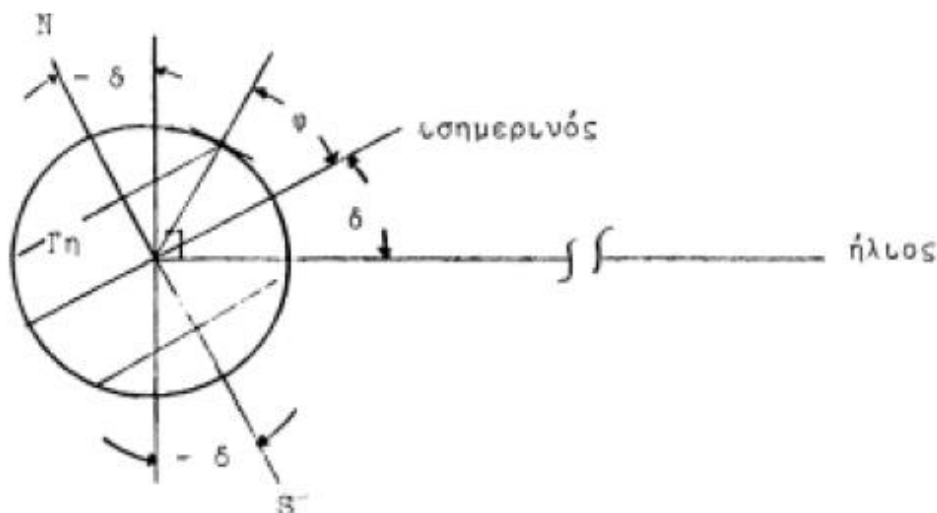
Η ακτινοβολία του ήλιου διακρίνεται στην:

(α) **άμεση ηλιακή ακτινοβολία**, που δεν επηρεάζεται και δεν υφίσταται απόκλιση από την ατμόσφαιρα της γης και στην

(β) **διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία**, που διαχέεται στην ατμόσφαιρα.

Το σύνολο αυτών των παραπάνω ακτινοβολιών αποτελούν την **ολική ακτινοβολία**.

Απόκλιση « δ » λέγεται η γωνία θέσης του ηλίου στην ηλιακή μεσημβρία ως προς το ισημερινό επίπεδο. Είναι θετική ως προς Βορρά και η τιμή της κυμαίνεται από τις « $-23,45$ μοίρες» μέχρι τις « $23,45$ μοίρες» (Σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2. Γεωγραφικό Πλάτος και Απόκλιση. [8]

Η **γωνία απόκλισης** «δ» είναι μεταβαλλόμενη ανάλογα με τις εποχές λόγω της κλίσης που έχει ο άξονας περιστροφής του πλανήτη γη γύρω από τον εαυτό του, σε σχέση με τον άξονα περιστροφής του πλανήτη γη γύρω από τον ήλιο.

Η κλίση της Γης είναι ίση με 23,45 μοίρες και μόνο κατά τις περιόδους άνοιξης και φθινοπώρου η απόκλιση «δ» ισούται με μηδέν.

Ο μαθηματικός τύπος της απόκλισης «δ» είναι: [9]

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360(n-80)}{365} \right]$$

Όπου n = αύξοντας αριθμός για συγκεκριμένη ημέρα

Ωριαία γωνία «ω» λέγεται η γωνία μετατόπισης του ηλίου, δυτικά ή ανατολικά ως προς τον τοπικό μεσημβρινό, εξαιτίας της γήινης περιστροφής περί τον άξονά της κατά 15⁰/ώρα. Λαμβάνεται ως θετική για ώρες πριν το μεσημέρι και ως αρνητική για ώρες μετά το μεσημέρι.

Η εξίσωση που δίνει την ωριαία γωνία είναι: [9]

$$\theta = \frac{180 \cdot (t - t_{SR})}{t_{SS} - t_{SR}}$$

Όπου : t -> Ο συγκεκριμένος χρόνος για μια συγκεκριμένη ημέρα,

t_{SR} -> Ο χρόνος ανατολής ηλίου για συγκεκριμένη ημέρα,

t_{SS} -> Ο χρόνος δύσης ηλίου για συγκεκριμένη ημέρα

Κλίση επιφανείας «β» λέγεται η γωνία μεταξύ της συγκεκριμένης επιφανείας και του οριζοντίου επιπέδου. Διακύμανση: $\langle 0^{\circ} \leq \langle \beta \rangle \leq 180^{\circ} \rangle$. [8]

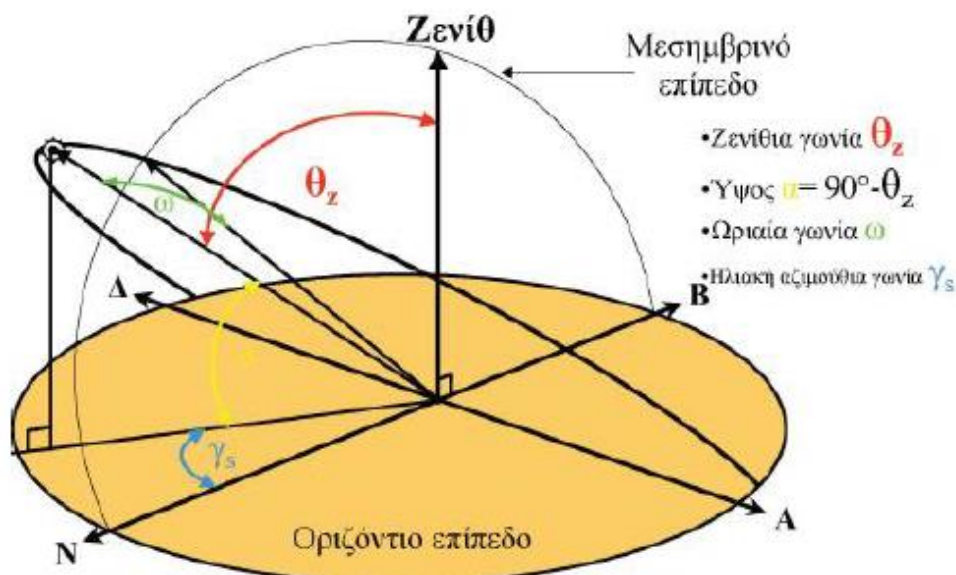
Αζιμούθια γωνία επιφανείας «γ» λέγεται η απόκλιση της προβολής σημείου, της κάθετης σε επιφάνεια, στο οριζόντιο επίπεδο ως προς τον μεσημβρινό. Οι τιμές που λαμβάνει: $\gamma=0$ ως προς τον Νότο, $\gamma>0$ Δυτικά, $\gamma<0$ Ανατολικά και $\gamma=180$ μοίρες ως προς Βορρά.

Γωνία πρόσπτωσης «θ» λέγεται η γωνία η οποία σχηματίζει η άμεση ακτινοβολία σε ένα επίπεδο ως προς την κάθετη γραμμή στο επίπεδο.

Ζενίθια γωνία «θ_z» λέγεται η γωνία που σχηματίζει η κάθετη στο οριζόντιο επίπεδο ενός τόπου και η ευθεία που ενώνει τον τόπο αυτό με τον ήλιο.

Αζιμουθιακή γωνία ηλίου «γ_s» λέγεται η γωνία που σχηματίζει ο μεσημβρινός του τόπου ως προς την προβολή της ευθείας, που συνδέει τον ήλιο με τον ιχνηλάτη, στο οριζόντιο επίπεδο. Το «γ_s» είναι θετικό ως προς τη Δύση και αρνητικό ως προς την Ανατολή.

Ωριαία γωνία δύσης «ω_{ss}» ή ανατολής «ω_{sr}» του ηλίου, λέγεται η ωριαία γωνία «ω» όταν η τιμή της γωνίας ζενίθ είναι $\theta_z = 90$ μοίρες.



Σχήμα 1.3 Απεικόνιση ηλιακών γωνιών στο κεκλιμένο επίπεδο. [9]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται κάποιες βασικές παραμέτρους των φωτοβολταϊκών σταθμών, οι οποίες είναι σημαντικές για την μελέτη και την εγκατάσταση αυτών.

Για την μελέτη και εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού, λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράμετροι. Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε τις επιλογές των συλλεκτών ως προς την στήριξή τους, την ανάλυση των δεδομένων και ανίχνευση πορείας ηλίου, την σκίαση των πλαισίων, την συντήρηση και τις βλάβες που εμφανίζονται, την επίβλεψη και παρακολούθηση του σταθμού και την ανίχνευση της κατάστασης “απομονωμένης λειτουργίας”.

2.1 Συλλέκτες Φ/Β

Οι φωτοβολταϊκοί ή ηλιακοί συλλέκτες δύναται να εγκαθίστανται είτε σε σταθερή βάση (βάση με σταθερά πλαίσια) είτε και κινούμενη βάση (βάση με tracker). Παρακάτω αναλύουμε τις δύο περιπτώσεις.

2.1.1 Σταθεροί Φ/Β συλλέκτες

Οι **σταθεροί ηλιακοί συλλέκτες** χρησιμοποιούνται συνήθως σε περιοχές όπου υπάρχει επαρκής και κατάλληλος χώρος και απουσιάζουν φυσικά ή άλλα εμπόδια, μεταξύ των ηλιακών συλλεκτών και της ακτινοβολίας του ηλίου. Η κλίση που θα δοθεί στους συλλέκτες κατά την εγκατάσταση καθορίζεται από το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής λειτουργίας τους και επιπρόσθετα από την αναμενόμενη χρήση τους. [2]



Εικόνα 2.1: Σύστημα σταθερών ηλιακών συλλεκτών [2]

Μία σημαντική παράμετρος που υπολογίζεται με μεγάλη δυνατή ακρίβεια, είναι η κλίση που θα δοθεί στους συλλέκτες. Στα Φ/Β πάνελ οι συλλέκτες αναφέρονται, εναλλακτικά, ως Σειρές Σταθερής Κλίσης (ΣΣΚ).

Πλεονεκτήματα σταθερών ηλιακών συλλεκτών

Τα σταθερά ηλιακά συστήματα πλεονεκτούν έναντι των “trackers” λόγω του ότι: [2]

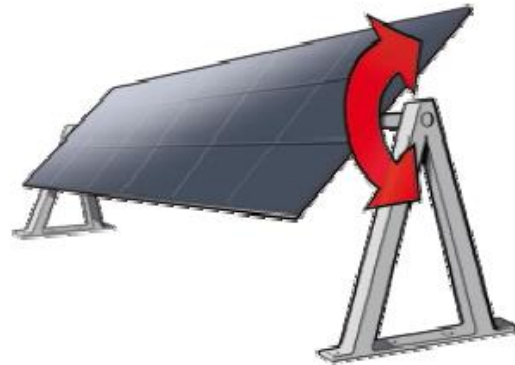
- είναι απλά στην κατασκευή,
- έχουν χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης,
- έχουν μικρότερο χρόνο εγκατάστασης,
- έχουν μικρότερο κόστος συντήρησης και
- έχουν μεγαλύτερη αξιοπιστία.

2.1.2 Περιστρεφόμενοι ηλιακοί συλλέκτες

Οι **περιστρεφόμενοι ηλιακοί συλλέκτες** λέγονται και «**Ιχνηλάτες**» ή «**trackers**». Επιτυγχάνουμε, στον βαθμό που δύναται ανάλογα με το σύστημα, την κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια των πάνελ. Έτσι έχουμε την μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας με συνέπεια την μεγαλύτερη δυνατή απόδοση των πάνελς.

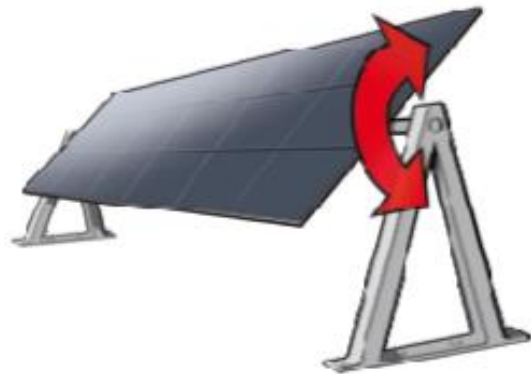
Ειδικότερα έχουμε συστήματα με:

α) Παρακολούθηση ηλιακής πορείας στον κάθετο άξονα (vertical - one axis tracker). Δηλαδή έχουμε περιστροφή κατά τον άξονα X και μας δίνει μικρή αύξηση της απόδοσης.



Εικόνα 2.2: Σύστημα «tracker» με παρακολούθηση στον κάθετο άξονα (άξονα X). [2]

β) Παρακολούθηση ηλιακής πορείας στον οριζόντιο άξονα (horizontal - one axis tracker). Δηλαδή περιστροφή κατά τον Y άξονα που μας δίνει μεσαία της αύξηση απόδοσης.

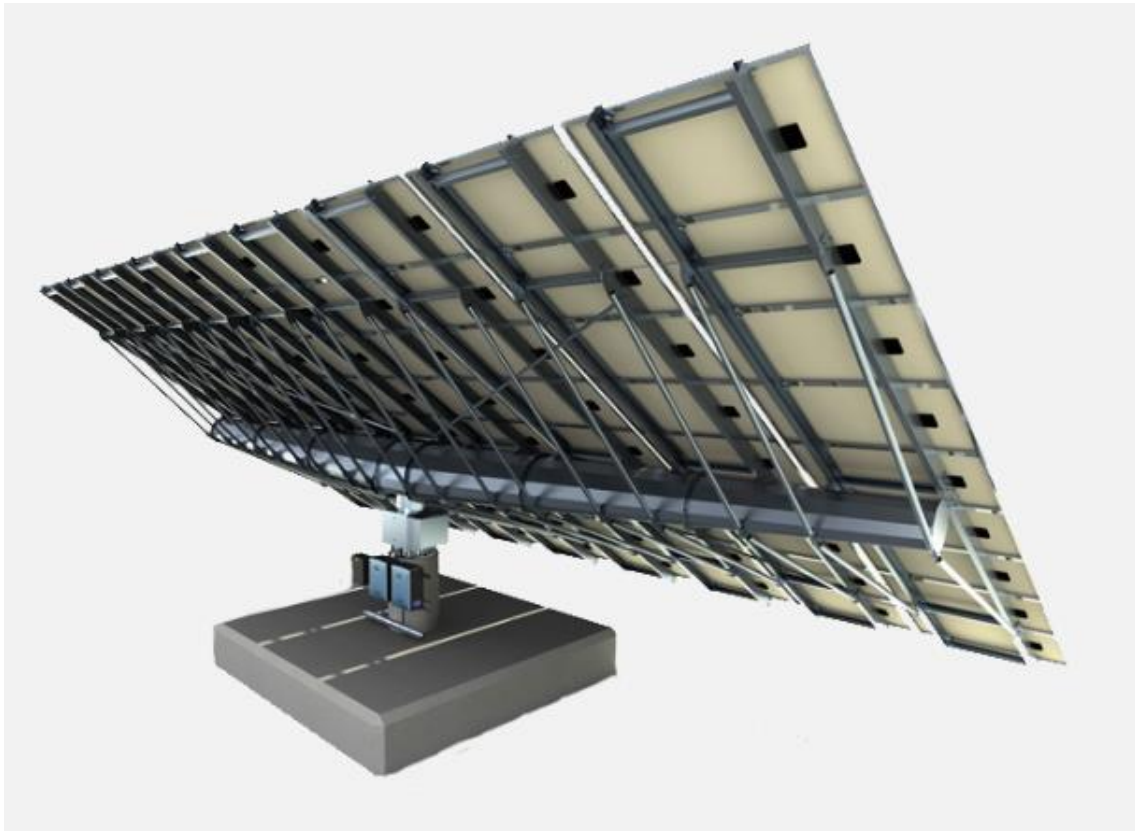


Εικόνα 2.3: Σύστημα «tracker» με παρακολούθηση ηλιακής τροχιάς μονού άξονα (άξονα Y ή άξονα X) [10]

γ) Παρακολούθηση ηλιακής πορείας και στους δύο (2) άξονες (dual axis tracker). Έχουμε μέγιστη αύξηση της απόδοσης.



Εικόνα 2.4α: Σύστημα «tracker» με παρακολούθηση ηλιακής τροχιάς διπλού άξονα (X και Y άξονα). [10]



Εικόνα 2.4β: Παρακολούθηση ηλίου με διπλό άξονα. (πηγή: pnitech.gr)

Επίσης στα συστήματα «trackers», λαμβάνοντας υπόψη την μέθοδο κίνησης στους άξονες, δύναται να διακριθούν ως προς την κίνησή τους σε :

- α) Υδραυλικά συστήματα. Όταν η κίνηση γίνεται μέσω ρευστού (υγρού).
- β) Ηλεκτρικά συστήματα. Όταν η κίνηση γίνεται με ηλεκτρικά στοιχεία.

Πλεονεκτήματα κινητών συστημάτων «Trackers»

α) Οι «trackers» πλεονεκτούν ως προς την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος καθώς αποδίδουν οικονομικά πολύ μεγαλύτερα οφέλη. [2]

Οι «trackers» μπορούν να αυξήσουν σημαντικά την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας αντισταθμίζοντας το αυξημένο κόστος της κατασκευής και εγκατάστασή τους. Αυτό αποτελεί βασικό κίνητρο για επενδυτές που επιθυμούν το μέγιστο δυνατό όφελος από την επένδυση που θέλουν να κάνουν. Η αύξηση της απόδοσης, σε σχέση με τους σταθερούς συλλέκτες, κυμαίνεται από πάνω το 10% (για «trackers» μονού άξονα) και δύναται να αγγίξει το 35-40% (για «trackers» δύο αξόνων και για συγκεκριμένη περίοδο). [11]

β) Η χρήση «trackers» προτείνεται σε περιοχές με υψηλό ποσοστό της άμεσης ακτινοβολίας (όπως οι μεσογειακές χώρες και η βόρεια Αφρική) καθώς και σε περιπτώσεις συνδυασμού μέγιστης παραγωγής KWh ανά εμβαδό οικοπέδου. [11]

Μειονεκτήματα κινητών συστημάτων «Trackers»

α) Μεγαλύτερο κόστος επένδυσης ως προς τα σταθερά Φ/Β συστήματα. Λόγω των κινούμενων μερών έχουν πιο μεγάλο κόστος αγοράς και εγκατάστασης.

β) Τα κινητά μέρη επιβαρύνουν το κόστος της συντήρησης και κάνουν πιο πολύπλοκο το σύστημα.

γ) Κατανάλωση ποσότητας της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για την λειτουργία του συστήματος. Απαιτείται περισσότερη ενέργεια σε σχέση με τα Φ/Β σταθερών πλαισίων.

δ) Μεγαλύτερο κόστος για την συντήρηση λόγω συχνότητας ελέγχου, βλαβών και δυσλειτουργιών.

ε) Μεγαλύτερος κίνδυνος για πιθανή ζημία ή καταστροφή στην περίπτωση εμφάνισης ακραίων ή έντονων καιρικών φαινομένων.

στ) Σε κάποιες περιπτώσεις ο χώρος οικοπέδου που απαιτείται είναι αυξημένος ως και 50% ως προς τα σταθερά Φ/Β συστήματα.

ζ) Οι «trackers» απαιτούν ιδιαίτερη θεμελίωση καθώς υψώνονται συνήθως έως και πέντε μέτρα ως προς την επιφάνεια του εδάφους. [11]

Επίσης, οι «trackers», διακρίνονται ανάλογα με την μέθοδο κίνησης σε:

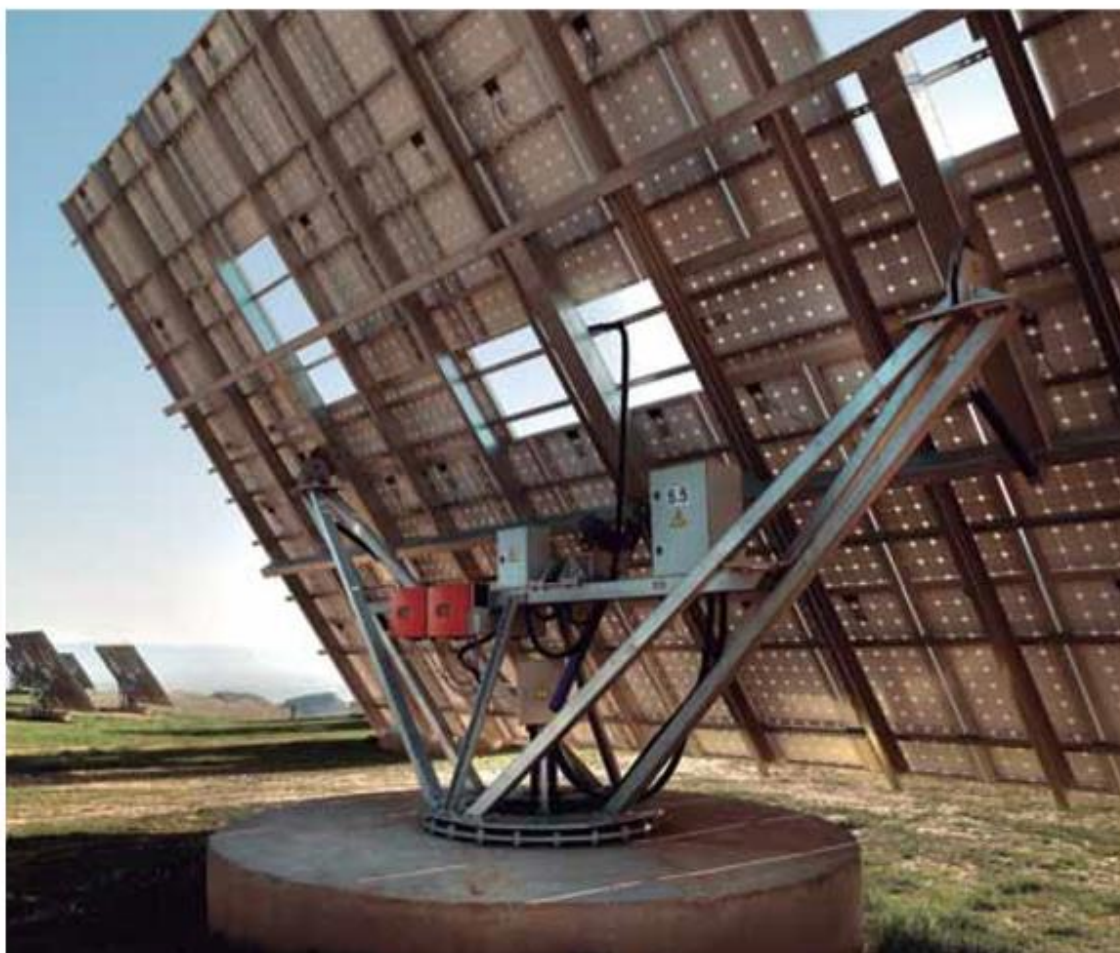
α) Παθητικούς «Trackers».

Σε αυτούς, ένα πτητικό υγρό συμπιέζεται σε κοντέινερ ενωμένα στα δύο άκρα του πλαισίου (βάση) του ιχνηλάτη. Η ακτινοβολία του ηλίου, δημιουργώντας πίεση μέσα στο κοντέινερ,

καταστρέφει την ισορροπία του συστήματος και το σύστημα ωθείτε σε κίνηση. [2]

β) **Ενεργητικούς «trackers».**

Σε αυτούς, έχουμε την χρήση κινητήρων και γραναζιών για την κίνηση του πλαισίου (βάση) του πάνελ. Το κύκλωμα ελέγχου (μικροϋπολογιστής, PLC κλπ.) με βάση τα δεδομένα λειτουργίας του, στέλνει εντολή στον κινητήρα για την περιστροφή του tracker ώστε να παρακολουθήσει την πορεία κίνησης του ηλίου.



Εικόνα 2.5α: Παρακολούθηση με διπλό άξονα. “MS-2E TRACKER” [13]

Οι “trackers”, έχουν ιδιαίτερες κατασκευαστικές δυσκολίες. Στην παρακάτω εικόνας μπορούμε να δούμε χαρακτηριστικά την εγκατάσταση του tracker διπλού άξονα “MS-2E TRACKER”. [13]

Η πλήρης εγκατάστασή του απαιτεί μία διαδικασία που περιλαμβάνει:

- την μεταφορά στον τόπο εγκατάστασης,
- την διαμόρφωση του χώρου με μηχανήματα έργου,

- την κατασκευή της βάσης σκυροδέματος και της μεταλλικής βάσης στήριξης,
- την συναρμολόγηση της βάσης των πλαισίων και την στήριξη αυτών στη βάση,
- την τοποθέτηση των πλαισίων (με τη βάση τους) στην κύρια βάση του “tracker”,
- τις απαιτούμενες τοποθετήσεις των υλικών, καλωδίων και μικρουλικών που απαιτούνται και την συνδεσμολογία αυτών για την πλήρη λειτουργία του “tracker”.

SIMPLE AND FAST INSTALLATION WITH LESS MAINTENANCE

1 Transport. 12 partially assembled trackers on 4 trucks.
The **mecasolar** trackers are partially assembled before being shipped. 10 fully assembled V-shaped structures are shipped on two trucks, and 10 grills are shipped on a third truck. It is not necessary to contract any special transportation.

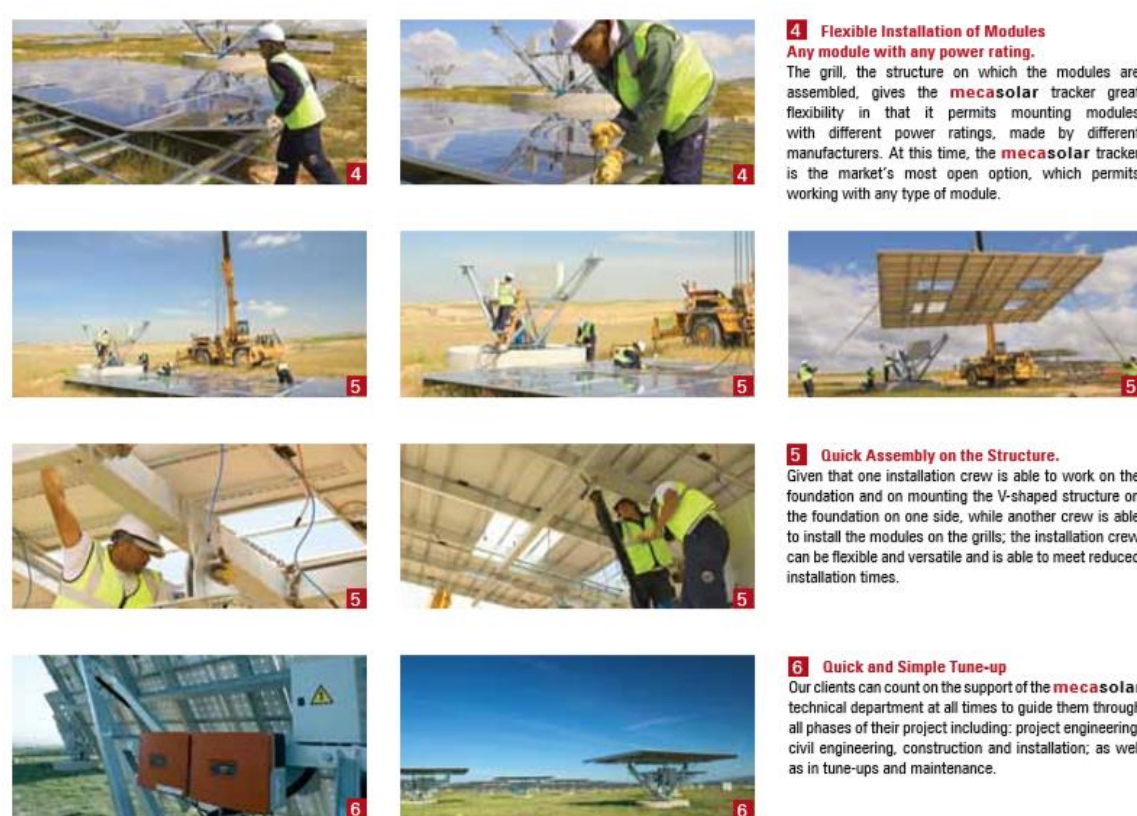
2 Surface Footing. No excavation is necessary.
Foundation on surface footing that does not require any excavation. It is only necessary to clean off the terrain, removing the top layer of vegetation and levelling the ground. We provide our clients with the necessary mould.

3 Quick and simple tracker installation on the foundation footer:
With the same machine used to clean off the terrain, we install the V-shaped structure on the foundation footer. Then, the structure is aligned over the foundation bolts using a double nut system.

4

Εικόνα 2.5β: Παρακολούθηση ηλίου με διπλό άξονα - Κατασκευαστικά [13]

SIMPLE AND FAST INSTALLATION WITH LESS MAINTENANCE



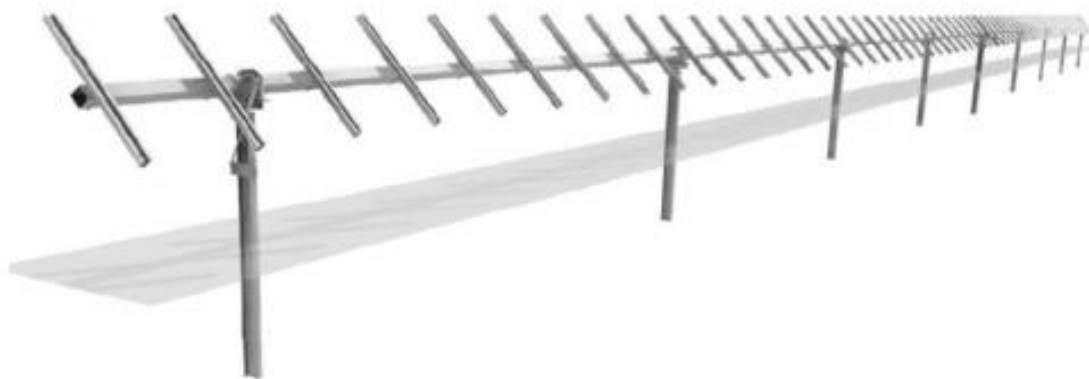
4 Flexible Installation of Modules
Any module with any power rating.
 The grill, the structure on which the modules are assembled, gives the **mecasolar** tracker great flexibility in that it permits mounting modules with different power ratings, made by different manufacturers. At this time, the **mecasolar** tracker is the market's most open option, which permits working with any type of module.

5 Quick Assembly on the Structure.
 Given that one installation crew is able to work on the foundation and on mounting the V-shaped structure on the foundation on one side, while another crew is able to install the modules on the grills; the installation crew can be flexible and versatile and is able to meet reduced installation times.

6 Quick and Simple Tune-up
 Our clients can count on the support of the **mecasolar** technical department at all times to guide them through all phases of their project including: project engineering; civil engineering, construction and installation; as well as in tune-ups and maintenance.

Εικόνα 2.5γ: Παρακολούθηση ηλίου με διπλό άξονα - Κατασκευαστικά [13]

Επίσης, σχετικά με μονοαξονικό ιχνηλάτη (tracker) η κάθε εταιρία προσπαθεί να βελτιώσει τα μοντέλα της. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ο νέος μονοαξονικός Ιχνηλάτης της “DEGER” που αποτελεί νεότερη αναβαθμισμένη έκδοση προηγούμενου μοντέλου. Το κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι διαθέτει μια μονή - παράλληλη σειρά από φωτοβολταϊκά πάνελ σε αντίθεση παλαιότερα διπλής σειράς. Η κατασκευή με τον τρόπο αυτό, τον καθιστά ανθεκτικότερο στους δυνατούς και ισχυρούς. Διαθέτει ενσωματωμένο ανεμόμετρο, βάσει του οποίου, κατά τη διάρκεια ισχυρών ανέμων, τα Φωτοβολταϊκά πάνελ μετακινούνται σε κατάσταση ασφαλείας (οριζόντια θέση). [12]



Εικόνα 2.6: Παρακολούθηση ηλίου με τον μονοαξονικό “DEGER S100-PF-SR”. [12]

Μία ξεχωριστή περίπτωση «tracker» σταθερής βάσης αποτελεί ο ηλιοστάτης “tracker” ενός άξονα ενδεικτικού τύπου “Oscar d10” που έχει την δυνατότητα παρακολούθηση του ηλίου σε ένα άξονα. Στην περίπτωση αυτή όλα τα ηλιακά πάνελ είναι στερεωμένα ανά ομάδες σε μία κυκλική βάση, που μετακινείται κατά τον ένα άξονα για την παρακολούθηση της πορείας του ηλίου. [14]



Εικόνα 2.7α: Παρακολούθηση ηλίου με μονό άξονα σε σταθερή βάση. [14]



Εικόνα 2.7β: Παρακολούθηση ηλίου με μονό άξονα σε σταθερή βάση. [14]

2.2 Ανάλυση δεδομένων – Ανίχνευση πορείας ηλίου

Η ιχνηλάτηση (ανίχνευση) της πορείας του ήλιου είναι μία τεχνική που έχει στόχο την μέγιστη τιμή της ενέργειας που παράγεται. [10]

Η ανίχνευση της πορείας του ηλίου είναι σημαντική για την απόδοση του φωτοβολταϊκού. Τα Φ/Β πάνελ στηρίζονται στο έδαφος με δύο τρόπους και αναλόγως διαφέρει και ο τρόπος της ηλιακής ανίχνευσης:

A) Σε **βάσεις με σταθερή κλίση** ως προς τον οριζόντιο άξονα, που αναφέρονται και ως «σταθερές βάσεις»

Οι σταθερές βάσεις προσδιορίζουν τον πιο απλό και οικονομικό τρόπο στερέωσης Φ/Β πάνελ. Η ηλιακή ακτινοβολία, κατά το μεσημέρι, προσπίπτει κάθετα πάνω στην επιφάνεια των συλλεκτών. Οι βάσεις αυτές κατασκευάζονται έτσι ώστε να τοποθετούνται τα πάνελ σε σταθερή κλίση, γύρω στις 30 μοίρες. Η κλίση 30 έως 35 μοίρες θεωρούνται ικανοποιητική μέση τιμή όσον αφορά τα Ελληνικά δεδομένα. Παρουσιάζει διακυμάνσεις κατά την περίοδο του καλοκαιριού και του χειμώνα. Ανάλογα με την κλίση του εδάφους ορίζεται και η απόκλιση εντός των ορίων από 25 έως 40 μοίρες έτσι ώστε η ετήσια εκτιμώμενη απόδοση να είναι η μέγιστη δυνατή.

Οι βάσεις στερεώνονται στο έδαφος είτε απευθείας με εδαφόμεπηξη είτε με σκυροδέτηση. Είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο ή από χάλυβα, οποίος είναι ανοξείδωτος και γαλβανισμένος εν θερμώ.

B) Σε **βάσεις με διάταξη παρακολούθησης της ηλιακής πορείας**, που αναφέρονται ως συστήματα ιχνηλάτησης της ηλιακής πορείας, ή «trackers»

Τα συστήματα ιχνηλάτησης, ή «tracker» θεωρούνται πολύπλοκα σε σχέση με συστήματα σταθερών βάσεων. Προσφέρουν αυξημένες αποδόσεις, γύρω στο 30% ή ειδικότερα

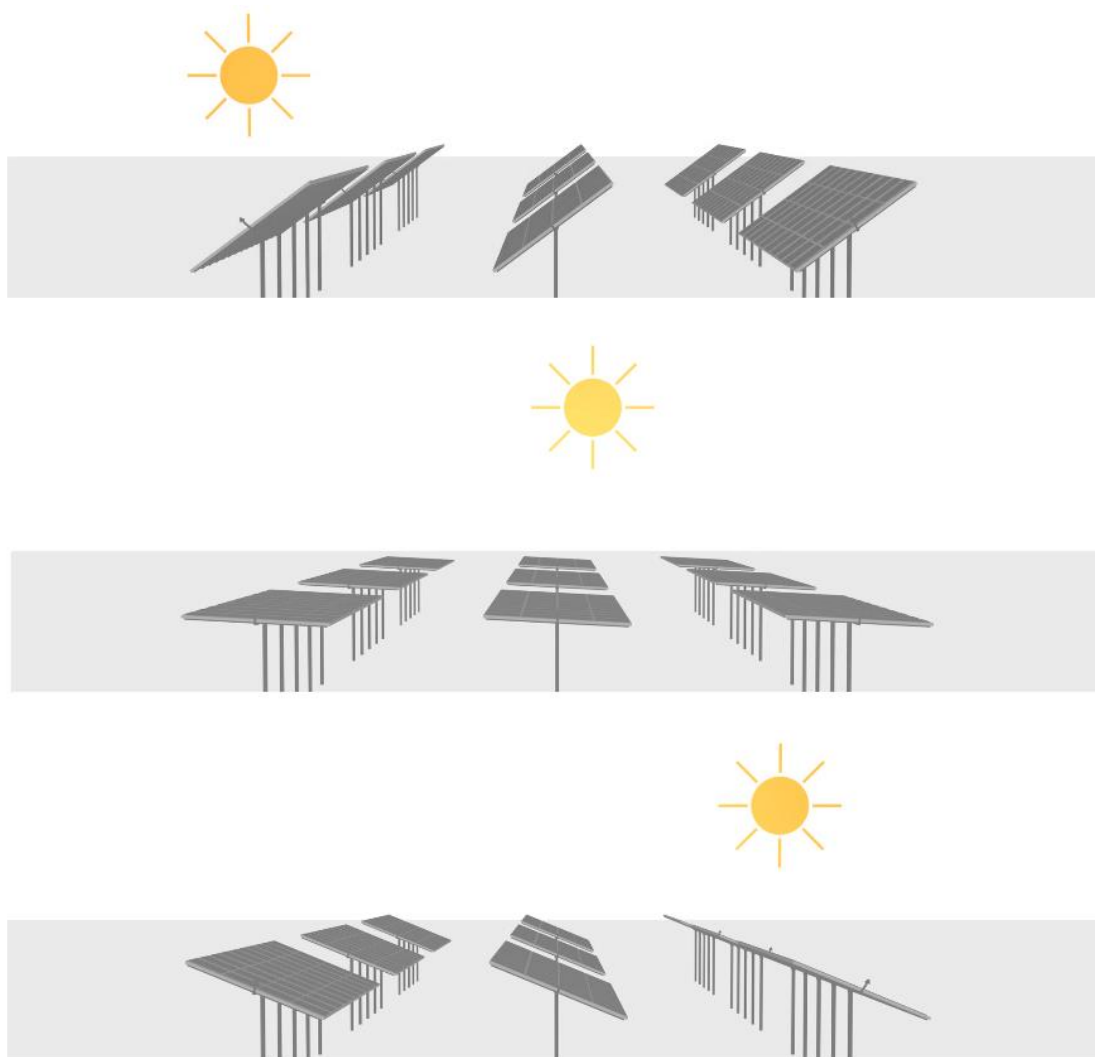
ανάλογα με το είδος του συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί δύναται να έχουμε απόδοση έως και 30 ή 35% επιπλέον. [10]

Έχουμε αναφέρει παραπάνω για τα συστήματα μονού και διπλού άξονα.

Επιπρόσθετα λόγω της ανίχνευσης του ηλίου θα δούμε περιληπτικά και σχηματικά πως γίνεται η παρακολούθηση του ηλίου. Οι trackers, βρίσκονται σε οριζόντια θέση, αυτή είναι και η θέση ηρεμίας μέχρι την αυγή του ηλίου.

Διακρίνονται σε:

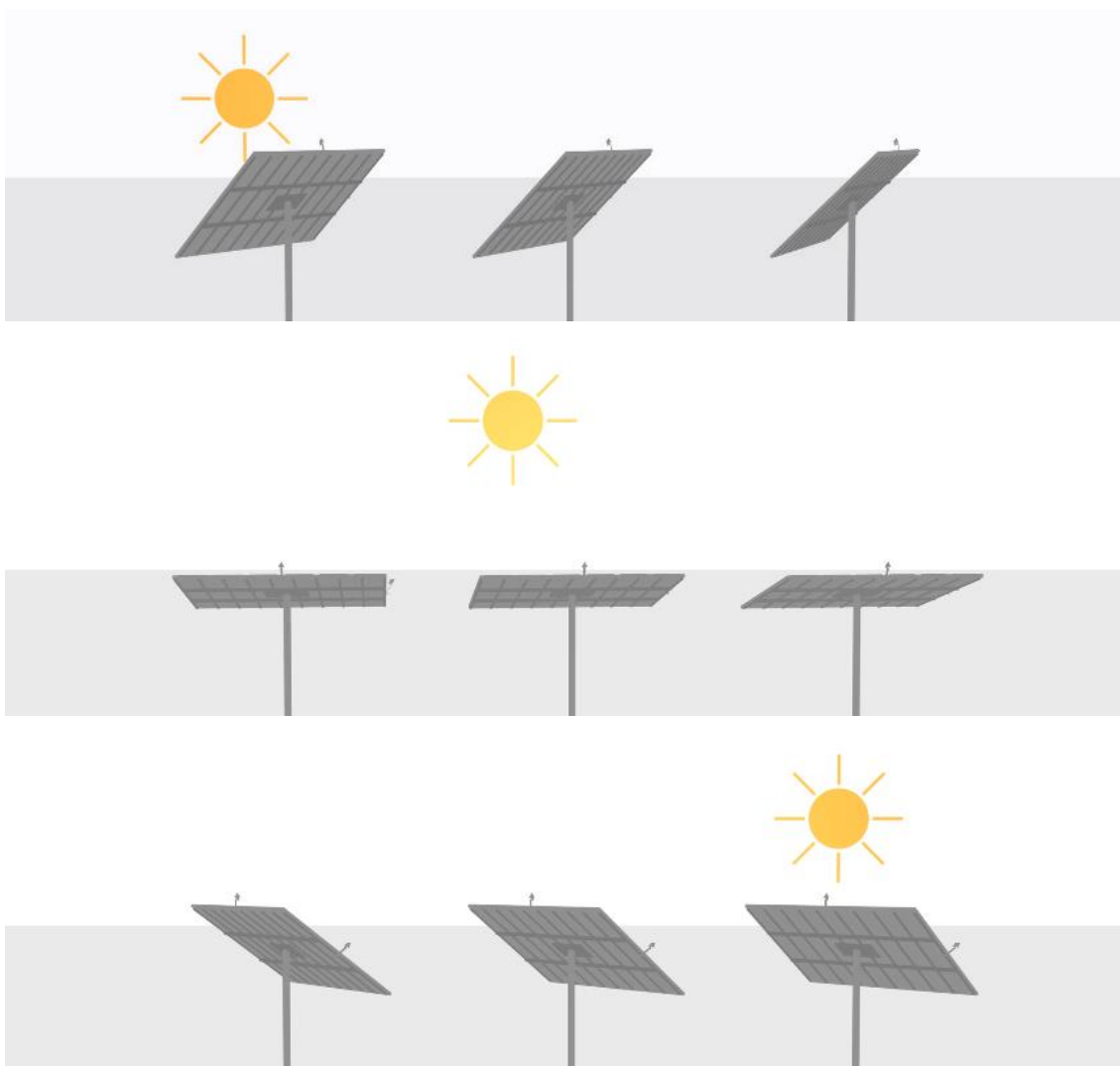
1. Στα **συστήματα μονού άξονα** (single axis systems): συστήματα με κίνηση των πάνελ σε έναν άξονα, Ανατολή-Δύση, κατά τη διάρκεια μίας ημέρας. Επιτυγχάνουν την αύξηση στην παραγωγή, έως 20% με 25% ως προς τα συστήματα με σταθερές βάσεις.



Εικόνα 2.8α: Παρακολούθηση ηλίου με μονό άξονα (αζιμούθιο). (πηγή: degerenergie.de)

2. Στα **συστήματα διπλού άξονα** (dual axis systems): συστήματα με έλεγχο ρύθμισης των κλίσεων των πάνελ. Επιτυγχάνουν αύξηση της απόδοσης κατά 25 με 40% ως προς τα συστήματα με σταθερές βάσεις.

Η κίνηση γίνεται με ηλεκτρομηχανολογικά ή και με υδραυλικά μέσα. Συνεπώς, οι trackers απαιτούν ιδιοκαταναλώσεις και συγκεκριμένα μικρής κατανάλωσης καθώς η κίνηση γίνεται περιοδικά, συγκεκριμένα μία κίνηση ανά 10 με 20 λεπτά.



Εικόνα 2.8β: Παρακολούθηση ηλίου με διπλό άξονα. (πηγή: degerenergie.de)

Η **ανίχνευση της πορείας του ήλιου** στα συστήματα trackers γίνεται με:

- ηλιακοί αισθητήρες, έτσι ώστε να αντιλαμβάνονται την τρέχουσα θέση του ήλιου.
- μέσω προγράμματος/λογισμικού/αλγορίθμου με PLC, με βάση τα αστρονομικά

δεδομένα, μέσω των οποίων υπολογίζονται η τρέχουσα θέση και η μετέπειτα πορεία του ήλιου για την κάθε ημέρα του έτους, λαμβάνοντας υπόψη τα γεωγραφικά στοιχεία της κάθε περιοχής. [15]

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε, ενδεικτικά, το σύστημα παρακολούθησης του ηλίου σε έναν ιχνηλάτη (tracker) δύο αξόνων, που περιλαμβάνει το κεντρικό plc και τους αισθητήρες γωνιών. [12]



Εικόνα 2.8γ: Παρακολούθηση ηλίου “Tracker dual axis” με το σύστημα της degerhellas. [12]

2.3 Στερέωση – Απώλειες –Σκίαση Φ/Β

2.3.1 Στερέωση Φ/Β πλαισίων

Η στερέωση των πλαισίων γίνεται σε βάσεις στήριξης, οι οποίες είναι σταθερές βάσεις και κινητές βάσεις (ηλιοστάτες ή trackers). [10]

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στηρίζονται σε βάσεις κατασκευασμένες από αλουμίνιο ή χάλυβα. Ανάλογα με τον τύπο πλαισίων υπάρχουν τυποποιημένα μεγέθη βάσεων. Τα συστήματα στήριξης πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές. Η τοποθέτησή τους γίνεται με εδαφόμπτυξη (πασσαλόμπτυξη) ή με βάσεις από σκυρόδεμα ή με βιδωτές ειδικές

βάσεις. Για χρήση σε κτίρια υπάρχουν τυποποιημένα μεγέθη βάσεων για κάθε πιθανή χρήση.

Οι ηλιοστάτες (trackers) είναι μονοαξονικοί και διαξονικοί, στηρίζονται και αυτοί στο έδαφος, παρακολουθούν την ηλιακή πορεία εκμεταλλευόμενοι έτσι μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας. Με τον τρόπο αυτό έχουμε αυξημένη απόδοση, έως και 40% και παράλληλα απαιτείται αυξημένο κόστος επένδυσης και λειτουργίας. Για την αποφυγή σκίασης απαιτούν, συνήθως, 1,5 με 3 φορές μεγαλύτερη έκταση από αυτή για τις σταθερές βάσεις. [10]

Στη βάση στήριξης συνηθίζεται να τοποθετείται ο εξοπλισμός με τον αντιστροφέα (inverter). Σε διαφορετική περίπτωση γίνεται αναχώρηση των καλωδίων προς ένα γενικό - κεντρικό σημείο όπου εκεί συγκεντρώνεται ο εξοπλισμός και βρίσκονται και οι αντιστροφείς. [15]

Η στερώση ενός συστήματος με “tracker”, κυρίως λόγω του ύψος που έχουν αλλά και για την αποφυγή σκιάσεων, αυξάνει και τις απαιτήσεις χώρου. Το μέγεθος των ιχνηλατών τους καθιστά ευάλωτους σε πιέσεις ανέμων. Οπότε, στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται ανεμόμετρο για την μέτρηση της ταχύτητα του ανέμου και εάν αυτή υπερβεί ένα καθορισμένο όριο για ορισμένο χρονικό διάστημα τότε το σύστημα κίνησης παίρνει εντολή και τίθεται εκτός λειτουργίας με την επιφάνεια των πάνελ να βρίσκεται παράλληλα με το έδαφος. Αυτό αποτελεί μία διαδικασία που λέγεται «**οριζοντίωση**» και γίνεται για λόγους προστασίας. Οπότε θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλα τα δεδομένα και ιδιαίτερα στην περίπτωση “trackers” να μελετήσει τα ανεμολογικά δεδομένα για την προτεινόμενη περιοχή εγκατάστασης πριν προχωρήσει στην επιλογή του συγκεκριμένου τύπου συστήματος.

2.3.2 Απώλειες Φ/Β πλαισίων

Παρακολουθώντας ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, χαρακτηρισμένο ως γενικό ή ως αναφοράς, το οποίο αποτελείται από μια ανεξάρτητη φωτοβολταϊκή συστοιχία, μετατροπέα και καλώδια, η προτεινόμενη λίστα απωλειών φωτοβολταϊκών συστημάτων θα είναι η ακόλουθη: [7]

- Χώμα ή και Σκόνη (Soiling - Dust)
- Σκίαση λόγω εμποδίων (Shading)
- Αναντιστοιχία των Φ/Β συστοιχιών (Mismatch)
- Δίοδοι και συνδέσεις (Connectors)

- Μεταβολή θερμοκρασίας μετατροπέα (Υποβιβασμός/μείωση – Inverter derating)
- Καλωδίωση AC ή DC (Cabling AC-DC)

Θεωρούμε ότι δεν υπάρχουν απώλειες λόγω διαθεσιμότητας δικτύου ή μεγάλων χρόνων επισκευής. Προτείνουμε τις τιμές που εμφανίζονται στον παρακάτω Πίνακα.

Υποθέτουμε ότι τα Φ/Β συστήματα, απλής περίπτωσης, που ταξινομούνται σαν «προεπιλεγμένη εγκατάσταση» θα υπόκεινται στις τυπικές τιμές, ενώ αντίθετα ένα «βελτιστοποιημένο σύστημα παρακολούθησης και συντήρησης» προσομοιώνεται λαμβάνοντας υπόψη τις χαμηλότερες τιμές των διαφορετικών απωλειών. Για Φ/Β συστήματα με «βελτιστοποιημένη σχεδίαση και πρόβλεψη απόδοσης» η αξία των απωλειών θα είναι ο μέσος όρος της τυπικής και χαμηλότερης τιμής.

Πίνακας 2.1: Απώλειες Φ/Β συστήματος: τυπική τιμή και εύρος με ελάχιστες - μέγιστες τιμές. [7]

Απώλειες	Εύρος (%)	Τυπικό (%)	Ελάχιστο (%)	Μέσος όρος Τυπ.-Ελάχ. (%)
Χώμα/σκόνη	2-25	5	2	3,5
Σκίαση	0-10	5	0	2,5
Αναντιστοιχία	1,5-3	2	1,5	1,75
Σύνδεσμοι	0,3-1	0,5	0,3	0,4
Υποβιβασμός inverter	0,1-1,8	1	0,1	0,55
Καλωδίωση (DC)	1-3	2	1	1,5
Καλωδίωση (AC)	0,7-2	1	0,7	0,85

2.3.3 Σκίαση Φ/Β πλαισίων

Σημαντικό στοιχείο στην ανίχνευση της πορείας του ήλιου είναι η σκίαση στα φωτοβολταϊκά πάνελ.

Θα πρέπει να επιδιώκουμε η εγκατάσταση να βρίσκεται σε χώρο τέτοιο ώστε να μην παρουσιάζονται εμπόδια ανάμεσα στην ηλιακή ακτινοβολία και την επιφάνεια των πάνελ.

Σε κάθε σύστημα, σταθερά ή trackers, να γίνεται μελέτη έτσι ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα σκίασης για να έχουμε την βέλτιστη απόδοση. [15]

Η **χωροθέτηση** (κατανομή στο χώρο) που γίνεται στα Φ/Β πλαίσια με σταθερή κλίση είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί θα πρέπει να εξασφαλίζεται η μη σκίαση των συστοιχιών μεταξύ τους. Για να το εξασφαλίσουμε αυτό πρέπει να υπολογίσουμε την ελάχιστη απόσταση των συστοιχιών μεταξύ τους. Θα πρέπει να υπολογιστούν οι επιφάνειες που δεν σκιάζονται από οποιαδήποτε άλλα εμπόδια και μετά μπορούν να υπολογιστούν οι αποστάσεις των συστοιχιών. Η ελάχιστη απόσταση δύναται να αποτελεί την απόσταση εγκατάστασης για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση. [16]

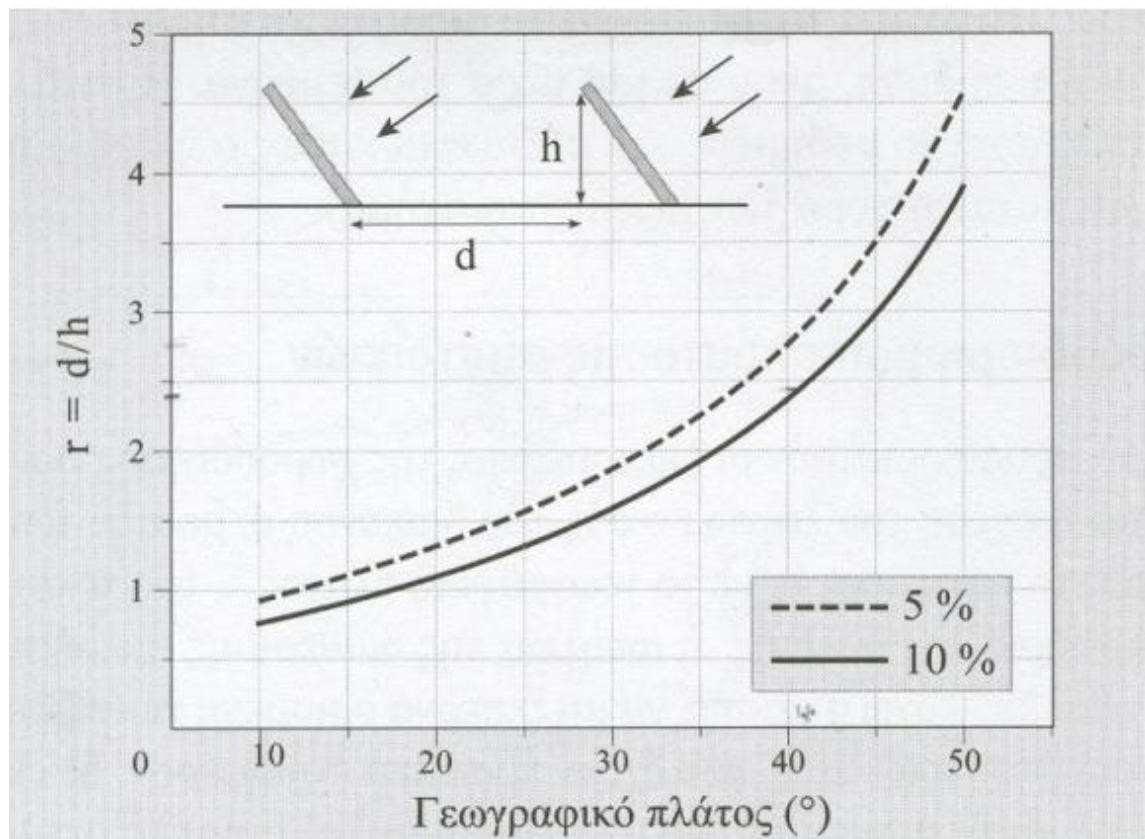
Επίσης, θα πρέπει να συνυπολογίζεται και μία ελάχιστη απόσταση σε σχέση με τα όρια της εγκατάστασης, η οποία επιβάλλεται για λόγους ασφαλείας. Η συνηθισμένη τιμή είναι 1,50 μέτρα.

Συμπερασματικά, προκύπτει ότι η ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών είναι αυτή που καθορίζει τον μέγιστο αριθμό των Φ/Β πλαισίων που μπορούν να εγκατασταθούν καθώς και την συνολική επιφάνεια που μπορούν να καλύψουν.

Η **ελάχιστη απόσταση «s»** υπολογίζεται από τον λόγο του διακένου «d» μεταξύ δύο πλησιέστερων συστοιχιών προς το ύψος «h» αυτών. Ο λόγος (κλάσμα) που προκύπτει με βάση την γραφική παράσταση, σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος που βρισκόμαστε και δείχνει την κλίση για την μέγιστη απόδοση την περίοδο του χειμώνα, η οποία είναι: « $\beta = \lambda + 15^\circ$ ». [16]

Το παρακάτω σχήμα μας δίνει την γραφική παράσταση, η οποία δίνει δύο τιμές για το επιθυμητό μέγιστο ποσοστό που επιθυμούμε. Το ποσοστό των απωλειών είναι, είτε 5 % είτε 10 %, για την ανωτέρω κλίση. Η ελάχιστη απόσταση «s» δίνεται από την παρακάτω σχέση:

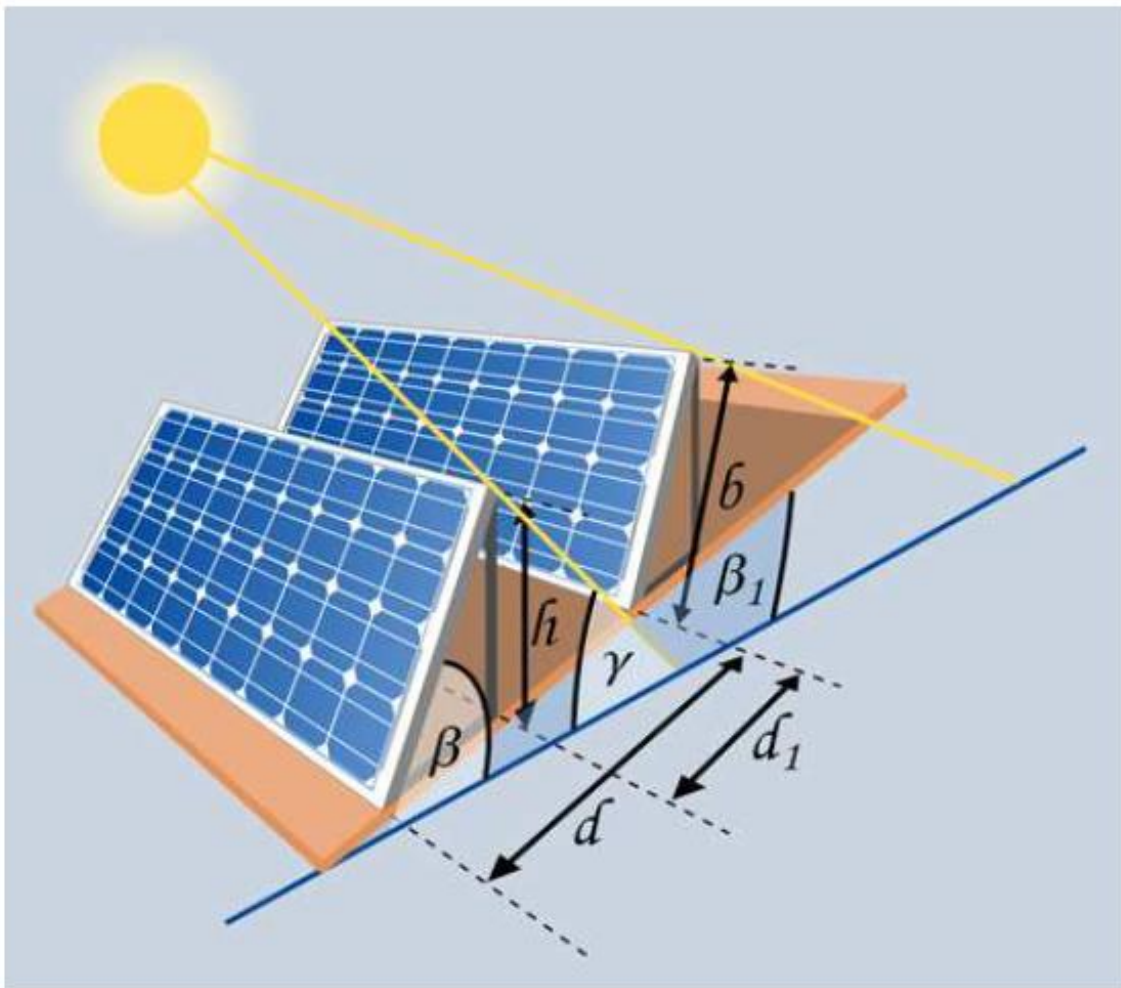
$$s = r \cdot h + b \cdot \sigma\upsilon\nu\beta$$



Σχήμα 2.1: Γραφική παράσταση λόγου «r» και γεωγραφικό πλάτος [16]

Επίσης, να αναφέρουμε ότι, με βάση πρακτικό κανόνα, για την αποφυγή σκίασης μεταξύ των σειρών φωτοβολταϊκών πάνελ, θα πρέπει η απόσταση μεταξύ κοντινών διαδοχικών σειρών να είναι, κατ' ελάχιστο, διπλάσια του μέγιστου ύψους εγκατάστασης.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τα χαρακτηριστικά και τις παραμέτρους που πρέπει να λάβουμε υπόψη έτσι ώστε να επιτυγχάνουμε την ελάχιστη απόσταση μεταξύ των συστοιχιών για την αποφυγή των σκιάσεων.



$d_1 > 2h$: ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων

Εικόνα 2.9: Αποφυγή σκίασης - Ελάχιστες αποστάσεις Φ/Β συστοιχιών [10]

2.4 Συντήρηση – βλάβες Φ/Β

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα γίνεται ετήσια συντήρηση για τον έλεγχο και την καλή λειτουργία των συστημάτων. [17]

Μια **συντήρηση** φωτοβολταϊκών συστημάτων περιλαμβάνει:

- Τον «**Ηλεκτρολογικό Έλεγχο**»

Γίνεται έλεγχος των Φωτοβολταϊκών πλαισίων, των Στοιχειοσειρών, των Αντιστροφών (inverter), των Γειώσεων και καλωδιώσεων, του Υποσταθμού Μ.Τ. , των Ηλεκτρικών Πινάκων και της Αντικεραυνικής Προστασίας.

Συνήθως προτείνεται να γίνεται μία (1) ή δύο (2) φορές το χρόνο.

- Τον «**Μηχανολογικό Έλεγχο**»
Γίνεται έλεγχος βάσεων για τις τυχόν φθορές και οξείδωση. Έλεγχος των σημείων σύνδεσης της βάσης με τις γειώσεις. Έλεγχος της σύσφιξης της βάσης (χρήση δυναμόκλειδου). Έλεγχος της στερέωσης των Φ/Β πλαισίων.
Συνήθως προτείνεται να γίνεται μία (1) ή δύο (2) φορές το χρόνο.
- Την «**Θερμογράφιση**»
Γίνεται έλεγχος των φωτοβολταϊκών πλαισίων με σκοπό την εύρεση σημείου «HOT SPOT» ή και καμένης διόδου. Έλεγχος των Inverter, των Πινάκων και των καλωδίων, των Μετασχηματιστών καθώς και στις Συνδέσεις και τις Συνδεσμολογίες της εγκατάστασης.
Συνήθως προτείνεται να γίνεται μία (1) ή δύο (2) φορές το χρόνο.
- Τον καθημερινό «**έλεγχο της απόδοσης**» μέσω της τηλεμετρίας
Περιλαμβάνει την 24ωρη επιτήρηση της εγκατάστασης και κατά συνέπεια της καλής λειτουργίας μέσω συστήματος τηλεμετρίας ή παρόμοιο. Γίνεται έτσι έλεγχος και άμεση διάγνωση των σφαλμάτων. Η υπηρεσίες συντήρησης προσφέρουν και Γραμμή Υποστήριξης όσον αφορά τις βλάβες.
- Το «**Πλύσιμο των Φ/Β πάνελ**»
Γίνεται πλύσιμο (καθαρισμός) των φ/Β πάνελ με τη χρήση απιονισμένου νερού έτσι ώστε να διατηρείται η καλή λειτουργία και η καλή απόδοση.
Συνήθως προτείνεται να γίνεται μία (1) φορά το χρόνο.
- Την «**Χλοοκοψία**»
Ανάλογα με την περίπτωση του χώρου και την ύπαρξη (ανάπτυξη) πρασίνου, χόρτων κ.α. απαιτείται να γίνει χλοοκοψία.
Συνήθως προτείνεται να γίνεται μία (1) ή δύο (2) φορές το χρόνο.

Οι βλάβες των εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων δύναται να συμβούν σε άτακτα χρονικά διαστήματα για πολλούς και διαφόρους λόγους. Σε αυτό δύναται να συμβάλει η απουσία συντήρησης και η μη σωστή (ελλιπείς) συντήρηση των εγκαταστάσεων. [17]

Για να έχουμε τη μέγιστη δυνατή απόδοση, πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι το φωτοβολταϊκό θα παράγει έως και 100% της ενέργειας, χωρίς να προκύπτουν βλάβες, ή εάν προκύπτουν να είναι οι ελάχιστες δυνατές, καθώς και άλλες δυσλειτουργίες για την διάρκεια ζωής του. Για να μπορέσει να λειτουργήσει ομαλά και απρόσκοπτα το Φ/Β σύστημα απαιτείται να υφίσταται περιοδικό έλεγχο, να γίνεται σωστή συντήρηση και καλό καθαρισμό.

Οι βλάβες και δυσλειτουργίες δύναται οφείλονται επιπλέον: [17]

α) στον σχεδιασμό του Φ/Β,

β) σε φτηνά υλικά ή και σε ακατάλληλα υλικά (ποιότητα υλικών και μη σωστή επιλογή),

γ) σε προβλήματα στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και την αστάθεια όλων των εμπλεκόμενων συστημάτων,

δ) σε «γερασμένο» υλικό και φυσιολογικής φθοράς υλικών που δεν αντικαθίστανται εγκαίρως και

ε) σε απρόβλεπτες φυσικές καταστροφές και μη αναμενόμενα φυσικά φαινόμενα.

Οι συνήθεις **Βλάβες ενός Φ/Β** είναι: [17]

- **«Θερμή κηλίδα» (Hot Spot)**

Το φαινόμενο της θερμής κηλίδας (Hot Spot) δύναται να εμφανίζεται λόγω αστοχίας υλικού φωτοβολταϊκού στοιχείου ενός πάνελ. Αυτό έχει αποτέλεσμα το Φ/Β στοιχείο να παράγει ρεύμα χαμηλότερο από τα υπόλοιπα στοιχεία.

- **«PID» (Potential-Induced Degradation)**

Το φαινόμενο «Δυνητική Επαγόμενη Υποβάθμιση» (Potential Induced Degradation), μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητη πτώση στην απόδοση. Η πτώση αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα, καθώς σε ορίζοντα μερικών ετών αυξάνεται έως και το 30% σε σχέση με την αρχική τυπική απόδοση.

Αντιμετωπίζεται και προλαμβάνεται, ικανοποιητικά, είτε με γείωση του αρνητικού (-) πόλου του αντιστροφέα σε περίπτωση μετατροπέα με γαλβανική απομόνωση είτε με χρήση PV-offset-box σε περίπτωση μετατροπέα χωρίς μετασχηματιστή (Μ/Σ).

- **Προβληματικά ή ελαττωματικά «κουτιά σύνδεσης» (Junction Box)**

Στα φωτοβολταϊκά πάνελ δύναται να υπάρξουν ελαττωματικές πλακέτες μέσα στα κουτιά σύνδεσης που αποκαλούνται «Junction box». Για το λόγο αυτό δημιουργείται βραχυκύκλωμα και καίγεται η πλακέτα ή σύνδεση, επηρεάζοντας και τα συνδεδεμένα Φ/Β πάνελ.

Επισημαίνεται ότι για την αποκατάσταση των βλαβών τα συνεργεία συντήρησης θα πρέπει να διαθέτουν τον απαιτούμενο εξοπλισμό καθώς και επιπλέον όργανα ελέγχου όπως είναι ένα όργανο ελέγχου φωτοβολταϊκού (PV tester), η θερμοκάμερα και όργανο πιστοποίησης, σύμφωνα με το πρότυπο HD384, των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. [17]

2.4 Επίβλεψη και παρακολούθηση φωτοβολταϊκών

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα θα πρέπει να εξετάσουμε και την δυνατότητα παρακολούθησης του φωτοβολταϊκού μας συστήματος. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων μας προσφέρεται η δυνατότητα της παρακολούθησης της λειτουργίας του Φ/Β συστήματος.

Η δυνατότητα αυτή δίνει τα αναγκαία στοιχεία που δείχνουν την καλή λειτουργία του συστήματος. [18]

Στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, ανάλογα με την περίπτωση, όπως θα δούμε και σε επισυναπτόμενες εικόνες έχουμε την δυνατότητα πρόσβασης σε χρήσιμα στοιχεία και γραφήματα όπως η μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας - παραγόμενης ενέργειας ανά ημέρα, μήνα, έτος και η μέση παραγόμενη ετήσια ισχύς σε kWh.

Η παρακολούθηση του συστήματος μας προσφέρει μεταξύ άλλων:

- Επιτήρηση της εγκατάστασης
- Οπτικοποίηση της απόδοσης, της ισχύος, της αμοιβής και άλλων πληροφοριών
- Απεικόνιση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο

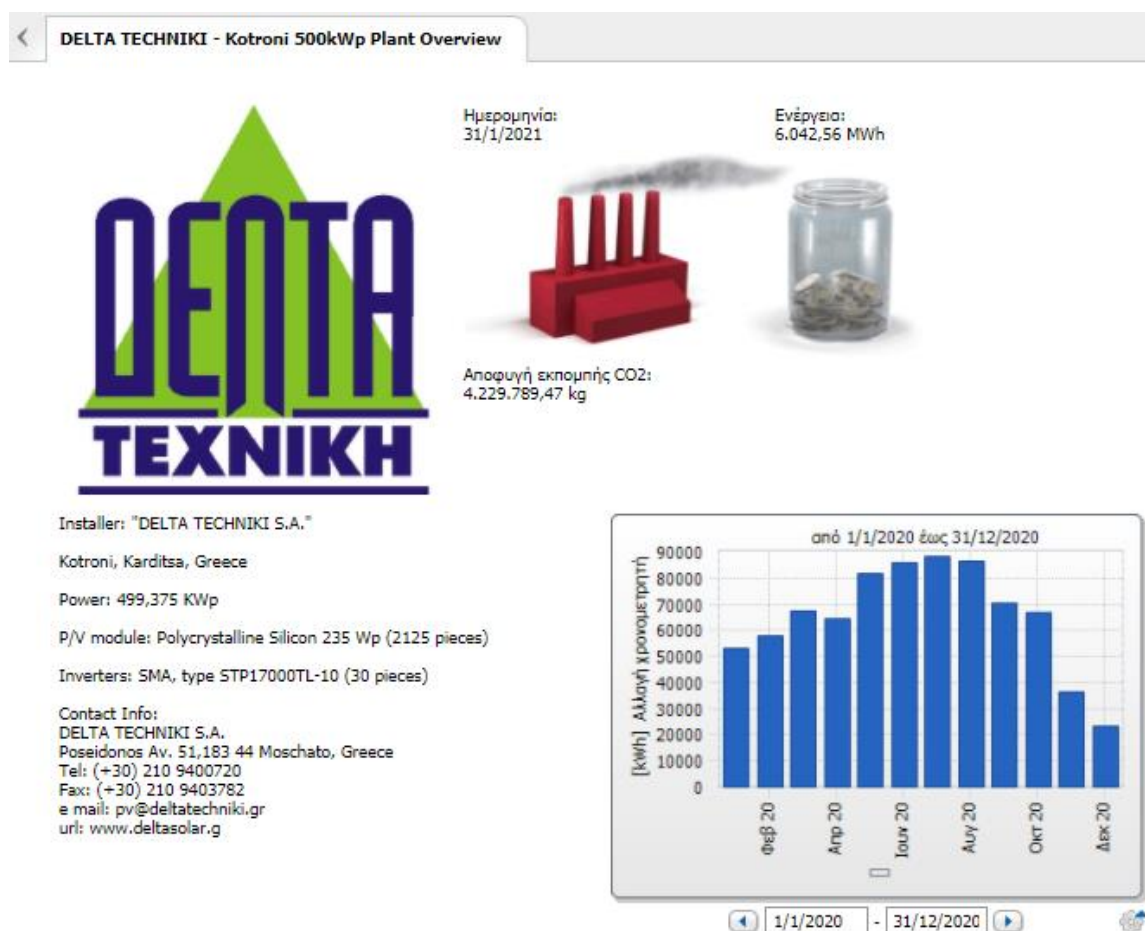
Με την απομακρυσμένη παρακολούθηση ενός Φ/Β συστήματος μπορούμε να έχουμε εικόνα για: [18]

- Τα χαρακτηριστικά του Φ/Β συστήματος.
- Την παραγωγή του Φ/Β συστήματος ανά ημέρα – μήνα – ετήσια αλλά και συνολικά ανά έτος χρήσης
- Ημερήσια και ωριαία παραγωγή KWh
- Συνολικά παραγόμενη ενέργεια και αποφυγή CO₂

Αναλυτικά θα δούμε, μέσω των δημοσίων διαθέσιμων εγκαταστάσεων, την περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 500KWp και ενός 1.000KWp (1MWp). [18]

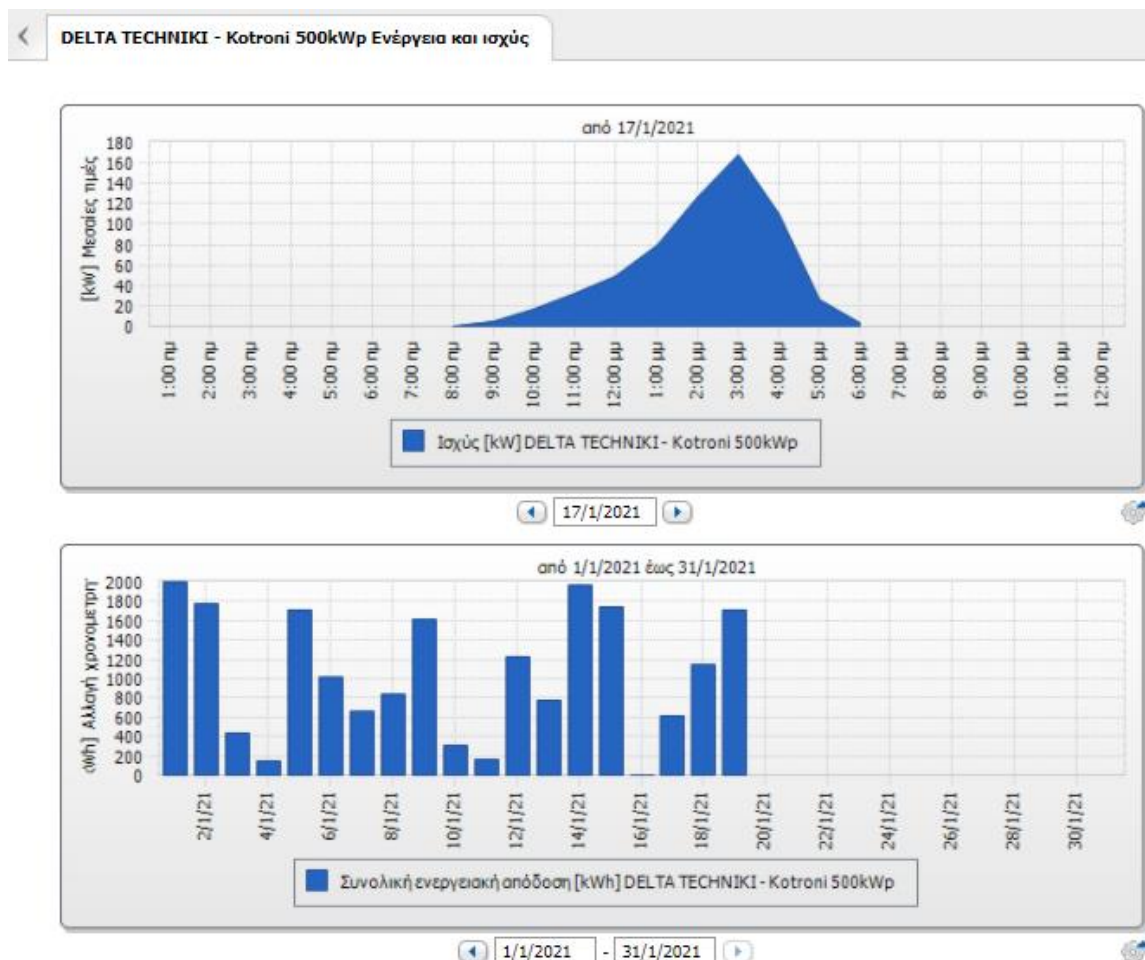
Ενδεικτικά για την περίπτωση “Φ/Β 500kW” εξετάζουμε τα στοιχεία για το πάρκο της «ΔΕΛΤΑ ΤΕΧΝΙΚΗ» στην περιοχή της Καρδίτσας. [18]

Στην καρτέλα «Overview» μας δίνονται η ισχύς (499,375kWp) του πάρκου, τα πλαίσια και οι Inverters, η αποφυγή CO₂ σε Kg, η συνολικά παραγόμενη ενέργεια και η παραγόμενη ενέργεια, ετήσια ανά μήνα, για την τρέχουσα χρονική περίοδο.



Εικόνα 2.10α: Δεδομένα για Φωτοβολταϊκό πάρκο 500KWp (plant overview) [18]

Στην καρτέλα «ενέργεια - ισχύς» βλέπουμε την μηνιαία απόδοση, ανά ημέρα του μήνα καθώς και την τρέχουσα απόδοση της ημέρας (τρέχουσα ημέρα ελέγχου).



Εικόνα 2.10β: Δεδομένα για Φωτοβολταϊκό πάρκο 500KWP (ενέργεια-ισχύς) [18]

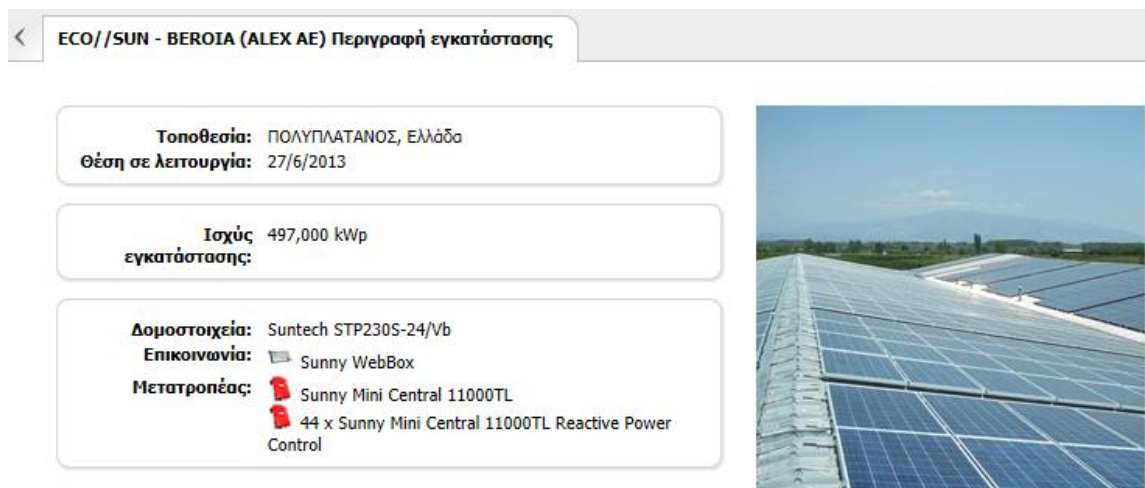
Τέλος, στην καρτέλα «ειδική απόδοση εγκατάστασης» βλέπουμε την ημερήσια και μηνιαία απόδοση για την τρέχουσα περίοδο (τρέχουσα ημέρα και τρέχων μήνα).



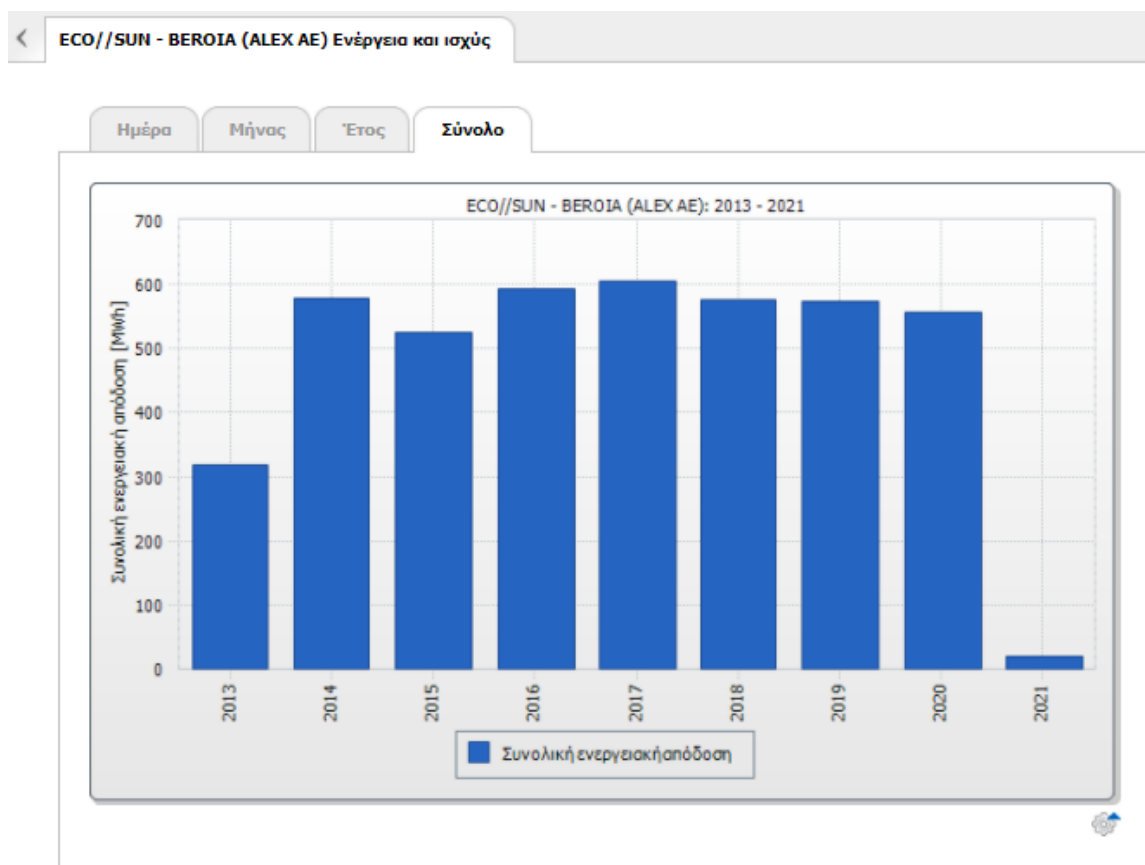
Εικόνα 2.10γ: Δεδομένα για Φωτοβολταϊκό πάρκο 500KWp (ειδική απόδοση εγκατάστασης) [18]

Επίσης, για την περίπτωση “Φ/Β 500kW”, εξετάζοντας το Φ/Β “ECO//SUN- BEROIA (ALEX AE)” ισχύος 497kWp, στον Πολυπλάτανο, στην καρτέλα «περιγραφή εγκατάστασης» βλέπουμε τα πλήρη στοιχεία (ισχύς, δομοστοιχεία, μετατροπέας, ημερομηνία έναρξης λειτουργίας κ.α).

Στην περίπτωση αυτή, έχουμε δύο καρτέλες «ενέργεια-ισχύς», η δεύτερη καρτέλα δείχνει τις αποδόσεις ημέρας και μήνα και στην πρώτη υπάρχουν τέσσερις (4) υπο-καρτέλες που μας δείχνουν την απόδοση ανά περίπτωση “ημέρα”- “μήνας”- “έτος” και “σύνολο”. Έτσι βλέπουμε, αντίστοιχα, την απόδοση για τις ώρες της ημέρας, για τις ημέρες του μήνα, για τους μήνες του τρέχων έτους και ανά έτος για τα συνολικά έτη λειτουργίας του Φ/Β.



Εικόνα 2.11α: Δεδομένα για Φωτοβολταϊκό πάρκο 500KWp (περιγραφή εγκ/σης) [18]



Εικόνα 2.11β: Δεδομένα για Φωτοβολταϊκό πάρκο 500KWp (ενέργεια-ισχύς) [18]

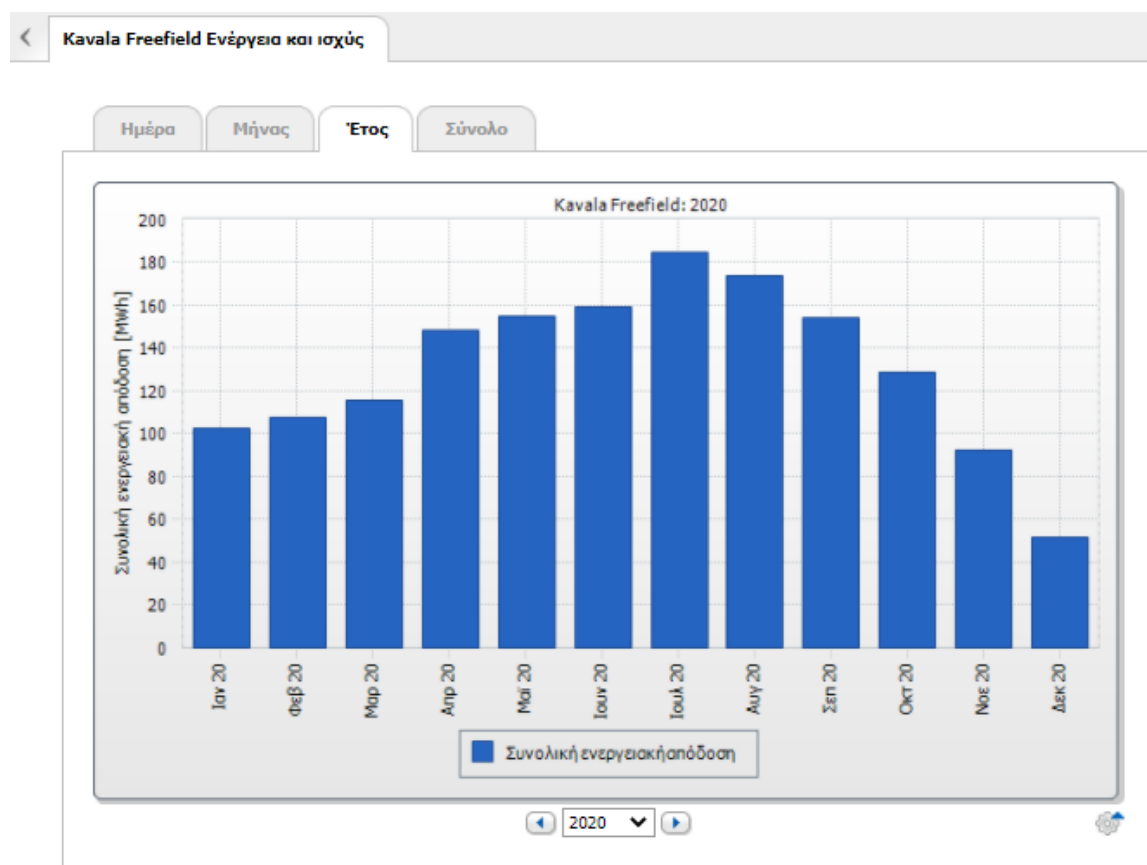
Ενδεικτικά για την περίπτωση “Φ/Β 1.00kWp” (“1MWp”) εξετάζουμε τα στοιχεία για το Φ/Β της «Kavala Freefield» στην περιοχή της Καβάλας. Συγκεκριμένα είναι ονομαστικής ισχύος 997,12KWp και είναι εγκατεστημένο το 2017.

Στις παρακάτω εικόνες μπορούμε να δούμε: [18]

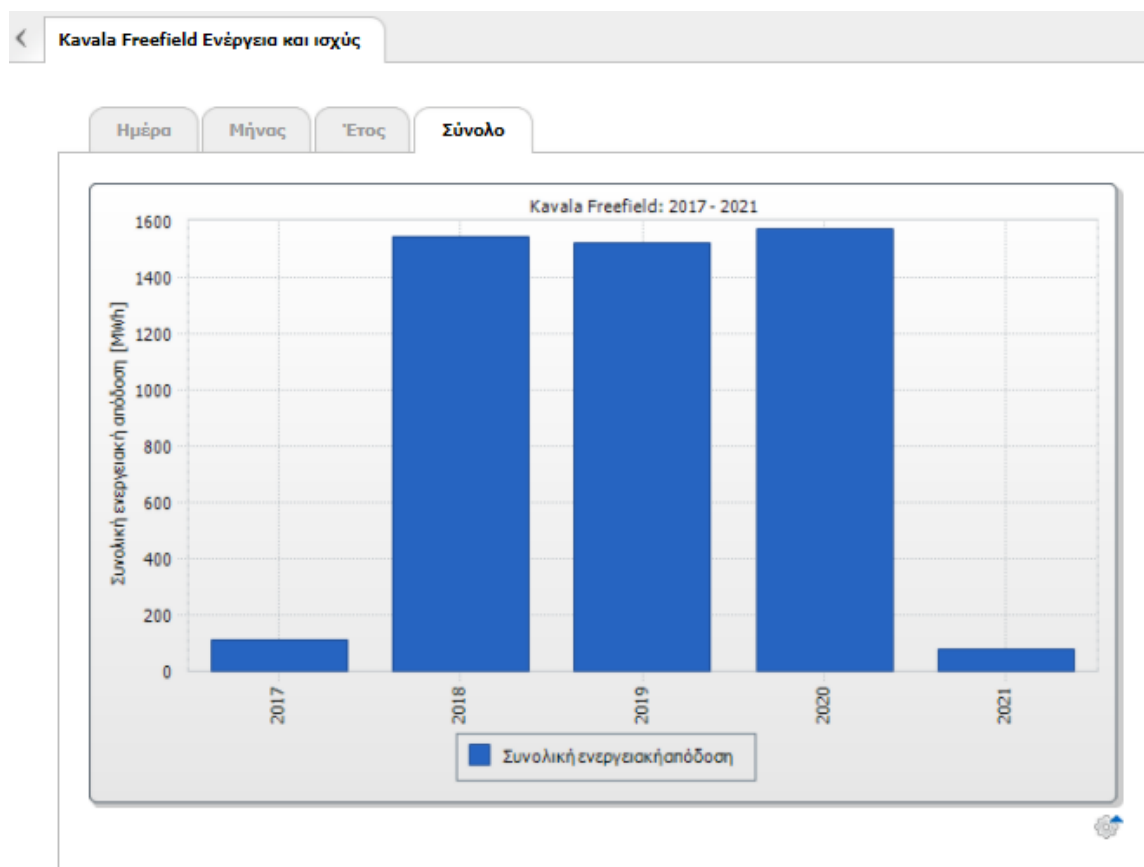
- Τα χαρακτηριστικά του Φ/Β συστήματος.
- Την παραγωγή του Φ/Β συστήματος ανά ημέρα – μήνα – ετήσια αλλά και συνολικά ανά έτος χρήσης
- Ημερήσια και ωριαία παραγωγή KWh

Όνομα εγκατάστασης	Χώρα	Τ.Κ.	Πόλη	Ισχύς (kWp)
CLIMASYSTEM ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΔΗΣ ΜΕΠΕ	Ελλάδα	60100	ΚΑΤΑΧΑΣ ΠΙΕΡΙΑΣ	999,60
Kavala Freefield	Ελλάδα	65404	ΚΑΒΑΛΑ	997,12
Korny	Ελλάδα	19018	ΜΑΓΟΥΛΑ	999,25

Εικόνα 2.12α: Δεδομένα για Φωτοβολταϊκό πάρκο 1000KWp (kavala freefield) [18]



Εικόνα 2.12β: Δεδομένα για Φωτοβολταϊκό πάρκο 1000KWp (ετήσια απόδοση) [18]



Εικόνα 2.12γ: Δεδομένα για Φωτοβολταϊκό πάρκο 1000KWp (συνολική απόδοση) [18]

2.5 Ανίχνευση κατάστασης απομονωμένης λειτουργίας

Σημαντικός παράγοντας για την λειτουργία ενός Φ/Β συστήματος είναι η «**ανίχνευση καταστάσεων απομονωμένης λειτουργίας**» ή όπως αλλιώς λέγεται «**φαινόμενο νησίδας**». Με αυτό ορίζουμε μια μη επιθυμητή κατάσταση στην οποία τμήμα του ηλεκτρικού δικτύου της εγκατάστασης, το οποίο περιλαμβάνει ηλεκτρικά φορτία καθώς και μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής, συνεχίζει να παραμένει ηλεκτροδοτημένο, λόγω της λειτουργίας των μονάδων παραγωγής, παρόλο που το υπόλοιπο δίκτυο είναι μη ενεργό.

Οι αιτίες της εμφάνισης του φαινομένου αυτού, είναι: [19]

- α) η αποσύνδεση τμήματος του δικτύου από τα μέσα προστασίας του εξαιτίας της εμφάνισης σφάλματος,
- β) η προγραμματισμένη διακοπή του ηλεκτρικού δικτύου λόγω προγραμματισμένης συντήρησης ή επισκευής βλαβών,
- γ) η διακοπή ηλεκτροδότησης λόγω μη προβλεπόμενων αιτιών/ανωμαλιών (εξωγενής περιβαλλοντικά αίτια),

δ) η πιθανή αστοχία υλικών-εξοπλισμού ενός τμήματος του Σ.Η.Ε. και από ανθρώπινο λάθος.

Η ανίχνευση λοιπόν, του «φαινομένου νησίδας», συμπεριλαμβάνεται στις προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιούνται έτσι ώστε να επιτραπεί η σύνδεση ενός Φ/Β στο Ελληνικό Σ.Η.Ε. Οι λόγοι για τους οποίους επιβάλλεται η ανίχνευση αυτών των μη επιθυμητών καταστάσεων αφορούν στη διασφάλιση της υψηλής ποιότητας της ενέργειας που διανέμεται στους καταναλωτές και η ασφάλεια των ανθρώπων και των εγκαταστάσεων. [19]

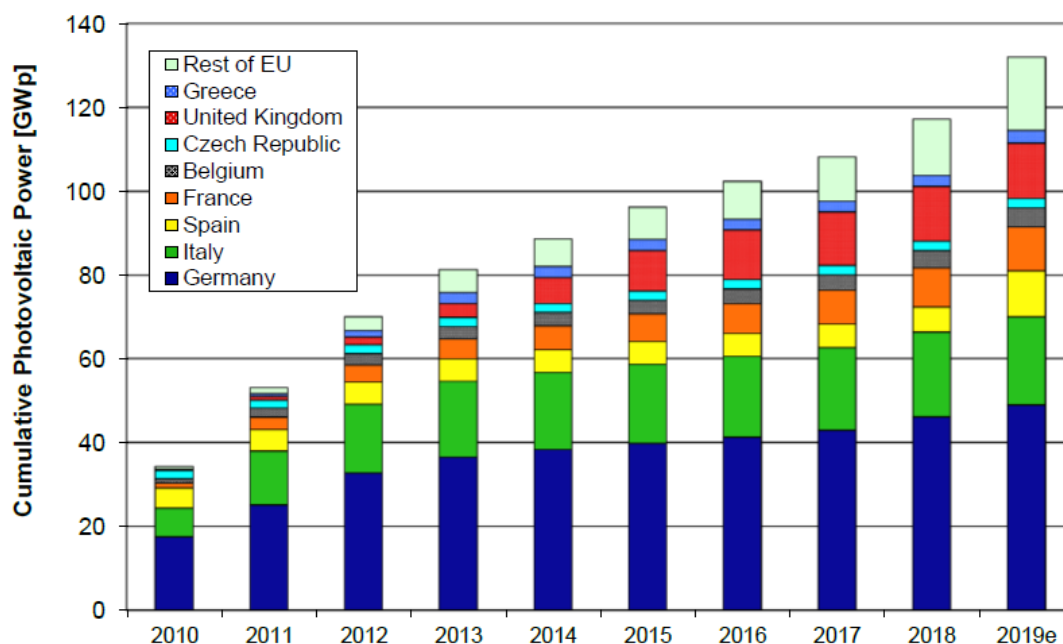
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΞΕΛΙΞΗ – ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ Φ/Β

Για την μελέτη και εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού, λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράμετροι και η νομοθεσία είναι ίσως η πιο σημαντική. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στην νομοθεσία και την αδειοδότηση των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών, παρακολουθούμε την εξέλιξη της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και τις επιλογές αξιοποίησης αυτών.

3.1 Εξέλιξη φωτοβολταϊκών

Από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσιεύονται αναφορές (pv report) όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Στην τελευταία αναφορά μπορούμε να δούμε την εξέλιξη των φωτοβολταϊκών από το 2010 και μετά. Στον πίνακα 3.1 βλέπουμε την ισχύ (χωρητικότητα) των διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων στην Ευρώπη ενώ στον πίνακα 3.1 βλέπουμε την ετήσια εγκατεστημένη ισχύ των διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων στην Ευρώπη.

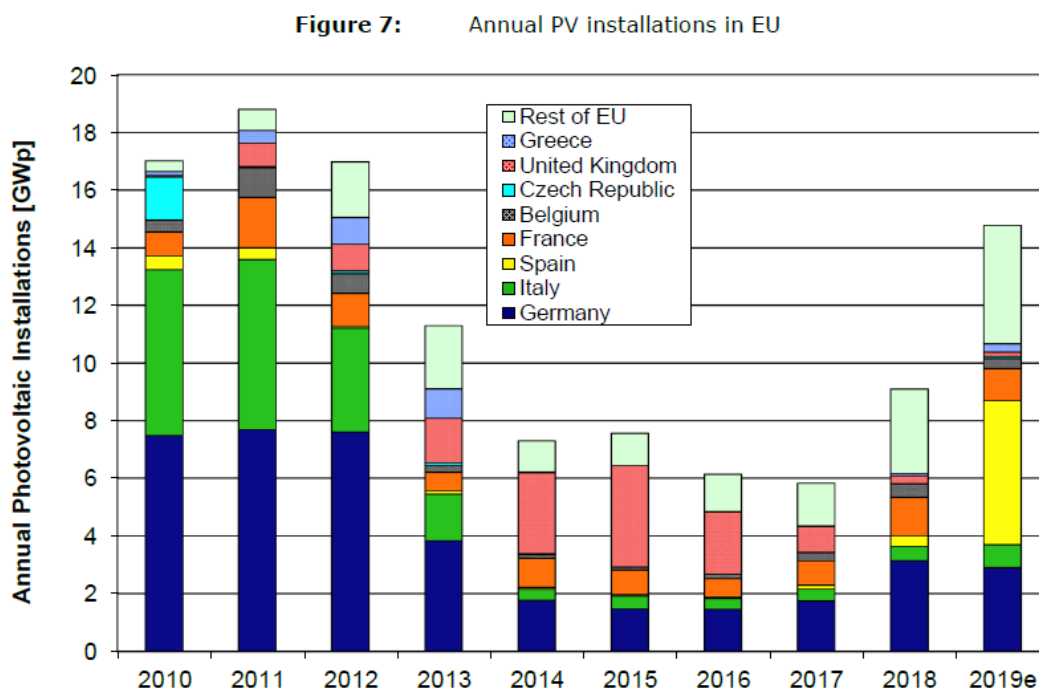
Πίνακας 3.1: Ισχύς διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων στην Ευρώπη [20]



Το 2009 και το 2010 υπήρξαν οι αναγκαίες νομοθετικές ρυθμίσεις και προϋποθέσεις έτσι ώστε να γίνει εκμετάλλευση και ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα. Για το λόγο αυτό, όπως βλέπουμε στον πίνακα 3.2, είχαμε την περίοδο 2011-2013 την μεγαλύτερη

εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών. Τα επόμενα παρατηρείται μία στασιμότητα. Το 2019 έχουμε πάλι σημαντική αύξηση των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών. [20]

Πίνακας 3.2: Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β συστημάτων στην Ευρώπη [20]



Για την εξέλιξη των φωτοβολταϊκών θα δούμε κάποια επιπλέον στοιχεία. Ειδικότερα θα αναφέρουμε στοιχεία για την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών, τους μετατροπείς και την τεχνολογία των Φ/Β πλαισίων (που περιλαμβάνουν τα Φ/Β στοιχεία).

Παγκοσμίως, η αγορά των φωτοβολταϊκών ήταν, με βάση στοιχεία Σεπτεμβρίου 2020, μια ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά. Ο σύνθετος - ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης (CAGR) των αθροιστικών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, συμπεριλαμβανομένων και των εκτός δικτύου Φ/Β, ήταν 35%, συγκριτικά, μεταξύ των ετών 2010 και 2019. [21]

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών αντιπροσώπευε το 95% περίπου της συνολικής παραγωγής το έτος 2019. Το μερίδιο της μονοκρυσταλλικής τεχνολογίας κυμαίνεται γύρω στο 66% της συνολικής παραγωγής, συγκριτικά με το 45% του έτους 2018.

Οι μπαταρίες καθώς και άλλες λύσεις αποθήκευσης ενέργειας αποκτούν ολοένα μεγαλύτερη σημασία, συμβάλλοντας για παράδειγμα στο να επιτυγχάνονται υψηλότερα ποσοστά στην αυτοκατανάλωση ενέργειας. [21]

Το μερίδιο αγοράς των μετατροπέων (inverter/converter) συμβολοσειράς εκτιμάται σε 52% (στοιχεία Σεπτεμβρίου 2020). Αυτοί οι μετατροπείς χρησιμοποιούνται κυρίως σε οικιακές,

μικρές και μεσαίες εμπορικές εφαρμογές σε φωτοβολταϊκά συστήματα έως 150 kWp. Το μερίδιο αγοράς των κεντρικών μετατροπέων, με εφαρμογές κυρίως σε μεγάλα εμπορικά συστήματα και συστήματα κλίμακας χρησιμότητας, είναι περίπου 44%. Ένα μικρό ποσοστό της αγοράς (περίπου 1%) ανήκει σε μικρο-μετατροπείς (χρησιμοποιείται σε επίπεδο μονάδας). Η αγορά για μετατροπείς DC / DC, που ονομάζονται επίσης "βελτιστοποιητές ισχύος", εκτιμάται ότι βρίσκεται στην ίδια περιοχή. [21]

Οι τάσεις που επικρατούν σχετίζονται με:

- την Ψηφιοποίηση,
- την Ενίσχυση,
- τα νέα χαρακτηριστικά για την σταθεροποίηση του δικτύου και την βελτιστοποίηση της αυτοκατανάλωσης,
- την αποθήκευση λαμβάνοντας υπόψη την αξιοποίηση καινοτόμων ημιαγωγών (SiC ή GaN) που επιτρέπουν πολύ υψηλή απόδοση και συμπαγή σχέδια και τέλος,
- την μέγιστη τάση συμβολοσειράς DC στα 1500 V.

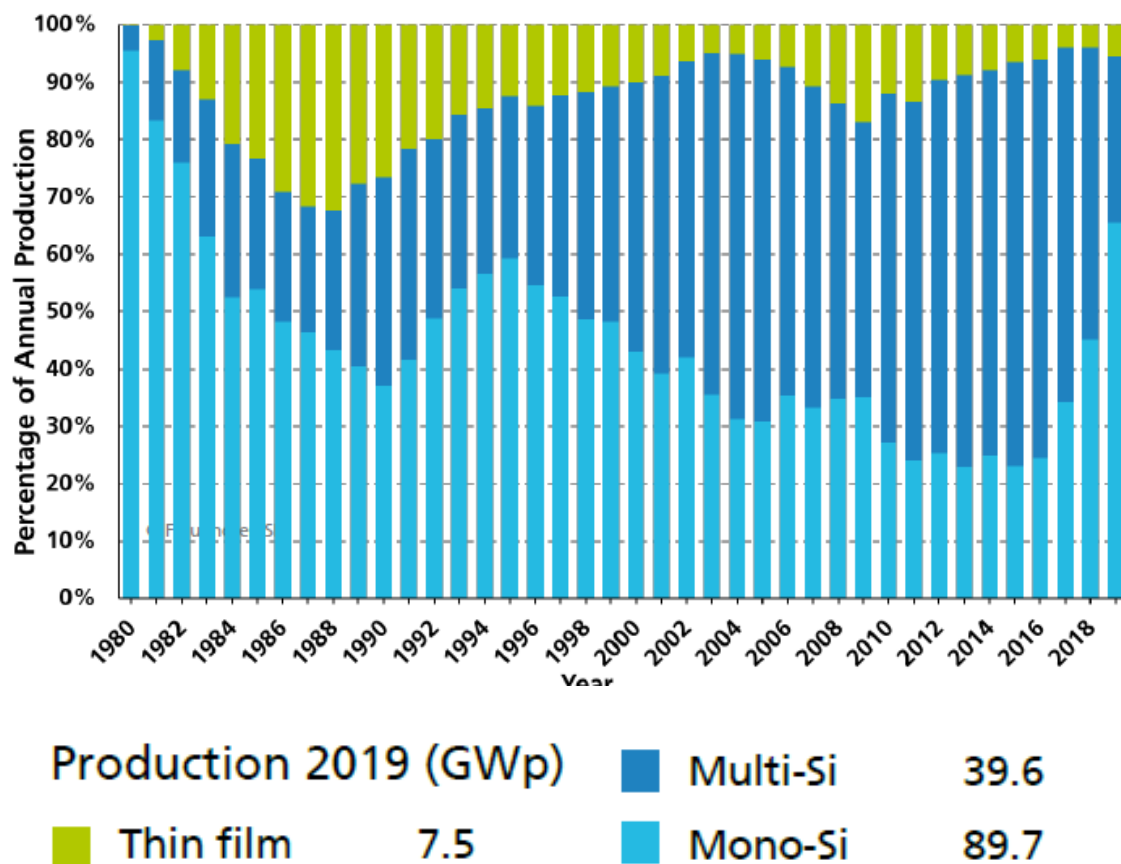
Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε την εξέλιξη στην παγκόσμια ετήσια παραγωγή, από το 1980 έως το 2019, με βάση τα Φ/Β στοιχεία: [21]

α) λεπτού υμένα ή thin film

β) Πολυκρυσταλλικά ή Multi-Si

γ) Πολυκρυσταλλικά ή Mono-Si

Πίνακας 3.3: Ποσοστό ετήσιας παραγωγής ανά Φ/Β στοιχείο [21]



3.2 Νομοθεσία- Αδειοδότηση

Α. Η εξέλιξη της νομοθεσίας

Νομοθεσία Α.Π.Ε.

Η ελληνική νομοθεσία και ειδικότερα το πλήρες θεσμικό πλαίσιο των Α.Π.Ε. με συνεχείς ενημερώσεις είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα του υπουργείου περιβάλλοντος και ενέργειας.

[1]

Στοιχεία σχετικά με τις ΑΠΕ και ειδικότερα για τα φωτοβολταϊκά δίνονται και από τις εταιρείες που ασχολούνται με τα Φ/Β συστήματα. Ενδεικτικά αναφέρουμε την ιστοσελίδα του Συνδέσμου Εταιριών Φωτοβολταϊκών. [10]

Εξέλιξη νομοθεσίας

Το **1994** με τον νόμο «**N.2244**» έγινε η αρχή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Η.Ε.) στην Ελλάδα, εκτός από την Δ.Ε.Η. και από τρίτους.

Οι ανεξάρτητοι παραγωγοί Η.Ε. θα είχαν τη δυνατότητα παραγωγής Η.Ε. από τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.). [1]

Το **1999** με τον νόμο «**N.2773**», έχουμε την εναρμόνιση του ελληνικού θεσμικού πλαισίου με την Οδηγία «96/92/ΕΚ-L.0092» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου. Δημιουργήθηκε ένα ευνοϊκό καθεστώς για απελευθέρωση της αγοράς της Η.Ε.

Το **2006** με τον νόμο «**N.3468**», έχουμε την εναρμόνιση με την Οδηγία «2001/77/ΕΚ-L.283» και καθορίζονται οι κανόνες και οι αρχές για την παραγωγή Η.Ε. από μονάδες Α.Π.Ε. και από μονάδες Συμπαγωγής.

Το **2009**, με τον νόμο «**N.3734**» έχουμε:

- α) την εναρμόνιση με την Οδηγία «2004/8/ΕΚ» περί προώθησης της Συμπαγωγής Η.Ε. με βάση την ζήτηση για χρήσιμη θερμότητα και έχουμε την συμπλήρωση του σχετικού νομικού πλαισίου και,
- β) την αναπροσαρμογή των τιμολογίων απορρόφησης της παραγόμενης ενέργειας των Φωτοβολταϊκών σταθμών.

Το **2010**, με τον νόμο «**N.3851**» έχουμε την περαιτέρω απλούστευση και συντόμευση της διαδικασίας για τις αδειοδοτήσεις των νέων έργων ΑΠΕ.

Επιπλέον, για Ηλιοθερμικούς - Φωτοβολταϊκούς σταθμούς ισχύος έως και 1,00 MW, δεν απαιτείται Άδεια Παραγωγής, έχουμε Εξαίρεση από την ΡΑΕ ή άλλη σχετιζόμενη διαπιστωτική πράξη. Επίσης, με τον παραπάνω νόμο και την Απόφαση της Υπουργού Ανάπτυξης «Α.Υ./Φ1/οικ.19598» (ΦΕΚ Β' 1630/11-10-2010), καθορίζονται εθνικοί στόχοι διείσδυσης των ΑΠΕ έως το 2020, οι οποίοι είναι θα αναθεωρούνται ανά δύο χρόνια:

- α) Συμμετοχή, σε ποσοστό 20%, της ενέργειας από ΑΠΕ στην τελική ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας
- β) Συμμετοχή, σε ποσοστό τουλάχιστον 40%, της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας.
- γ) Συμμετοχή, σε ποσοστό κατ' ελάχιστο 20%, της ενέργειας από ΑΠΕ στην τελική

κατανάλωση ενέργειας για την θέρμανση και την ψύξη.

δ) Συμμετοχή, σε ποσοστό κατ' ελάχιστο 10%, της ενέργειας από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των μεταφορών.

Επίσης το 2010 έχουμε την **ενοποίηση** όλων των διατάξεων του νόμου «**N.3468/2006**», όπως αυτές τροποποιήθηκαν από τους νόμους, N.3734 του 2009, N.3851 του 2010, N.3889 του 2010», καθώς και λοιπών νομικών διατάξεων.

Το **2011** με τον νόμο «**N.4001**» («Νόμος για τη λειτουργία των Ενεργειακών Αγορών του Ηλεκτρισμού και του Φυσικού αερίου. Έρευνα - Παραγωγή - Δίκτυα Μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις»), έχουμε αλλαγές τόσο στην διάρθρωση όσο και στον τρόπο λειτουργίας για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. [1]

Συστήνονται ανεξάρτητοι διαχειριστές:

α) συστήματος μεταφοράς,

β) δικτύου διανομής, και

γ) ανεξάρτητου Λειτουργού για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο ΛΑΓΗΕ Α.Ε., πλέον, θα ασκεί τις δραστηριότητες σύναψης συμβάσεων για την αγοραπωλησία της ενέργειας από ΑΠΕ και για τις καταβολές των προβλεπόμενων πληρωμών.

Το **2012** με το νόμο «**N.4062/2012**», έχουμε το «Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ» και την προώθηση χρήσης ενέργειας από τις ΑΠΕ καθώς και άλλες τροπολογίες. Επίσης, με το νόμο «**N.4093/2012**» έχουμε διατάξεις για «Έκτακτη Εισφορά ΑΠΕ» και κατάργηση 18μηνου (ΦΕΚ 222Α/12/11/2012).

Το **2013** έχουμε:

α) με το νόμο «**N.4152/2013**», διατάξεις για ρυθμίσεις των θεμάτων ΑΠΕ, για την έκτακτη εισφορά και για την αναστολή αδειοδοτήσεων»,

β) με το νόμο «**N.4203/2013**», διατάξεις για ρυθμίσεις των θεμάτων ΑΠΕ καθώς και άλλες διατάξεις,

γ) με το νόμο «**N.4223/2013**», διατάξεις για την Αναστολή αδειοδότησης (ΕΝΦΙΑ και άλλες διατάξεις).

Το **2014** με το νόμο «**N.4254/2014**» έχουμε «New Deal και άρση αναστολής αδειοδότησης». Αφορά τα μέτρα για την στήριξη και ανάπτυξη της ελληνικής οικονομίας στο πλαίσιο του ν. 4046 του 2012 καθώς και άλλων διατάξεων.

Το **2016** με το νόμο «**N.4414/2016**», έχουμε το νέο καθεστώς για την στήριξη των σταθμών παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού (ΣΥΘΗΑ).

Το **2018** με το νόμο «**N.4513/2018**», έχουμε τις διατάξεις για τις «**Ενεργειακές Κοινότητες**». Επίσης με το νόμο «**N.4546/2018**» (ΦΕΚ 101Α/12/6/2018) έχουμε τροπολογίες για φωτοβολταϊκά και ειδικότερα την ενσωμάτωση της Οδηγίας 2014/89/ΕΕ στην ελληνική νομοθεσία.

Το **2019** με το νόμο «**N.4602/2019**» (ΦΕΚ 45Α/9.3.2019) έχουμε τις τροπολογίες για τα φωτοβολταϊκά και ειδικότερα για την τιμολόγηση των συστημάτων εκτός διαγωνισμών. Επίσης, με το νόμο, «**N.4643/2019**» (ΦΕΚ 193Α/3.12.2019) έχουμε απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, εκσυγχρονισμό ΔΕΗ, ιδιωτικοποίηση της ΔΕΠΑ, στήριξη Α.Π.Ε. καθώς και λοιπές διατάξεις. [1]

Επισημαίνεται ότι κατά τη διάρκεια του 2020 όπως όλος ο κόσμος, σε κάθε δραστηριότητα του ανθρώπου, έτσι και τα φωτοβολταϊκά, έχουν επηρεαστεί σημαντικά από έκτακτες καταστάσεις σε θέματα υγείας. Για το λόγο αυτό είχαμε την «Παράταση προθεσμιών λόγω COVID-19» καθώς και άλλες σχετικές διατάξεις.

Το **2020** με το νόμο «**N.4685/2020**» (ΦΕΚ 92Α/7.5.2020) έχουμε τον εκσυγχρονισμό της περιβαλλοντικής νομοθεσίας και την κατάργηση άδειας παραγωγής, καθώς και άλλες διατάξεις,

Το **θεσμικό πλαίσιο** της νομοθεσίας εκτός από τους νόμους περιλαμβάνει:

- ✓ τις **υπουργικές αποφάσεις** και
- ✓ τις **εγκυκλίους**

οι οποίες εκδίδονται. Επισημαίνεται ότι οι αποφάσεις είναι δεσμευτικές και είναι σε συνέχεια νομοθετικών διατάξεων ενώ οι εγκυκλίους αφορούν διευκρινήσεις και συμβάλουν στην ερμηνεία των νομοθετικών διατάξεων.

B. Αδειοδότηση – εγκρίσεις Φ/Β

Στην εργασία μας εξετάζουμε Φ/Β συστήματα ισχύος 500kW και 1MW (1.000kW). Κατά συνέπεια για τα εξεταζόμενα Φ/Β συστήματα δεν απαιτούνται όλα εκείνα που απαιτούνται σε Φ/Β συστήματα άνω του 1MW τα οποία έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις όπως η απαίτηση άδεια παραγωγής, η έγκριση των Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ), η άδεια εγκατάστασης, η προσωρινή σύνδεση δοκιμαστικής λειτουργίας και η άδεια λειτουργίας. [1]

Συνοπτικά για **Φ/Β συστήματα ισχύος έως 1.000 kWp** (1,00 MWp) απαιτείται:

- βεβαίωση για απαλλαγή από την υποχρέωση ΕΠΟ (Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων) ή υποβολή ΕΠΟ σε περίπτωση που απαιτείται
- Άδεια για «εργασίες δόμησης μικρής κλίμακας». Έγκριση από την Υπηρεσία Δόμησης (Υ.ΔΟΜ.)
- Προσφορά «Όροι σύνδεσης» για τον αρμόδιο φορέα.
- «Σύμβαση αγοροπωλησίας». Υπογραφή με τον αρμόδιο φορέα.

Ο νόμος «Ν.4685/2020» προβλέπει αρχικά σαν Φορέα Αδειοδότησης τη ΡΑΕ, το οποίο με ΥΑ (υπουργική απόφαση) μπορεί να αλλάξει. Έχουμε λοιπόν:

1. Οι αιτήσεις υποβάλλονται τις πρώτες δέκα ημέρες του Φεβρουαρίου, του Ιουνίου και του Οκτωβρίου.
2. Μέσα σε πέντε (5) ημέρες έχουμε την ανάρτηση από τον Φορέα.
3. Προθεσμία δεκαπέντε (15) ημερών, για όσους έχουν έννομο συμφέρον, να υποβάλλουν τυχόν αντιρρήσεις με αιτιολόγηση.
4. Περίοδος δέκα πέντε (15) ημερών για απόψεις επί αντιρρήσεων, από τον αιτούντα.
5. Μέσα σε είκοσι (20) ημέρες εκδίδεται, από τον Φορέα, η απαιτούμενη Βεβαίωση.

Επισημαίνεται ότι για την ολοκλήρωση της διαδικασίας ο αιτών έχει καταβάλλει εφάπαξ το ποσό που ορίζεται για το «Τέλος Έκδοσης Βεβαίωσης».

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε, ενδεικτικά, την σχετική νομοθεσία για την αδειοδότηση και τις εγκρίσεις που απαιτούνται για Φ/Β συστήματα ισχύος μικρότερη ή ίση των 1.000kW δηλαδή του 1MW. Αναλυτικά, στοιχεία για απαιτούμενες αδειοδοτήσεις και εγκρίσεις φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.4).

Πίνακας 3.4 : Αδειοδότηση – εγκρίσεις Φ/Β ισχύος $\leq 1\text{MW}$ (2020) [22]

ΙΣΧΥΟΣ $P_{peak} \leq 500\text{KW}$	ΙΣΧΥΟΣ $500\text{KW} < P_{peak} \leq 1\text{MW}$
<p>Προσφορά Σύνδεσης: <u>Υποβάλλεται</u> αίτηση διατύπωσης στον αρμόδιο Διαχειριστή.</p> <p>Θεώρηση των τοπογραφικών διαγραμμάτων αποτύπωσης τρόπου σύνδεσης.</p> <p>Χορηγείται η «Προσφορά Σύνδεσης» (μη δεσμευτική σε πρώτη φάση). Οριστική και δεσμευτική μετά την περιβαλλοντική αδειοδότηση, όταν αυτή απαιτείται (αρθ.187 του Ν.4001 του 2011).</p>	
<p>Σύμβαση Σύνδεσης: <u>Απαιτείται</u></p> <p>Σύμβαση Αγοραπωλησίας: <u>Απαιτείται</u></p>	
<p>Βεβαίωση απαλλαγής από την υποχρέωση ΕΠΟ: <u>Απαιτείται</u></p> <p>Εκδίδεται από την οικεία Περιφέρειας και εντός της αποκλειστικής προθεσμίας των 20 ημερών και μετά την «άπρακτη παρέλευση» αυτής θεωρείται σαν χορηγηθείσα (αρθ.3 του Ν.3851). Προσκομίζεται σχετική βεβαίωση της Περιφέρειας, ή αντίγραφο της αίτησης, καθώς και υπεύθυνη δήλωση παρέλευσης των 20 ημερών χωρίς έκδοση απάντησης.</p> <p>Κατ' εξαίρεση, υπό προϋποθέσεις, απαιτείται ΕΠΟ για το έργο, αν εγκαθίσταται εντός της περιοχής Natura 2000 ή σε απόσταση $L < 100\text{m}$ από αιγιαλό.</p>	
<p>Οικοδομική Άδεια: Δεν απαιτείται (εκτός της περίπτωσης εργασιών από σκυρόδεμα)</p>	
<p>Βεβαίωση Παραγωγού ή άλλη σχετική διαπιστωτική απόφαση: <u>Δεν απαιτείται</u></p> <p>Η άδεια παραγωγής με το Ν.4685/2020 αντικαταστάθηκε «Βεβαίωση Παραγωγού Ηλεκτρικής Ενέργειας».</p>	
<p>Άδεια Εγκατάστασης: <u>Δεν απαιτείται.</u></p> <p>(Ν.3468 του 2006, του αρθ.8 και του Ν.3851 του 2010, του αρθ.3, παρ.2).</p>	
<p>Δοκιμαστική Λειτουργία: <u>Δεν απαιτείται</u></p> <p>Άδεια Λειτουργίας: <u>Δεν απαιτείται.</u></p>	
<p><u>Δεν απαιτείται ΕΠΟ</u> ή απαλλαγή, για Φ/Β τα οποία εγκαθίστανται εντός των οργανωμένων υποδοχέων με βιομηχανικές δραστηριότητες, επάνω σε κτίρια, ή σε άλλες δομικές κατασκευές</p> <p>Προσκομίζεται τοπογραφικό διάγραμμα ή εναλλακτικά έγγραφο προσφοράς σύνδεσης που να προκύπτει με σαφήνεια η εγκατάσταση.</p>	
<p>Βάση της ΥΑ.36720, ΦΕΚ.Β'376/6-9-2010 και τις τροποποιήσεις αυτής, έχουμε την επιβολή ειδικών όρων και περιορισμών στην εγκατάσταση των Φ/Β στα κτίρια και στα ιστορικά τμήματα των πόλεων ή σε περιοχές με ιδιαίτερο φυσικό κάλλος.</p> <p>Βάση της ΥΑ.40158, ΦΕΚ.Β'1556/22-9-2010 και τις τροποποιήσεις αυτής, έχουμε την επιβολή ειδικών όρων για την εγκατάσταση των Φ/Β, ανεξαρτήτως από την ισχύ αυτών, σε γήπεδα περιοχών εκτός σχεδίου, στα οποία δεν απαιτείται να είναι οικοδομήσιμα και άρτια, εκτός αν ζητούνται, πλέον των απολύτως αναγκαίων, δομικές κατασκευές.</p>	

Για την εγκατάσταση των Φ/Β σε γήπεδα βάση της «ΥΑ.40158, ΦΕΚ.Β'1556/22.9.2010» σαν απολύτως αναγκαίες θεωρούνται οι εξής κατασκευές:

α) στύλος μετρητή ΔΕΗ,

β) οικίσκος εγκατάστασης του Φ/Β εξοπλισμού, ανά 500 kW ισχύος, με εμβαδό μέχρι 15 τ.μ.,

γ) περίφραξη, προστατευτική, ύψους έως 2,50 μ., με συμπαγές τοιχίο ως 30 εκατ. (άρθ.2, παρ.1 της τροποποίησης).

Δεν επιτρέπεται στα Φ/Β, η υπέρβαση της κάλυψης του 60% του γηπέδου.

Για την ανέγερση δομικών κατασκευών και για άλλες χρήσεις (αποθήκες κλπ.), εντός του γηπέδου, αυτές συν-υπολογίζονται σύμφωνα με το ανωτέρω οριζόμενο ποσοστό κάλυψης. Ισχύουν οι γενικοί «εκτός σχεδίου δόμησης» ή από άλλες ρυθμίσεις ειδικοί όροι και περιορισμοί.

Γ. Αλλαγές με τον περιβαλλοντικό – ενεργειακό νόμο «Ν.4685/2020» [10]

1. Περιβαλλοντική αδειοδότηση

- ◆ Έχουμε **αύξηση του ορίου** της περιβαλλοντικής απαλλαγής των φ/β σταθμών από 500kWp (0,5 MWp) σε 1 MWp (σύμφωνα με το άρθρο 126).

Για να τεθεί σε ισχύ και εφαρμογή, απαιτείται να εκδοθεί υπουργική απόφαση.

- ◆ **Κατάργηση της ρύθμισης** για την αναγκαιότητα ΕΠΟ σε σταθμούς που γειτονεύουν με σταθμό ΑΠΕ της ίδιας τεχνολογίας, σε απόσταση μικρότερη από εκατόν πενήντα (150) μέτρα, (σύμφωνα με το άρθρο 126).

- ◆ **Μείωση χρόνου** της περιβαλλοντικής αδειοδότησης ως προς την Κατηγορία Α2 (σύμφωνα με το άρθρο 2).

Σύμφωνα με το νόμο «Ν.4014/2011», ο χρόνος περιβαλλοντικής αδειοδότησης ήταν στους τέσσερις (4) μήνες, χωρίς όμως να προβλέπονται αποκλειστικές προθεσμίες. Με τις νέες διατάξεις και εφόσον ο φάκελος θεωρείται πλήρης, πρέπει να διεκπεραιωθεί εντός τριών (3) μηνών.

- ◆ **Παράταση του χρόνου** ισχύος ΑΕΠΟ (σύμφωνα με το άρθρο 1). Παρατείνεται η διάρκεια ισχύος ΑΕΠΟ, από δέκα (10) έτη, σε δεκαπέντε (15) έτη. Ισχύει εφόσον δεν υφίσταται μεταβολή στα δεδομένα με βάσει τα οποία εκδόθηκε καθώς και για όσες ΑΕΠΟ βρίσκονται σήμερα σε ισχύ.

◆ **Εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών εντός περιοχών Natura.** Με το άρθρο 44, καθορίζονται πλέον τέσσερις (4) διακριτές ζώνες για τις περιοχές Natura: [10]

1. Απόλυτη προστασία φύσης
2. Προστασία φύσης
3. Διαχείριση ειδών και οικοτόπων
4. Βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων

Δεν επιτρέπεται, στις δύο πρώτες ζώνες, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, ενώ επιτρέπεται στις άλλες δύο. Σύμφωνα με το άρθρο 128, καταργείται η κατ' εξαίρεση «δυνατότητα εγκατάστασης φ/β σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας».

2. Κατάργηση Άδειας Παραγωγής

Καταργείται η «Άδεια Παραγωγής», με το άρθρο 11 και αντικαθίσταται με την «Βεβαίωση Παραγωγού Ηλεκτρικής ενέργειας» από ΑΠΕ - ΣΗΘΥΑ. [10]

Στο άρθρο 16, προβλέπεται η καταβολή εφάπαξ **Τέλους Υποβολής Αίτησης** ίσου με 60 €/MW.

Στο άρθρο 17, προβλέπεται η εφάπαξ καταβολή **Τέλους Έκδοσης Βεβαίωσης**. Ο Φορέας Αδειοδότησης εκδίδει τη Βεβαίωση, εφόσον ο αιτών προσκομίσει αποδεικτικό για την καταβολή του Τέλους Έκδοσης.

α) Για να χορηγηθεί η αρχική Βεβαίωση, ορίζεται το **ύψος του τέλους**, ανά μονάδα μέγιστης ονομαστικής ισχύος παραγωγής για την αίτηση σε μεγαβάτ (MW) ως εξής:

- (αα) **3000 ευρώ/MW, περί ισχύος έως και 1MW,**
- (ββ) 2500 ευρώ/MW, περί ισχύος από 1 έως και 10 MW,
- (γγ) 2000 ευρώ/MW, περί ισχύος από 10 έως και 50MW,
- (δδ) 1500 ευρώ/MW, περί ισχύος από 50 έως και 100 MW και
- (εε) 1000 ευρώ/MW, περί ισχύος πάνω από 100 MW.

3. Παράταση ισχύος αδειών και προθεσμιών εκτέλεσης έργων

Παρατείνονται κατά τέσσερις (4) μήνες, με το άρθρο 122:

α) **Η διάρκεια της ισχύος** για τις αδειες εγκατάστασης και τις οριστικές προσφορές σύνδεσης για τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ - ΣΗΘΥΑ που λήγουν από 1-1-2021 μέχρι και 31-12-2021.

β) **Οι προθεσμίες** για την απαίτηση δοκιμαστικής λειτουργίας των σταθμών παραγωγής

Η.Ε. από ΑΠΕ που επιλέγονται ή έχουν επιλεγεί, μέσω της διαδικασίας του άρθρου 7 του νόμου «Ν.4414/2016», με υποχρέωση αυτών σε δοκιμαστική ή κανονική λειτουργία, από την 1-1-2021 έως και την 31-12-2021.

γ) Η ημερομηνία για την εφαρμογή για τις νέες Τιμές Αναφοράς για τους σταθμούς ΑΠΕ των κατηγοριών 29^α-29β-30^α-30β-30γ του Πίν.1 της περ.β' της παρ.1 του άρθ.4 του «Ν. 4414/2016», υπολογιζόμενες λαμβάνοντας υπόψη τη «μΤΑ» (μεσοσταθμική Τιμή Αναφοράς) που προκύπτει κατά τις τρεις (3) προηγούμενες διαδικασίες υποβολής προσφορών, πριν από την τελευταία, για την ίδια τεχνολογία, προσαυξανόμενη ανάλογα με την κατηγορία αυτών, και έως την ημερομηνία της εφαρμογής Τιμών Αναφοράς για τους σταθμούς ΑΠΕ των κατηγοριών αυτών όπως καθορίζονται από την απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/30971/1190 (Β'1045). [10]

Η παραπάνω ρυθμίσεις αφορούν «έργα εκτός διαγωνισμών». Ο πίνακας που ακολουθεί μας δείχνει πως διαμορφώνονται οι ταρίφες.

Πίνακας 3.5: Τιμολόγηση MWh Φ/B [10]

Κατηγορία επενδυτών φωτοβολταϊκών	Τιμή Αναφοράς (€/MWh)
<p>Επενδυτές - έργα <500 kWp θέση σε δοκιμαστική ή κανονική λειτουργία από τις 1.1.2020</p>	<p>1,05*μΤΑ (μεσοσταθμική Τιμή Αναφοράς) η οποία προέκυψε κατά τις προηγούμενες τρεις (3) ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής των προσφορών, πριν από την τελευταία και αφορούσαν στην ίδια τεχνολογία.</p> <p>Αρχές του 2020, η Τιμή Αναφοράς είναι στα 70,3 €/MWh.</p> <p>Η τιμή αυτή ισχύει μέχρι και τέσσερις (4) μήνες από τη διενέργεια νέου διαγωνισμού, για το 2020. Έως τις 30/4/2021, διαμορφώνεται στα 65,74 €/MWh.</p> <p>Από τις 1/5/2021, η τιμή παύει πλέον να εξαρτάται από τις διαγωνιστικές διαδικασίες. Γίνεται πλέον ρυθμιζόμενη, με καθοριζόμενη τιμή τα 63 €/MWh.</p>

Κατηγορία επενδυτών φωτοβολταϊκών	Τιμή Αναφοράς (€/MWh)
<p>Ενεργειακές Κοινότητες (αφορά έργα =< 1MW) κατ' επάγγελμα αγρότες (αφορά έργα < 500 kW) Έργα, τα οποία τίθενται σε κανονική ή δοκιμαστική λειτουργία, από την δημοσίευση του ΦΕΚ του νόμου «Ν.4206/2019 (9-3-2019)» – “Κατηγορίας 30”</p>	<p>1,1* μΤΑ (μεσοσταθμική Τιμή Αναφοράς) η οποία προέκυψε κατά τις προηγούμενες τρεις (3), πριν την τελευταία, ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής των προσφορών που αφορούσαν την εν λόγω κατηγορία φ/β σταθμών, ή σε περίπτωση, που στην κατηγορία δεν έχουν διενεργηθεί διαγωνισμοί, στην ίδια τεχνολογία.</p> <p>Αρχές του 2020, η Τιμή Αναφοράς είναι στα 73,64 €/MWh.</p> <p>Η τιμή αυτή ισχύει μέχρι και τέσσερις (4) μήνες από τη διενέργεια νέου διαγωνισμού, για το 2020. Μετά, διαμορφώνεται στα 68,87 €/MWh. Από 1/5/2021, η τιμή πλέον δεν εξαρτάται από τις διαδικασίες διαγωνισμών. Γίνεται πλέον ρυθμιζόμενη, με καθοριζόμενη τιμή τα 65 €/MWh.</p>

4. Αύξηση των τιμών της αποζημίωσης για τα παλιά αγροτικά φωτοβολταϊκά

Με το άρθρο 123, τροποποιούνται οι τιμές αποζημίωσης όσον αφορά εν λειτουργία φωτοβολταϊκούς σταθμούς με ισχύ έως και τα 100 kW των κατ' επάγγελμα αγροτών και για μέγιστο όριο συνολικά σε ισχύ τα 100 kW για κάθε επαγγελματία αγρότη.

5. Φωτοβολταϊκά πλησίον ρεμάτων

Έχουμε ρυθμίσεις για υδατορέματα (σύμφ. με το άρθρο 127). Στην παρ.1 του άρθ.4 του ν.4258/2014 (Α' 94), προστίθεται νέα περίπτωση 1.8: Για τους φ/β σταθμούς, υπό των προϋποθέσεων ότι δεν έχουμε κατασκευή περίφραξης με συμπαγές τοιχίο αλλά μόνο από συρματόπλεγμα και συνοδεύονται από υδραυλική μελέτη με την οποία καθορίζονται οι γραμμές πλημμύρας σε μια συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς. Η θεμελίωση των φ/β αυτών υλοποιείται εξωτερικά των γραμμών πλημμύρας.

6. Υποβολή κοινού αιτήματος, από μικρούς παραγωγούς, για την χορήγηση «Προσφοράς Σύνδεσης» στον ΑΔΜΗΕ

Με το άρθρ.135 προβλέπεται η υποβολή, για χορήγηση «Προσφοράς Σύνδεσης» στην ΑΔΜΗΕ Α.Ε., κοινού αιτήματος το οποίο αφορά στους περισσότερους σταθμούς του άρθρ.3 και του άρθρ.4 του Ν.3468/2006, όταν η συνολική ισχύς υπερβαίνει το όριο του οκτώ (8,00) MW.

7. Αποκατάσταση περιβάλλοντος στο τέλος του κύκλου ζωής μιας επένδυσης

Με το άρθρ.130 προβλέπεται διατάξεις για τις περιβαλλοντικές δεσμεύσεις από σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ. Επισημαίνεται ότι ήδη είχαμε σε ισχύ από το 2013 (ΦΕΚ 104B/24-01-2013) τις πρότυπες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις (ΠΠΔ) των έργων ΑΠΕ. [10]

3.3. Αυτοπαραγωγή

Για φωτοβολταϊκά από αυτοπαραγωγούς είχαμε τις υπουργικές αποφάσεις:

α) «ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.24461 (2014)»,

β) «ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.175067 (2017)» και

γ) «ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382 (2019)»,

σχετικά με την εγκατάσταση φ/β σταθμών για κάλυψη των ιδίων ενεργειακών αναγκών από τους καταναλωτές, με την εφαρμογή «ενεργειακού συμψηφισμού».

Με το νόμο «**N.4414/2016**» έχουμε την επέκταση του «ενεργειακού συμψηφισμού» και στις άλλες τεχνολογίες.

Με το νόμο «**N.4513/2018**», των Ενεργειακών Κοινοτήτων και την υπουργική απόφαση «ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382» (του 2019) δίνεται η δυνατότητα εγκατάστασης μονάδων αποθήκευσης ενέργειας. Η αποθήκευση συνδυάζεται με συστήματα αυτοπαραγωγής.

Όταν λέμε «ενεργειακό συμψηφισμό» (Net Metering) εννοούμε τον συμψηφισμό της παραγόμενης ενέργειας του Φ/Β συστήματος με την ενέργεια που καταναλώθηκε από τον καταναλωτή.

Σε συνέχεια του νόμου «**N.3874/2010**» για αγροτικών εκμεταλλεύσεων ή αγροτικών χρήσεων εγκαταστάσεις, καθώς και για ενεργειακές κοινότητες, με βάση τους νόμους «**N.4414/2016**» και «**N.4513/2018**» είναι αποδεκτή, εφαρμόζοντας «εικονικό ενεργειακό

συμψηφισμό», η εγκατάσταση Φ/Β σταθμών από τους ανωτέρω καταναλωτές, με σκοπό την κάλυψη των ιδίων ενεργειακών αναγκών. [10]

Όταν λέμε «**εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό**» εννοούμε τον συμψηφισμό της ενέργειας που παράγεται από σταθμούς ΑΠΕ ή σταθμούς «ΣΗΘΥΑ», με τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται από τις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, με την δυνατότητα η μία, τουλάχιστον, παροχή ρεύματος να μην βρίσκεται στον ίδιο χώρο του σταθμού ή να διαθέτει διαφορετική παροχή ΔΕΔΔΗΕ.

Στο Διασυνδεδεμένο Δίκτυο δίνεται δυνατότητα να έχουμε συμψηφισμό της ενέργειας η οποία εγγέται από σταθμό παραγωγής, συνδεδεμένο στο Δίκτυο Μέσης Τάσης (ΜΤ), είτε του αυτοπαραγωγού είτε της Ενεργειακής Κοινότητας, με ενέργεια που καταναλώνεται από τις δηλωμένες συμψηφιζόμενες καταναλώσεις οι οποίες τροφοδοτούνται από το Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.).

Στον επόμενο πίνακα δίνονται οι βασικές τροποποιήσεις που επέφερε η υπουργική απόφαση «ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382» (του 2019). Πλέον, όσον αφορά τον ενεργειακό συμψηφισμό, η εκκαθάριση δεν θα γίνεται σε ετήσια βάση όπως ίσχυε, αλλά θα γίνεται ανά τριετία.

Πίνακας 3.6: Τροποποιήσεις Υπουργική Απόφασης 2019 [10]

Περιγραφή	Τι ίσχυε	Τι ισχύει από 5.3.2019
Γενικό όριο ισχύος	500 kW	1.000 kW
Ειδικά όρια ισχύος	50% της συμφωνημένης ισχύος 100% για ΝΠΔΔ	Το 100% της συμφωνημένης ισχύος και για καταναλωτές Μέσης Τάσης και Ενεργειακές Κοινότητες
Ειδικά όρια ισχύος στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά		Αυξημένα όρια ισχύος ανά εγκατάσταση στα μεγάλα νησιά (Κρήτη, Ρόδος, Κως, Λέσβος, Χίος, Σάμος)
Τεχνολογίες	Φωτοβολταϊκά	Όλες (φωτοβολταϊκά, μικρές ανεμογεννήτριες, βιομάζα/βιοαέριο/βιορευστά, μικρά υδροηλεκτρικά, γεωθερμία, ΣΗΘΥΑ)
Αποθήκευση	Όχι	Ναι μέχρι 30 kVA
Συμψηφισμός ΧΤ/ΜΤ	Όχι	Ναι
Μικτές Τεχνολογίες	Όχι	Ναι

Τα φωτοβολταϊκά με «ενεργειακό συμψηφισμό» εγκαθίστανται «επί κτηρίων ή επί εδάφους ή άλλων κατασκευών». Στις κατασκευές περιλαμβάνονται και αυτές του πρωτογενούς τομέα (αποθήκες κ.α.). Στην περίπτωση εγκατάστασης «επί εδάφους» επιτρέπονται και τα συστήματα με ηλιακή ιχνηλάτηση (χρήση trackers).

Στην περίπτωση Φ/Β συστήματος αυτοπαραγωγής, απαιτείται κόστος σύνδεσης και ελέγχου. Όπως βλέπουμε και στην παρακάτω εικόνα το κόστος σύνδεσης ενός Φ/Β ισχύος μεγαλύτερης των 100kW και ίσης ή μικρότερης των 1.000kW κυμαίνεται στα 800,00 €, συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ. [10]

Πίνακας 3.7: Κόστος σύνδεσης Φ/Β αυτοπαραγωγής με το δίκτυο [10]

Επίπεδο τάσης σύνδεσης των εγκαταστάσεων των χρηστών	Είδος παροχής	Ισχύς φωτοβολταϊκού (kWp)	Κόστος σύνδεσης (€)	
			Χωρίς αντικατάσταση του υφιστάμενου μετρητή κατανάλωσης	Με αντικατάσταση του υφιστάμενου μετρητή κατανάλωσης
ΧΤ	Μονοφασική (03,05)	≤5	300	370
	Τριφασική	≤55	300	390
	Τριφασική	55-100	520	
ΜΤ	Τριφασική	≤100	520	
		>100 και ≤1000	800	

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η μέγιστη ισχύς ενός διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος για αυτοπαραγωγή. Στον πίνακα δεν αναφέρεται η χαμηλή τάση (Χ.Τ.) καθώς τα Φ/Β ισχύος πάνω από 100kW και μέχρι 1MW συνδέονται στην μέση τάση (Μ.Τ.).

Πίνακας 3.8: Μέγιστη ισχύς διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος αυτοπαραγωγής [10]

Διασυνδεδεμένο Σύστημα		
Επίπεδο της τάσης	Επιτρεπτή μέγιστη ισχύς του φ/β συστήματος για αυτοπαραγωγή (kWp)	
	Φυσικά και νομικά πρόσωπα	-ΝΠΙΔ και ΝΠΔΔ (κοινοφελούς σκοπού ή άλλου δημοσίου συμφέροντος-σκοπού) -Ενεργειακές Κοινότητες
Μέση τάση	100% ΣΙ και μέχρι ισχύος 1 MWp	100% ΣΙ (Συμφωνημένης Ισχύος) και μέχρι ισχύος 1 MWp

Συνοπτικά, για την **αδειοδότηση - εγκατάσταση Φ/Β με αυτοπαραγωγή** έχουμε τα παρακάτω στάδια: [10]

1. Αίτηση σύνδεσης. Υποβάλλεται στη ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ.
2. Προσφορά σύνδεσης. Υποβολή (αποστολή) και αποδοχή αυτής.
3. Σύμβαση σύνδεσης.
4. Σύμβαση Συμψηφισμού, με προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας
5. Εγκατάσταση Φ/Β συστήματος
6. Ενεργοποίηση και σύνδεση στο Δίκτυο.

3.4. Διασύνδεση Φ/Β σταθμών

Για την υλοποίηση ενός σταθμού ΑΠΕ θα πρέπει να υφίσταται η δυνατότητα να δίνουμε την παραγόμενη ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο. Οι Φ/Β σταθμοί ελέγχονται και εγκρίνονται από την ΔΕΔΔΗΕ με την κατάθεση του φακέλου (αίτηση και λοιπά δικαιολογητικά) και στην συνέχεια μπορούμε να προχωρήσουμε στην κατασκευή και λειτουργία του σταθμού. Ο ΔΕΔΔΗΕ, δηλαδή ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, ακολουθώντας τις εξελίξεις στα φωτοβολταϊκά, προσφέρει, μέσω του διαδικτύου, μία εφαρμογή αναζήτησης για την δυνατότητα απορρόφησης ισχύος, που παράγεται από σταθμούς ΑΠΕ, στο Διασυνδεδεμένο Δίκτυο.

Η αναζήτηση των δυνατοτήτων απορρόφησης ισχύος γίνεται ανά γεωγραφική περιοχή. Πρώτα επιλέγεται η Περιφέρεια, μετά έχουμε την επιλογή της Περιφερειακής Ενότητας και τέλος του Δήμου για την περιοχή που μας ενδιαφέρει. [23]

Η εφαρμογή μας δίνει την δυνατότητα διαφόρων κριτηρίων επιλογής. Τα κριτήρια αφορούν τα περιθώρια των σταθμών οι οποίοι δεσμεύουν την ισχύ. Συγκεκριμένα έχουμε σταθμούς:

- α) σε λειτουργία - με σύμβαση - με οριστική προσφορά
- β) σε λειτουργία - με σύμβαση
- γ) σε λειτουργία

Στα αποτελέσματα δίνονται οι δυνατότητες ως:

- α) Διαθεσιμότητα
- β) Περιορισμένη διαθεσιμότητα
- γ) Μη διαθεσιμότητα

Επίσης, διατίθεται όσον αφορά το Διασυνδεδεμένο Σύστημα ένας Συνολικός Χάρτης για τα περιθώρια απορρόφησης ισχύος. [23]

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την ενδεικτική αναζήτηση που κάναμε για τον Δήμο Ελασσόνας, της Π.Ε. Λάρισας, της Περιφέρειας Θεσσαλίας.

The screenshot shows a search interface for APF (ΑΠΕ) with the following elements:

- Header:** Αναζήτηση ΑΠΕ
- Left Column (Filters):**
 - Επιλέξτε τον Καλλικρατικό Δήμο που σας ενδιαφέρει:**
 - Περιφέρεια:** ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
 - Περιφερειακή Ενότητα:** ΛΑΡΙΣΙΑΣ
 - Δήμος:** ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ
- Right Column (Criteria):**
 - Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω κριτήρια σχετικά με τα περιθώρια των σταθμών που δεσμεύουν ισχύ:**
 - Σε λειτουργία, με σύμβαση και με οριστική προσφορά
 - Σε λειτουργία και με σύμβαση
 - Σε λειτουργία

Εικόνα 3.1α: Δυνατότητα της απορρόφησης ισχύος των ΑΠΕ [23]

Αναζήτηση ΑΠΕ

Επιλέξτε τον Καλλικρατικό Δήμο που σας ενδιαφέρει: Εύρεση

Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω κριτήρια σχετικά με τα περιθώρια των σταθμών που δεσμεύουν ισχύ: Καθαρισμός

Περιφέρεια:

Περιφερειακή Ενότητα:

Δήμος:

Συνολικός Χάρτης Περιθωρίων Διασυνδεδεμένου Συστήματος

Πίνακας ΑΠΕ - Σε λειτουργία, με σύμβαση και με οριστική προσφορά - ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ/ΛΑΡΙΣΙΑΣ/ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ

⚡ Διαθεσιμότητα
⚡ Περιορισμένη διαθεσιμότητα
⚡ Μη διαθεσιμότητα

Δείξε εγγραφές Αναζήτηση

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΥΤ/ΜΤ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ	ΟΝΟΜ. ΙΣΧΥΣ (ΜΒΑ)	ΠΛΗΘΟΣ ΑΠΕ	ΟΝΟΜ. ΙΣΧΥΣ ΑΠΕ (ΜΒΑ)	ΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ (ΜΒΑ)	ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΣΤΑΘΜΗΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ (ΜΒΑ)	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΔΕΔΔΗΕ	ΕΣΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΙ ΔΗΜΟΙ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ	Ελασσόνα ΜΣ2	25	114	25,1	0	109,1	Διεύθυνση Περιφέρειας Κεντρικής Ελλάδας	ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ, ΛΑΡΙΣΑΙΩΝ, ΤΥΡΝΑΒΟΥ	⚡
ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ	Ελασσόνα ΜΣ1	50	186	22,9	27,1	48,7	Διεύθυνση Περιφέρειας Κεντρικής Ελλάδας	ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ, ΛΑΡΙΣΑΙΩΝ, ΤΕΜΠΩΝ	⚡

Εικόνα 3.1β: Δυνατότητα της απορρόφησης ισχύος των ΑΠΕ [23]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Φ/Β ΙΣΧΥΟΣ 500KW ΚΑΙ 1000KW (1MW)

Για την μελέτη και εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού, λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράμετροι. Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε τα μέρη ενός φωτοβολταϊκού σταθμού ή φωτοβολταϊκού συστήματος.

Αναλύονται τα βασικά μέρη των φωτοβολταϊκών σταθμών. Αναφέρονται οι γενικές προδιαγραφές και χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών σταθμών και αναφέρονται οι τεχνικές προδιαγραφές και χαρακτηριστικά εξετάζοντας συγκεκριμένες περιπτώσεις φωτοβολταϊκών σταθμών. Παρουσιάζεται ανάλυση των φωτοβολταϊκών σταθμών και αναφέρονται στοιχεία κόστους και άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά για την κάθε εξεταζόμενη περίπτωση.

Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά και θα αναλύσουμε τα πλήρη στοιχεία ενός Φ/Β συστήματος ισχύος 500kW και 1MW (1.000kW).

Βασικό στοιχείο της εργασίας αποτέλεσε και η έρευνα αγοράς (εμπόριο) και η επικοινωνία με εταιρίες φωτοβολταϊκών συστημάτων, για την διάθεση στοιχείων.

Από τα βασικότερα μέρη ενός Φ/Β συστήματος είναι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, οι inverters, ο υποσταθμός μέσης τάσης και οι ηλεκτρικοί πίνακες.

Επίσης έχουμε την αντικεραυνική προστασία των Φ/Β πλαισίων, την περίφραξη, το σύστημα συναγερμού και καμερών και το σύστημα τηλεμετρίας ή παρόμοιο για τον έλεγχο και την παρακολούθηση του σταθμού.

4.1. Βασικά στοιχεία προσφοράς εγκατάστασης Φ/Β

Μία μελέτη εφαρμογής περιλαμβάνει: [24]

- Μελέτη των στοιχείων του έργου (μέγεθος, τοποθεσία, μορφολογία του εδάφους, ηλιοφάνεια της περιοχής, μετεωρολογικά δεδομένα).
- Αποτύπωση της εγκατάστασης, επιλογή βασικών υλικών και βάσεων στήριξης, χωροθέτηση βάσεων και μελέτη σκίασης
- Ανάλυση των διατάξεων τοποθέτησης, επίπεδα string, διαστασιολόγηση (υπολογισμός με ακρίβεια στα μήκη και τις διατομές των καλωδίων, των σωλήνων, των υπόγειων διαδρομών της όδευσης).

- Επιλογή της μεθόδου γειώσεων και της αντικεραυνικής προστασίας όσον αφορά ΣΑΠ (σύστημα εξωτερικής προστασίας) και το σύστημα απαγωγής των κεραυνικών πληγμάτων και της προστασίας ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού
- Επιλογή του συστήματος συναγερμού και του φωτισμού (αισθητήρες υπερύθρων, σειρήνα, τηλε-ειδοποίηση, κάμερες, έλεγχος μέσω internet, προβολείς)
- Επίβλεψη έργου κατά την υλοποίηση

Μία "turn key" Φ/Β εγκατάσταση περιλαμβάνει: [24]

- Φωτοβολταϊκά Πλαίσια και Βάσεις αυτών
- Μετατροπείς (Inverters)
- Πίνακες Ηλεκτρικοί Προστασίας
- Καλωδίωση DC (συνεχούς ρεύματος)
- Τεχνικές Εργασίες
- Δίκτυο Γείωσης και Φρεάτια
- Διασύνδεση (εγκατάσταση) Πλαισίων
- Διαμόρφωση εδάφους και περίφραξη χώρου
- Μικρουλικά, εργαλεία και μηχανήματα της εγκατάστασης
- Εργασίες Συναρμολόγησης Δομών
- Εργασίες Ηλεκτρικής Εγκατάστασης
- Μόνιτορ λειτουργίας (εσωτερικό)

Ο **τρόπος εγκατάστασης** περιλαμβάνει τις χωματοουργικές εργασίες, τα χαντάκια οδεύσεων, τις σωλήνες, τα φρεάτια και τις σχάρες, τα καλώδια τροφοδοσίας και επικοινωνίας. Μελετώνται σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και επιλέγονται λύσεις που προσφέρουν τις λιγότερες απώλειες και την μεγάλη διάρκεια ζωής και λειτουργίας καθώς και ευκολία συντήρησης και αποκαταστάσεων βλαβών. [24]

Τα καλώδια είναι υπόγεια, θαμμένα σε βάθος (μέχρι και) ενός μέτρου με 30 πόντους άμμο πάνω από αυτά και ταινία επισήμανσης. Η κατάλληλη επιλογή της μεθόδου εγκατάστασης και των υλικών συμβάλει στη βέλτιστη εκμετάλλευση της ηλιοφάνειας, με τις μικρότερες απώλειες (σκίαση, καλώδια κ.λ.π.).

Λεπτομερή ανάλυση και πλήρη διαστασιολόγηση του έργου, με οριστική επιλογή διαδρομών και τελικών υλικών, γίνεται σε επόμενο στάδιο. [24]

Απαιτούμενη επιφάνεια χώρου ή οικοπέδου

Η απαιτούμενη επιφάνεια για την εγκατάσταση ενός Φ/Β ισχύος 500kW είναι 12-15.000 m² ενώ για φ/β ισχύος 1.000kW είναι 24-30.000m². Αναλυτικά στην παρακάτω εικόνα δίνεται η αναλογία απαιτούμενης επιφάνειας και ισχύος Φ/Β συστήματος και επιπρόσθετα, ανά περίπτωση, η ετήσια μέση ενέργεια που παράγεται από το κάθε σύστημα. [25]

Απαιτούμενη επιφάνεια	Εγκατεστημένη Ισχύς	Μέση Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια
<1.000τ.μ.	20kWp	28.000kWh
2.00-3.000τ.μ.	100kWp	140.000kWh
12.000-15.000τ.μ.	500kWp	700.000kWh
24.000-30.000τ.μ.	1MWp	1.400.000kWh
45.000-60.000τ.μ.	2MWp	2.800.000kWh

Εικόνα 4.1: Αναλογία απαιτούμενης επιφάνειας και ισχύος Φ/Β συστήματος [25]

4.2. Ανάλυση Φ/Β συστημάτων

Για τις ανάγκες της εργασίας θα εξετάσουμε τις παρακάτω περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων:

A) **Φ/Β σύστημα 500KWp, σταθερών πλαισίων**, με μονοκρυσταλλικά πλαίσια 400Wp, ονομαστικής ισχύος 499,60KWp. [24]

B) **Φ/Β σύστημα 500KWp, σταθερών πλαισίων**, με πολυκρυσταλλικά πλαίσια 330Wp, ονομαστικής ισχύος 498,96KW. [24]

Γ) **Φ/Β σύστημα 1.000KWp (1MWp), σταθερών πλαισίων**, με πολυκρυσταλλικά πλαίσια 330Wp, ονομαστικής ισχύος 999,96KWp. [24]

Δ) **Φ/Β σύστημα 500KWp**, με tracker μονού άξονα, με Φ/Β πλαίσια «Sunergy SUN 33072P» των 330 W ή αντίστοιχα. [26]

Αναλυτικά παρακάτω θα αναφερθούν τα στοιχεία για την κάθε περίπτωση.

4.2.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια




Ένα από τα βασικά στοιχεία του Φ/Β συστήματος είναι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, συνήθως τριάντα έξι (36) σε σειρά, αποτελούν ένα **φωτοβολταϊκό πλαίσιο** (αγγλική ορολογία: **PV module**). Ένα **φωτοβολταϊκό πανέλο** ή **πάνελ** (αγγλική ορολογία: **PV panel**) αποτελεί το σύνολο ενός ή περισσότερων πλαισίων. **Φωτοβολταϊκή συστοιχία** (αγγλική ορολογία: **PV array**) αποτελείται από φωτοβολταϊκά πλαίσια, τα οποία είναι μεταξύ τους, ηλεκτρικά συνδεδεμένα. [10]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται στοιχεία σύγκρισης των κυριότερων Φ/Β τεχνολογιών. Στους φωτοβολταϊκούς σταθμούς χρησιμοποιούνται κυρίως τα Πολυκρυσταλλικά και τα μονοκρυσταλλικά πλαίσια.

Με βάση τα παλαιότερα στοιχεία και συγκεκριμένα του έτους 2013 η απόδοση των πολυκρυσταλλικών δινόταν μεταξύ 11-16% και των μονοκρυσταλλικών 11-19%. [10]

Με βάση τα εξεταζόμενα πλαίσια της εργασίας καθώς και με την δυνατότητα έρευνας ενδεικτικών πλαισίων που κυκλοφορούν στο εμπόριο, διαπιστώνουμε ότι στα πολυκρυσταλλικά η απόδοση φτάνει στο 18% περίπου και στα μονοκρυσταλλικά φτάνει το 21% περίπου. Οπότε με βάση τις –στρογγυλοποιημένες- τιμές μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι έχουμε μία βελτίωση της απόδοσης των πλαισίων κατά 2% συγκρίνοντας τις σημερινές αποδόσεις έτους 2020 με αυτές που δινόταν το έτος αναφοράς 2013. Σημαντικό επίσης είναι ότι η μικρή άυξηση της απόδοσης συνδιάζεται με τη μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Πίνακας 4.1. Πίνακας σύγκρισης φωτοβολταϊκών στοιχείων [10]

ΤΥΠΟΣ	Λεπτού υμενίου	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
ΕΜΦΑΝΙΣΗ			
Απόδοση (ανά μονάδα επιφάνειας)	$4,5\% \leq a\text{-Si} \leq 6,5\%$ $8\% \leq \mu\text{-Si} \leq 9\%$ $6\% \leq \text{CIS-CIGS} < 12\%$ $6\% \leq \text{CdTe} \leq 11\%$	ΕΩΣ 18% (update 2020) 11-16%	ΕΩΣ 21% (update 2020) 11-18%
Επιφάνεια/kWp	9-25 m ²	7-9 m ²	5,5-9 m ²

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια επιλέγονται με βάση:

A) την **ονομαστική ισχύ** του πλαισίου, καθώς αυτή μας καθορίζει την ποσότητα των πλαισίων που θέλουμε για να διαστασιολογήσουμε το Φ/Β σύστημα που επιθυμούμε. [27]

Για παράδειγμα, λαμβάνοντας υπόψη τις περιπτώσεις A, B της εργασίας, για ένα Φ/Β σταθερών panel των 500kW, θέλουμε α) 1.249 τεμάχια ισχύος 400w για να πάρουμε 496,90kWp και β) 1.512 τεμάχια ισχύος 330w για να πάρουμε 498,96kWp. [24]

Επισημαίνεται ότι από τον αριθμό των πλαισίων εξαρτάται άμεσα και η ποσότητα βάσεων στήριξης αυτών.

B) την **εγγύηση** (σε έτη) του πλαισίου. Από τους κατασκευαστές δίνεται ο χρόνος εγγύησης του πλαισίου σε έτη. [27]

Γ) τον **χρόνο εγγύησης της απόδοσης** του πλαισίου. Από τους κατασκευαστές δίνεται ο χρόνος για τον οποίο το πλαίσιο θα έχει απόδοση πάνω από το 80% της ονομαστικής ισχύος. Η εγγυημένη απόδοση συμβάλλει στην ποιότητα και το επιπλέον κόστος αγοράς.

Στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του Φ/Β πλαισίου αναφέρονται:

- 1) Η μέγιστη ονομαστική ισχύς, αναφερόμενη ως “P_{max}”
- 2) Η τάση ανοικτού κυκλώματος, αναφερόμενη ως “V_{OC}”
- 3) Το ρεύμα βραχυκυκλώματος, αναφερόμενο ως “I_{SC}”
- 4) Η τάση του πλαισίου στην ονομαστική ισχύ (βέλτιστη τάση), αναφερόμενη ως “V_{mp}”
- 5) Το ρεύμα στην ονομαστική ισχύ (βέλτιστο ρεύμα), αναφερόμενο ως “I_{mp}”

- 6) Η απόδοση σε ποσοστό επί τοις εκατό, αναφερόμενη ως “%”
- 7) Η θερμοκρασία λειτουργίας (εύρος θερμοκρασίας)
- 8) Η μέγιστη τάση του συστήματος
- 9) Βαθμός ταξινόμησης της αντίστασης σε πυρκαγιά
- 10) Μέγιστη ονομαστική τιμή ρεύματος ασφαλειών σειράς

Τα χαρακτηριστικά του Φ/Β πλαισίου αναφέρονται σε πρότυπες συνθήκες λειτουργίας ή ελέγχου (Standard Test Conditions ή STC όπως αναφέρονται) κατά τις οποίες λαμβάνονται: Η ακτινοβολία (ένταση ακτινοβολίας) ίση με 1000W/m^2 , Η θερμοκρασία του στοιχείου στους 25°C και η φασματική κατανομή AM: 1.5. [27]

Επίσης στα χαρακτηριστικά του Φ/Β πλαισίου αναφέρονται και οι συνθήκες κανονικής λειτουργία του Στοιχείου (Normal Operating Cell Temperature ή NOCT όπως αναφέρονται) κατά τις οποίες λαμβάνονται: Η ακτινοβολία (ένταση ακτινοβολίας) ίση με 800W/m^2 , η φασματική κατανομή AM ίση με 1,50, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ίση με 20°C και η ταχύτητα ανέμου ίση με 1 m/s . [27]

Τα εξεταζόμενα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια ισχύος 400 W (περίπτωση Α) διαθέτουν πολυετή εγγύηση, στα 12 χρόνια για το υλικό και στα 30 χρόνια για εγγύηση απόδοσης. Επίσης για τα πρώτα 25 έτη η απόδοση θα είναι ίση ή μεγαλύτερη του 80%. [24]



Εικόνα 4.2α: Εγγύηση – απόδοση πλαισίου “Amerisolar AS-6M-HC monocrystalline” [29]

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC							
Maximum Power (P_{max})	380W	385W	390W	395W	400W	405W	410W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	48.8V	49.0V	49.2V	49.4V	49.6V	49.8V	50.0V
Short Circuit Current (I_{sc})	9.97A	10.04A	10.11A	10.18A	10.25A	10.32A	10.39A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	40.4V	40.6V	40.8V	41.0V	41.2V	41.4V	41.6V
Current at Maximum Power (I_{mp})	9.41A	9.49A	9.56A	9.64A	9.71A	9.79A	9.86A
Module Efficiency (%)	18.87	19.12	19.36	19.61	19.86	20.11	20.36
Operating Temperature	-40°C to +85°C						
Maximum System Voltage	1000V DC/1500V DC						
Fire Resistance Rating	Type 1(in accordance with UL1703)/Class C(IEC61730)						
Maximum Series Fuse Rating	20A						

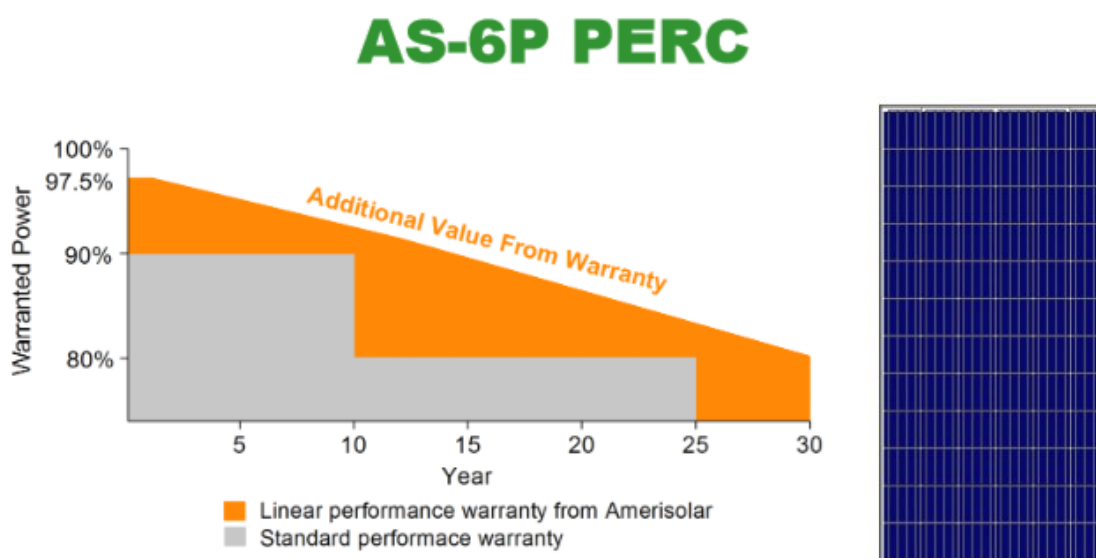
STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT							
Maximum Power (P_{max})	285W	289W	293W	296W	300W	304W	308W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	44.9V	45.1V	45.3V	45.5V	45.7V	45.9V	46.1V
Short Circuit Current (I_{sc})	8.08A	8.13A	8.19A	8.25A	8.30A	8.36A	8.42A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	36.8V	37.0V	37.2V	37.4V	37.6V	37.8V	38.0V
Current at Maximum Power (I_{mp})	7.75A	7.82A	7.88A	7.92A	7.98A	8.05A	8.11A

NOCT: Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

Εικόνα 4.2β: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Φ/Β πλαισίου “Amerisolar AS-6M-HC monocrystalline” [29]

Τα εξεταζόμενα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια «AS-6M-HC» ισχύος 330 W (στην περίπτωση Β και περίπτωση Γ) διαθέτουν την εγγύηση πολλών ετών, στα 12 χρόνια για το υλικό και στα 30 χρόνια για εγγύηση απόδοσης. Επίσης για τα πρώτα 25 έτη η απόδοση θα είναι ίση ή μεγαλύτερη του 80%. [24]



Εικόνα 4.3α: Εγγύηση – απόδοση πλαισίου “Amerisolar AS-6P PERC polycrystalline” [29]

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC				
Nominal Power (P_{max})	330W	335W	340W	345W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	45.9V	46.1V	46.3V	46.5V
Short Circuit Current (I_{sc})	9.36A	9.44A	9.52A	9.60A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	37.3V	37.5V	37.7V	37.9V
Current at Nominal Power (I_{mp})	8.85A	8.94A	9.02A	9.11A
Module Efficiency (%)	17.01	17.26	17.52	17.78
Operating Temperature	-40°C to +85°C			
Maximum System Voltage	1000V DC			
Fire Resistance Rating	Type 1(in accordance with UL1703)/Class C(IEC61730)			
Maximum Series Fuse Rating	15A			

STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT				
Nominal Power (P_{max})	244W	248W	252W	256W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	42.2V	42.4V	42.6V	42.8V
Short Circuit Current (I_{sc})	7.58A	7.65A	7.71A	7.78A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	33.9V	34.1V	34.3V	34.5V
Current at Nominal Power (I_{mp})	7.20A	7.28A	7.35A	7.42A

NOCT: Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

Εικόνα 4.3β: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Φ/Β πλαισίου “Amerisolar AS-6P PERC polycrystalline” [29]

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC				
Nominal Power (P_{max})	330W	335W	340W	345W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	45.9V	46.1V	46.3V	46.5V
Short Circuit Current (I_{sc})	9.36A	9.44A	9.52A	9.60A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	37.3V	37.5V	37.7V	37.9V
Current at Nominal Power (I_{mp})	8.85A	8.94A	9.02A	9.11A
Module Efficiency (%)	17.01	17.26	17.52	17.78
Operating Temperature	-40°C to +85°C			
Maximum System Voltage	1000V DC			
Fire Resistance Rating	Type 1(in accordance with UL1703)/Class C(IEC61730)			
Maximum Series Fuse Rating	15A			

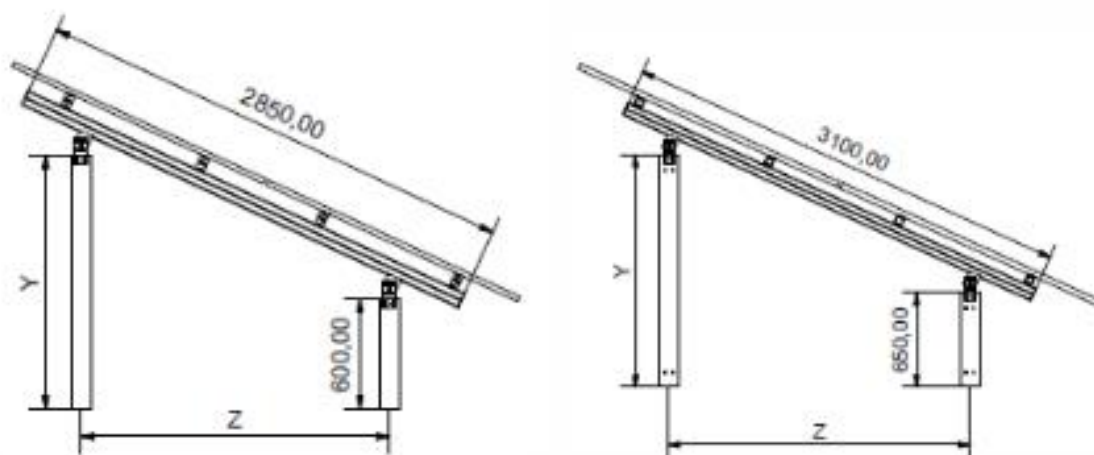
STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT				
Nominal Power (P_{max})	244W	248W	252W	256W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	42.2V	42.4V	42.6V	42.8V
Short Circuit Current (I_{sc})	7.58A	7.65A	7.71A	7.78A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	33.9V	34.1V	34.3V	34.5V
Current at Nominal Power (I_{mp})	7.20A	7.28A	7.35A	7.42A

NOCT: Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

Εικόνα 4.3γ: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Φ/Β πλαισίου “Amerisolar AS-6P perc” [29]

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα στηριχθούν σε βάσεις στήριξης. Ειδικότερα στις περιπτώσεις Α, Β και Γ, στα εξεταζόμενα συστήματα θα γίνει χρήση βάσεων της εταιρίας “Amerisolar”, η οποία παράγει και τα εξεταζόμενα πλαίσια των παραπάνω αναφερόμενων περιπτώσεων. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τα χαρακτηριστικά των βάσεων στήριξης. [24]



Εικόνα 4.4: Χαρακτηριστικά βάσεων στήριξης πλαισίων “alumilsolar as189-portrait” [28]

Τα εξεταζόμενα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια της Sunergy, «SUN 72P-35F 320-340W», ισχύος 330 W (περ. Δ) διαθέτουν εγγύηση πολλών ετών, στα 10 χρόνια για το υλικό και στα 25 χρόνια για εγγύηση απόδοσης. Ειδικότερα για τα πρώτα 12 έτη η απόδοση (ισχύς εξόδου) θα είναι ίση ή μεγαλύτερη του 90% ενώ για τα πρώτα 25 έτη η απόδοση θα είναι ίση ή μεγαλύτερη του 80%. [25]

Model No.	320W	325W	330W	335W	340W
Warranty					
Product Warranty	10 Years				
Power Warranty	12 Years of 90% Output Power, 25 Years of 80% Output Power				
Electrical Data at STC					
Maximum Power (Pmax)	320 Wp	325 Wp	330 Wp	335 Wp	340 Wp
Voltage at Maximum Power (Vmpp)	37.5 V	37.7 V	37.8 V	38 V	38.2 V
Current at Maximum Power (Impp)	8.53 A	8.62 A	8.73 A	8.82 A	8.9 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.6 V	44.9 V	45.5 V	46.1 V	46.4 V
Short Circuit Current (Isc)	9.03 A	9.1 A	9.22 A	9.31 A	9.37 A
Panel Efficiency	16.49 %	16.75 %	17.01 %	17.26 %	17.52 %
Power Tolerance (Positive)	+ 3 %	+ 3 %	+ 3 %	+ 3 %	+ 3 %

Εικόνα 4.5: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Φ/Β πολυκρυσταλλικού πλαισίου “SUN 72P-35F 320-340W ”[29]

Τα ανωτέρω πλαίσια θα τοποθετηθούν σε βάση στήριξης με σύστημα Tracker ενός (1) άξονα «ArmaSide». Το σύστημα αυτό, παρακολούθησης του ήλιου, είναι σχεδιασμού και παραγωγής της εταιρίας «ArmaSide». Πρόκειται για μία οριζόντια διάταξη «landscape» τοποθέτησης των Φ/Β πλαισίων επί τετράγωνων δοκών με τη δυνατότητα αζιμουθιακής ταλάντωσης. Οι σειρές των δοκών εδράζονται επί μονών πασσάλων (δοκών) «UPN 80», ύψους 3,00μ, με το μισό μήκος τους πακτωμένο στο έδαφος. Εναλλακτικά τοποθετούνται σε στηρίγματα από τμήματα δοκού «S60» σε σχήμα ανεστραμμένου «Υ» που εδράζονται σε βαρυντικές βάσεις από μπετόν. Όλοι οι δοκοί θα είναι εν θερμώ γαλβανισμένοι. [25]

Η παρακολούθηση του ήλιου γίνεται με τη βοήθεια αισθητήρων και PLC. Υπάρχει αισθητήρας χιονιού και ανεμόμετρο για την λήψη της ενδεδειγμένης θέσης σε περίπτωση αντίστοιχων ακραίων καιρικών φαινομένων. Το σύστημα συνοδεύεται από μελέτη στατικής επάρκειας και από εγγύηση έναντι διάβρωσης 25 ετών. [25]

Οι σειρές θα περιστρέφονται στην κατεύθυνση (άξονα) Ανατολή – Δύση. Οι καλωδιώσεις θα διέρχονται δια των δοκών, καθιστώντας περιττές τις εκσκαφές. Από σκελετό γαλβανισμένου χάλυβα, συνοδεύεται από μελέτη Στατικής Επάρκειας (EC 1,3 και EAK 2008) και σήμανση CE. Επίσης παρέχεται εγγύηση έναντι διάβρωσης 25 ετών.

Το σύστημα «tracker 1X ArmaSide» αυξάνει την απόδοση της εγκατάστασης κατά 20 – 25 % ως προς τα συστήματα σταθερών βάσεων. [25]



Εικόνα 4.6: Φ/Β πλαίσια και σύστημα «tracker 1X ArmaSide» [25]

4.2.2 Inverters (Αντιστροφείς)

Ένα από τα βασικά στοιχεία του Φ/Β συστήματος είναι οι Inverters (αντιστροφείς).

Το “IEC TS 61836” προσδιορίζει διάφορους τύπους μετατροπέων, που δύναται να ταξινομηθούν σε ομάδες, με βάση «χαρακτηριστικά» ή «ιδιότητες» αυτών, ως εξής: [7]

- Χαρακτηριστικά εξόδου της ισχύος: έλεγχος του ρεύματος, σύνδεσης υψηλής συχνότητας, μετατροπέας ελέγχου της τάσης
- Αλληλεπίδραση πλέγματος: συνδεδεμένος με το δίκτυο, εξαρτώμενος από το δίκτυο, αλληλεπιδραστικός (διαδραστικός) με το δίκτυο, μη-νησιδοποίησης, αυτόνομος μετατροπέας (ανεξάρτητος)
- Αλληλεπίδραση φωτοβολταϊκής συστοιχίας: κεντρικός, σειράς, ενσωματωμένος μετατροπέας μονάδας.

Ενώ το κύριο πλεονέκτημα των τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ είναι το χαμηλό, ή σχεδόν μηδενικό σε ορισμένες περιπτώσεις, περιβαλλοντικό αποτύπωμα, τεχνολογίες αντιμετωπίζουν πολλά προβλήματα και δυσκολίες εφαρμογής. Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα είναι ότι η ενσωμάτωσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο προκαλεί προβλήματα ποιότητας ισχύος στο δίκτυο. Αυτό δεν είναι αποδεκτό, ειδικά στο επίπεδο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της παρουσίας ευαίσθητων φορτίων, τα οποία απαιτούν την συνεχή και αδιάλειπτη παροχή υψηλής ποιότητας ενέργειας. [30]

Όσον αφορά τους μετατροπείς, η απόδοση του μετατροπέα για υπερσύγχρονα προϊόντα εταιρίας (επώνυμης μάρκας) βρίσκεται στα επίπεδα του 98% και άνω. [21]

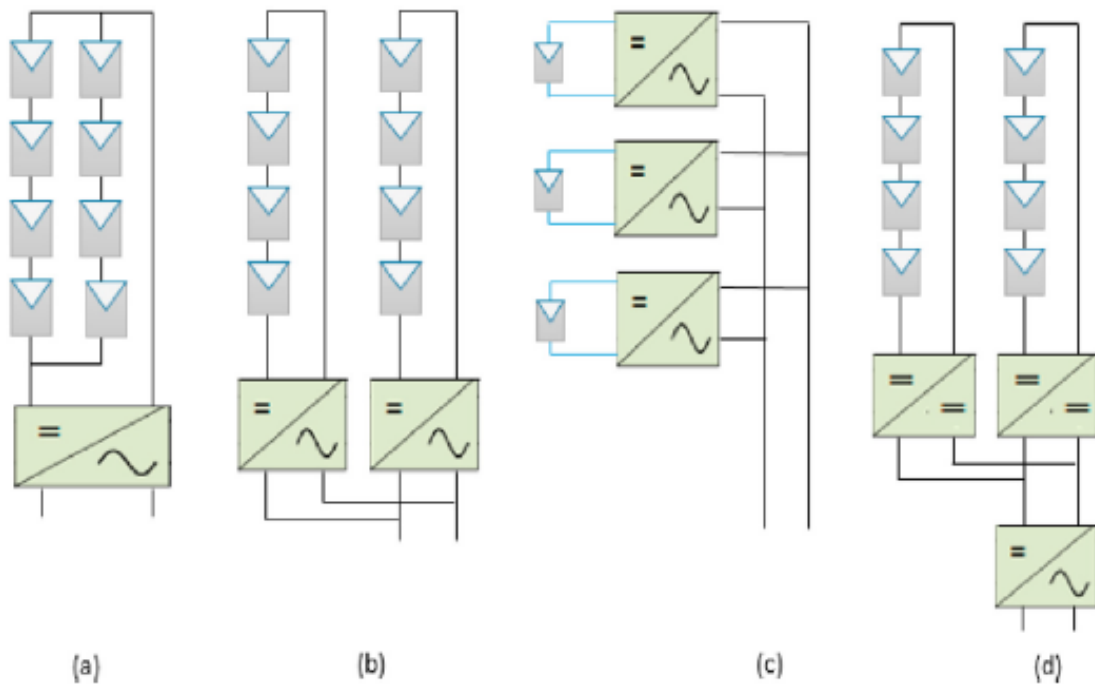
Οι **inverters** διαθέτουν, ενσωματωμένα mpp tracker (maximum power point - trackers) για την ανίχνευση του σημείου μέγιστης απόδοσης των πλαισίων. [24]

Τα βασικά χαρακτηριστικά και κυρίως αυτά της DC πλευράς καθορίζουν την επιλογή του και για την συνδεσμολογία των πλαισίων. Εκτός από την ισχύ δίνουμε ιδιαίτερη σημασία στο εύρος της τάσης εισόδου και στο εύρος της τάσης MPP για την ονομαστική λειτουργία. Ο βαθμός απόδοσης των inverters κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα και στα εξεταζόμενα συστήματα ξεπερνά το 98%.

Επιπλέον συναντάμε και χαρακτηριστικά για το σύστημα (“system data”) που αφορούν χαρακτηριστικά συστήματος, βαθμός IP προστασίας κλπ και για τις διεπαφές (“interface”) που αφορούν στις δυνατότητες σύνδεσης και επικοινωνίας του inverter.

Στην παρακάτω εικόνα δίνονται οι αρχιτεκτονικές ενός ηλιακού φωτοβολταϊκού (SPV) όσον αφορά τους inverter (μετατροπείς) σε σχέση με τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες. Όπως βλέπουμε παρακάτω έχουμε τις εξής κατηγορίες: [31]

- inverter κεντρικός
- inverter συμβολοσειράς
- inverter μονάδας
- inverter πολλαπλών συμβολοσειρών



Εικόνα 4.7: Αρχιτεκτονικές SPV - Inverter: Κεντρικός (a), συμβολοσειράς (b), μονάδας (c), πολλαπλών συμβολοσειρών (d). [31]

Στην περίπτωση Α γίνεται χρήση του Inverter “piko epc 60kW”, ο οποίος διαθέτει ενσωματωμένη αντικεραυνική προστασία. Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. [24]

Power class		30	50	60	
Input side (DC)	Max. PV power (cos φ = 1)	kWp	45	75	90
	Nominal DC power	kW	30	50	60
	Rated input voltage ($U_{DC,r}$)	V	620	620	620
	Start-up input voltage ($U_{DC,start}$)	V	250	250	250
	Input voltage range ($U_{DC,min} - U_{DC,max}$)	V	180...1000	200...1100	200...1100
	MPP range at rated output ($U_{MPP,min} - U_{MPP,max}$)	V	480...800	540...800	540...800
	MPP working voltage range ($U_{MPP,working,min} - U_{MPP,working,max}$)	V	180...960	200...960	200...960
	Max. working voltage ($U_{DC,working,max}$)	V	960	960	960
	Max. input current ($I_{DC,max}$) per MPPT	A	DC 1-3: 37,5 DC 4-6: 37,5	DC 1-3: 33 DC 4-6: 33 DC 7-8: 22 DC 9-10: 22	DC 1-3: 33 DC 4-6: 33 DC 7-9: 33 DC 10-12: 33
	Max. DC short-circuit current ($I_{sc,pv}$)	A	90 (45/45)	150 (45/45/30/30)	180 (45/45/45/45)
	Max. DC current per DC terminal	A	14		
	Number of DC inputs		6	10	12
	Number of independent MPP trackers		2	4	4

Εικόνα 4.8α: Χαρακτηριστικά DC πλευράς inverter “piko epc 60kW” [24]

Output side (AC)	Rated power, $\cos \varphi = 1$ ($P_{AC,r}$)	kW	30	50	60
	Max. active output power, $\cos \varphi = 1$ ($P_{AC,max}$)	kW	33	55	66
	Max. apparent output power, $\cos \varphi_{ref}$	kVA	33	55	66
	Min. output voltage ($U_{AC,min}$)	V	277	277	277
	Max. output voltage ($U_{AC,max}$)	V	520	520	520
	Rated output current	A	48	83	90
	Max. output current ($I_{AC,max}$)	A	48	83	92
	Short-circuit current (peak/RMS)	A	48	83	92
	Grid connection		3N-, 400V, 50/60 Hz		
	Rated frequency (f_r)	Hz	50		
	Grid frequency (f_{min}/f_{max})	Hz	47.5/52		
	Setting range of the power factor ($\cos \varphi_{AC,r}$)		0.8...1...0.8		
	Power factor for rated power ($\cos \varphi_{AC,r}$)		1		
	Max. THD	%	<3		
	Standby (night-time consumption)	W	<1		

Εικόνα 4.8β: Χαρακτηριστικά AC πλευράς inverter “piko eps 60kW” [24]

η	Max. efficiency	%	98.2	98.3	98.3
	European efficiency	%	97.9	98.1	98.1
	MPP adjustment efficiency	%	99.9	99.9	99.9

Εικόνα 4.8γ: Χαρακτηριστικά (βαθμός απόδοσης) inverter “piko eps 60kW”[24]

Power class		30	50	60	
System data	Topology: Without galvanic isolation – transformerless		✓		
	Protection class in accordance with EN 60529		IP 65		
	Protective class in accordance with EN 62109-1		I		
	Overvoltage category in accordance with IEC 60664-1, input side (PV generator)		II		
	Overvoltage category in accordance with IEC 60664-1, output side (grid connection)		III		
	DC/AC overvoltage protection		Typ 2		
	Degree of contamination		4		
	Environmental category (outdoor installation)		✓		
	Environmental category (indoor installation)		✓		
	UV resistance		✓		
	AC cable diameter (min-max)	mm	22...32	35...50	
	AC cable cross-section (min-max)	mm ²	10...25	35...50	35...50
	DC cable cross-section (min-max)	mm ²	4...6		
	Max. fuse protection on output side		B63 / C63	B125 / C125	B125 / C125
	Internal operator protection in accordance with EN 62109-2		RCMU/RCCB type B		
	Automatic switching device integrated in accordance with VDE V 0126-1-1		✓		
	Height/width/depth	mm	470/555/270	710/885/285	710/855/285
	Weight	kg	41	83	83
	Cooling principle – regulated fans		✓		
	Max. air throughput	m ³ /h	185	411	
	Typical noise emission	dB(A)	50	<63	
	Ambient temperature	°C	-25...60		
	Max. installation altitude above sea level	m	4000		
Relative humidity	%	0...100			
Connection technology, DC side		Amphenol plug HM			
Connection technology, AC side (bolt)		M6	M8		
Interfaces	Ethernet LAN TCP/IP (RJ45)		2		
	W-LAN		✓		
	RS485		1		
	Digital inputs		4		
KOSTAL Smart Warranty / Warranty ⁰	Years	5 (2)			
Directives/Certification <small>(*) does not apply to all national annexes to EN 50438</small>		EN62109-1, EN62109-2, VDE-AR-N 4105:2018, PO12.2, FD 244:2019, UNE 217001, EN 50549-1 -2, CEI0-16:2019, CEI0-21:2019 >11.08kW, UK G99/1-4 LV, IFR-DCC MW 2015, IEC61727/62116			

Εικόνα 4.8δ: Χαρακτηριστικά (διεπαφές) inverter “piko εpc 60kW” [24]



Εικόνα 4.9: inverter “piko epc 60kW” [24]

Στην **περίπτωση Β, Γ** γίνεται χρήση του Inverter “piko epc 36kW”. Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. [24]

Βλέπουμε και εδώ τα βασικά χαρακτηριστικά και ιδιαίτερα αυτά της DC πλευράς που είναι καθοριστικά για την επιλογή του και για την συνδεσμολογία των πλαισίων. Εκτός από την ισχύ δίνουμε ιδιαίτερη σημασία στο εύρος της τάσης εισόδου και στο εύρος της τάσης MPP για την ονομαστική λειτουργία. Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε επίσης όλα τα χαρακτηριστικά και της DC και της AC πλευράς του inverter καθώς τον βαθμό απόδοσης.

Κατηγορία ισχύος		36	
Πλευρά εισόδου (DC)	Μέγ. Φ/Β ισχύς ($\cos \varphi = 1$)	kWp	54
	Ονομαστική ισχύς DC	kW	37
	Ονομαστική τάση εισόδου ($U_{DC,n}$)	V	580'
	Τάση εισόδου εκκίνησης ($U_{DCstart}$)	V	580'
	Εύρος τάσης εισόδου ($U_{DCmin} - U_{DCmax}$)	V	560'...1100
	Εύρος τάσης MPP για ονομαστική ισχύ ($U_{MPPmin} - U_{MPPmax}$)	V	580'...800
	Εύρος τάσης λειτουργίας MPP ($U_{MPPworkmin} - U_{MPPworkmax}$)	V	580'...1000
	Μέγ. τάση λειτουργίας ($U_{DCworkmax}$)	V	1000
	Μέγ. ρεύμα εισόδου (I_{DCmax}) ανά ζεύγος DC (DC1-2, DC3-4, DC5-6)	A	30
	Μέγ. ρεύμα βραχυκυκλώματος Φ/Β ($I_{SC, PV}$) ανά ζεύγος DC	A	-
	Αριθμός εισόδων DC		6
	Αριθμός ανεξάρτητων MPP-Tracker		1

Εικόνα 4.10α: Χαρακτηριστικά DC πλευράς inverter “piko εpc 36kW” [24]

Πλευρά εξόδου (AC)	Ονομαστική ισχύς, $\cos \varphi = 1$ ($P_{AC,n}$)	kW	36
	Μέγ. φαινόμενη ισχύς εξόδου, $\cos \varphi_{act}$	kVA	36
	Ελάχ. τάση εξόδου (U_{ACmin})	V	320
	Μέγ. τάση εξόδου (U_{ACmax})	V	460
	Ονομαστικό ρεύμα εξόδου	A	52
	Μέγ. ρεύμα εξόδου (I_{ACmax})	A	55
	Ρεύμα βραχυκυκλώματος (peak/RMS)	A	82,4/58,3
	Σύνδεση δικτύου		3-, 400V, 50 Hz
	Ονομαστική συχνότητα (f_n)	Hz	50
	Ελάχ./μέγ. συχνότητα δικτύου (f_{min}/f_{max})	Hz	47,5/52
	Εύρος ρύθμισης του συντελεστή ισχύος ($\cos \varphi_{AC,n}$)		0,8...1...0,8
	Συντελεστής ισχύος σε ονομαστική ισχύ ($\cos \varphi_{AC,n}$)		1
	Μέγ. συντελεστής παραμόρφωσης	%	3
Αναμονή (νυχτερινή κατανάλωση)	W	3,7	

Εικόνα 4.10β: Χαρακτηριστικά AC πλευράς inverter “piko εpc 36kW” [24]

η	Μέγιστος βαθμός απόδοσης	%	98,7
	Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης	%	98,3
	Βαθμός απόδοσης Καλιφόρνιας	%	98,4
	Βαθμός απόδοσης προσαρμογής MPP	%	99,9

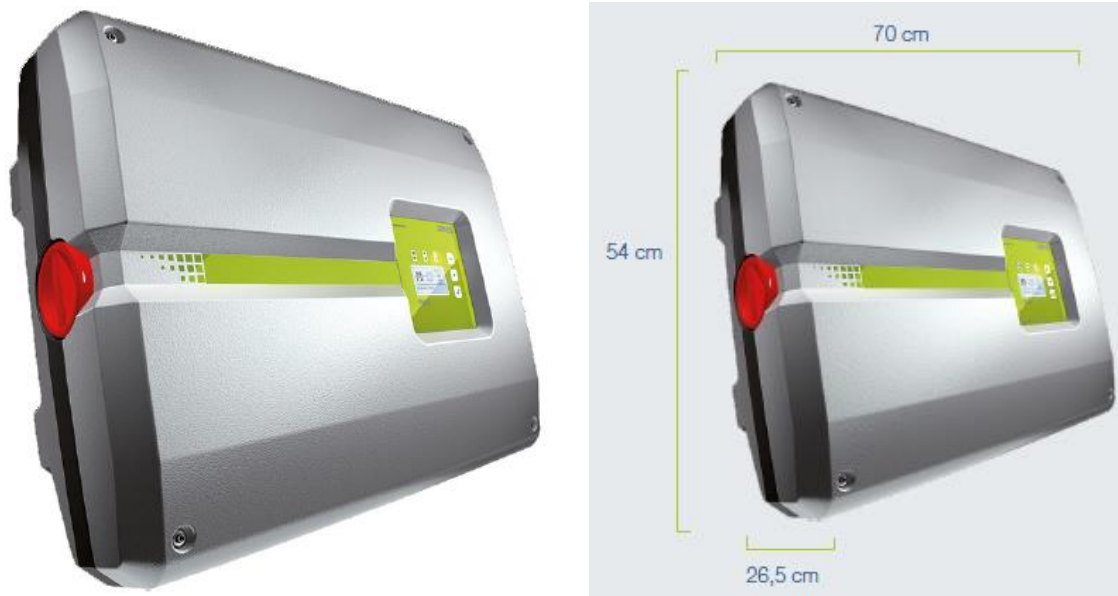
Εικόνα 4.10γ: Χαρακτηριστικά (βαθμός απόδοσης) inverter “piko εpc 36kW” [24]

Κατηγορία ισχύος		36	
Τοπολογία: Χωρίς γαλβανική απομόνωση – χωρίς μετασχηματιστή		✓	
Βαθμός προστασίας κατά IEC 60529		IP 65	
Κατηγορία προστασίας κατά IEC 62103		I	
Κατηγορία υπέρτασης κατά IEC 60664-1 πλευρά εισόδου (FNB γεννήτρια)		II	
Κατηγορία υπέρτασης κατά IEC 60664-1 πλευρά εξόδου (σύνδεση με το δίκτυο)		III	
Προστασία από υπέρταση DC/AC		προαιρετικά τύπου 2	
Προστασία από υπέρταση LAN/RSS485		προαιρετικά	
Βαθμός ρυπαρότητας		4	
Περιβαλλοντική κατηγορία (εγκατάσταση σε εξωτερικό χώρο)		✓	
Περιβαλλοντική κατηγορία (εγκατάσταση σε εσωτερικό χώρο)		✓	
Αντοχή στην υπερυώδη ακτινοβολία		✓	
Δεδομένα συστήματος	Διάμετρος καλωδίου AC (ελάχ.-μέγ.)	mm	16...28
	Διατομή καλωδίου AC (ελάχ.-μέγ.)	mm ²	16...25
	Διατομή καλωδίου DC (ελάχ.-μέγ.)	mm ²	4...6
	Μέγ. ασφαλεία πλευράς εξόδου		B100 / C100
	Προστασία ατόμων εσωτερικά κατά EN 62109-2		RCMU/RCCB τύπου B
	Ενομιματωμένος αυτόματος διακόπτης κατά VDE V 0126-1-1		H
	Ύψος/Πλάτος/Βάθος	mm (h)	540/700/265 (21.26/27.56/10.43)
	Βάρος	kg (lb)	51,0 (112.5)
	Τρόπος ψύξης – Ρυθμιζόμενοι ανεμιστήρες		✓
	Μέγ. ροή αέρα	m ³	-
	Μέγ. επίπεδο θορύβου	dBA	64
	Θερμοκρασία περιβάλλοντος	°C (°F)	-25...60 (-13...140)
	Μέγ. υψόμετρο εγκατάστασης πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας	m (ft)	3000 (9843)
	Σχετική υγρασία αέρα	%	4...100
	Τύπος σύνδεσης στην πλευρά DC		Βάσμα SUNCLIX
	Τύπος σύνδεσης στην πλευρά AC		Συστοιχία ακροδεκτών με ελατήρια

Εικόνα 4.10δ: Χαρακτηριστικά (δεδομένα συστήματος) inverter “piko epc 36kW” [24]

Διεπαφές	Ethernet LAN (RJ45)		2
	RS485		1
	S0		1
	Αναλογικές εισοδοί		4
	Επαφή χωρίς δυναμικό για έλεγχο ιδιοκατανάλωσης		1
	Webserver (User Interface)		✓
	Εγγύηση	Έτη	
Προαιρετική επέκταση εγγύησης για (έτη)			5/10/15
Οδηγίες / Πιστοποίηση		CE, GS, EN62109-1, EN62109-2, TR3, TR4, TR8, BDEW, VDE-AR-N 4105, NAV/EEA, VDE 0126-1-1, CEI 0-16, C10/11, RD661, PO12.3, G59/3-2, IEC 62116, IEC 61727, EN 50438*, CLC/TS 50549-1, TSE K 191, CLC/TS 50549-2, TSE K 192, TOR D4, ERDF-PRO-RES 64E	
		* Δεν ισχύει για όλα τα σθικά παραρτήματα του EN 50438	

Εικόνα 4.10ε: Χαρακτηριστικά (διεπαφές) inverter “piko epc 36kW” [24]



Εικόνα 4.11: inverter “piko epc 36kW” [24]

Στην εξεταζόμενη **περίπτωση Δ** θα χρησιμοποιηθούν πέντε (5) inverter «PVS-100-TL SX2 FULL» της εταιρίας ABB, ή αντίστοιχα, συνοδευόμενοι από «Logger», για την απομακρυσμένη παρακολούθηση της λειτουργίας τους. Θα τοποθετηθούν εξωτερικά του οικίσκου επί ανεξάρτητων αναρτήσεων. [25]

Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε την οπτική εμφάνιση και τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου Inverter.



Εικόνα 4.12α: Inverter «ABB PVS-100-TL-SX2 FULL» (πηγή:new.abb.com)

Global Commercial Alias:	3P899901000A
Extended Product Type:	PVS-100-TL; SX2 FULL
Product ID:	6AGC069645
EAN:	8054529632404
Catalog Description:	PVS-100-TL; SX2 FULL Inverter
Long Description:	Three-phase string inverter, 100000Wac@400VAC, 6 MPPT, IP66 (Fans IP54), Mounting Bracket, 24 + 24 DC input With 24 + 24 string fuses, Individual current monitoring of the DC inputs (24 ch), Monitored&replACeable DC surge protection Type II, DC disconnect switch, AC disconnect switch, AC busbar connection (Cu/Al), Monitored&replACeable AC surge protection Type II, Dual port ethernet (Modbus/SUNSPEC), RS-485 communication interface (Modbus/Sunspec), Wifi, AC plate to support single core cables (PVS-100/120), 3P (+N) Cable gland M40, plastic, cable dia. 19 ... 28 mm, PE cable gland M25, plastic, cable dia. 10 ... 17 mm

Εικόνα 4.12β: Χαρακτηριστικά Inverter «ABB PVS-100-TL-SX2» (πηγή:new.abb.com)

4.2.3 Γειώσεις – Αντικεραυνική προστασία

Το ΣΑΠ είναι αναγκαίο σε έναν φωτοβολταϊκό σταθμό.

Ένα φωτοβολταϊκό (Φ/Β) σύστημα αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη για τα οποία είναι αναγκαία η αντικεραυνική προστασία: [32]

- Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες ή ηλιακοί συλλέκτες
- Καλωδιώσεις εγκατάστασης
- Inverters (ή μετατροπείς)
- πίνακες ρεύματος και ζυγοί μεταφοράς των DC/AC

Οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται σε ομάδες (συστοιχίες) και καθορίζονται από την ισχύ εγκατάστασης σε kW. Η παραγόμενη, από το σύστημα, ηλεκτρική ενέργεια είτε αποταμιεύεται σε μπαταρίες είτε τροφοδοτείται το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ.

Ο βασικός εξοπλισμός, εξαιρώντας τους συλλέκτες, είναι: [32]

- ο ηλεκτρικός πίνακας που συγκεντρώνει τα καλώδια των συλλεκτών (αναφέρεται και ως “Junction box”)
- η συστοιχία μπαταριών και ο φορτιστής (charger) αυτών (εάν υπάρχει)
- οι inverters που μετατρέπουν το ρεύμα από dc σε ac
- ο γενικός πίνακας για διανομή ρεύματος (πίνακας ac)
- ο μετασχηματιστής Μ.Τ.

Ο Φ/Β εξοπλισμός για μεσαίες και μεγάλες μονάδων συνήθως τοποθετείται σε οικίσκο, ενώ στις μικρότερες σε ισχύ μονάδες εγκαθίστανται σε χώρο εντός ή εξωτερικά του κτιρίου.

Οι ζημιές και απώλειες των Φ/Β από κεραυνούς ή γενικά από υπερτάσεις, μπορεί να έχουν σημαντικό κόστος επιπτώσεις και θα πρέπει να έχουμε τις λιγότερες πιθανότητες να συμβούν.

Τα Φ/Β συστήματα εξαιτίας της θέσης εγκατάστασης, σε υπαίθριες ή εκτεταμένες εγκαταστάσεις καθώς και του εξοπλισμού που χρησιμοποιούν, ο οποίος θεωρείται ευαίσθητος ηλεκτρικός – ηλεκτρονικός εξοπλισμός, αντιμετωπίζουν έναν σοβαρό κίνδυνο, που είναι η καταστροφή τους υπερτάσεις (από κεραυνό ή άλλο λόγο) .

Ο κίνδυνος είναι ότι μπορεί να υπάρξει ολική απώλεια του εξοπλισμού σε περίπτωση που δεχτεί άμεσο πλήγμα από κεραυνό είτε η εγκατάσταση (S1) είτε το ηλεκτρικό δίκτυο (S3) που τροφοδοτεί. Επίσης, όταν οι θέσεις κοντά στην εγκατάσταση (S2) ή στο δίκτυο (S4) που τροφοδοτεί, πληγούν από κεραυνό, μπορεί να έχουμε εκτεταμένες ζημιές στα ηλεκτρικά και στα ηλεκτρονικά συστήματα.

Στις περιπτώσεις αυτές η αντικατάσταση του εξοπλισμού που θα απαιτηθεί και η απώλεια παραγωγής ενέργειας, είναι σημαντικές και έχουν σοβαρές οικονομικές απώλειες. Το κόστος πλήρης εγκατάστασης για ένα Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ), αποτελούμενο από εξωτερικό και εσωτερικό ΣΑΠ, λαμβάνοντας υπόψη το Ευρωπαϊκό Πρότυπο «ΕΛΟΤ EN 62305» και την σχετική νομοθεσία, είναι οικονομικά συμφέρον.

Η ανάγκη για την εγκατάσταση ΣΑΠ και επιλογή της κλάσης προστασίας αυτού, προκύπτουν από την εκτίμηση των κινδύνων για τον χώρο εγκατάστασης που εξετάζουμε, λαμβάνοντας υπόψη το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-2.

Η εκτίμηση κινδύνων είναι: [32]

A. Ζημιών. Χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες. Την D2: Αφορά Φυσικές ζημιές όπως είναι η φωτιά, η έκρηξη, η μηχανική ζημιά κλπ. και την D3: Αφορά ζημιές από υπερτάσεις στα ηλεκτρικά και στα ηλεκτρονικά συστήματα

B. Απωλειών. Χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες. Την L2: Αφορά την Απώλεια κοινωφελών δικτύων και την L4: Αφορά τις Οικονομικές απώλειες όπως είναι οι απώλειες των παρεχόμενων υπηρεσιών, της κανονικής λειτουργίας κλπ..

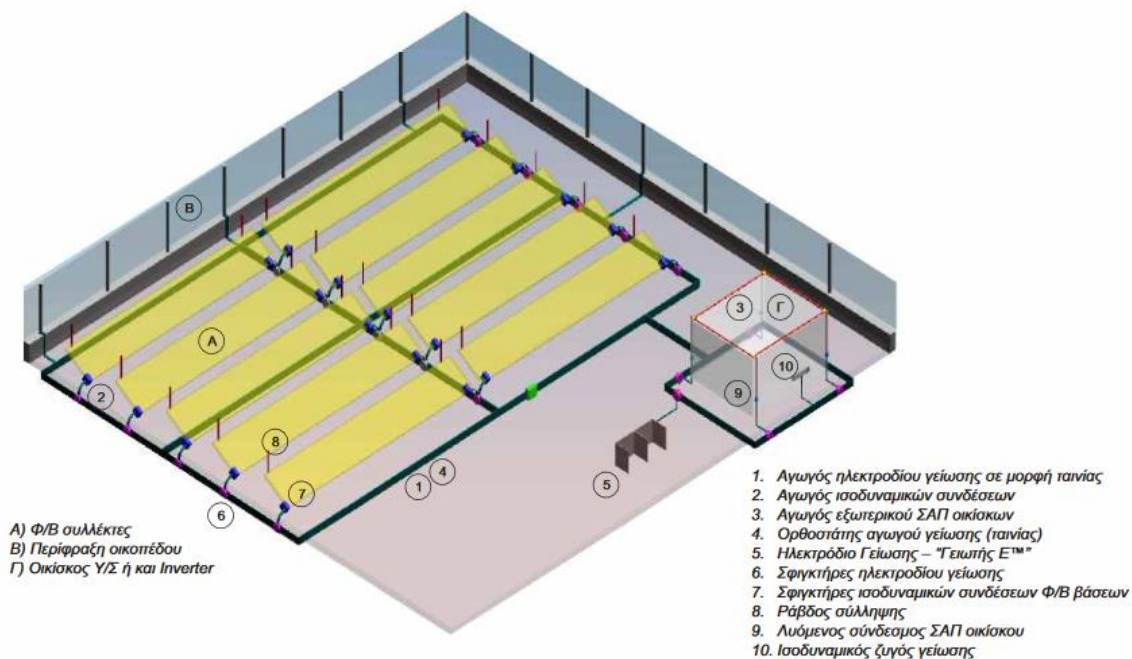
Το εξωτερικό ΣΑΠ για εκτεταμένα Φ/Β (πάρκων ή σταθμών) είναι αυτό που εφαρμόζεται για την προστασία των Φ/Β εγκαταστάσεων. Με την εγκατάσταση ενός εξωτερικού ΣΑΠ επιτυγχάνουμε την προστασία του οικίσκου και των συλλεκτών.

Ένα εξωτερικό ΣΑΠ για την προστασία των ηλιακών συλλεκτών περιλαμβάνει συνήθως ένα σύνολο από ανεξάρτητους ιστούς ή ράβδους σύλληψης, τοποθετούμενες σε επιλεγμένες θέσεις στις βάσεις των συλλεκτών. Με τον τρόπο αυτό, σχηματίζεται ένας ορθός κυκλικός κώνος, με νοητή γωνία προστασίας, έχοντας επιλέξει την κατηγορία I, II, III ή IV της κλάσης προστασίας και το ύψος της κάθε ράβδου (ιστός) και πετυχαίνουμε την προστασία των συλλεκτών που βρίσκονται εντός αυτού του χώρου.

Για την προστασία του οικίσκου, συνήθως, επιλέγουμε εφαρμογή της μεθόδου των βρόγχων, και σχεδιάζουμε εξωτερικό ΣΑΠ με τις καθόδους που απαιτούνται, λαμβάνοντας υπόψη το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3.

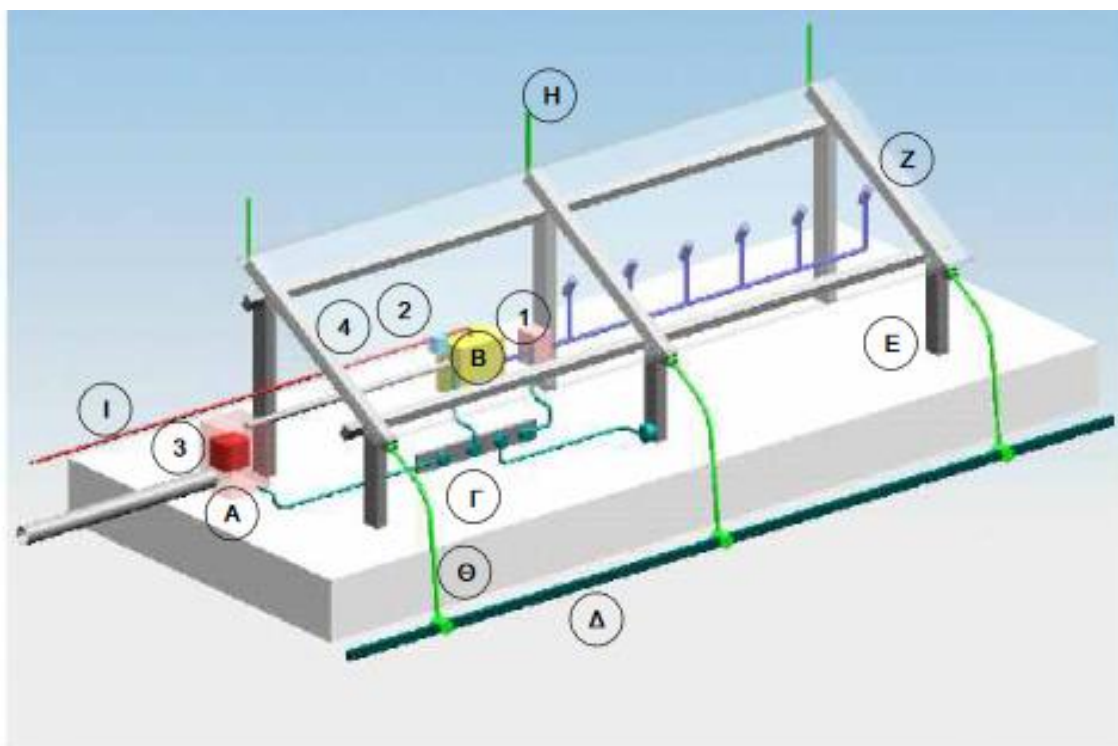
Συνήθως, το σύστημα των συλλεκτών και το σύστημα γείωσης είναι κοινό, για την καλύτερη και αποτελεσματικότερη προστασία.

Ολόκληρος ο εξοπλισμός ενός ΣΑΠ (αγωγοί, εξαρτήματα, σύνδεσμοι κλπ.) πρέπει να διαθέτει τις εργαστηριακές δοκιμές που απαιτούνται με βάση τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα “ΕΛΟΤ EN 50164”. [32]

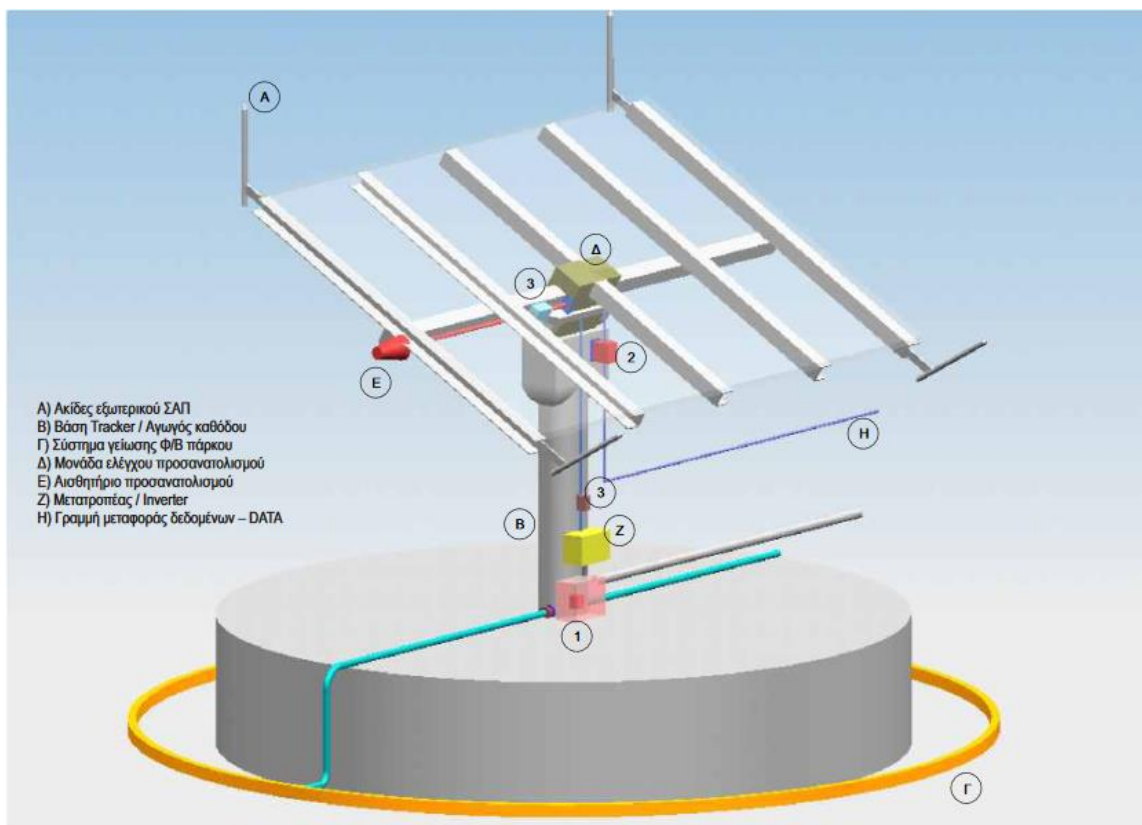


Εικόνα 4.13: «Σύστημα γείωσης» και «εξωτερικό ΣΑΠ» εκτεταμένων Φ/Β [32]

- | | |
|--|--|
| A) Κεντρικός ηλεκτρικός πίνακας παραγωγής AC | Z) Φ/Β συλλέκτες / πλαίσια |
| B) Μετατροπέας (Inverter DC/AC) | H) Ακίδες εξωτερικού ΣΑΠ |
| Γ) Ζυγός γείωσης | Θ) Αγωγοί καθόδου / ισοδυναμική σύνδεση βάσης με σύστημα γείωσης |
| Δ) Σύστημα γείωσης Φ/Β πάρκου | Ι) Γραμμή μεταφοράς δεδομένων – DATA |
| Ε) Σταθερή βάση Φ/Β | |



Εικόνα 4.14: «Σύστημα γείωσης» και «εξωτερικό ΣΑΠ» εκτεταμένων Φ/Β με σταθερές βάσεις (περ.1) [32]



Εικόνα 4.15: «Σύστημα γείωσης» και «εξωτερικό ΣΑΠ» Φ/Β πάρκων με “trackers” [32]

Ειδικότερα για τα εξεταζόμενο συστήματα των 500KWp (περίπτωση Α και Β) αναφέρονται τα παρακάτω.

Η Φ/Β εγκατάσταση θα πρέπει να είναι πλήρως γειωμένη και προστατευμένη με ΣΑΠ (σύστημα αντικεραυνικής προστασίας). [24]

Για την προστασία του εξοπλισμού προβλέπεται τοποθέτηση στους πίνακες απαγωγών υπέρτασης σύμφωνα με την ισχύουσα Ελληνική Νομοθεσία καθώς και με τα Διεθνή Πρότυπα.

Η γείωση για το αλεξικέραυνο και η γείωση του μετρητή ΔΕΗ θα είναι κοινή και θα πρέπει να έχει μέγιστη επιθυμητή αντίσταση γείωσης τα 2Ω , δηλαδή να έχει τιμή μικρότερη από 2Ω μετρούμενη σε συνθήκες ξηρού εδάφους. Ολόκληρος ο μεταλλικός εξοπλισμός θα διαθέτει ισοδυναμικές συνδέσεις με το σύστημα γείωσης κυρίως για την προστασία από ηλεκτροπληξία.

Το ΣΑΠ καλύπτει τους ηλιακούς συλλέκτες και τους inverters. Το σύστημα ακίδων θα βασίζεται στην μέθοδο “γωνία προστασίας”. Θα διαθέτει προστασία έναντι των κρουστικών υπερτάσεων.

Τα inverters θα διαθέτουν για το κύκλωμα συνεχής τάσης DC, ενσωματωμένη προστασία έναντι κεραυνών. Στην πλευρά του ρεύματος AC θα υπάρχουν απαγωγοί υπερτάσεων “AC” τύπου “T1” και “T2” 40kA. Επιπρόσθετα έχουν ενσωματωμένους απαγωγούς “τύπου T3” για την πλευρά του AC ρεύματος. [24]

4.2.4 Υποσταθμός Μέσης Τάσης – Γενικός πίνακας - Εγκατάσταση

Ένα από τα βασικά στοιχεία του Φ/Β συστήματος είναι ο υποσταθμός (οικίσκος) που περιλαμβάνει τον Μετασχηματιστή ΜΤ/ΧΤ και τον γενικό πίνακα. Αποτελεί το κεντρικό σημείο της εγκατάστασης, στοιχεία της οποίας αναλύονται παρακάτω.

Υπαίθριοι υποσταθμοί

Αναφέρουμε γενικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά και την αναγκαιότητα ενός υποσταθμού.

Ο υποσταθμός Μ.Τ. θα πρέπει να πληροί συγκεκριμένες απαιτήσεις και προδιαγραφές. [24]



Εικόνα 4.16α: Υποσταθμός (κιόσκι) Μ.Τ.-Χ.Τ. [33]

Ένας υπαίθριος υποσταθμός τύπου κιόσκι χρησιμοποιείται: [33]

- σε νέες ή υφιστάμενες εγκαταστάσεις (εργοστάσια, σταθμοί παραγωγής κλπ) που αναπτύσσονται με παροχές Χαμηλής τάσης - Μέσης τάσης (Χ.Τ.-Μ.Τ.) και δεν διαθέτουν υφιστάμενους και απαραίτητους χώρους για τον Υποσταθμό.
- για την επέκταση οποιoδήποτε δικτύου ή εγκατάστασης με την απαιτούμενη χρήση ενός Υποσταθμού.
- για φωτοβολταϊκές εφαρμογές ισχύος πάνω από 100KW

- για χρήση σε εργοτάξια

Η χρήση υπαίθριου Υποσταθμοί δίνουν πλεονεκτήματα καθώς: [33]

- Δύναται να γίνει μετεγκατάστασή τους.
- Έχουν σημαντική αξία μεταπώλησης.
- Παραδίδονται ολοκληρωμένοι, με πλήρη και αναλυτικά μηχανολογικά, ηλεκτρολογικά σχέδια καθώς και σχέδια της κατασκευής της βάσης στήριξης.
- Καλύπτουν μέγεθος ισχύος έως και 5000 KVA.
- Περιλαμβάνουν πιστοποιημένους ηλεκτρικούς πίνακες για την Μέση Τάση και την Χαμηλή Τάση.
- Διαθέτουν πιστοποιητικά «πλήρης δοκιμές σειράς» που γίνονται σε εργαστήρια δοκιμών και με δοκιμές της μόνωσης έως 50.000 V.
- Ο χειρισμός γίνεται εντός του υποσταθμού.
- Έχουν ενισχυμένο δάπεδο και παρέχουν πλήρης προστασία έναντι εισβολέων (τροκτικών, φιδιών κ.α.).

Παράγονται σε τυποποιημένα μοντέλα – μεγέθη οπότε οι τυποποιημένοι υπαίθριοι Υποσταθμοί προσφέρουν:

- Περίβλημα με γαλβανισμένη λαμαρίνα με πάχος 2,0 mm και ηλεκτροστατικά βαμμένη με αδιάβροχη βαφή.
- Ανεξάρτητο χώρο με ξεχωριστή πόρτα για την πρόσβαση των χώρων «Μέσης Τάσης Άφιξης» και «Αναχώρησης 24 KV». Διαθέτουν αυτόματο φωτισμό για τον εσωτερικό χώρο καθώς και ρευματοδότη.
- Ανεξάρτητο χώρο με ξεχωριστή πόρτα για την πρόσβαση των χώρων «Μετασχηματιστή Ελαίου» και «Ξηρού». Διαθέτουν αυτόματο φωτισμό για τον εσωτερικό χώρο καθώς και ρευματοδότη. Επίσης διαθέτουν άνοιγμα αερισμού, αναγκαίο για τον αερισμό του Μ/Σ, με ανεμιστήρα αξονικού τύπου και έλεγχο από θερμοστάτη.
- Ανεξάρτητο χώρο με ξεχωριστή πόρτα για την πρόσβαση του χώρου «Χαμηλή Τάση 0,4KV». Διαθέτουν αυτόματο φωτισμό για τον εσωτερικό χώρο καθώς και ρευματοδότη.
- Μεταλλική βάση, ενισχυμένη, κατασκευασμένη από «Π» 80mm.

- Κατασκευή, ικανή, για την αντοχή του βάρους ολόκληρου του εξοπλισμού.
- Οροφή «Δίριχτη» με κλίση 15° από πάνελ τύπου «σάντουιτς» και ενδιάμεση μόνωση. Η οροφή προεξέχει περιμετρικά 30 εκατοστά.
- Όλες οι μεταλλικές επιφάνειες και εξοπλισμός της εγκατάστασης και του υποσταθμού (Υ/Σ) γειώνονται με την περιμετρική του υποσταθμού που περιλαμβάνει μπάρα από χαλκό διατομής “30X3mm”.
- Πλήρης αυτοματισμοί για την προστασία του μετασχηματιστή και εξωτερική σειρήνα με φάρο (φαροσειρήνα) ειδοποίησης.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις και με βάση τις ανάγκες μας, οι υπαίθριοι Υποσταθμοί δύναται ακόμα να: [33]

- Έχουν έναν ή και δύο (2) μετασχηματιστές τύπου ελαίου ή ξηρού
- Ενσωματώνουν εσωτερικά και τον Πίνακα διανομής Χ.Τ.
- Ενσωματώνουν εσωτερικά και την απαιτούμενη συστοιχία πυκνωτών
- Έχουν σύστημα για την αντικεραυνική προστασία, τύπου κλωβού, για την στέγη (οροφή οικίσκου).
- Έχουν τον απαιτούμενο χώρο για γεννήτρια.
- Έχουν μόνωση με πετροβάμβακα στα τοιχώματα και την οροφή.
- Έχουν πόρτες κατασκευασμένες από αλουμίνιο.

Στοιχεία Φ/Β 500KWp

Ειδικότερα για τα εξεταζόμενο συστήματα των 500KWp (περ. Α και Β) ισχύουν τα παρακάτω αναφερόμενα.

Ο υποσταθμός Μ.Τ. (μέσης τάσης) κατασκευάζεται από προ-γαλβανισμένη λαμαρίνα με πάχος δύο (2) χιλ. και έχει τις κατάλληλες ενισχύσεις για την ακαμψία και την στιβαρότητα της κατασκευής. Ειδικότερα: [24]

- Περιλαμβάνει τρία (3) ανεξάρτητα χωριστά διαμερίσματα. Ένα τμήμα για τη Μ.Τ., ένα τμήμα για τον Μ/Σ και ένα τμήμα για την χαμηλή τάση .
- Διαθέτει φωτιστικά στεγανά, τύπου χελώνας, τα οποία και ενεργοποιούνται διαμέσων των τερματικών διακοπών που υπάρχουν στις πόρτες.
- Στον τμήμα του Μ/Σ με κατάλληλη βάση σιδηροδοκών γίνεται η ασφαλής τοποθέτησή του.

- Διαθέτει εξαεριστήρα με λειτουργεί διαμέσου θερμοστάτη χώρου έτσι ώστε να έχουμε απαγωγή του εμφανιζόμενου θερμού αέρα.
- Διαθέτει κατάλληλες περσίδες στις πόρτες έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ο φυσικός αερισμός. Επίσης, αποφεύγεται η είσοδος ζουφίων και εντόμων μέσω κατάλληλης σήτας.
- Η οροφή έχει διπλή κλήση και κατασκευάζεται από Panel (κυματοειδή) με μόνωση από πολυουρεθάνη.
- Η μεταλλική κατασκευή και οι πόρτες, καθώς και τα μεταλλικά μέρη εξοπλισμού και υλικών γειώνονται.
- Οι κυψέλες Μ.Τ. και τα πεδία Χ.Τ. αποτελούν τυποποιημένες κατασκευές.
- Οι συνδέσεις διακοπών Μ.Τ., Μ/Σ (μετασχηματιστή) και Χ.Τ. γίνονται με τις κατάλληλες μπάρες χαλκού ή αν δεν είναι εφικτό γίνεται με καλώδια.
- Κατάλληλος για την τοποθέτηση σε ύπαιθρο, με βάση από οπλισμένο σκυρόδεμα έχοντας κατασκευασθεί η κατάλληλη υποδομή για την είσοδο και έξοδο των καλωδίων.
- Ολόκληρη η κατασκευή θα πρέπει να παραδοθεί πλήρης και έτοιμη για την υποδοχή των καλώδια αναχωρήσεων και παροχής. Επίσης, θα πρέπει να είναι βαμμένη με ηλεκτροστατική βαφή.

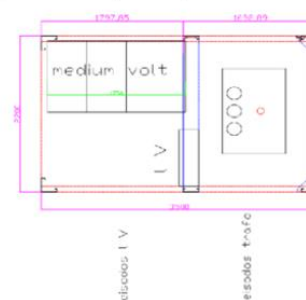
Οι ηλεκτρικοί πίνακες που θα εγκατασταθούν για το Φ/Β σύστημα θα πρέπει να είναι σύμφωνοι με τα παρακάτω αναφερόμενα διεθνή πρότυπα:

“IEC 62271-001”, “IEC 62271-100”, “IEC 62271-102”, “IEC 62271-103/104”, “IEC 62271-105”, “IEC 62271-200”. [24]



Εικόνα 4.16β: Υποσταθμός Μ.Τ. Φ/Β 500kW. [24]

✓ Κάτοψη Μικρού Υποσταθμού έως 630 KVA



Σύστημα tracker ενός άξονα

Ειδικότερα για την περίπτωση Δ, με “tracker ενός άξονα» για την πλήρη εγκατάσταση έχουμε: [25]

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα κατασκευασθεί σύμφωνα με τους κανονισμούς που αφορούν τις αρμονικές και την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα. Θα είναι σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία καθώς και με τους κανονισμούς του ΔΕΔΔΗΕ σχετικά με την ποιότητα του παρεχόμενου ρεύματος.

Για τους Πίνακες DC/AC έχουμε:

Πριν τον αντιστροφέα θα τοποθετηθεί υποπίνακας DC, που καταλήγουν τα καλώδια των Φ/Β συστοιχιών. Ο πίνακας περιλαμβάνει:

1. Διακόπτες φορτίου - Ασφαλειοθήκες
2. Απαγωγούς υπέρτασης. Είναι δυνατόν οι υποπίνακες DC να ενσωματωθούν στα inverter.

Οι inverters συνδέονται στους υποπίνακες AC. Αυτοί περιλαμβάνουν:

1. Διακόπτη 3phase εισόδου, κατάλληλης έντασης
2. Απαγωγό υπέρτασης και ασφάλεια αυτόματη

Κάθε υποπίνακας AC θα συνδέεται στον Γενικό Πίνακα Χ.Τ. που θα εγκατασταθεί στον Υ/Σ της εγκατάστασης ή θα ενσωματώνονται σ' αυτόν.

Για τα Καλώδια έχουμε:

Στην επιλογή του «Tracker», η όδευση των DC καλωδίων μέσω μεταλλικών ικριωμάτων, και δεν υπάρχει η ανάγκη εκσκαφών και δημιουργίας υπόγειου δικτύου σωληνώσεων και φρεατίων.

Καλώδια τύπου NYΥ (J1VV-R) θα χρησιμοποιηθούν για το AC τμήμα του Φ/Β Σταθμού. Ειδικότερα θα γίνει σύνδεση των αντιστροφέων DC/AC και του κεντρικού πίνακα της Χ.Τ. του Φ/Β. Οι διατομές των καλωδίων θα επιλεγούν έτσι ώστε οι πτώσεις τάσης (DC και AC) να είναι οι μικρότερες δυνατές. Η τοποθέτηση και οι συνδέσεις τους θα υλοποιηθούν σύμφωνα με τους κανονισμούς που ισχύουν και με βάση την σωστή τεχνική. Ειδικά τα καλώδια σημάτων (κάμερες, συναγερμός), οι τροφοδοσίες τους, όπως και οι γραμμές φωτισμού, θα τοποθετηθούν σε γαλβανιζέ σωλήνες στερεωμένες σε ύψος τουλάχιστον ενός (1) μέτρου επί της περιφραξης και σε βάθος τουλάχιστον 0,30μ στα συνδεδεμένα τμήματα μέχρι τον οικίσκο. [25]

Για τον Οικίσκο - Υποσταθμό Μέσης Τάσης 20.000 V έχουμε:

Εντός του οικίσκου θα υπάρχει ο υποσταθμός με Μ/Σ Μέσης Τάσης. Θα διαθέτει εξαερισμό και θα παρέχει τη δυνατότητα χειρισμών απ' το εσωτερικό του. Θα είναι εξοπλισμένος με ιδιαίτερο σύστημα γείωσης με ταινία Zn/St 30x3. Επίσης, θα διαθέτει πλήρη ηλεκτρολογική εγκατάσταση παροχών και φωτισμού. [25]

Ο υποσταθμός θα περιλαμβάνει :

- Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης (ΓΠΧΤ), επεκτάσιμο κατά 20 %, με γενικό διακόπτη ισχύος, διακόπτες για τους υποπίνακες των αντιστροφών, ενδείξεις και μετρητές. Θα υπάρχουν υποπίνακες για την τροφοδότηση βοηθητικών φορτίων και για τη λειτουργία του αυτοματισμού του «Tracker».
- Μετασχηματιστή 500 KVA 20/0,4kV ξηρού τύπου, ή αντίστοιχο, σύμφωνα με τους κανονισμούς και θα φέρει τις κατάλληλες διατάξεις προστασίας.
- Πίνακα Μέσης Τάσης που θα περιλαμβάνει:
Πίνακα Μ.Τ. της σειράς UNISEC ABB, αποτελούμενο από κυψέλες με διακοπτικό υλικό SF6 όπως παρακάτω:
 - α) Ένα (1) τεμάχιο: Κυψέλη εισόδου με διακόπτη φορτίου και με αλεξικέραυνα τύπου SDC_500
 - β) Ένα (1) τεμάχιο: Κυψέλη Μέτρησης τύπου SFV_500
 - γ) Ένα (1) τεμάχιο: Κυψέλη γενικής προστασίας με αυτόματο διακόπτη τύπου SBC_750

4.2.5 Αυτόνομο Φ/Β σύστημα

Κάθε φωτοβολταϊκός σταθμός δύναται, εφόσον απαιτηθεί, να διαθέτει ένα μικρό αυτόνομο Φ/Β για τις δικές του ανάγκες. [34]

Στην εγκατάσταση του Αυτόνομου Φωτοβολταϊκού Συστήματος περιλαμβάνονται τα κάτωθι:

- Δύο τεμάχια με Φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ).
- Μπαταρία, η οποία είναι κατάλληλη για αυτόνομα συστήματα και είναι βαθιάς εκφόρτωσης χωρίς συντήρηση.
- Μετατροπέας τάσης (Inverter) - ρυθμιστής φόρτισης - φορτιστής (μετατροπέας για το αυτόνομο σύστημα)
- Βάσεις στήριξης

Το σύστημα Αυτόνομου Φωτοβολταϊκού συνδέεται με τα παρακάτω συστήματα του Φ/Β πάρκου ή σταθμού: [34]

- Σύστημα ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένου καμερών και συναγερμού
- Ηλεκτρονόμος στη μέση τάση (Μ.Τ.).
- Σύστημα ελέγχου τηλεμετρίας & Internet.

4.2.6 Σύστημα παρακολούθησης - συναγερμός

Για την απομακρυσμένη παρακολούθηση και για την ασφάλεια του Φ/Β σταθμού θα πρέπει να εγκατασταθεί σύστημα παρακολούθησης και συναγερμού. [34]

Ενδεικτικά αναφέρουμε τον προτεινόμενο εξοπλισμό Φ/Β 500KWp. Ο σταθμός θα διαθέτει και θα είναι εξοπλισμένος με καταγραφικό παρακολούθησης τεσσάρων (4) καμερών με υπέρυθρους και προβολείς. Το σύστημα παρακολούθησης θα συνδεθεί στο Διαδίκτυο (internet) μέσω modem-router. Επίσης, Θα υπάρχει σύστημα συναγερμού με τέσσερα (4) ζευγάρια υπέρυθρων ακτίνων (beam) δεδομένου χώρου γηπέδου με τέσσερις (4) πλευρές. Θα τοποθετηθεί σειρήνα με φάρο (φαροσειρήνα) στο εξωτερικό μέρος ενός στεγανού πίνακα IP65 ενώ το πληκτρολόγιο και όλα τα παρελκόμενα (τα τροφοδοτικά, οι μπαταρίες κ.λ.π.) θα βρίσκονται στο εσωτερικό του. Το σύστημα θα συνδεθεί στο κινητό του ιδιοκτήτη ή διαχειριστή μέσω μονάδας GSM με αποστολή μηνυμάτων SMS.

Ειδικότερα για την περίπτωση Δ, αναφέρουμε το Σύστημα Ασφάλειας και Συναγερμού, το οποίο θα αποτελείται από : [25]

- τέσσερις (4) κάμερες εξωτερικού χώρου, με καταγραφικό
- τέσσερα (4) ζεύγη «Infrared Beams» δύο (2) δεσμών
- Πίνακας για τον συναγερμό, με οκτώ (8) Ζώνες. Διαθέτει πληκτρολόγιο, σειρήνα και GSM Module + 3G Modem (επιλογή),
- τέσσερις (4) Προβολείς τύπου led κατάλληλης ισχύος.

4.2.7 Περίφραξη

Η περίφραξη ενός Φ/Β, ενδεικτικά, περιλαμβάνει τα παρακάτω αναφερόμενα στοιχεία.

Η περίφραξη του χώρου θα γίνει με συρματόπλεγμα «γαλβανιζέ Νο 15» ύψους 2μ. και με μια σειρά ακανθωτού σύρματος στην κορυφή. Θα υπάρχουν τρεις οδηγίο σύρματος

«γαλβανιζέ Νο17». Οι ορθοστάτες θα είναι γαλβανιζέ ύψους 2,50 μ. με πλαστική τάπα και απόσταση περίπου 2,5 μ. Η στήριξη τους (καθώς και των αντιρήδων) θα γίνει στο έδαφος με σκυρόδεμα. Επίσης προβλέπεται πόρτα δίφυλλη ανοίγματος 4 μέτρων για την είσοδο – έξοδο οχημάτων και άλλες χρήσεις. [34]

Ειδικότερα στην εξεταζόμενη περίπτωση Δ, θα γίνει η παρακάτω αναφερόμενη περιφραξη.

Η περιφραξη του Φ/Β σταθμού θα είναι ύψους 2,50 μέτρα ύψος, ως προς το έδαφος. Θα είναι από συρματόπλεγμα «55x55mm Νο 16» γαλβανισμένο, ύψους περίπου 2,00 μέτρων και φέρει ορθοστάτες. Ειδικότερα μεταλλικοί γαλβανισμένοι σωλήνες, με διάμετρο Φ48, πάχος 1,50mm και ύψους 2,50 μέτρων.

Οι ορθοστάτες τοποθετούνται κατά μήκος, ανά 2,50 μέτρα απόσταση. Σε κάθε γωνία της περιφραξης θα υπάρχει αντηρίδα για την πλήρη στήριξη. Θα τοποθετηθούν, στο πάνω μέρος, τρεις σειρές από γαλβανιζέ σύρμα, το οποίο θα είναι αγκαθωτό. Οι ορθοστάτες της περιφραξης, θα τοποθετηθούν σε βάθος 50εκ και θα πακτωθούν στο έδαφος.

Η θύρα εισόδου της περιφραξης θα είναι προσβάσιμη, ανοιγόμενη και πλάτους 5,00μ. [25]

4.3. Απόσβεση – Κόστος – Διάρκεια ζωής

4.3.1 Απόσβεση Φωτοβολταϊκού Σταθμού

Όσον αφορά την απόσβεση του κόστους της πλήρους εγκατάστασης και λειτουργίας για έναν Φ/Β σταθμό θα δούμε παρακάτω τις περιπτώσεις των Φ/Β σταθμών που εξετάζουμε στην εργασία. Θα αναφέρουμε τα χαρακτηριστικά της κάθε μεθόδου αξιολόγησης απόσβεσης κόστους και θα δούμε για την κάθε περίπτωση τα στοιχεία απόσβεσης του κάθε σταθμού.

Οι μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων για την παραγωγή της ενέργειας είναι:

- **Χρόνος αποπληρωμής ή ανάκτησης κεφαλαίου**

Ο «χρόνος αποπληρωμής» ή «χρόνος ανάκτησης κεφαλαίου» (αγγλ. ορολογία: **Pay-back period**) ορίζεται σαν τη χρονική περίοδος που είναι αναγκαία για την κάλυψη της δαπάνης στην αρχική επένδυση του έργου από τις ετήσιες ταμειακές ροές συμπεριλαμβανομένου των φόρων. Δηλαδή μπορούμε να πούμε ότι μας δείχνει σε πόσο χρόνο θα ανακτήσουμε το κεφάλαιο που επενδύσαμε. [35]

Το κριτήριο αυτό δεν λαμβάνει υπόψη τη διαχρονική αξία που έχει το χρήμα καθώς και τις ταμειακές ροές που λαμβάνουν χώρα μετά το χρόνο ανάκτησης του κεφαλαίου αρχικής επένδυσης. Το κριτήριο αυτό χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με άλλα για να έχουμε επαρκής πληροφορίες και καλύτερη κατανόηση των μεγεθών. [35]

Η περίοδος αποπληρωμής διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

α) **Απλή περίοδο αποπληρωμής** (Payback Period ή PBP)

Η απλή (ή άτοκη) περίοδο αποπληρωμής, εκφράζεται συνήθως σε έτη και ορίζεται από το πηλίκο του αρχικού κόστους της επένδυσης προς τα καθαρά ετήσια κέρδη (KTP), σύμφωνα με την παρακάτω σχέση: [36]

$$PBP = \frac{K_0 (\text{€})}{KTP \left(\frac{\text{€}}{\text{yr}} \right)}$$

Όπου K_0 είναι το αρχικό απαιτούμενο κεφάλαιο,

KTP είναι η ετήσια καθαρή ταμειακή ροή

Το αποτέλεσμα της ανωτέρω σχέσης θα είναι η χρονική περίοδος σε έτη. Ειδικότερα όταν το άθροισμα των καθαρών ετήσιων κερδών γίνει ίσο με το αρχικό κόστος της επένδυσης. Το αποτέλεσμα (μέγεθος) αυτό ονομάζεται απλή ή άτοκη περίοδος αποπληρωμής. Να σημειωθεί ότι δε λαμβάνεται υπόψη η επίδραση του χρόνου στην αξία του χρήματος, η τυχόν αύξηση ή μείωση της φορολόγησης, τις μεταβολές κόστους ενέργειας, τη διάρκεια ζωής της επένδυσης κ.α. [36]

Το κριτήριο βάσει της PBP, δηλαδή της απλής περιόδου αποπληρωμής, είναι:

- Όσο μικρότερη η τιμή της PBP τόσο πιο ελκυστική είναι η επένδυση.
- Μεταξύ διαφόρων επενδύσεων, θα προτιμάται αυτή η επένδυση που έχει την μικρότερη περίοδο αποπληρωμής.

β) **Έντοκη περίοδος αποπληρωμής** (Discounted payback period, DPB)

Η έντοκη περίοδος αποπληρωμής ορίζεται σαν το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να γίνει αποπληρωμή στην αρχική επένδυση, όπως και των τόκων που θα ήταν δυνατό να ληφθούν από μια διαφορετική τοποθέτηση του αρχικού επενδυτικού κεφαλαίου. Δηλαδή είναι ο χρόνος (χρονική περίοδος) στον οποίο η Καθαρή Παρούσα Αξία μηδενίζεται. Δίνεται από τον τύπο: [36]

$$K_0 = KTP \frac{1}{i} \left[1 - \frac{1}{(1+i)^{DPB}} \right]$$

1)

Από τα παραπάνω προκύπτει:

$$DPB = - \frac{\ln\left(1 - \frac{i * K_0}{KTP}\right)}{\ln(1+i)}$$

2)

Όπου K_0 είναι το αρχικό απαιτούμενο κεφάλαιο, KTP είναι η ετήσια καθαρή ταμειακή ροή DPB είναι η έντοκη περίοδος αποπληρωμής (ή χρόνος απόσβεσης)

Το κριτήριο βάσει της, δηλαδή της έντοκης περιόδου αποπληρωμής, είναι:

- Η επένδυση μπορεί να θεωρηθεί καταρχήν αποδεκτή όταν η τιμή της DBP είναι μικρότερη από την τιμή της πραγματικής - τεχνολογικής διάρκειας ζωής.
- Μία επένδυση είναι πιο ελκυστική όσο πιο μικρή τιμή έχει η έντοκη περίοδος αποπληρωμής. [36]

- **Καθαρή Παρούσα Αξία**

Η Καθαρή Παρούσα Αξία “ΚΠΑ” (αγγλ. ορολογία : **Net Present Value, NPV**) είναι ένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα και κοινώς αποδεκτά κριτήρια αξιολόγησης.

Η ΚΠΑ υπολογίζεται από τον τύπο: [35]

$$ΚΠΑ = -K_0 + \sum_{t=1}^n \frac{KTP_t}{(1+i)^t}$$

όπου: K_0 είναι το κόστος για την επένδυση

KTP_t είναι οι καθαρές ταμειακές ροές έτους t για συγκεκριμένη περίοδο (δλδ. χωρίς πληθωρισμό)

i είναι η ελάχιστη απόδοση των κεφαλαίων τα οποία επενδύονται και χωρίς να λαμβάνεται ο πληθωρισμός (είτε προ είτε μετά φόρων).

n είναι η διάρκεια ζωής σχεδίου επένδυσης

Εάν η τιμή της ΚΠΑ είναι μεγαλύτερη του μηδέν δηλαδή θετικός αριθμός ($ΚΠΑ > 0$), τότε η επένδυση θεωρείται ότι δίνει επιπλέον αξία στην επένδυση, συνεπώς

εγκρίνεται. Ενώ, εάν η τιμή της ΚΠΑ είναι αρνητικός αριθμός (δηλαδή $KPA < 0$), τότε η επένδυση είναι ασύμφορη και συνεπώς απορρίπτεται. Στην περίπτωση που η τιμή της ΚΠΑ είναι ίση με μηδέν (δηλαδή $KPA = 0$), αυτό σημαίνει ότι η επένδυση θεωρείται αδιάφορη. [35]

- **Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης**

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (αγγλ. ορολογία : Internal Rate of Return, IRR) προσδιορίζεται σαν εκείνο το επιτόκιο προεξόφλησης το οποίο μηδενίζει την τιμή της ΚΠΑ (καθαρή παρούσα αξία) της επένδυσης.

$$-K_0 + \sum_{t=1}^n \frac{KTP_t}{(1 + EBA)^t} = 0$$

όπου: K_0 είναι το κόστος επένδυσης

KTP_t είναι οι καθαρές ταμειακές ροές έτους t για συγκεκριμένη περίοδο

(δλδ. χωρίς πληθωρισμό)

n είναι η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

EBA είναι το επιτόκιο προεξόφλησης όταν $KPA = 0$

Συγκρίνουμε την τιμή που προκύπτει από τον τύπο με το επιτόκιο προεξόφλησης της επένδυσης. Εάν η τιμή του EBA (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης) είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη απόδοση, που είναι το επιτόκιο αναγωγής «Ι», το σχέδιο επένδυσης θεωρείται ότι είναι κερδοφόρο, ενώ εάν η τιμή είναι μικρότερη, τότε η επένδυση λαμβάνεται ως μη κερδοφόρο και συνεπώς απορρίπτεται. [35]

- **Λόγος όφελος/κόστος και Συνολικός Βαθμός Απόδοσης**

Ο λόγος όφελος/κόστος και Συνολικός Βαθμός Απόδοσης (Benefit - Cost Ratio) δίνεται από τον τύπο:

$$\Lambda PA = \frac{\sum_{t=1}^n KTP_t \cdot (1 + i)^{-t}}{K_0}$$

όπου: t είναι το έτος

n είναι η διάρκεια της ζωής του σχεδίου (σε χρόνια)

$KTPt$ είναι οι καθαρές ταμειακές ροές έτους t για συγκεκριμένη περίοδο

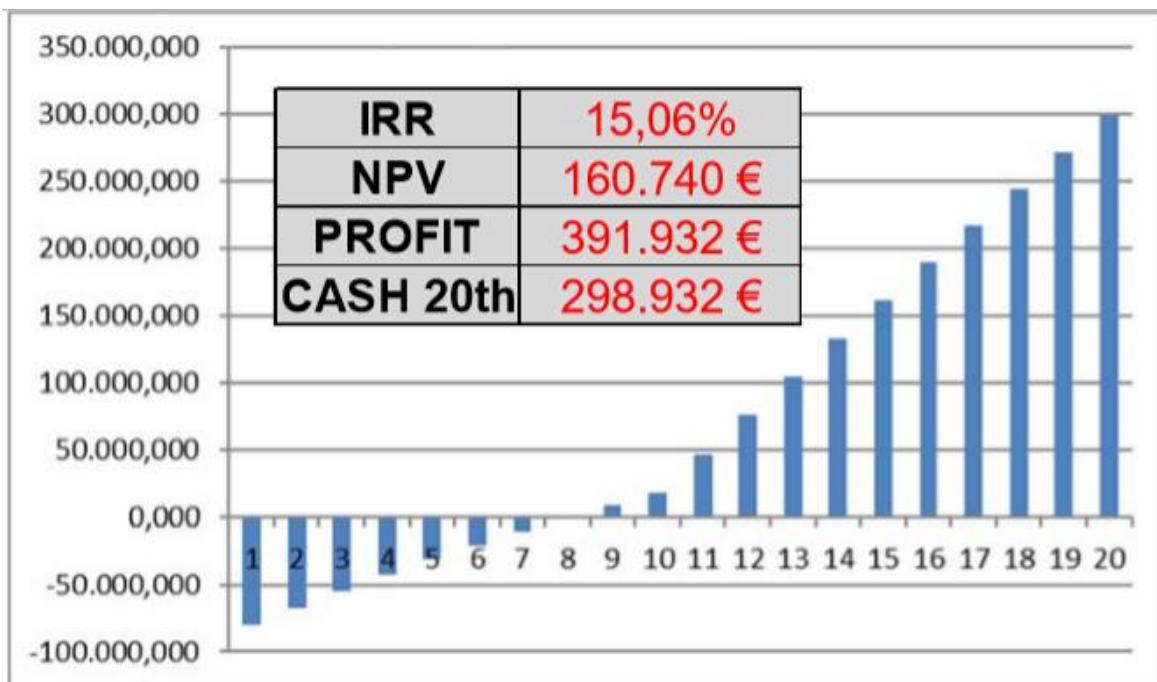
i είναι το επιτόκιο προεξόφλησης

K_0 είναι το κόστος της επένδυσης

Υπολογίζεται η παρούσα αξία για τις καθαρές ταμειακές ροές της επένδυσης, κατά τη διάρκεια της ζωής της, ως προς τη συνολική αρχική επένδυση. Συνεπώς η σχέση του λόγου ως προς τη μονάδα είναι το κριτήριο για την αποδοχή ή απόρριψη. Εάν $\Lambda\Pi A > 1$ τότε η επένδυση θεωρείται ότι είναι συμφέρουσα, εάν $\Lambda\Pi A < 1$, τότε η επένδυση θεωρείται απορριπτέα και εάν $\Lambda\Pi A = 1$, τότε η επένδυση θεωρείται οριακή και δύναται να υλοποιηθεί εφόσον δεν βρίσκουμε εναλλακτικά καλύτερη λύση. [35]

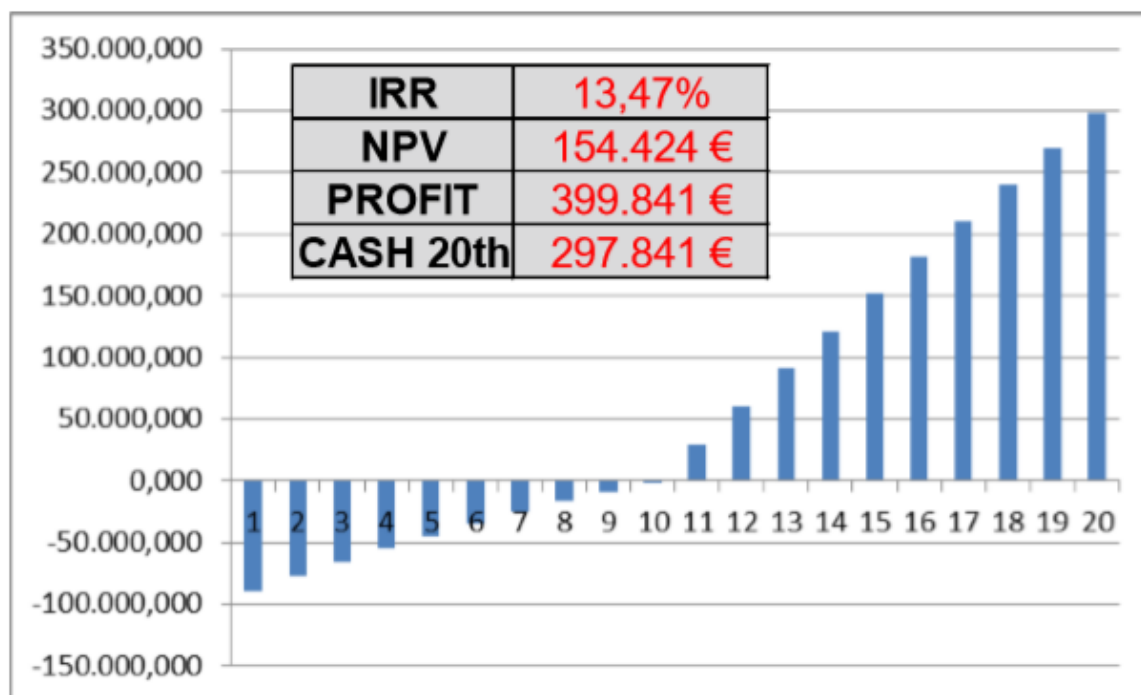
Για την **απόσβεση του κόστους ενός Φ/Β σταθμού** δίνεται για την κάθε περίπτωση, για την κάθε προτεινόμενη προσφορά εγκατάστασης και λειτουργίας μία μελέτη απόσβεσης και κέρδους. Η μελέτη αυτή βασίζεται σε δεδομένα και συνήθως προκύπτει σαν αποτέλεσμα από τη χρήση ειδικού λογισμικού. Στις εξεταζόμενες περιπτώσεις Α, Β, Γ έγινε αξιολόγηση με την δεύτερη μέθοδο, όπως αναφέρονται παραπάνω, δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη την καθαρή παρούσα αξία (NPV, Net Present Value). [24]

Στην πρώτη περίπτωση (περίπτωση Α) έχουμε έναν Φ/Β σταθμό ισχύος 499,60kW. Λαμβάνουμε την απόδοση KWh/KWp ανά έτος στην τιμή «1.515», την χρηματοδότηση 70-30 δηλαδή 70% του κόστους με δάνειο και το 30% ίδια κεφάλαια, το κόστος ασφάλειας εξοπλισμού στην τιμή των 1.000,00 €, το κόστος συντήρησης στην τιμή των 1.000,00 €, το κόστος λειτουργίας στην τιμή των 1.500,00 €. Δίνοντας τα παραπάνω στοιχεία καθώς και τις υπόλοιπες παραμέτρους προκύπτουν τα στοιχεία του κέρδους και της απόσβεσης. Στην περίπτωση αυτή, με τον εξοπλισμό που αναφέρεται, βλέπουμε ότι πετυχαίνουμε την απόσβεση του σταθμού στον **8^ο χρόνο** λειτουργίας. [24]



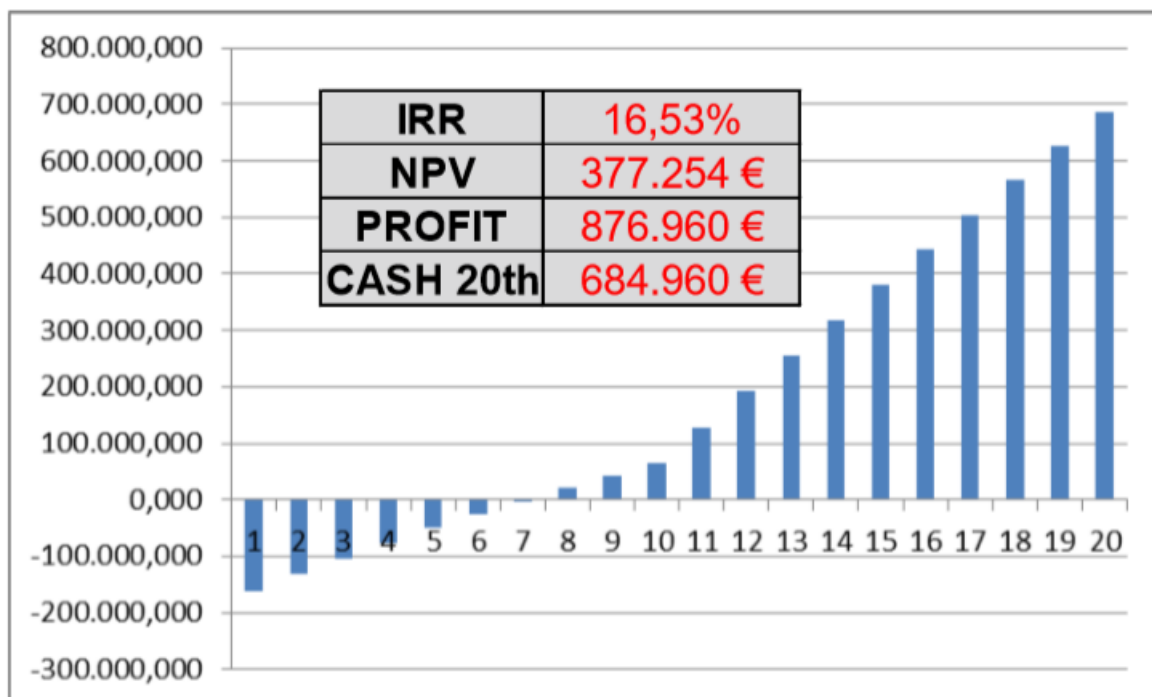
Εικόνα 4.17: Απόσβεση και κέρδος Φ/Β 499,60kW. [24]

Στην δεύτερη περίπτωση (περίπτωση Β) έχουμε έναν Φ/Β σταθμό ισχύος 498,96kW. Λαμβάνουμε την απόδοση KWh/KWp ανά έτος στην τιμή «1.475», την χρηματοδότηση 70-30 δηλαδή 70% του κόστους με δάνειο και το 30% ίδια κεφάλαια, το κόστος ασφάλειας εξοπλισμού στην τιμή των 1.000,00 €, το κόστος συντήρησης στην τιμή των 1.000,00 €, το κόστος λειτουργίας στην τιμή των 1.500,00 €. Δίνοντας τα παραπάνω στοιχεία καθώς και τις υπόλοιπες παραμέτρους προκύπτουν τα στοιχεία του κέρδους και της απόσβεσης. Στην περίπτωση αυτή, με τον εξοπλισμό που αναφέρεται, βλέπουμε ότι πετυχαίνουμε την απόσβεση του σταθμού τον **10ο χρόνο** λειτουργίας, ειδικότερα στον 10^ο προς 11^ο χρόνο λειτουργίας. [24]



Εικόνα 4.18: Απόσβεση και κέρδος Φ/Β 498,96kW. [24]

Στην τρίτη περίπτωση (περίπτωση Γ) έχουμε έναν Φ/Β σταθμό ισχύος 498,96kW. Λαμβάνουμε την απόδοση KWh/KWp ανά έτος στην τιμή «1.475», την χρηματοδότηση 70-30 δηλαδή 70% του κόστους με δάνειο και το 30% ίδια κεφάλαια, το κόστος ασφάλειας εξοπλισμού στην τιμή των 2.000,00 €, το κόστος συντήρησης στην τιμή των 2.000,00 €, το κόστος λειτουργίας στην τιμή των 1.500,00 €. Δίνοντας τα παραπάνω στοιχεία καθώς και τις υπόλοιπες παραμέτρους προκύπτουν τα στοιχεία του κέρδους και της απόσβεσης. Στην περίπτωση αυτή, με τον εξοπλισμό που αναφέρεται, βλέπουμε ότι πετυχαίνουμε την απόσβεση του σταθμού τον **7ο χρόνο** λειτουργίας, ειδικότερα στον 7ο προς 8ο χρόνο λειτουργίας. [24]



Εικόνα 4.19: Απόσβεση και κέρδος Φ/Β 999,96kW. [24]

Στην τέταρτη περίπτωση (περίπτωση Δ) έχουμε έναν Φ/Β σταθμό εκτιμώμενης ισχύος 500 kW. Δίνεται εκτιμώμενη τεχνικοοικονομική σύνοψη. Λαμβάνουμε την απόδοση KWh/KWp ανά έτος στην τιμή «1.750» λόγω της ετήσιας παραγωγής (875MW), την χρηματοδότηση 70-30 δηλαδή 70% του κόστους με δάνειο και το 30% ίδια κεφάλαια, το κόστος ασφάλειας εξοπλισμού στην τιμή των 2.000,00 €, το κόστος συντήρησης στην τιμή των 3.000,00 €. Δίνοντας τα παραπάνω στοιχεία καθώς και τις υπόλοιπες παραμέτρους προκύπτουν τα ενδεικτικά εκτιμώμενα στοιχεία που δίνονται παρακάτω (εικόνα 4.20). [25]

Προτείνονται Φ/Β συστήματα ενός άξονα διότι η αύξηση του κόστους εγκατάστασης αντισταθμίζεται, κατά ένα σημαντικό ποσοστό, από την μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος που έχει σαν αποτέλεσμα αυξημένα έσοδα λόγω παραγωγής επιπλέον KWh σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων. [25]

Ενδεικτικά, κάνοντας χρήση του τύπου της απλής περιόδου αποπληρωμής [$PBP = K0 (\text{€}) / KTP(\text{€/yr})$] την οποία αναφέρουμε παραπάνω, αν λάβουμε υπόψη το αρχικό κόστος (30% ίδια κεφάλαια και 70% κεφαλαίων με δάνειο και τόκους, με επιτόκιο 5% για 10 έτη δόσεων), την (ενδεικτική) τιμή KWh στα 0,066€ και τα έσοδα που προκύπτουν αν αφαιρεθούν οι ετήσιες συντηρήσεις, προκύπτει ότι θα έχουμε (εκτιμώμενη) απόσβεση στα 7,56 έτη (ειδικότερα στον 7ο προς 8ο χρόνο λειτουργίας).

Κατασκευή με Tracker 1X	
Πλήρες Κόστος Κατασκευής (€)	335.000
Ιδια Κεφάλαια (€) – 30%	100.000
Ετήσια Παραγωγή (MWh)	875
Ετήσια Εσοδα (€)	57.750
Ετήσιες Αποσβέσεις (10 ετία) (€)	34.000
Ετήσια Συντήρηση - Χορτάρια (€)	3.000
Ασφαλεια – Διάφορα Εξοδα (€)	2.000
1^η 10 - ετία	
Τόκοι Δανείων (μέση τιμή)	5.950
Κερδη προ Φορων (€)	12.800
Φόρος Εισοδήματος (€) – 28 %	3.584
Χρεωλύσια	23.800
Καθαρές Ροές (€)	19.416
Απόδοση (ROE) μετά φόρων	19,0 %
2^η 10 -ετία	
Κερδη προ Φορων (€)	52.750
Φόρος Εισοδήματος (€) -28 %	14.770
Καθαρές Ροές (€)	37.980
Απόδοση (ROE) μετά φόρων	37,2 %

Εικόνα 4.20: Ενδεικτική εκτιμώμενη αξιολόγηση Φ/Β 500kW, περίπτωση Δ. [25]

4.3.2 Κόστος πλήρης εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού Σταθμού

Όσον αφορά το κόστος πλήρης εγκατάστασης και λειτουργίας για έναν Φ/Β σταθμό θα δούμε παρακάτω τις περιπτώσεις των Φ/Β σταθμών που εξετάζουμε στην εργασία. Θα αναφέρουμε τα χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης (Φ/Β πλαίσια, inverters κλπ) καθώς από τα στοιχεία του κάθε σταθμού προκύπτει και το κόστος της εγκατάστασης.

Στην περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος ισχύος **500Kw** (περ. Α):

Η ισχύς του Φ/Β συστήματος των 500kW θα είναι ελαφρώς (πολύ λίγο) μικρότερη από τα 500kW.

Με την επιλογή **Φ/Β πλαισίων ισχύος 400W** θα χρειαστούμε «Φ/Β πλαίσια =< 1.250 τεμ.». Οπότε με την διαστασιολόγηση προκύπτουν 1.249 τεμάχια για την ισχύ των **496,90kW**. Για την λειτουργία θα απαιτηθούν 8 τεμάχια αντιστροφών (inverter). Για την ισχύ των 60kW των επιλεγμένων αντιστροφών, διατίθεται σε κάθε αντιστροφή αντικεραυνική προστασία AC/DC. [24]

Πίνακας 4.2: Ενδεικτική προσφορά Φ/Β συστήματος 500kW (περ. Α) [24]

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΜ.
1	AS-6M-400 HC	Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΑ AMERISOLAR 400W Half Cell	1.249
2	AS189-2P	ΒΑΣΗ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ALUMIL SOLAR ΓΙΑ ΕΔΑΦΟΣ 2πλο PORTAIT	500
3	PIKO 60 EPC	INVERTER KOSTAL 60 kW με αντικεραυνική προστασία AC/DC	8
4		Καλώδια – Αντικ.προστασία	1
5		Χωματοουργικά - Μηχανήματα – Εγκατάσταση	1
6		Σχεδιασμός - Επίβλεψη έργου	1
7		Προμήθεια οικίσκου και εξοπλισμού - συναρμολόγηση Μ.Τ. – Χ.Τ.	1
8		Σύστημα τηλεμετρίας και Ασφάλειας	1

Στην περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος ισχύος **500Kw** (περ. Β):

Η ισχύς του Φ/Β συστήματος των 500kW θα είναι ελαφρώς (πολύ λίγο) μικρότερη από τα 500kW.

Με την επιλογή **Φ/Β πλαισίων ισχύος 330W** θα χρειαστούμε «Φ/Β πλαίσια =< 1.515 τεμ.»

Οπότε με την διαστασιολόγηση προκύπτουν 1.512 τεμάχια για την ισχύ των **498,96kW**.

Για την λειτουργία θα απαιτηθούν 13 τεμάχια αντιστροφών (inverter). Σε κάθε αντιστροφή θα υπάρχει αντικεραυνικό AC/DC. [24]

Πίνακας 4.3: Ενδεικτική προσφορά Φ/Β συστήματος 500kW (περ. Β) [24]

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΜ.
1	AS-6P30-330	Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΑ AMERISOLAR 330W	1.512
2	AS189-2P	ΒΑΣΗ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ALUMIL SOLAR ΓΙΑ ΕΛΑΦΟΣ 2πλο PORTAIT	500
3	ΡΙΚΟ 36.0 EPC	INVERTER KOSTAL 36.0 kW	13
4	BundleII	Αντικεραυνικά AC/DC για ένα inverter	13
5		Καλώδια – Αντικ.προστασία	1
6		Χωματοουργικά - Μηχανήματα – Εγκατάσταση	1
7		Σχεδιασμός - Επίβλεψη έργου	1
8		Προμήθεια οικίσκου και εξοπλισμού - συναρμολόγηση Μ.Τ. – Χ.Τ.	1
9		Σύστημα τηλεμετρίας και Ασφάλειας	1

Στην περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος ισχύος **1.000Kw (1MW)** (περ. Γ):

Η ισχύς του Φ/Β συστήματος των 1.000kW θα είναι ελαφρώς (πολύ λίγο) μικρότερη από τα 1.000kW.

Με την επιλογή **Φ/Β πλαίσίων ισχύος 330W** θα χρειαστούμε «Φ/Β πλαίσια =< 3.030 τεμ.»

Οπότε με την διαστασιολόγηση προκύπτουν 3.030 τεμάχια για την ισχύ των **999,90kW**.

Για την λειτουργία θα απαιτηθούν 25 τεμάχια αντιστροφέων (inverter). Σε κάθε αντιστροφή θα υπάρχει αντικεραυνικό AC/DC. [24]

Πίνακας 4.4: Ενδεικτική προσφορά Φ/Β συστήματος 1.000kW (1MW) (περ. Γ) [24]

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΜ.
1	AS-6P30-330	Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΑ AMERISOLAR 330W	3.030
2	AS189-2P	ΒΑΣΗ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ALUMIL SOLAR ΓΙΑ ΕΔΑΦΟΣ 2πλο PORTAIT	1.000
3	ΡΙΚΟ 36.0 EPC	INVERTER KOSTAL 36.0 kW	25
4	BundleII	Αντικεραυνικά AC/DC για ένα inverter	25
5		Καλώδια – Αντικ. προστασία	1
6		Χωματουργικά - Μηχανήματα – Εγκατάσταση*	1
7		Σχεδιασμός - Επίβλεψη έργου	1
8		Προμήθεια οικίσκου και εξοπλισμού - συναρμολόγηση Μ.Τ. – Χ.Τ.	1
9		Σύστημα τηλεμετρίας και Ασφάλειας	1

Πίνακας 4.5: Ενδεικτική προσφορά Φ/Β συστήματος 500kW (0,5MW) (περ. Δ) [25]

A/A	Τμήμα	Κόστος (€)
1	Διαμόρφωση Εδάφους	2.000
2	Περίφραξη	5.000
3	Κάμερες, Συναγερμός, Φώτα	5.000
4	Παραγωγικός Εξοπλισμός (Panel, Inverter, Υποσταθμός, Καλωδιώσεις)	235.000
4.1	Panel	120.000
4.2	Inverter	40.000
4.3	Υποσταθμός Μέσης Τάσης	35.000
4.4	Καλωδιώσεις	20.000
4.5	Μεταφορικά - Εγκατάσταση	18.000
5	Σύστημα 1X Tracker ArmaSide	65.000
6	Σύνολο Προσφοράς	310.000

Για τις περιπτώσεις Α, Β και Γ στο πλαίσιο των προσφορών αναφέρεται και η εγγύηση του βασικού εξοπλισμού και ειδικότερα των: [24]

- Πλαισίων: Για το υλικό είναι δώδεκα (12) χρόνια. Η απόδοση είναι μεγαλύτερη του 90% για τα πρώτα δέκα (10) χρόνια και μεγαλύτερη του 80% μέχρι το 25ο έτος.
- Βάσεων: Για το υλικό είναι είκοσι πέντε (25) χρόνια.
- Inverter: Είναι πέντε (5) χρόνια (και επεκτάσιμη στα 10 έως 20 έτη).

Στις εξεταζόμενες περιπτώσεις Α, Β, Γ έχουμε σταθερά πλαίσια. [24]

Τα Φ/Β συστήματα με ηλιοανιχνευτές (trackers), όπως έχουμε δει και σε προηγούμενο κεφάλαιο, έχουν μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης το οποίο αντισταθμίζεται σε κάποιο βαθμό από την αυξημένη απόδοση που προσφέρουν. Λαμβάνουμε υπόψη, πάντοτε, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε περίπτωσης.

Τα Φ/Β συστήματα με ηλιοανιχνευτές (trackers), προσφέρουν από 15 έως 25% ή και μεγαλύτερη απόδοση (έως 35%) και έχουν ένα αυξημένο κόστος, εκτιμώμενη τιμή, κατά έως και 70.000,00€ πλέον ΦΠΑ σε σχέση με τα συστήματα σταθερών πλαισίων όσον αφορά τα συστήματα 1.000kW. Αναφερόμενοι πάντα στις ανωτέρω περιπτώσεις με εκτιμώμενες τιμές έτους 2020. [24]

Εξετάζοντας τις ανωτέρω περιπτώσεις Φ/Β σταθμών, με τιμές έτους 2020, βλέπουμε παρακάτω αναλυτικά το εκτιμώμενο κόστος για την κάθε περίπτωση.

Στον πρώτο πίνακα, που ακολουθεί, βλέπουμε το εκτιμώμενο κόστος για την εγκατάσταση Φ/Β σταθμών με σταθερές βάσεις ενώ στον δεύτερο πίνακα, που ακολουθεί, βλέπουμε την προσαύξηση του κόστους για την περίπτωση χρήσης “trackers” δηλαδή για Φ/Β σταθμό που χρησιμοποιεί “trackers”. Δίνουμε το μέγιστο εκτιμώμενο κόστος καθώς στην περίπτωση των “trackers” ανάλογα με την απόδοση που θέλουμε και το προτεινόμενο σύστημα “tracker” διαφοροποιείται το κόστος. [24]

Πίνακας 4.6: Κόστος εγκατάστασης Φ/Β σταθμών (τιμές 2020) με σταθερές βάσεις [24]

A/A	ΙΣΧΥΣ Φ/Β ΣΕ KWp	ΠΛΑΙΣΙΑ	INVERTER	ΚΟΣΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΦΠΑ ΣΕ ΕΥΡΩ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΜΕ ΦΠΑ ΣΕ ΕΥΡΩ (€)
1	499,60	1.249 τεμ. X 400W	8 τεμ. X 60KW	290.000,00	359.600,00
2	498,96	1.512 τεμ. X 330W	13 τεμ. X 36KW	320.000,00	396.800,00
3	999,96	3.030 τεμ. X 330W	25 τεμ. X 36KW	620.000,00	768.800,00

Πίνακας 4.7: Κόστος εγκατάστασης Φ/Β σταθμών (τιμές 2020) με σταθερές βάσεις και “trackers” [24]

A/A	ΙΣΧΥΣ Φ/Β ΣΕ KWp	ΧΑΡΑΚΤΗ- ΡΙΣΤΙΚΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΦΠΑ ΣΕ ΕΥΡΩ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΜΕ ΦΠΑ ΣΕ ΕΥΡΩ (€)	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΛΟΓΩ TRACKER
1	499,60	ΠΛΑΙΣΙΑ: 1.249 τεμ. X 400W INVERTER: 8 τεμ. X 60KW	290.000,00	359.600,00	ΕΩΣ 35.000 + ΦΠΑ
2	498,96	ΠΛΑΙΣΙΑ: 1.512 τεμ. X 330W INVERTER: 13 τεμ. X 36KW	320.000,00	396.800,00	ΕΩΣ 35.000 + ΦΠΑ
3	999,96	ΠΛΑΙΣΙΑ: 3.030 τεμ. X 330W INVERTER: 25 τεμ. X 36KW	620.000,00	768.800,00	ΕΩΣ 70.000 + ΦΠΑ

Πίνακας 4.8: Κόστος Φ/Β συστήματος 500kW με tracker ενός άξονα (περ. Δ) [25]

A/A	Τμήμα	Κόστος (€)	
1	Διαμόρφωση Εδάφους	2.000	
2	Περίφραξη	5.000	
3	Κάμερες, Συναγερμός, Φώτα	5.000	
4	Παραγωγικός Εξοπλισμός (Panel, Inverter, Υποσταθμός, Καλωδιώσεις)	235.000	
	4.1	Panel	120.000
	4.2	Inverter	40.000
	4.3	Υποσταθμός Μέσης Τάσης	35.000
	4.4	Καλωδιώσεις	20.000
	4.5	Μεταφορικά - Εγκατάσταση	18.000
5	Σύστημα 1X Tracker ArmaSide	65.000	
6	Σύνολο Προσφοράς	310.000	
	Εκτιμώμενο κόστος δικτύου	25.000	
	Πλήρης κόστος εγκατάστασης	335.000	

Το πλήρες κόστος κατασκευής περιλαμβάνει το εκτιμώμενο κόστος δικτύου € 25.000 και δεν περιλαμβάνεται το κόστος του γηπέδου (χώρος εγκατάστασης Φ/Β σταθμού). [25]

Οπότε για την περίπτωση Δ, όπως δείχνει και ο παραπάνω πίνακας, το πλήρες κόστος εγκατάστασης που προκύπτει είναι 335.000€.

4.3.3 Διάρκεια λειτουργικής ζωής Φ/Β

Η λειτουργική διάρκεια ζωής είναι σημαντική για έναν φωτοβολταϊκό σταθμό.

Η τεχνική διάρκεια ζωής είναι η συνολική χρονική περίοδος κατά την οποία ένα προϊόν (υλικό, εξάρτημα κ.λ.π.) μπορεί να λειτουργήσει τεχνικά (ομαλή λειτουργία) πριν φτάσει σε μια περιοριστική κατάσταση που θα το καθιστά ακατάλληλο για την περαιτέρω λειτουργία. Ωστόσο, η πραγματική διάρκεια ζωής ενός προϊόντος μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως η ανάλυση κόστους/οφέλους, αντικατάστασης προϊόντος και συντήρησης. [7]

Η αξία διάρκειας ζωής των κατηγοριών φωτοβολταϊκών προϊόντων δίνεται σύμφωνα με την ακόλουθη λίστα:

- Φωτοβολταϊκές μονάδες: τριάντα (30) έτη.
- Μετατροπείς και ηλεκτρονικά εξαρτήματα: δέκα (10) έτη.
- Καλωδίωση: τριάντα (30) χρόνια.
- Φωτοβολταϊκά συστήματα: τριάντα (30) χρόνια.

Η διάρκεια ζωής όλων των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να είναι γενικά αόριστη εάν μπορεί να διασφαλιστεί ότι θα γίνει η κατάλληλη συντήρηση, η οποία θα περιλαμβάνει και αντικατάσταση προϊόντων εφόσον απαιτηθεί. [7]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ

5.1. Γενικές Εκτιμήσεις

Από την έρευνα κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας προέκυψε ότι οι προτεινόμενοι Φ/Β σταθμοί είναι, κυρίως, αυτοί των σταθερών βάσεων. Τα πλαίσια σε σταθερές βάσεις είναι η κύρια και πρώτη επιλογή για την εγκατάσταση Φ/Β και μετά, κατόπιν επιλογής, τα πλαίσια με «trackers».

Εκτός των Φ/Β με σταθερές βάσεις πλαισίων, με μικρότερο σαφώς ποσοστό, βρίσκονται τα Φ/Β με trackers. Στις περιπτώσεις με «trackers» μας προέκυψαν κυρίως Φ/Β σταθμοί με «trackers» ενός άξονα (περιπτώσεις νέας κατασκευής ή υφιστάμενοι) και λιγότερο Φ/Β σταθμοί με «trackers» δύο αξόνων (περίπτωση υφιστάμενων).

Ειδικότερα στην περιοχή της Θεσσαλίας κατά την έρευνα που κάναμε, είτε μέσω εταιριών φωτοβολταϊκών είτε μέσω διαδικτύου είτε και οπτικά, είδαμε ότι την τελευταία περίοδο (2019-2021) έχουμε αύξηση των εγκαταστάσεων Φ/Β συστημάτων και κατασκευάζονται αρκετοί Φ/Β σταθμοί ισχύος, κυρίως, μέχρι και 500KW.

5.2. Ανάλυση αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα

Από την ανάλυση και την εξέταση των αναφερόμενων στην εργασία, την έρευνα και τα δεδομένα που προέκυψαν μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα, να εξάγουμε τις εκτιμήσεις μας και τα συμπεράσματά μας.

Το δεδομένο είναι ότι με την εξέλιξη της τεχνολογίας και λαμβάνοντας υπόψη τις εξεταζόμενες περιπτώσεις, έχουμε σημαντικά στοιχεία όπως:

- μειώνεται το κόστος των φωτοβολταϊκών στοιχείων
- αυξάνεται, έστω και με μία μικρή αύξηση, η απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων και κατ' επέκταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων
- τα φωτοβολταϊκά πλαίσια δίνουν σημαντική εγγύηση για απόδοση 80% και άνω για χρονική περίοδο 25 ή και 30 χρόνων.

Στην μελέτη για την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος είναι αναγκαίο να λαμβάνονται υπόψη τα ιδιαίτερα σημαντικά στοιχεία που κυρίως επηρεάζουν την απόδοση και το κόστος της εγκατάστασης. Αυτά είναι:

- η θέση εγκατάστασης σε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής
- η επιλογή των Φ/Β πλαισίων, των βάσεων στήριξης (σταθερών ή “trackers”) σε συνδυασμό με την απόδοση και το κόστος
- η χρηματοδότηση ενός Φ/Β σταθμού (ποσοστό κεφαλαίου και δανείου)
- η απόσβεση του κόστους της εγκατάστασης και λειτουργίας του σταθμού

Όπως είδαμε και στα χαρακτηριστικά παραδείγματα της εργασίας, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην **οικονομικοτεχνική μελέτη** έτσι ώστε ανάλογα με την χρηματοδότηση που επιθυμούμε να εξετάσουμε τα σενάρια της εκτιμώμενης βέλτιστης περίπτωσης για την εγκατάσταση και πλήρη λειτουργία και την εκτιμώμενη αναφορά για την απόδοση και λειτουργία του σταθμού για μία 20ετία ή 25ετία.

Τα οικονομικά εκτιμώμενα στοιχεία είναι σημαντικά για την βέλτιστη επιλογή του Φ/Β σταθμού που επιθυμούμε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

01. Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, ypreka.gr.
02. Κουτελιδάκης Κ., 2010, «Εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε στρατόπεδο», Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα (και οι παραπομπές που περιέχονται).
03. HELIOSYSTEMS. Εταιρία φωτοβολταϊκών, selasenergy.gr.
04. RENEVOL, Εταιρία, renewol.gr.
05. National Renewable Energy Laboratory (NREL), nrel.gov.
06. Khalil F.A. et al., 2017, "Solar Tracking Techniques and Implementation in Photovoltaic Power Plants: a Review" Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: Pakistan Academy of Sciences A. Physical and Computational Sciences 54 (3): pp.231–241.
07. Dunlop E.D. et al., 2019, Transitional methods for PV modules, inverters and systems in an Ecodesign Framework (Draft)
08. Γιαννάρος Ε., 2012, «Ανάλυση κατασκευής ιχνηλάτη φωτοβολταϊκής εγκατάστασης», Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα (και οι παραπομπές που περιέχονται).
09. Aliman O. et al., 2007, "Simplification of sun tracking mode to gain high concentration solar energy". American Journal of Applied Sciences 4(3):pp.171–175
10. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, helarpc.gr.
11. Γκανή Ευαγγελία, 2019, «Μελέτη σύγκρισης της απόδοσης ηλιακής ιχνηλάτησης (tracking) μεταξύ φωτοβολταϊκών συστημάτων», Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Λάρισα (και οι παραπομπές που περιέχονται).
12. DegerHellas Mov. ΕΠΕ, degerhellas.gr.
13. MEGASOLAR, εταιρία, mecasolar.com.
14. Oscar industry "Λ. & Α. ΜΑΝΘΟΣ Ο.Ε", εταιρία, oscarindustry.gr.
15. ΤΕΕ ΤΚΜ, θεσσαλονίκη, 2011, Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων.
16. Σαμόλαδας Χρήστος, 2008, «Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτίριο γραφείων», Διπλωματική εργασία, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη (και οι παραπομπές που περιέχονται).
17. Περιβαλλοντολόγοι Energy, εταιρία Φωτοβολταϊκών Συστημάτων,

- perivallontologoi.gr.
18. Sunnyportal.com, ιστότοπος της SMA (Solar Technology AG, sma.de).
 19. Οδηγίες για την εγκατάσταση φ/β συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις, 2009, Υπουργείο Περιβάλλοντος, ΚΑΠΕ.
 20. Jäger-Waldau A., 2019, «PV Status Report 2019», European Commission.
 21. ©Fraunhofer ISE Photovoltaics Report, «Photovoltaics-Report», 2020 (updated 16 September 2020).
 22. Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ), desmie.gr.
 23. ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε., Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, deddie.gr.
 24. MP-Energy. Εταιρεία εμπορίας και εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων, mp-energy.gr (και συνεργάτες αυτής).
 25. ΑΡΜΑ ΑΕΒΕ, Εταιρία υπηρεσιών μελέτης και κατασκευής έργων ενέργειας, arma-mechanics.com.
 26. ΗΕΛΙΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ, εταιρία σχεδίασης, ανάπτυξης, μελέτης, προμήθειας, εγκατάστασης, συντήρησης Φ/Β Συστημάτων, helios-energeiaki.gr.
 27. Βουλβουκέλης Χρήστος, 2013, «Σχεδίαση, μελέτη και ανάλυση φωτοβολταϊκού συστήματος στην περιοχή «Κούκος» της Κρήτης και σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα πραγματικά», διπλωματική εργασία, Αθήνα, ΑΠΘ (και οι παραπομπές που περιέχονται).
 28. Alumil Solar, του ομίλου Alumil Group, εταιρεία παραγωγής βάσεων στήριξης φωτοβολταϊκών συστημάτων, alumilsolar.com.
 29. ENF Solar, κατάλογος ηλιακών εταιρειών και προϊόντων, enfsolar.com.
 30. Bouloumpasis Ioannis et al., 2019, “Voltage harmonic injection angle optimisation for grid current harmonics using a PV converter”, IET Power Electronics.
 31. K.A. Himali Lakshika et al, 2020, «Reconfigurable solar photovoltaic systems: A review”, Heliyon
 32. ΕΛΕΜΚΟ, εταιρία συστημάτων αντικεραυνικής προστασίας, elemko.gr.
 33. ΣΕΝΕΚΗΣ ΑΡΓΥΡΙΟΣ, εταιρία, senekis.gr.
 34. ΒΕΡΜΙΟΝ ΑΤΕΕ (Κράβαρης Ιωάννης Π.), Τεχνική εταιρία.
 35. Μπαρμπάτη Ειρήνη – Ιωάννα Ν., 2015, «Αξιολόγηση επενδύσεων με τη χρήση επενδυτικών δικαιωμάτων προαίρεσης (Real Option Analysis – ROA)»,

διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη, ΕΜΠ (και οι παραπομπές που περιέχονται).

36. Δρ. Σταυρακάκης Γεώργιος, 2019-2020, «Στοιχεία οικονομικής ανάλυσης ενεργειακών επενδύσεων», Σημειώσεις μαθήματος, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο.