

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

**ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ**

**ΚΕΡΑΜΜΥΔΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

ΑΜ. : 2015010061

Επιβλέπων: ΜΟΥΣΤΑΚΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Χανιά 04/11/2020

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Κατά πρώτον θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κο Μουστάκη Βασίλειο και την επιβλέπουσα κα Μπακατσάκη Μαρία, για τις κατευθύνσεις και τη βοήθεια που μου έδωσαν κατά το σχεδιασμό και την αποτύπωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης, θερμές ευχαριστίες στην οικογένειά μου για την αμέριστη υποστήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και σε όσους με βοήθησαν καθοιονδήποτε τρόπο στην έρευνα και διαμόρφωση αυτής της εργασίας.

## **ΣΚΟΠΟΣ**

Σκοπός της εργασίας που ακολουθεί, είναι η διαμόρφωση και αποτύπωση μιας ολοκληρωμένης τεχνικής μελέτης, αλλά και η πραγματοποίηση μιας ρεαλιστικής οικονομικής ανάλυσης και η διατύπωση σχετικής πρότασης για επένδυση σε μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά, διασυνδεδεμένης με το κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης, επίκαιρης και ρεαλιστικής τεχνοοικονομικής μελέτης για την επένδυση σε μια φωτοβολταϊκή μονάδα ισχύος 399,20 KWp στην Περιφερειακή Ενότητα Βοιωτίας της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Στην εισαγωγή γίνεται αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με εστίαση στην ηλιακή ενέργεια με σκοπό την καλύτερη κατανόηση του τοπίου. Καταγράφεται η σημερινή πραγματικότητα και παρουσιάζονται σχετικά στατιστικά στοιχεία.

Ακολουθεί, βάσει της σύγχρονης βιβλιογραφίας, αναφορά στα φωτοβολταϊκά στοιχεία, το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και στους παράγοντες που επιδρούν στην απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Επίσης περιγράφονται οι τεχνολογίες που συμμετέχουν σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα (πλαίσια, αντιστροφείς, καλωδιώσεις, στηρίγματα κλπ), ώστε να διαμορφωθεί μια ολοκληρωμένη και σύγχρονη άποψη για το τεχνολογικό μέρος ενός φωτοβολταϊκού πάρκου.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στο ισχύον θεσμικό πλαίσιο (νόμοι, αποφάσεις κλπ) με στόχο την αρτιότερη και ταχύτερη διεκπεραίωση της επένδυσης (απαραίτητες εγκρίσεις από φορείς, αδειοδοτήσεις κλπ).

Στη επόμενη ενότητα περιγράφεται η σχεδίαση φωτοβολταϊκού πάρκου των 399,20 KWp το οποίο προβλέπεται να αναπτυχθεί σε έκταση 8 περίπου στρεμμάτων σε περιοχή της Λειβαδιάς της Περιφερειακής Ενότητας Βοιωτίας. Ειδικότερα παρουσιάζεται η αποτύπωση του χώρου, ο απαιτούμενος τεχνολογικός εξοπλισμός της φωτοβολταϊκής μονάδας, η χωροθέτηση, ο υπολογισμός των καλωδιώσεων, ο τρόπος στήριξης των πλαισίων καθώς και γίνεται αναφορά στα μέτρα φυσικής και αντικεραυνικής προστασίας του χώρου και στη διαδικασία αδειοδότησης.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα οικονομικά δεδομένα και ακολουθεί η οικονομική

αξιολόγηση της επένδυσης. Η αξιολόγηση γίνεται με τη μέθοδο της Καθαρής Παρούσας Αξίας και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης. Στο τέλος καταγράφονται τα συμπεράσματα και διατυπώνεται η οικονομική πρόταση.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΣΚΟΠΟΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	11
1.1. Γενικά	11
1.2. Αιολική ενέργεια.	12
1.3. Υδροηλεκτρική ενέργεια	12
1.4. Γεωθερμική ενέργεια.	12
1.5. Ενέργεια κυμάτων.	13
1.6. Ενέργεια από Βιομάζα	13
1.7. Ηλιακή ενέργεια.	13
1.7.1. Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας	15
1.7.2. Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2019	18
1.7.3. Παραγωγή και Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά	19
1.8. Εθνικοί στόχοι για ΑΠΕ και τα Φωτοβολταϊκά	20
1.9. Εξοικείωση με την ορολογία.	21
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	22
2.1. Γενικά – Φωτοβολταϊκό φαινόμενο	22
2.2. Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκών κυττάρων	23
2.3. Το Φαινόμενο hot-spot	25
2.4. Συστοιχίες Κυττάρων	26
2.5. Φωτοβολταϊκά Πλαίσια	27

2.5.1. Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	27
2.5.2. Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο	28
2.5.3. Οι τεχνολογίες λεπτού υμενίου	29
2.5.4. Πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία	30
2.5.5. Οργανικά πολυμερή κελιά	31
2.6. Κανόνες Χωροθέτησης – Ενεργειακή Απολαβή	31
2.7. Αντιστροφείς (inverters)	36
2.7.1. Βαθμός Απόδοσης του Αντιστροφέα	39
2.7.2. Νησιδοποίηση	39
2.8. Βάσεις	40
2.8.1. Βάσεις Σταθερής κλίσης	40
2.8.2. Βάσεις ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου (trackers)	42
2.9. Καλωδιώσεις	44
2.10. Υποσταθμός Μέσης Τάσης	45
2.11. Μέσα Προστασίας	45
2.12. Αντικεραυνική Προστασία	45
2.13. Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές	46
3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ	47
3.1. Φ/Β από 10 έως 1.000 KW	47
3.2. Φ/Β >1000 KW	47
3.3. Φ/Β σε στέγες	48
3.4. Λοιπές απαιτήσεις – υποχρεώσεις	48
4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Φ/Β ΠΑΡΚΟΥ 399,20 KW <sub>p</sub> :	54
4.1. Συνοπτική παρουσίαση	54
4.2. Φ/Β πλαίσια (panels)	56
4.3. Αντιστροφείς (inverters)	58
4.4. Σύστημα στήριξης	61

4.5.	Καλωδιώσεις - Πίνακες	62
4.6.	Έλεγχος Φ/Β Σταθμού	63
4.7.	Προστασία Φ/Β Σταθμού	63
4.8.	Υποσταθμός	64
5.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	67
5.1.	Χρηματοοικονομική Ανάλυση και Αξιολόγηση Επένδυσης	67
5.1.1.	Βασικά οικονομικά δεδομένα της επένδυσης	67
5.1.2.	Συνολικό Κόστος Επένδυσης	68
5.1.3.	Αποσβέσεις	69
5.1.4.	Τοκοχρεολυτικές Υποχρεώσεις	69
5.1.5.	Λειτουργικά έξοδα	71
5.1.6.	Παραγωγή και Έσοδα	71
5.1.7.	Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	72
5.1.8.	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΕΒΑ)	75
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	77
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ , ΠΗΓΕΣ, ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ	78
8.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	79

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηλεκτρική ενέργεια τον 20<sup>ο</sup> αιώνα αποτελεί αγαθό πρώτης ανάγκης για τον άνθρωπο, γιατί μέσω αυτής ικανοποιούνται βασικές του ανάγκες (θέρμανση, κίνηση, φωτισμός, παραγωγή κλπ). Για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούνται:

- i. Τα **ορυκτά ή συμβατικά** καύσιμα, όπως πετρέλαιο, λιγνίτης, φυσικό αέριο, που αντλούνται από το έδαφος και το υπέδαφος.
- ii. Οι **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας** (ΑΠΕ), όπως ήλιος, αέρας, νερό κλπ που είναι ανεξάντλητες και προέρχονται από το περιβάλλον.

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα βασίζεται κυρίως στα συμβατικά καύσιμα. Τα καύσιμα όμως αυτά δεν είναι ανεξάντλητα και δημιουργούνται με πολύ βραδύ ρυθμό. Τα αποθέματά τους, σύμφωνα με σχετικές μελέτες και την αισιόδοξη πρόβλεψη, προβλέπεται να εξαντληθούν για το κάρβουνο σε 417 χρόνια, το πετρέλαιο σε 43 χρόνια και φυσικό αέριο σε 167 χρόνια. [7]

Η χρησιμοποίηση των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, γιατί κατά την παραγωγική διαδικασία εκπέμπονται μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα, ενώ παράλληλα δημιουργούνται διάφοροι ρύποι ή εκλύονται άλλα επιβλαβή αέρια, με συνέπεια την υπερθέρμανση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή. Συνεπώς η αυξανόμενη χρήση τους οδηγεί σε τεράστια περιβαντολογικά, οικονομικά και οικολογικά προβλήματα με σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο. Η χρησιμοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, οι οποίες είναι ανεξάντλητες, δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και έχουν μικρότερο κόστος χρήσης, είναι επιβεβλημένη, ώστε να αποφευχθούν ή να μειωθούν οι αρνητικές συνέπειες για το περιβάλλον και την ανθρωπότητα.

Για το 2018 το ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με βάση την πηγή καυσίμου διαμορφώθηκε ως εξής: Λιγνίτης 29%, Φυσικό Αέριο 28%, Υδροηλεκτρικά 10%, ΑΠΕ 12%. [12]

## 1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 1.1. Γενικά

«Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), ή ήπιες μορφές ενέργειας, ή νέες πηγές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια, είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια».[7]

Τα βασικά χαρακτηριστικά των ΑΠΕ :

- Είναι ανεξάντλητες.
- Έχουν μεγάλη γεωγραφική διασπορά.
- Καλύπτουν ανάγκες σε ευρεία κλίμακα.
- Η αξιοποίησή τους είναι φιλική προς το περιβάλλον καθώς δεν συμβάλλουν στην αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και λοιπών ρυπογόνων αερίων στην ατμόσφαιρα (άζωτο, κλπ)
- Έχουν μικρό κόστος εκμετάλλευσης.

Η διαχρονική χρήση συμβατικών πηγών, όπως το πετρέλαιο, ο λιγνίτης, το φυσικό αέριο, για την παραγωγή ενέργειας οδηγεί στη μείωση και εξάντληση των αποθεμάτων τους, πέραν από τα τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργήσαν (φαινόμενο θερμοκηπίου, κλιματική αλλαγή κλπ). Η αξιοποίηση των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι αυτή που θα σταματήσει τη μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων αλλά και

θα συμβάλλει στην μείωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Η ουσιαστική αξιοποίησή τους ξεκίνησε δειλά δειλά κατά τη δεκαετία του 1980 και μέχρι σήμερα συνεχώς αναπτύσσεται με ταχύτατους ρυθμούς παγκοσμίως. Σημαντικό ρόλο στο ρυθμό ανάπτυξης αποτελεί η αισθητή μείωση του κόστους αξιοποίησής τους αλλά και το ότι αυξάνεται διαρκώς η απόδοσή τους μέσω των τεχνολογικών εφαρμογών που αναπτύσσονται τα τελευταία χρόνια. Ο βασικότερος όμως λόγος της ταχείας ανάπτυξης παγκοσμίως είναι η ουσιαστική θετική συνεισφορά τους στα περιβαλλοντικά προβλήματα και η σημαντική συμβολή τους στην αποφυγή του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2018 η ενέργεια από ΑΠΕ ανήλθε στο 18,9 % με στόχο για το 2020 το 20 %. [8]

Κατωτέρω περιγράφονται τα κυριότερα είδη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## **1.2. Αιολική ενέργεια.**

Η αιολική ενέργεια προέρχεται από τη χρήση του ανέμου. Είναι η 2<sup>η</sup> κατά σειρά μεγέθους Ανανεώσιμη πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μετά την ηλιακή. Η κινητική ενέργεια του ανέμου μέσω των ανεμογεννητριών μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

## **1.3. Υδροηλεκτρική ενέργεια**

Η Υδροηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από την κίνηση του νερού. Είναι παραδοσιακά η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας στη Ελλάδα. Η κινητική ενέργεια του νερού μέσω στροβίλων που περιστρέφονται μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

## **1.4. Γεωθερμική ενέργεια.**

Η Γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από τη θερμική ενέργεια που βρίσκεται στο εσωτερικό

της γης. Η αξιοποίησή της γίνεται με την προϋπόθεση ότι οι γεωλογικές συνθήκες και το θερμικό φορτίο που υπάρχει είναι συμφέρουσες.

### **1.5. Ενέργεια κυμάτων.**

Η δυναμική – κινητική ενέργεια που προέρχεται από τα κύματα ή τα ρεύματα της θάλασσας δεν έχει αξιοποιηθεί ιδιαίτερος στη χώρα μας. Παγκοσμίως όμως γίνονται προσπάθειες αξιοποίησής τους εκεί όπου οι συνθήκες είναι ευνοϊκές.

### **1.6. Ενέργεια από Βιομάζα**

Η καύση της Βιομάζας θεωρείται Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας. Φυτικά υπολείμματα, ή απορρίμματα και λύματα τα οποία ανανεώνονται, όταν καίγονται παράγουν ενέργεια. Είναι αρκετά διαδεδομένη μορφή ενέργειας.

### **1.7. Ηλιακή ενέργεια.**

Ηλιακή Ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που έχει ως πηγή τον Ήλιο. Η απλουστευμένη μορφή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ενέργεια είναι η εξής: Ο ήλιος εκπέμπει φως και θερμότητα τα οποία στη γη μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Το ηλιακό φως αποτελείται από φωτόνια τα οποία είναι «μικρά πακέτα ενέργειας». Μέρος των φωτονίων απορροφώνται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία και μέσω της κίνησης των ηλεκτρονίων του φωτοβολταϊκού παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η ηλιακή ενέργεια είναι προφανές ότι δεν εξαντλείται και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού και πάντοτε.

Τα **πλεονεκτήματα** της ηλιακής ενέργειας είναι κυρίως περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά. Ειδικότερα η ηλιακή ενέργεια, δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, είναι ανεξάντλητη και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των εγκαταστάσεων, με τις σημερινές

τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, δεν είναι σημαντικό.

Τα **μειονεκτήματα** είναι ότι, δεν έχει αναπτυχθεί ολοκληρωμένο σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας που παράγεται από τα συστήματα αυτά, αλλά και το σημαντικό κόστος της αρχικής επένδυσης, που όμως χρόνο με το χρόνο λόγω της γρήγορης εξέλιξης της τεχνολογίας περιορίζεται.

Η προστασία που περιβάλλοντος και η ανάγκη χρησιμοποίησης μορφών ενέργειας που είναι ανεξάντλητες και με μικρότερο κόστος χρήσης, μας οδηγούν στην όλο και μεγαλύτερη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Με την παραγωγή μίας (1) κιλοβατώρας ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια, σε σχέση με την παραγωγή από άλλα ορυκτά – συμβατικά καύσιμα, εκλύονται περίπου (1) κιλό μικρότερη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ενώ με την παραγωγή ενός (1) κιλοβάτ από φωτοβολταϊκά, αποφεύγεται ετησίως η έκλυση 1,3 τόνων CO<sub>2</sub>. Για την απορρόφηση αυτής της ποσότητας του CO<sub>2</sub> απαιτείται η ύπαρξη 100 δέντρων ή δασική έκταση δύο (2) στρεμμάτων περίπου. Επίσης για την παραγωγή ενός (1) κιλοβάτ ηλεκτρικής ενέργειας με πετρέλαιο, απαιτούνται 2,2 βαρέλια ετησίως. Όσον αφορά την επίπτωση στο περιβάλλον η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων από ΑΠΕ συμβάλλει με λιγότερους ρύπους και μικρότερες εκλύσεις ρυπογόνων αερίων (CO<sub>2</sub>, άζωτο κλπ) και βοηθά στην καλύτερη αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής τα οποία απειλούν σήμερα την ανθρωπότητα. [11]



Εικόνα 1: Ποσότητα ηλιακής ενέργειας προσπίπτουσα σε  $1\text{m}^2$  [11]

### 1.7.1. Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας

Σήμερα γίνεται ελάχιστη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και πραγματοποιείται με τους παρακάτω τρόπους:

- i. **Θερμικά συστήματα.** Η κύρια μορφή τους είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες. Ηλιακοί συλλέκτες, συλλέγουν ηλιακή ενέργεια και μέσω του νερού κυρίως, με τη μορφή θερμότητας τη μεταφέρουν για χρήση. Εδώ δεν έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά παραγωγή θερμότητας.
- ii. **Ηλιοθερμικά συστήματα:** Η Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική βασίζεται σε αυτά τα συστήματα. Η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται από διάφορα δομικά στοιχεία τα οποία με το σχεδιασμό τους βοηθούν στη χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας για φωτισμό και θέρμανση των κτιρίων. Τα εν λόγω συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμότητα και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια.
- iii. **Φωτοβολταϊκά συστήματα.** Στα φωτοβολταϊκά συστήματα η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Αυτό γίνεται στο φωτοβολταϊκό κύτταρο. Πολλά κύτταρα μαζί δημιουργούν μια φωτοβολταϊκή μονάδα, οι οποίες σε συνδυασμό με λοιπά τεχνικά μέρη όπως είναι οι αντιστροφεείς, οι σχετικές καλωδιώσεις σύνδεσης κλπ αποτελούν συνήθως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η απόδοσή τους δεν είναι σταθερή καθώς αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ηλιοφάνεια περιοχής, η σκίαση, ή οι τεχνικές παράμετροι πλαισίων κλπ. Η μέση ετήσια παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού στη Ελλάδα ανέρχεται στα 1.200 έως 1.650 kWh ανά

εγκατεστημένο kWp. [11]

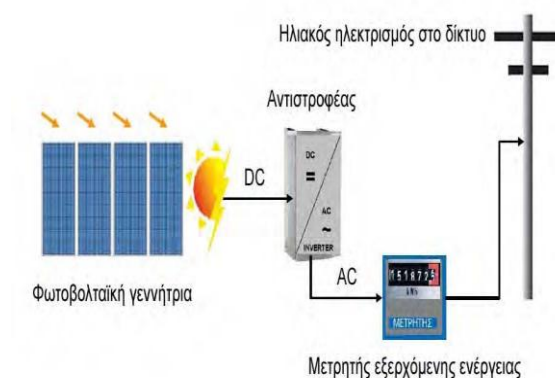
Τα Φωτοβολταϊκά που συνήθως χρησιμοποιούνται σήμερα είναι κατασκευασμένα από [1]:

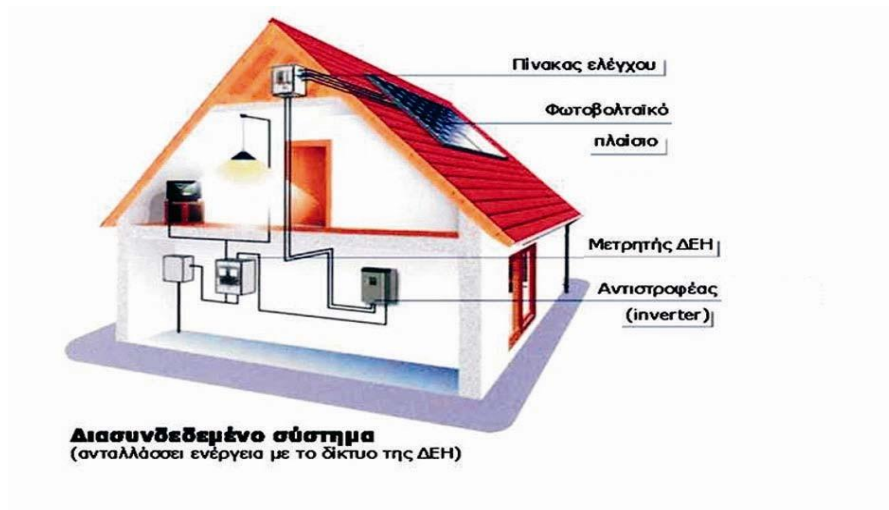
- **Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο**, με απόδοση 20-21%, των οποίων η διαδικασία παραγωγής είναι δύσκολη, ακριβή και με απόβλητα.
- **Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο**, τα οποία είναι τα πιο συνήθη, με απόδοση έως 18% αλλά με απλούστερη διαδικασία παραγωγής και λιγότερα απόβλητα.
- **Λεπτού Υμενίου** με μικρό βαθμό απόδοσης 9% και με χαμηλό κόστος

Τα Φ/Β συστήματα ανάλογα με τη χρήση του παραγόμενου ρεύματος διακρίνονται σε:

#### **Διασυνδεδεμένα συστήματα.[11]**

Τα υπόψη συστήματα είναι διασυνδεδεμένα με το δίκτυο διανομής, και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται πωλείται στον αρμόδιο φορέα, στα πλαίσια σχετικής σύμβασης, όπου ορίζεται η διάρκεια και η τιμή. Σε αυτά τα συστήματα η συνεχής τάση που παρέχει η φωτοβολταϊκή διάταξη μετατρέπεται σε εναλλασσόμενη από ένα αντιστροφέα, συνήθως χωρίς χρήση μπαταριών.





Εικόνα 2: Διασυνδεδεμένα συστήματα [11]

### Αυτόνομα συστήματα. [11]

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται συνήθως για να καλύψουν τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια συγκεκριμένου χώρου ή κτιρίου. Διαθέτουν μπαταρίες για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας για ενδεχόμενη χρήση σε ώρες χαμηλής ακτινοβολίας ή αδυναμίας παραγωγής. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο και πώλησης της μη χρησιμοποιούμενης παραγόμενης ενέργειας σύμφωνα με τα οριζόμενα από το νόμο. Σε αυτά τα συστήματα ο μετατροπέας περιλαμβάνει ένα ρυθμιστή φόρτισης και ένα αντιστροφέα.[3]



Εικόνα 3: Αυτόνομα συστήματα [11]

#### **1.7.2. Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2019. [9]**

Κατά το 2019 το 7% των αναγκών της Ελλάδας σε ηλεκτρική ενέργεια καλύφθηκε από τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Σήμερα η Ελλάδα βρίσκεται στην 4<sup>η</sup> θέση παγκοσμίως, σχετικά με τη συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β.

Η εγκατεστημένη ισχύς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών το 2019 ανήλθε στα 160 MWp και η αντίστοιχη συνολική ισχύς διαμορφώθηκε στα 2.828 MWp. Από αυτά τα 2.255 MWp ήταν εγκατεστημένα στο έδαφος και τα υπόλοιπα σε στέγες.

Τα πλαίσια των 2.255 MWp καταλαμβάνουν έκταση περίπου 12.600 στρέμματα, ενώ η συνολική έκταση στην οποία εκτείνονται (μαζί με τα κενά) ανέρχεται σε 40.000 στρέμματα περίπου. Οι σταθμοί παραγωγής με συμβατικά καύσιμα (λιγνίτη κλπ) εκτείνονται σε εξαπλάσια περίπου έκταση, καθότι σύμφωνα με στοιχεία της ΔΕΗ αυτή ανέρχεται σε 253.000 στρέμματα περίπου. Βάσει των στοιχείων της ΕΛΣΤΑΤ (Νοέμβριος 2017) στην Ελλάδα η γεωργική γη καταγράφεται σε 32,8 εκατ. στρέμματα εκ των οποίων τα 29,2 εκατ. καλλιεργούνται. Από αυτό προκύπτει ότι τα φωτοβολταϊκά καταλαμβάνουν το 0,12% της γεωργικής γης.

Όσον αφορά την κατανάλωση νερού που χρησιμοποιήθηκε για την καθαριότητα των πλαισίων αυτή είναι κατά 31,4 φορές μικρότερη από την ποσότητα που καταναλώθηκε για τις λιγνιτικές μονάδες.

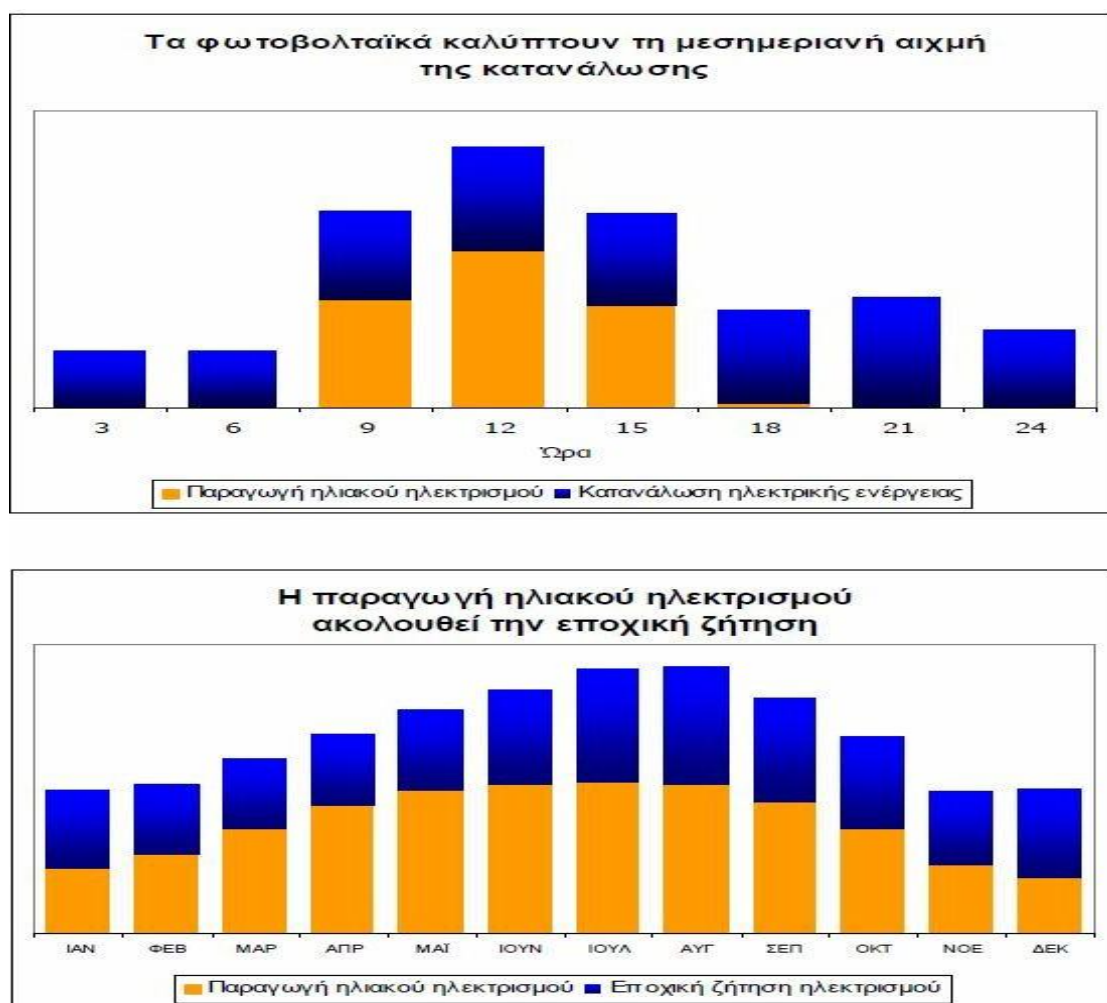
Σχετικά με την επίδραση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στο περιβάλλον, επισημαίνεται ότι η ατμόσφαιρα δεν επιβαρύνθηκε με 3,72 εκατ. τόνους CO<sub>2</sub>.

### 1.7.3. Παραγωγή και Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά

Η παραγωγή και η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά εμφανίζεται στα παρακάτω διαγράμματα:

Στο πρώτο διάγραμμα εμφανίζεται η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας τις μεσημεριανές ώρες σχετικά με την παραγωγή από φωτοβολταϊκά (από 09.00 μέχρι 18.00)

Στο δεύτερο διάγραμμα εμφανίζεται η μηνιαία ζήτηση ηλεκτρισμού σε σύγκριση με την αντίστοιχη παραγωγή από φωτοβολταϊκά. [11]



Εικόνα 4: Διάγραμμα παραγωγής και ζήτησης [11]

### 1.8. Εθνικοί στόχοι για ΑΠΕ και τα Φωτοβολταϊκά [10]

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) οριστικοποιήθηκε το 2019 και ο στόχος για συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται στο **35% έως το 2030**, και είναι σχεδόν διπλάσιος από το ποσοστό που κατέχουν σήμερα (18%). Ο κύριος λόγος που αυξήθηκε ο στόχος των ΑΠΕ είναι το ότι λήφθηκε απόφαση για οριστική απόσυρση των λιγνιτικών μονάδων έως το 2028. Για να επιτευχθεί ο στόχος των ΑΠΕ πρέπει η εγκατεστημένη ισχύς τους να διπλασιαστεί.

Στην Ελλάδα, η προοπτική ανάπτυξης και εφαρμογής των Φ/Β συστημάτων είναι μεγάλη, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από Φωτοβολταϊκά έχει ένα τεράστιο πλεονέκτημα αποδίδει την μέγιστη ισχύ της κατά τη διάρκεια της ημέρας όπου παρουσιάζεται η μέγιστη ζήτηση.

Στόχοι για Φ/Β	2016	2020	2022	2025	2027	2030
Συνολική εγκ/μένη ισχύς (GWp)	2,6	3,0	3,9	5,3	6,3	7,7
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β (TWh)	3,9	4,5	6,0	8,2	9,7	11,8
Συμμετοχή Φ/Β στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή	8,1%	8,7%	11,3%	15,1 %	17,7 %	20,7 %

Πίνακας 1 Στόχοι για Φ/Β από ΕΣΕΚ [10]

### **1.9. Εξοικείωση με την ορολογία. [11]**

**Φωτοβολταϊκό φαινόμενο:** Ονομάζεται η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια.

**Φωτοβολταϊκό στοιχείο ή** φωτοβολταϊκό κύτταρο ή φωτοβολταϊκή κυψέλη: Είναι ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία.

**Φωτοβολταϊκό πλαίσιο:** Είναι ένα σύνολο φωτοβολταϊκών στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα.

**Φωτοβολταϊκό πάνελ:** Είναι ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που έχουν συναρμολογηθεί σε μία ενιαία κατασκευή και η οποία προορίζεται για εγκατάσταση.

**Φωτοβολταϊκή συστοιχία:** Είναι μια ομάδα από Φ/Β πλαίσια ή πανέλα με ηλεκτρική συνδεσμολογία τα οποία έχουν τοποθετηθεί σε κοινή κατασκευή στήριξης.

**Αντιστροφέας (inverter):** Είναι η ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

**kW (κιλοβάτ):** μονάδα ισχύος [ $1 \text{ kW} = 1.000 \text{ Watt}$ ,  $1 \text{ MW} = 1.000 \text{ kW}$ ]

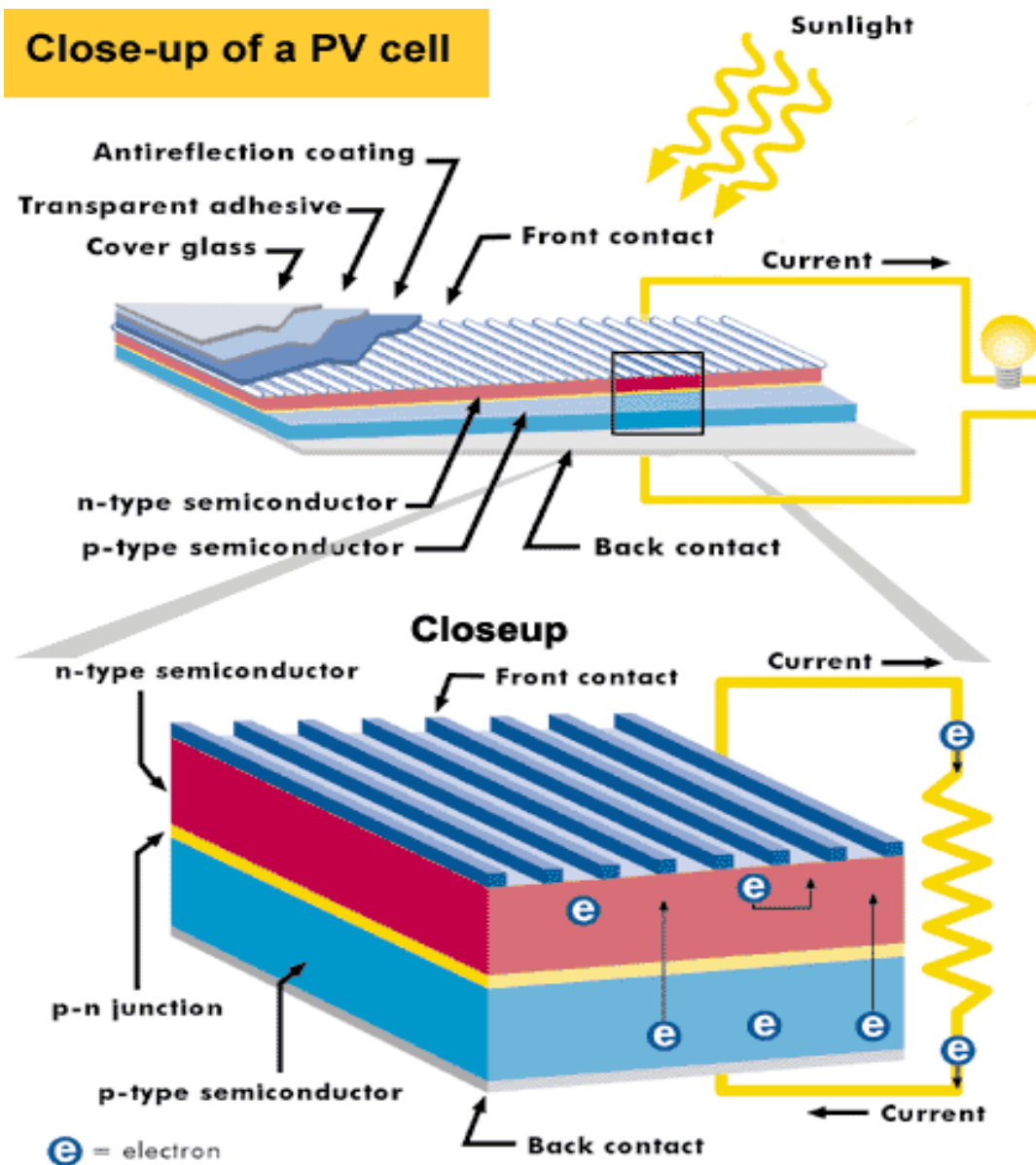
**kWh (κιλοβατώρα):** μονάδα ενέργειας.

## 2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

### 2.1. Γενικά – Φωτοβολταϊκό φαινόμενο [3]

Ο Γάλλος φυσικός Edmund Becquerel το 1839 διατύπωσε τη θεωρία ότι είναι εφικτή η απευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Συγκεκριμένα διατύπωσε τη θεωρία ότι, όταν η φωτεινή ακτινοβολία προσπίπτει σε ορισμένα υλικά απελευθερώνονται εντός των υλικών ηλεκτρικά φορτία στην περίπτωση που η ενέργεια των φωτονίων της ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη από μια κάποια τιμή που είναι χαρακτηριστική για κάθε υλικό. Αν η συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας υπερβαίνει τη χαρακτηριστική τιμή του υλικού παράγονται φορείς αγωγιμότητας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο**.

Το 1954 στα εργαστήρια Bell αναπτύχθηκαν οι φωτοβολταϊκές κυψέλες η ηλιακά κελιά, οι οποίες αποτελούν το δομικό στοιχείο των φωτοβολταϊκών μονάδων. Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες είναι συνήθως επαφές p-n. Όταν στην ηλιακή κυψέλη προσπέσει φωτεινή ακτινοβολία η ενέργεια των φωτονίων παράγει ζεύγη ηλεκτρονίων και οπών. Με την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου της περιοχής τα ηλεκτρόνια οδηγούνται προς τον ημιαγωγό τύπου n (κάθοδο) και οι οπές προς τον ημιαγωγό τύπου p άνοδος. Στους ακροδέκτες της κυψέλης αναπτύσσεται διαφορά δυναμικού που προκαλεί ροή ενός ρεύματος στο φορτίο. Σήμερα το πλέον χρησιμοποιούμενο υλικό για την κατασκευή κυψελών είναι το πυρίτιο σε ποσοστό 95% περίπου.[3]



Εικόνα 5. Βασική δομή ενός ηλιακού κελιού [6]

## 2.2. Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκών κυττάρων.[6]

Ως βαθμός απόδοσης των ηλιακών κελιών – κυψελών, ονομάζεται το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική, και εξαρτάται από το είδος και τα χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής τους. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να ανέλθει έως και 40%. Σήμερα στην αγορά μέσες αποδόσεις των ηλιακών κελιών και των

φωτοβολταϊκών πλαισίων κυμαίνονται από 17-19%.

Στη διαμόρφωση του βαθμού απόδοσης των ηλιακών κελιών επιδρούν και άλλοι παράγοντες από το εξωτερικό ή εσωτερικό περιβάλλον. Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότεροι: [6]

- i. **Η Ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.** Η αύξηση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας επιδρά θετικά στο βαθμό απόδοσης, ενώ η μείωση επιδρά αρνητικά. Αυτό οφείλεται στο ότι η ένταση της ακτινοβολίας επηρεάζει ανάλογα το ρεύμα βραχυκύκλωσης του στοιχείου με ταυτόχρονη ανάλογη επίδραση στην ισχύ του στοιχείου.
- ii. **Θερμοκρασία.** Οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν αντίστοιχη αύξηση της ενδογενούς συγκέντρωσης των φορέων του ημιαγωγού, με συνέπεια να γίνονται περισσότερες επανασυνδέσεις φορέων και να εκδηλώνεται ισχυρό ρεύμα διαρροής. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μείωση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου.
- iii. **Σκίαση.** Το ρεύμα που παράγει μια φωτοβολταϊκή μονάδα μειώνεται σημαντικά όταν λειτουργεί σε σκίαση. Ακόμη και ένα μικρό μέρος να βρίσκεται υπό σκίαση η απόδοση είναι πολύ μικρότερη από την αναμενόμενη. Η σκίαση μπορεί να προέλθει είτε από δένδρα κτίρια κλπ ή από τα σύννεφα (παροδική σκίαση)
- iv. **Ανάκλαση:** Όταν η επιφάνεια πυριτίου δεν είναι επεξεργασμένη με χημικά μέσα ή επιστρωμένη με διάφορα υλικά που εμποδίζουν την ανάκλαση η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει ανακλάται κατά 30%. Όταν γίνεται η σχετική επεξεργασία οι ανακλάσεις περιορίζονται μέχρι και το 3%.

- v. **Άνεμος :** Η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου-συστήματος επηρεάζεται από την ένταση - ταχύτητα του ανέμου και την κατεύθυνσή του. Οι άνεμοι που πνέουν από το βορά ή οι άνεμοι μεγάλης έντασης, είναι κατά βάσει πιο ψυχροί και οδηγούν το σύστημα να λειτουργεί σε χαμηλές θερμοκρασίες και κατ'επέκταση με μικρότερη απόδοση.
- vi. **Γήρανση.** Η γήρανση των πλαισίων είναι παράγοντας μειωμένης απόδοσης. Η γήρανση αφορά στην κατασκευή των πλαισίων αλλά και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν. Αναγράφεται ως ποσοστό μείωσης της παραγωγής ανά έτος. Από διάφορες μελέτες καταγράφεται μέση μείωση της απόδοσης λόγω γήρανσης περίπου σε ποσοστό 1% για κάθε έτος. Από τους κατασκευαστές σήμερα εξασφαλίζεται ότι η απόδοση λόγω γήρανσης των πλαισίων μετά από 25 έτη λειτουργίας θα διατηρηθεί στο 80% .
- vii. **Ρύπανση.** Η ρύπανση των Φ/Β πλαισίων επιδρά αρνητικά στη απόδοσή τους. Η ρύπανση προέρχεται κυρίως από σκόνη ή φύλλα δένδρων ή λοιπές ρυπογόνες ουσίες που επικάθονται στα πλαίσια. Εντονότερη είναι η ρύπανση όταν τα πλαίσια έχουν μικρή κλίση. Ο συχνός καθαρισμός των πλαισίων βελτιώνει την απόδοσή τους.

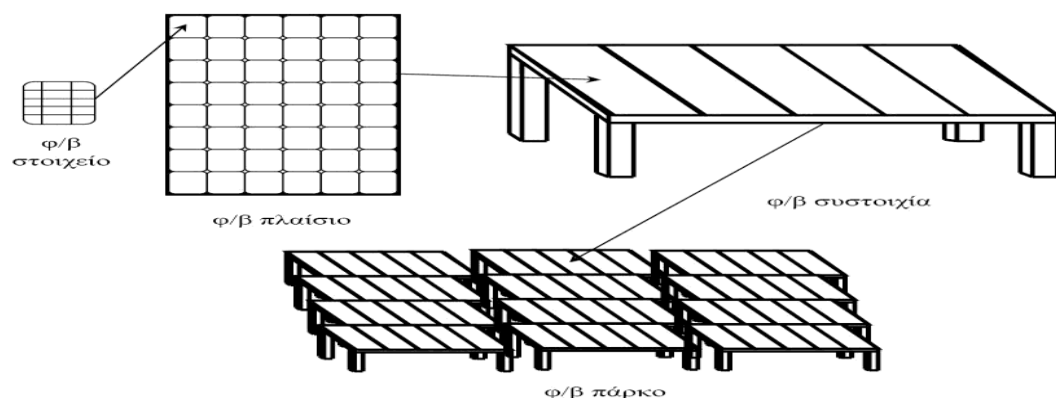
### 2.3. Το Φαινόμενο hot-spot

Ως φαινόμενο hot - spot αναφέρεται το φαινόμενο κατά το οποίο όταν δεν υπάρχει συνεργασία των χαρακτηριστικών ενός κυτάρου του φωτοβολταϊκού πλαισίου με τα άλλα κύτταρα του πλαισίου, το κύτταρο αυτό το παράγει λιγότερο ηλεκτρικό ρεύμα από ότι

προβλέπεται. Ως αιτίες καταγράφονται οι κατασκευαστικές αστοχίες, η λανθασμένη εγκατάσταση, οι βλάβες κατά τη λειτουργία, τυχόν θραύση, αλλά η κύρια αιτία είναι η σκίαση μέρους ή όλου του κυτάρου από φυσικά ή τεχνικά εμπόδια π.χ δένδρα, κτίρια σύννεφα. Αποτέλεσμα των ανωτέρω είναι η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας στο εν λόγω κύταρο η οποία μπορεί να οδηγήσει στη θραύση του πλαισίου.

## 2.4. Συστοιχίες Κυττάρων

Τα φωτοβολταϊκά κελιά αν και αποτελούν ένα στοιχείο ικανό να παράγει ενέργεια δεν χρησιμοποιείται μόνο του. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τα οποία πρακτικά είναι πολλά κελιά συνδεδεμένα κατάλληλα μεταξύ τους. Πολλά φωτοβολταϊκά πλαίσια, επίσης με την κατάλληλη τόσο από πλευράς μηχανικής όσο και ηλεκτρικής συνδεσμολογία αποτελούν τη Φωτοβολταϊκή Συστοιχία. Η φωτοβολταϊκή συστοιχία αποτελείται από πλαίσια που είναι συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα και στους ακροδέκτες να υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης με τις άλλες απαραίτητες συσκευές, όπως αντιστροφείς κλπ. Η σχέση του φ/β πλαισίου με την φ/β συστοιχία και την φ/β γεννήτρια φαίνεται στο σχήμα.



Εικόνα 6. Φωτοβολταϊκή Συστοιχία [6]

Βασικοί περιορισμοί για τη συστοιχία: [1]

- Δεν επιτρέπεται η σύνδεση φωτοβολταϊκών στοιχείων με διαφορετικά χαρακτηριστικά γιατί έχουν ως αποτέλεσμα απώλειες στην παραγωγή.
- Ο προσανατολισμός των πλαισίων πρέπει να είναι ό ίδιος, γιατί σε διαφορετική περίπτωση έχουμε διαφορετική ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με συνέπεια την καταγραφή απωλειών.
- Να αποφεύγεται η σκίαση των πλαισίων για την αποφυγή απωλειών στην παραγωγή. Σε περίπτωση σκίασης ενός πλαισίου δεν χάνεται η παραγωγή του συγκεκριμένου πλαισίου μόνον, αλλά η παραγωγή όλων των πλαισίων που είναι συνδεδεμένα εν σειρά. Εν προκειμένω για να αποφεύγονται οι απώλειες γίνεται χρήση διόδων παράκαμψης.

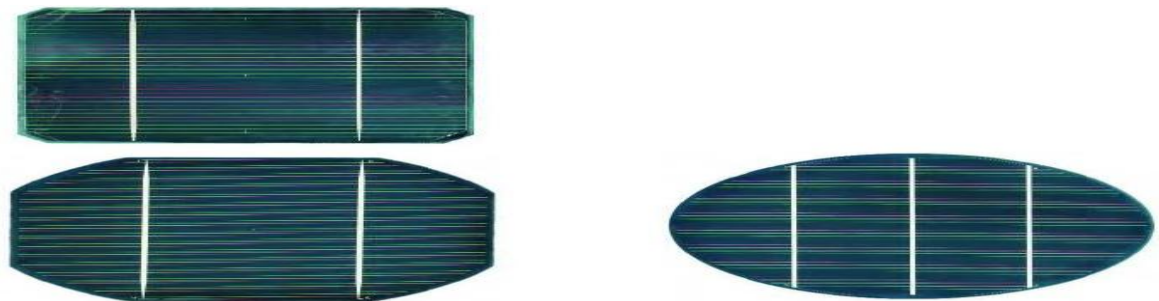
## **2.5. Φωτοβολταϊκά Πλαίσια [1]**

Όπως προαναφέρθηκε ο συνδυασμός πολλών φωτοβολταϊκών κυττάρων δημιουργούν ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Οι κατηγορίες πλαισίων ανάλογα με το υλικό κατασκευής είναι οι εξής :

### **2.5.1. Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο.**

- Για την κατασκευή των κελιών αυτών χρησιμοποιείται ένας κρυσταλλικός δίσκος μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Σήμερα έχουν βαθμό απόδοσης που κυμαίνεται από 20-21%. Η παραγωγική τους διαδικασία έχει σημαντικό βαθμό δυσκολίας γιατί το πυρίτιο κρυσταλλώνεται στο ίδιο πλέγμα και είναι πολύ δαπανηρή. Επίσης κατά την παραγωγή τους δημιουργούνται πολλά απόβλητα. Τα κελιά με σχήμα κύκλου έχουν μικρότερο κόστος γιατί κατά την παραγωγή τους γίνεται καλύτερη αξιοποίηση του υλικού και τα υπολείμματα είναι λίγα. Το σχήμα των ηλιακών κελιών είναι κυκλικό ή τετράγωνο και στις περιπτώσεις που είναι επιστρωμένα με υλικό ανάκλασης το χρώμα τους είναι σκούρο μπλε έως μαύρο,

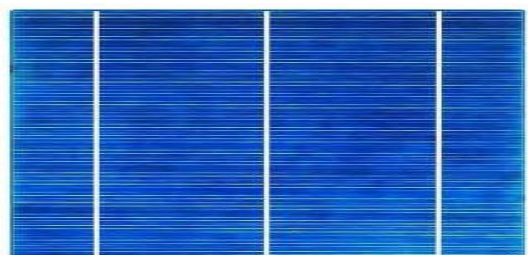
ενώ όταν δεν φέρουν ανακλαστική επίστρωση το χρώμα τους είναι γκρι. Δεν χρησιμοποιούνται συχνά γιατί η τοποθέτησή τους αφήνει κενά.



Εικόνα 7: Μορφές μονοκρυσταλλικών κελιών πυριτίου [6]

### 2.5.2. Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

- Τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι τα συνηθέστερα στην αγορά αλλά έχουν μικρότερο ποσοστό απόδοσης που ανέρχεται στο 18% περίπου. Η παραγωγική τους διαδικασία είναι απλή και κατά την επεξεργασία τους απαιτείται μεγάλη ακρίβεια ενώ δεν παράγονται μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων. Έχουν χαμηλότερο κόστος κατά την παραγωγή τους και γι'αυτό η τιμή τους είναι φθηνότερη σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Έχουν χρώμα μπλέ χωρίς επίστρωση, ενώ με επίστρωση έχουν γκρι – ασημί και δεν υπάρχει ομοιομορφία σε όλο το κελί. Το σχήμα τους είναι τετράγωνο.



### **2.5.3. Οι τεχνολογίες λεπτού υμενίου [1]**

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη προσπάθεια για τη βελτίωση και τελειοποίηση κελιών με ημιαγωγούς ελάχιστου πάχους ώστε να χρησιμοποιούνται μικρές ποσότητες υλικών (πυριτίου) και να υπάρχει αξιόλογη απόδοση. Σήμερα τα κελιά αυτά έχουν μικρό βαθμό απόδοσης (π.χ. άμορφου πυριτίου 9%) αλλά το κόστος τους είναι μικρό γεγονός που τα καθιστά ανταγωνιστικά στην αγορά. Το σχήμα τους είναι τετράγωνο και συνήθως έχουν σκούρο μπλε ή μαύρο χρώμα. Ανάλογα με το είδος του ημιαγωγού που χρησιμοποιείται έχουμε τις παρακάτω κατηγορίες.

#### **i. Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός με προσθήκη γαλλίου**

Τα κελιά όπου χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός χαλκού-γαλλίου-δισεληνιούχου είναι μια τεχνολογία παραγωγής κελιών λεπτού υμενίου με μεγάλες υποσχέσεις. Τα υπόψη κελιά έχουν μεγάλη απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία ενώ οι αποδόσεις τους καταγράφονται ως οι μεγαλύτερες και ανέρχονται στο 19,9%,

#### **ii. Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου:**

Αυτά τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η πιο διαδεδομένη μορφή κελιών λεπτού υμενίου, καθόσον χρησιμοποιούνται σήμερα σε ηλεκτρονικές συσκευές που κυκλοφορούν στο εμπόριο ευρέως (υπολογιστές κλπ). Το υπόψη κελιά με το άμορφο πυρίτιο έχουν απόδοση 6-9%. Τα κύρια πλεονέκτημά τους είναι ότι οι υψηλές θερμοκρασίες δεν τα επηρεάζουν σημαντικά και ότι μπορεί να είναι εύκαμπτα. Η σχετική τεχνολογία παραγωγής τους είναι νέα και δεν υπάρχουν εγγυήσεις για τη διάρκεια ζωής τους.



Εικόνα 9: Φωτοβολταϊκά πάνελ από άμορφο πυρίτιο [6]

### iii. Τελουριούχο Κάδμιο:

Τα φωτοβολταϊκά κελιά που κατασκευάζονται με ποσότητες καδμίου-τελλουρίου έχουν τη δυνατότητα υψηλής απορροφητικότητας της ηλιακής ενέργειας. Το τελούριο όμως είναι δυσεύρετο, ενώ για το κάδμιο μελέτες το αναφέρουν ως καρκινογόνο. Οι αποδόσεις τους φθάνουν στο 16%.

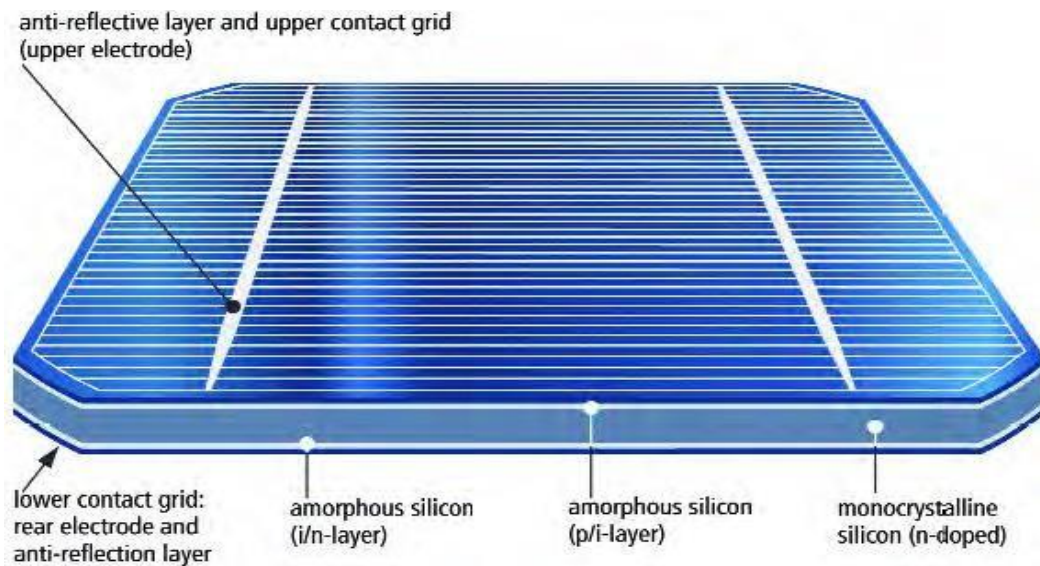
### iv. Αρσενικούχο Γάλλιο:

Τα υπόψη κελιά καταγράφουν υψηλές αποδόσεις που ανέρχονται έως το 36% αλλά έχουν σημαντικό κόστος. Το γάλλιο είναι προϊόν που προέρχεται από άλλα μέταλλα και είναι σημαντικά ακριβό, ενώ το αρσενικό είναι επίσης σπάνιο και έχει στη σύνθεσή του δηλητήριο. Επειδή αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίας και σε μεγάλες ποσότητες ακτινοβολίας, χρησιμοποιούνται κυρίως σε διαστημικές εφαρμογές.

#### 2.5.4. Πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία

Τα πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία που αποτελούνται από λεπτά στρώματα διάφορων υλικών. Αυτά που κυκλοφορούν συνήθως σήμερα, είναι αυτά που οι δύο εξωτερικές τους πλευρές αποτελούνται άμορφο πυρίτιο και

στη μέση βρίσκεται μια στρώση από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Έχουν υψηλό κόστος παραγωγής και οι αποδόσεις τους φτάνουν το 19,7%. Σημαντικό τους πλεονέκτημα είναι το ότι έχουν μεγάλη απόδοση στη μεγάλη ακτινοβολία σε στις υψηλές θερμοκρασίες



Εικόνα 10. Πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία [6]

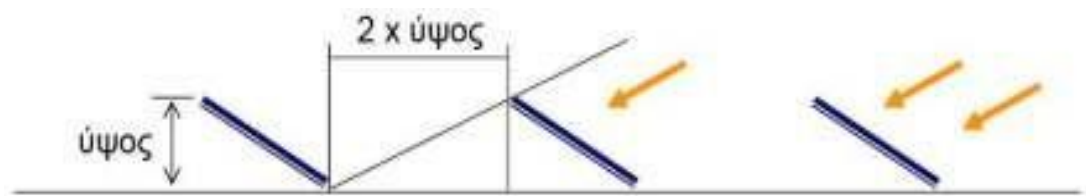
#### 2.5.5. Οργανικά πολυμερή κελιά

Η τεχνολογία τους είναι σχετικά καινούργια. Η λειτουργία τους είναι διαφορετική σχετικά με τις άλλες κατηγορίες καθώςον χρησιμοποιούν οργανικά υλικά ως «δότες και δέκτες ηλεκτρονίων». Αυτά τα οργανικά υλικά παρέχουν τη δυνατότητα παραγωγής εύκαμπτων κελιών ενώ η απόδοσή τους κυμαίνεται από 5-6%.

#### 2.6. Κανόνες Χωροθέτησης – Ενεργειακή Απολαβή [6]

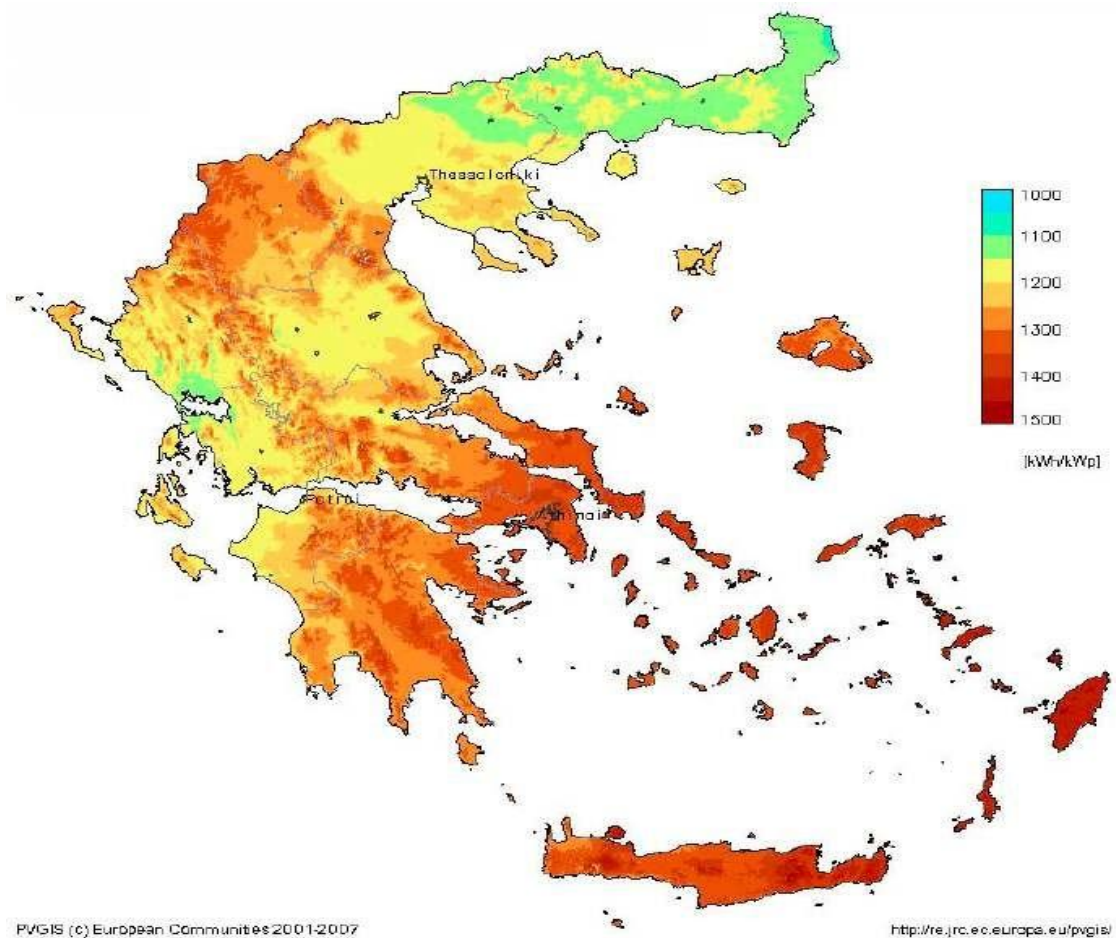
Στα προηγούμενα εδάφια περιγράφονται οι τεχνολογίες των ηλιακών κελιών, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και οι αποδόσεις τους. Τα παραπάνω στοιχεία μας βοηθούν στη

χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών μονάδων. Βασικός σκοπός είναι η εξασφάλιση της όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ακτινοβολίας σε όλα τα πλαίσια, για όλο το χρόνο. Η εξασφάλιση αυτή γίνεται όταν ο προσανατολισμός των πλαισίων είναι νότιος και με κλίση ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που για την Ελλάδα είναι στις 30 μοίρες. Καλύτερη απόδοση επιτυγχάνεται όταν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ακολουθούν την πορεία του ήλιου. Επίσης σημαντικό είναι να μη σκιάζεται ο χώρος και η απόσταση μεταξύ δύο σειρών πλαισίων να είναι διπλάσια από το ύψος, όπως στην παρακάτω εικόνα αποτυπώνονται.



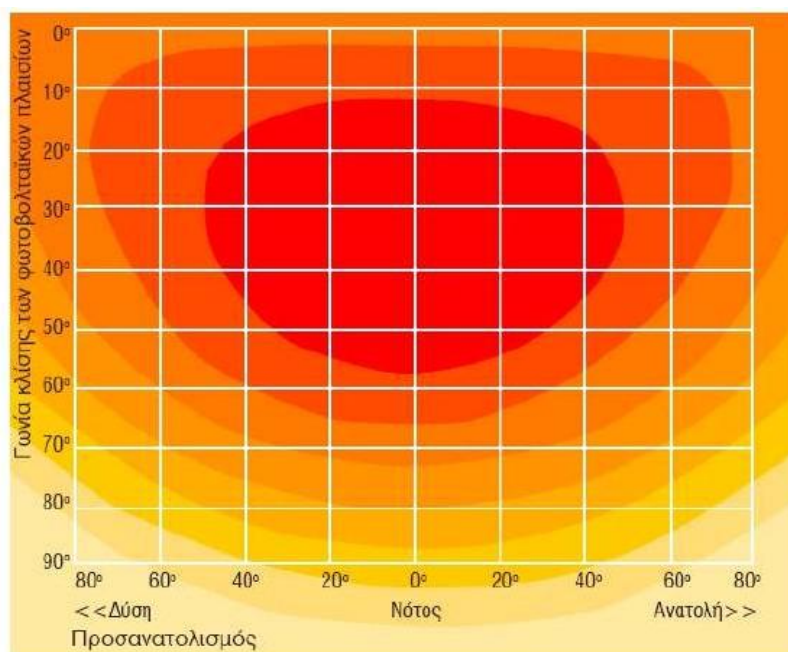
Εκόνα 11: Χωροθέτηση σειρών πάνελ[6]

Το κλίμα και η γεωγραφική περιοχή του κάθε τόπου είναι παράγοντες που διαμορφώνουν την ποσότητα ακτινοβολίας που προσπίπτει στα πλαίσια. Φωτοβολταϊκά πλαίσια με τα ίδια ακριβώς τεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία είναι τοποθετημένα με τον ίδιο προσανατολισμό και ίδια κλίση έχουν διαφορετική απόδοση όταν είναι εγκατεστημένα σε περιοχές της Βορείου Ελλάδας, όπου υπάρχουν χαμηλές θερμοκρασίες και χαμηλή ηλιοφάνεια και άλλη όταν βρίσκονται στ Νότιες περιοχές. Στην εικόνα που ακολουθεί εμφανίζεται ανά την Ελλάδα η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά kWp πλαισίου κρυσταλλικού πυριτίου που είναι εγκατεστημένο σε σταθερή βάση

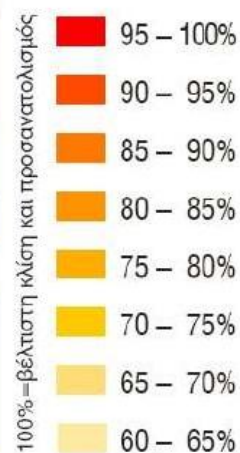


Εικόνα12: Παραγωγή ενέργειας (kWh/έτος/kWp) για τις περιοχές της Ελλάδας [6]

Η μέση ενεργειακή απόδοση στην Ελλάδα κυμαίνεται από **1.200-1.700 kWh/kWp** ετησίως. Στις νότιες περιοχές καταγράφονται μεγαλύτερες αποδόσεις. Όταν οι βάσεις στήριξης των πλαισίων δεν είναι σταθερές, αλλά ακολουθούν την πορεία του ήλιου καταγράφονται μεγαλύτερες αποδόσεις κατά 25-30%. Για την εξασφάλιση της μέγιστης απόδοσης είναι απαραίτητο να ακολουθούνται τα προβλεπόμενα για κάθε περιοχή σχετικά με την κλίση και τον προσανατολισμό. Για εγκαταστάσεις στο έδαφος υπάρχει χώρος για να γίνεται άριστη χωροθέτηση και να εξασφαλίζεται ο βέλτιστος προσανατολισμός και η σωστή κλίση. Στις εγκαταστάσεις σε κτίρια υπάρχει σχετική δυσκολία λόγω του περιορισμένου διαθέσιμου χώρου. Τα παρακάτω διαγράμματα βοηθούν στην άριστη τοποθέτηση.






**Απόδοση ανάλογα με την κλίση και τον προσανατολισμό**



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

Πίνακας 2: Μεταβολή της παραγωγής ενέργειας για απόκλιση τοποθέτησης ως προς τις βέλτιστες συνθήκες.[6]

Για την εξασφάλιση της μεγαλύτερης απόδοσης και της καλύτερης αξιοποίησης ο μελετητής θα πρέπει να γνωρίζει τα κυριότερα χαρακτηριστικά και τις τεχνολογίες των πλαισίων που υπάρχουν στην αγορά. Συγκεντρωτικά και συγκριτικά τα εν λόγω χαρακτηριστικά εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών</b> (εξοπλισμός που κυκλοφορεί στην αγορά στις αρχές 2008)			
ΤΥΠΟΣ	'Λεπού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	a-Si: 4,2-6,6% μ-Si: 8,1-8,5% CIS-CIGS: 6-11% CdTe: 6-11,1%	11-14,8%	11-19,3%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	9-25 m <sup>2</sup>	7-9 m <sup>2</sup>	5,5-9 m <sup>2</sup>
<b>Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp)</b> <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	1.300-1.450	1.300	1.300
<b>Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m<sup>2</sup>)</b> <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	50-160	145-185	145-235
<b>Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO<sub>2</sub> ανά kWp)</b>	1.300-1.450	1.300	1.300

Εικόνα 13: Σημαντικότερα χαρακτηριστικά τεχνολογιών πάνελ, [6]

## 2.7. Αντιστροφέας (inverters) [6]

Οι Αντιστροφείς είναι ηλεκτρονικές διατάξεις που μετατρέπουν το ηλεκτρικό ρεύμα από συνεχές σε εναλλασσόμενο, επίσης ανυψώνουν την εισερχόμενη τάση στην τάση που απαιτείται και εξασφαλίζουν τη βέλτιστη λειτουργία. Αποτελούν το πιο κομβικό κομμάτι της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης καθώς μέσω αυτού γίνεται η σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο στα διασυνδεδεμένα συστήματα, ενώ στα αυτόνομα διαμορφώνει τα χαρακτηριστικά του ρεύματος για τη άριστη κάλυψη των φορτίων. Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά τους είναι: Ο βαθμός απόδοσης, η μέγιστη ισχύς που δέχεται από τα Φ/Β, η μέγιστη ένταση του ρεύματος, η τάση και το εύρος τάσης καθώς και το πλήθος παράλληλων γραμμών Φ/Β που δέχεται. Για την εξασφάλιση της ασφάλειας του συστήματος και της μέγιστης απόδοσης του αντιστροφέα (που κυμαίνεται από 93% έως 99%) είναι απαραίτητο κατά τη συνδεσμολογία να τηρηθούν οι τεχνικοί περιορισμοί που προβλέπονται από τους κατασκευαστές.

Οι αντιστροφείς βάσει της τάσης που παράγουν διακρίνονται στους μονοφασικούς και τριφασικούς, και σε αυτούς που έχουν ή δεν έχουν μετασχηματιστή. Η χρήση μετασχηματιστή έχει μεγαλύτερο κόστος αλλά και απώλειες στην απόδοση. Επίσης από τον τρόπο διασύνδεσης οι αντιστροφείς διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες.

- i. **Κεντρικοί αντιστροφείς:** Χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγάλες φωτοβολταϊκές μονάδες με μεγάλη ισχύ καθότι έχουν μεγάλα επίπεδα ισχύος που κυμαίνονται από 30kW έως και 1-2MW. Χαρακτηριστικό τους είναι ο μικρός αριθμός εισόδων DC (1-2 είσοδοι), με αποτέλεσμα η σύνδεση με το μεγάλο αριθμό πλαισίων γίνεται με μεγάλη χρήση καλωδίων DC, ενώ για τη σύνδεση με άλλους αντιστροφείς χρησιμοποιούνται AC καλώδια.



Εικόνα 14: Κεντρικός μετατροπέας με μέγιστη ισχύ εισόδου τα 1,4kWp. [6]

- ii. **Αντιστροφείς κλάδων η στοιχειοσειρών:** Χρησιμοποιούνται κυρίως σε Φωτοβολταϊκές μονάδες παραγωγής με μέση και μικρή ισχύ και είναι η πιο διαδεδομένη μορφή αντιστροφέων. Έχουν ευελιξία σχετικά με το πλήθος των πλαισίων που μπορούν να συνδεθούν. Στην αγορά βρίσκονται ως μονοφασικοί ή τριφασικοί και με μετασχηματιστή ή όχι.



Εικόνα 15:Αντιστροφέας κλάδων [6]

- iii. **Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων η στοιχειοσειρών:** Όταν υπάρχει ανάγκη να

διασυνδεθούν πλαίσια με διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως ονομαστική ισχύς, την τεχνολογία κατασκευής κλπ χρησιμοποιούνται οι αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων. Χρησιμοποιούνται επίσης όταν τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης διαφοροποιούνται από σημείο σε σημείο όπως σκίαση, κλίση κλπ. Είναι ειδικού σκοπού και η χρησιμοποίησή τους μικρή.



Εικόνα 16: Αντιστροφέας πολλαπλών κλάδων.[6]

- iv. **Αντιστροφείς ενσωματωμένοι σε Φ/Β πλαίσια:** Είναι μια καινούργια κατηγορία, έχουν χαμηλή ισχύ, η οποία ανέρχεται στα 300W και είναι ενσωματωμένοι με ένα Φ/Β πλαίσιο. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε οικιακές φωτοβολταϊκές μονάδες εγκατεστημένες σε κτίρια. Αποσκοπούν στο να εξασφαλίζεται η άριστη λειτουργία του κάθε πλαισίου χωριστά.



Εικόνα 17: Αντιστροφέας για ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ. [6]

### 2.7.1. Βαθμός Απόδοσης του Αντιστροφέα

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του αντιστροφέα είναι ο βαθμός απόδοσής του και ορίζεται από τον τύπο  $\eta(\%) = P_{AC}/P_{DC}$ , όπου  $P_{AC}$  είναι η ισχύς εξόδου και  $P_{DC}$  είναι η ισχύς εξόδου. Ο βαθμός απόδοσης δείχνει τις απώλειες της ισχύος.

Η ύπαρξη μετασχηματιστή ή όχι επηρεάζει την απόδοσή του. Στις περιπτώσεις αντιστροφέα με μετασχηματιστή η απόδοση κυμαίνεται από 92% έως 96%, ενώ στους αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή η απόδοση ανέρχεται στο 96-98,5%. [6]

### 2.7.2. Νησιδοποίηση[6]

Όταν ένα μέρος του δικτύου με Φ/Β πλαίσια δεν συνεργάζεται με το δίκτυο της κεντρικής τροφοδοσίας, έχουμε το φαινόμενο της νησιδοποίησης.

Εν προκειμένω η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση λειτουργεί ως «νησίδα παραγωγής ενέργειας» και επειδή οι αντιστροφείς λειτουργούν υπάρχουν κίνδυνοι για την ίδια την εγκατάσταση και για την ασφάλεια του ανθρώπινου δυναμικού που εμπλέκεται στην διαδικασία.

Η παρακολούθηση της κατάστασης του δικτύου και της λειτουργίας του αντιστροφέα με κατάλληλες μετρήσεις μπορεί να προλάβουν τις αρνητικές επιπτώσεις του φαινομένου. Για την αποφυγή δημιουργίας του υπόψη φαινομένου οι αντιστροφείς θα πρέπει να έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τα προβλεπόμενα πρότυπα και αυτό να πιστοποιείται από σχετικά έγγραφα. Βασική προστασία προέρχεται από σχετικούς ελέγχους και ιδιαίτερα με τον έλεγχο κατά της αρχικής σύνδεσης της μονάδας με το ηλεκτρικό δίκτυο.

## 2.8. Βάσεις

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στηρίζονται σε βάσεις που είναι κατασκευασμένες συνήθως από χάλυβα ή αλουμίνιο. Διακρίνονται σε σταθερές και σε βάσεις που ακολουθούν την πορεία του ήλιου.

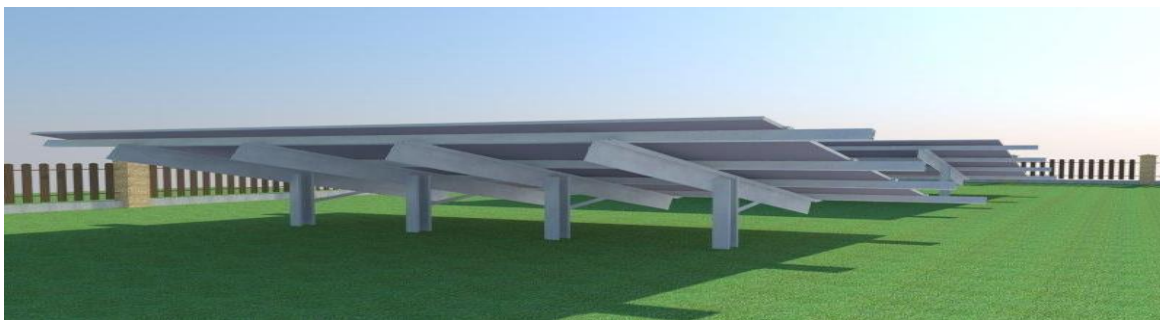
### 2.8.1. Βάσεις Σταθερής κλίσης

Η πιο απλή και με μικρό κόστος κατηγορία, είναι οι βάσεις σταθερής κλίσης. Σχεδιάζονται έτσι ώστε κατά τις μεσημεριανές ώρες οι ακτίνες του ήλιου να πέφτουν κάθετα στα Φ/Β πλαίσια. Αυτό επιτυγχάνεται όταν η κλίση των βάσεων εξασφαλίζει τοποθέτηση των πλαισίων σε περίπου 30 μοίρες από το έδαφος. Επισημαίνεται ότι το καλοκαίρι η ιδανική κλίση είναι μικρότερη και το χειμώνα σημαντικά μεγαλύτερη. Η στατικότητα τους και η αντοχή τους στην πίεση του ανέμου και στο βάρος του χιονιού πρέπει να εξασφαλίζονται μετά από τεχνική μελέτη. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κατασκευής, και τον τρόπο που εγκατασταθούν στο έδαφος διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- i. Πασσαλόμψηξη
- ii. Βιδωτά θεμέλια
- iii. Μπετόν
- iv. Μεταλλικοί ορθοστάτες

**Πασσαλόμψηξη:** Με αυτή τη μέθοδο τοποθετούνται πάσσαλοι στο έδαφος σε μικρό βάθος και επάνω τους προσαρμόζεται μια βάση, στην οποία εγκαθίστανται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Οι πάσσαλοι είναι από χάλυβα ή αλουμίνιο και τοποθετούνται συνήθως στο έδαφος, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις, ανάλογα με τη σύνθεση του εδάφους χρησιμοποιείται και σκυρόδεμα. Είναι η μέθοδος με το μικρότερο κόστος γιατί ο χρόνος τοποθέτησης είναι

μικρός, ενώ τα υλικά και εργατικά κόστη περιορισμένα.



Εικόνα 18. Σύστημα στήριξης με πασσαλόμπεξη [6]

**Βιδωτά Θεμέλια:** Σε αυτή τη μέθοδο αντί για πασσάλους χρησιμοποιούνται βίδες που τοποθετούνται στο έδαφος. Οι βίδες αποτελούνται από χάλυβα και τοποθετούνται με μηχανήματα. Χαρακτηριστικά των θεμελίων με βίδες είναι ότι, μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε έδαφος (βραχώδες, με κλίση), έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, μεγάλη αντοχή στις καιρικές συνθήκες και επίσης έχουν τη δυνατότητα να αντέχουν μεγάλα φορτία.

**Θεμέλια από μπετόν:** Είναι τα θεμέλια που αποτελούνται από μπετόν το οποίο είναι ενιαίο ή από πέγματα μπετού τα οποία τοποθετούνται σε λάκους στο έδαφος. Πάνω σε αυτά τα θεμέλια τοποθετούνται οι βάσεις. Τα πλεονεκτήματα αυτών είναι ότι είναι ανθεκτικά, δεν χρειάζονται συντήρηση και προσαρμόζονται σε όλα τα εδάφη.



Εικόνα 19. Σκυροδέτηση σταθερών βάσεων σε πέγμα από μπετόν [6]

**Θεμέλια από μεταλλικούς ορθοστάτες:** Σε αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται μεταλλικοί ορθοστάτες οι οποίοι κατασκευάζονται από χάλυβα και ψευδάργυρο για την αποφυγή διαβρώσεων. Η τοποθέτησή τους γίνεται με ειδικά μηχανήματα και για την εξασφάλιση της σταθερότητάς τους πακτώνονται.

### **2.8.2. Βάσεις ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου (trackers) [6]**

Οι Βάσεις ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου (trackers) είναι συστήματα στήριξης στο έδαφος τα οποία με την κίνησή τους εξασφαλίζουν την παρακολούθηση της πορείας του ήλιου. Έχουν στόχο την μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την όσο το δυνατόν εξασφάλιση της κάθετης πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων στα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Με τη χρήση τους αυξάνεται η απόδοση κατά 25%-40%. Υπάρχει όμως σημαντική οικονομική επιβάρυνση λόγω του σημαντικού κόστους προμήθειας και εγκατάστασης αλλά και από το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Επίσης για την ανάπτυξή τους απαιτούνται μεγαλύτερες εκτάσεις σε σχέση με τις σταθερές βάσεις.

Στα συστήματα αυτά η πορεία του ήλιου ανιχνεύεται είτε με αισθητήρες είτε με αλγόριθμους που βασίζονται στα αστρονομικά δεδομένα της περιοχής. Η κίνησή τους πραγματοποιείται μέσω ηλεκτρικών, υδραυλικών και μηχανικών μέσων. Στηρίζονται συνήθως σε σταθερή επιφάνεια στο έδαφος όπου εκεί τοποθετείται ο αντιστροφείας και εκτείνονται σε μεγαλύτερο ύψος σε σχέση με τις σταθερές βάσεις. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών των βάσεων απαιτούν τεκμηριωμένη μελέτη για το έδαφος και την πίεση των ανέμων της συγκεκριμένης περιοχής εγκατάστασης.

Διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τους μονοαξονικούς και διαξονικούς.

**Συστήματα μονού άξονα:** Η κίνησή τους γίνεται σε ένα άξονα και ακολουθεί την πορεία

του ήλιου από την Ανατολή προς τη Δύση καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας. Η αύξηση της απόδοσης με αυτά τα συστήματα ανέρχεται στο 20-25%.



Εικόνα 20: Διατάξεις ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου μονού άξονα [6]

**Συστήματα μονού άξονα:** Σε αυτά συστήματα η κίνηση γίνεται σε δύο άξονες, σε έναν που ακολουθεί την πορεία του ήλιου από την Ανατολή προς τη Δύση, καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας και σε έναν οριζόντιο που ρυθμίζει την κλίση των πλαισίων. Η πρόσθετη κίνηση οδηγεί σε αύξηση της απόδοσης η οποία ανέρχεται ακόμη και στο 40% συγκριτικά με την απόδοση των σταθερών βάσεων.



Εικόνα 21. Σύστημα ιχνηλάτησης διπλού άξονα [6]

## 2.9. Καλωδιώσεις [1]

Οι καλωδιώσεις ενός Φ/Β συστήματος διακρίνονται στις καλωδιώσεις συνεχούς και σε αυτές του εναλλασσόμενου ρεύματος. Σε γενικές γραμμές χρησιμοποιούνται καλώδια που είναι τυποποιημένα για χρήση σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Βασικά τους χαρακτηριστικά είναι ότι έχουν σημαντικά μεγάλη διάρκεια ζωής που φτάνει τα 30 έτη περίπου, και αντέχουν σε μεγάλο εύρος καιρικών συνθηκών όπως ακτινοβολίας, θερμοκρασίας, υγρασίας κλπ. Για τη συνδεσμολογία χρησιμοποιούνται καλώδια DC και AC. Ειδικότερα η διασύνδεση μεταξύ των πλαισίων και η σύνδεση με τον αντιστροφέα γίνεται με καλώδια DC, ενώ για τη σύνδεση με το δίκτυο χρησιμοποιούνται καλώδια AC.

Τα καλώδια του συνεχούς ρεύματος έχουν διπλή μόνωση για να προστατεύουν από βραχυκυκλώματα και είναι μονοπολικά. Επίσης τα καλώδια που χρησιμοποιούνται έχουν προδιαγραφές εξωτερικού χώρου, ενώ στο εμπόριο διατίθενται και με μεταλλικό περίβλημα για μεγαλύτερη προστασία. Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των πλαισίων με τους αντιστροφείς έχουν διατομή που κυμαίνεται μεταξύ  $4\text{-}16\text{mm}^2$  ενώ σε περιπτώσεις που οι είσοδοι του αντιστροφέα είναι λίγοι χρησιμοποιούνται καλώδια με διατομή από  $25$  έως  $70\text{mm}^2$  γεγονός που συναντάται σε κεντρικούς αντιστροφείς με ισχύ μεγαλύτερη από  $100\text{kW}$ . Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται σχετικά με την ασφαλή όδευση των καλωδίων και τη σωστή συνδεσμολογία για την αποφυγή βλαβών και βραχυκυκλωμάτων.

Για το εναλλασσόμενο ρεύμα γίνεται χρήση τυποποιημένων καλωδίων (AC) και εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα από την ηλεκτροτεχνία σχετικά με τη διατομή, την ασφάλεια και τη χρήση τους.



Εικόνα 22: Τυπικά καλώδια φωτοβολταϊκών πλαισίων [6]

## **2.10. Υποσταθμός Μέσης Τάσης [1]**

Οι καλωδιώσεις μετά την έξοδό τους από τους αντιστροφείς, οδεύουν και καταλήγουν σε πίνακες που είναι στεγανοί και περιλαμβάνουν διακόπτες και ασφάλειες για την προστασία του συστήματος. Όταν η ισχύς της εγκατάστασης είναι μεγαλύτερη των 100 KW, δημιουργείται σε ειδικό ανεξάρτητο χώρο υποσταθμός μέσης τάσης. Στοιχεία του είναι ένας πίνακας χαμηλής και ένας μέσης τάσης και ένας κατ'ελάχιστον μετασχηματιστής.

## **2.11. Μέσα Προστασίας**

Για την προστασία του συστήματος από βραχυκυκλώματα, υπερφόρτιση, απότομη αυξομείωση της τάσης και γενικώς από μια μη ομαλή λειτουργία χρησιμοποιούνται διάφορες συσκευές όπως οι αυτόματοι διακόπτες, οι ασφάλειες κλπ.. Οι ασφάλειες προστατεύουν από βραχυκυκλώματα και οι διακόπτες από την υπερφόρτιση.

## **2.12. Αντικεραυνική Προστασία**

Η τοποθεσία, το μέγεθος και οι ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες του τόπου εγκατάστασης οδηγούν στον τύπο και το είδος της αντικεραυνικής προστασίας που θα αναπτυχθεί. Συνήθως ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας προκύπτει μετά σχετική μελέτη και διακρίνεται στην εξωτερική και στην εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας.

**Το σύστημα εξωτερικής** αντικεραυνικής προστασίας αποτελείται από το σύστημα που συλλέγει τους κεραυνούς, το σύστημα που οδεύει το ρεύμα που των κεραυνών στη γη και τη γείωση που διαχέει το ρεύμα στο έδαφος.

Ως **εσωτερική** αντικεραυνική προστασία ονομάζουμε όλα τα μέσα, (όπως μαγνητική θωράκιση, κατάλληλη δρομολόγηση καλωδίων και ισοδυναμικές συνδέσεις) με τα οποία μειώνεται η πιθανότητα των βλαβών στην εγκατάσταση από το ηλεκτρικό ρεύμα του κεραυνού.

### **2.13. Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές**

Στα Φ/Β συστήματα που δεν είναι διασυνδεδεμένα στο δίκτυο το μέρος της μη χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας για μελλοντική χρήση. Αυτοί διακρίνονται σε πρωτογενείς και τους δευτερογενείς.

Το χαρακτηριστικό των πρωτογενών ηλεκτρικών συσσωρευτών είναι ότι δεν επαναφορτίζονται, συνεπώς έχουν εφαρμογή σε εφαρμογές που δεν αποφορτίζονται σε σύντομο χρονικό διάστημα, ενώ η χρήση τους σε Φ/Β μονάδες παραγωγής είναι μηδενική. Οι δευτερογενείς έχουν τη δυνατότητα επαναφόρτισης και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μεγάλης ισχύος. Οι κυριότεροι τύποι που χρησιμοποιούνται σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις είναι οι συσσωρευτές από μόλυβδο, από νικέλιο και κάδμιο και οι λιθίου, οι οποίοι δεν έχουν χρήση σε Φ/Β συστήματα.

### **3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ**

Στο υπόψη κεφάλαιο γίνεται μια σύνοψη του θεσμικού – κανονιστικού πλαισίου. Συγκεκριμένα από το 2006 άρχισε σιγά σιγά να δημιουργείται το πλαίσιο που σχετίζεται με την αξιοποίηση των ΑΠΕ. Σταδιακά και με μια σειρά νόμων και υπουργικών αποφάσεων (π.χ. Ν3468/2006, Ν.3851/2010, Ν.4414/16, Ν. 4513/18, Ν4602/19, Ν4643/19, Ν4685/20) αποσαφηνίστηκαν και περιγράφηκαν αναλυτικά οι απαιτήσεις, προϋποθέσεις και διαδικασίες εγκατάστασης και λειτουργίας των Φωτοβολταϊκών Μονάδων. Παρακάτω καταγράφονται οι κυριότερες διαδικασίες και απαιτήσεις – υποχρεώσεις όπως έχουν διαμορφωθεί βάσει του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου.

#### **3.1. Φ/Β από 10 έως 1.000 KW**

- i. Όροι Σύνδεσης από τον ΔΕΔΔΗΕ (αίτηση).
- ii. Έγκριση της Πολεοδομίας για εργασίες μικρής κλίμακας (όχι στα <100 KW).
- iii. Υπογραφή σύμβασης με τον ΔΕΔΔΗΕ και καταβολή κόστους σύνδεσης.
- iv. Υπογραφή σύμβασης συμψηφισμού με την ΔΕΗ ( στα <10 KW).
- v. Υπογραφή σύμβασης με τον ΔΑΠΕΕΠ.

#### **3.2. Φ/Β >1000 KW**

- i. Βεβαίωση Παραγωγής από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε)
- ii. Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο) από την Περιφέρεια (αίτηση)
- iii. Όροι Σύνδεσης από τον ΔΕΔΔΗΕ (αίτηση).
- iv. Υπογραφή σύμβασης με τον ΔΕΔΔΗΕ και καταβολή κόστους σύνδεσης
- v. Έκδοση άδειας εγκατάστασης από την Περιφέρεια (αίτηση).

- vi. Έγκριση από Πολεοδομία για εργασίες μικρής κλίμακας
- vii. Υπογραφή σύμβασης με τον ΔΑΠΕΕΠ..
- viii. Άδεια λειτουργίας από την Περιφέρεια.

### 3.3. Φ/B σε στέγες

Οι διαδικασίες για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε στέγες είναι πιο απλές και απαιτούνται:

- i. Τίτλοι κυριότητας χώρου,
- ii. Έναρξη εργασιών από Πολεοδομία,
- iii. Σύμβαση με τη ΔΕΔΔΗΕ για τη σύνδεση στο δίκτυο,
- iv. Σύμβαση πώλησης με ΔΑΠΕΕΠ ,

### 3.4. Λοιπές απαιτήσεις – υποχρεώσεις [9]

- i. **Βεβαίωση Παραγωγού Ηλεκτρικής Ενέργειας.** Αυτή είναι απαραίτητη για Φ/B άνω του 1 MWp. Για τα εν λόγω συστήματα, απαραίτητη ήταν η **Άδεια Παραγωγής**, η άδεια εγκατάστασης και η άδεια λειτουργίας από την Περιφέρεια. Πρόσφατα και για απλοποίηση της αδειοδοτικής διαδικασίας η Άδεια Παραγωγής αντικαταστάθηκε από τη Βεβαίωση Παραγωγού. Η Βεβαίωση εκδίδεται με την προσκόμιση των ελάχιστα απαιτούμενων δικαιολογητικών και μετά από σύντομο ηλεκτρονικό έλεγχο. Με αυτή πιστοποιείται η ιδιότητα του Παραγωγού Ηλεκτρικής Ενέργειας και περιγράφεται η ταυτότητα του έργου και η θέση του Φ/B πάρκου. Οι αιτήσεις για την έκδοση Βεβαίωσης Παραγωγού γίνονται ηλεκτρονικά κατά το πρώτο δεκαήμερο των μηνών Φεβρουαρίου, Ιουνίου, Οκτωβρίου.
- ii. **Περιβαλλοντική αδειοδότηση.** Σχετικά με την περιβαλλοντική αδειοδότηση ισχύουν τα παρακάτω:

- Δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για Φ/Β που αναπτύσσονται σε κτίρια και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις.
- Δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση Φ/Β έως **1000 kWp** που αναπτύσσονται σε οικόπεδα – αγροτεμάχια αλλά, “**βεβαίωση απαλλαγής από ΕΠΟ**” που εκδίδεται από την Περιφέρεια.
- Περιβαλλοντική αδειοδότηση **είναι απαραίτητη** για Φ/Β που αναπτύσσονται σε περιοχές Natura, σε παράκτιες περιοχές και σε εκτάσεις που βρίσκονται κοντά σε άλλο Φ/Β (150 μέτρα) και των οποίων η συνολική ισχύς είναι μεγαλύτερη από τα 500 kWp.

### iii. Εγγυήσεις. Καθορίστηκαν οι παρακάτω εγγυήσεις – ποινικές ρήτρες

- **Εγγύηση ή ποινική ρήτρα.** Στις συμβάσεις σύνδεσης που συνάπτει ο αρμόδιος Διαχειριστής με τους φορείς φωτοβολταϊκών σταθμών που εξαιρούνται από τη λήψη άδειας παραγωγής, καθορίζεται **προθεσμία σύνδεσης** στο Σύστημα ή Δίκτυο, η οποία είναι αποκλειστική και ορίζεται εγγύηση ή ποινική ρήτρα που καταπίπτει αν ο φορέας δεν υλοποιήσει τη σύνδεση εντός της καθορισθείσας προθεσμίας. Το ύψος της εγγυητικής επιστολής ορίζεται, ανά μονάδα ονομαστικής ισχύος του αιτήματος σε κιλοβάτ (kW) ως εξής: 42 ευρώ/kW για το τμήμα της ισχύος έως και 1 MW, 21 ευρώ/kW για το τμήμα της ισχύος από 1 έως 10 MW, 14 ευρώ/kW) για το τμήμα της ισχύος από 10 έως 100 MW και 7 ευρώ/kW για το τμήμα της ισχύος πάνω από 100 MW. Από την εγγύηση αυτή απαλλάσσονται όσα έργα αφορούν εγκαταστάσεις σε κτίρια ανεξαρτήτως ισχύος.
- **Εγγυητική Επιστολή Συμμετοχής στον Διαγωνισμό.** Για τους συμμετέχοντες σε διαγωνιστικές διαδικασίες και για τη διασφάλιση της καλής και αποτελεσματικής διεξαγωγής του διαγωνισμού είναι υποχρεωτική η κατάθεση Εγγυητικής Επιστολής Συμμετοχής. Το ποσό της ανωτέρω Εγγυητικής Επιστολής ανέρχεται στο 1% του

προϋπολογισμού της επένδυσης, με το κόστος να υπολογίζεται στα 1.000 €/kW που θα εγκατασταθεί. Οι εν λόγω εγγυητικές που συνοδεύουν έργα που δεν θα προχωρήσουν επιστρέφονται με απόφαση της ΡΑΕ.

- **Εγγυητική επιστολή καλής εκτέλεσης.** Για την εξασφάλιση της υλοποίησης του έργου κατατίθεται επίσης εγγυητική επιστολή καλής εκτέλεσης προς τη ΡΑΕ, ύψους 4% του συνόλου της επένδυσης συμπεριλαμβανομένου του 1% της Εγγυητικής Επιστολής Συμμετοχής.

#### **iv. Πιστοποιήσεις**

Στις περιπτώσεις που οι εγκαταστάσεις του φωτοβολταϊκού εξοπλισμού υπερβαίνουν τα 2,5 μ. ύψος οι βάσεις στήριξης των Φ/Β πρέπει να είναι πιστοποιημένες από αρμόδιο φορέα για να εξασφαλίζεται η αντοχή τους στην πίεση των ανέμων και να υπάρχει στατική μελέτη – δήλωση από αρμόδιο μηχανικό. Επίσης απαιτείται πιστοποίηση του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί.

#### **v. Πολεοδομικοί και χωροταξικοί περιορισμοί.**

- **Δεν επιτρέπεται** η τοποθέτηση Φ/Β σε οικόπεδα που βρίσκονται εντός σχεδίου γιατί οι εκτάσεις αυτές θεωρείται πως εξυπηρετούν τα κτίρια και τη λειτουργικότητά τους (ΦΕΚ Α' 210).
- **Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας.** Για το θέμα αυτό προβλέπονται τα εξής (άρθρο 24 Ν.4643/2019): “Ειδικά η παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς εγκατεστημένης ισχύος μικρότερης ή ίσης του 1 MW επιτρέπεται σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, υπό την προϋπόθεση ότι οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί, για τους

οποίους χορηγούνται δεσμευτικές προσφορές σύνδεσης από τον αρμόδιο Διαχειριστή, καλύπτουν αγροτικές εκτάσεις που αθροιζόμενες με τις αγροτικές εκτάσεις που καλύπτουν φωτοβολταϊκοί σταθμοί που έχουν ήδη τεθεί σε λειτουργία ή έχουν χορηγηθεί δεσμευτικές προσφορές σύνδεσης και τις εκτάσεις που καλύπτουν φωτοβολταϊκοί σταθμοί που εγκαθίστανται, δεν υπερβαίνουν το 1% του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων της κάθε Περιφερειακής Ενότητας”. Κατά τα άλλα, απαγορεύεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών ισχύος μεγαλύτερης του 1 MW σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας.

**vi. Περιορισμός έργων ανά επενδυτή**

Ο Ν.4602/2019 έθεσε **περιορισμούς** ως προς το πλήθος των έργων που μπορεί να πραγματοποιήσει ένας επενδυτής εκτός ανταγωνιστικών διαδικασιών. Συγκεκριμένα, προβλέπεται ότι “κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο άμεσα ή έμμεσα μέσω της συμμετοχής του στη διοίκηση ή ως μέτοχος, εταίρος ή μέλος νομικού προσώπου με οποιοδήποτε ποσοστό συμμετοχής απαγορεύεται να συνάπτει σύμβαση λειτουργικής ενίσχυσης εκτός ανταγωνιστικών διαδικασιών υποβολής προσφορών, για περισσότερα από **δύο (2) έργα** της ίδιας τεχνολογίας, εφόσον οι τεχνολογίες ενισχύονται μέσω ανταγωνιστικών διαδικασιών υποβολής προσφορών.”. Ο Δ.Α.Π.Ε.Ε.Π. και ο Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. (ως διαχειριστής των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών) ελέγχουν το υπόψη κριτήριο

**vii. Μεταβίβαση άδειας**

Με απόφαση της ΡΑΕ είναι δυνατή η μεταβίβαση της άδειας παραγωγής σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα.

Δεν επιτρέπεται η μεταβίβαση των φωτοβολταϊκών σταθμών που απαλλάσσονται από

άδεια παραγωγής, πριν από την έναρξη της λειτουργίας τους.

Επίσης δεν επιτρέπεται η μεταβίβαση Φ/Β πάρκων που κατέχουν αγρότες προτού περάσουν 5 έτη λειτουργίας τους. Ειδικές εξαιρέσεις προβλέπονται από τη σχετική νομοθεσία.

#### **viii. Τιμές αναφοράς [10]**

Από 1-1-2016 και για έργα μεγαλύτερα των 500 kWp οι τιμές αναφοράς διαμορφώνονται βάσει διαγωνισμών.

Για έργα που δεν συμμετέχουν σε διαγωνιστικές διαδικασίες, ισχύουν τα εξής:

- Επενδυτές που τίθενται σε λειτουργία (κανονική ή δοκιμαστική) από 1.1.2020 και μέχρι τη διενέργεια νέου διαγωνισμού για έργα <500 kWp, : 1,05\*μεσοσταθμική Τιμή Αναφοράς που προέκυψε κατά τις 3 προηγούμενες πριν την τελευταία ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής προσφορών που αφορούν στην ίδια τεχνολογία. Σήμερα και μέχρι τη διενέργεια νέου διαγωνισμού ειδικά για φωτοβολταϊκά, η Τιμή Αναφοράς είναι 70,3 €/MWh. Η τιμή αυτή ισχύει μέχρι τη διενέργεια νέου διαγωνισμού το 2020. Μετά, και ως τις 30/4/2021, διαμορφώνεται στα 65,74 €/MWh. Από 1/5/2021, η τιμή παύει να συναρτάται από τις διαγωνιστικές διαδικασίες και γίνεται ρυθμιζόμενη, με τιμή που έχει καθοριστεί στα 63 €/MWh.
- Ενεργειακές Κοινότητες (για έργα  $\leq$  1MW) και κατ' επάγγελμα αγρότες (για έργα <500 kW): 1,1\*μεσοσταθμική Τιμή Αναφοράς που προέκυψε κατά τις 3 προηγούμενες πριν την τελευταία ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής προσφορών που αφορούν στην εν λόγω κατηγορία φωτοβολταϊκών σταθμών, ή αν δεν έχουν διενεργηθεί διαγωνισμοί στην κατηγορία, στην ίδια τεχνολογία.
- Έργα που τίθενται σε λειτουργία (κανονική ή δοκιμαστική) από τη δημοσίευση σε ΦΕΚ του Ν.4206/2019 (9.3.2019): Σήμερα, και μέχρι τη διενέργεια νέου διαγωνισμού

ειδικά για φωτοβολταϊκά, η Τιμή Αναφοράς είναι 73,64 €/MWh. Η τιμή αυτή ισχύει μέχρι τη διενέργεια νέου διαγωνισμού το 2020. Μετά, διαμορφώνεται στα 68,87 €/MWh. Από 1/5/2021, η τιμή παύει να συναρτάται από τις διαγωνιστικές διαδικασίες και γίνεται ρυθμιζόμενη, με τιμή που έχει καθοριστεί στα 65 €/MWh.

Το σύνολο των σχετικών νόμων και εγκυκλίων – αποφάσεων αναφέρονται στο παράρτημα της εργασίας.[9]

#### 4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ 399,20 kW<sub>p</sub>: [16]



Εικόνα 23. Φωτοβολταϊκός (Φ/Β) Σταθμός [16]

##### 4.1. Συνοπτική παρουσίαση

Ο Φωτοβολταϊκός (Φ/Β) Σταθμός που θα εγκατασταθεί στο αγροτεμάχιο, θα είναι ισχύος 399,20 kW<sub>p</sub> και αποσκοπεί στη διασύνδεση με το δίκτυο Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ. Επομένως ο Φ/Β σταθμός λειτουργεί ως ανεξάρτητος παραγωγός. Βρίσκεται στο Νομό Βοιωτίας, η πρόσβαση γίνεται μέσω υφιστάμενης αγροτικής οδού στις παρυφές της θέσης εγκατάστασης του Φωτοβολταϊκού Πάρκου. Η προβλεπόμενη έκταση που θα χρησιμοποιηθεί είναι ιδιόκτητη, περίπου 8 στρεμμάτων, επίπεδη και στη συγκεκριμένη περιοχή επικρατεί αρκετή ηλιοφάνεια καθόσον δεν σκιάζεται, με προοπτική τη βέλτιστη απόδοση σε ηλιακή ενέργεια.

Η επιλογή του γηπέδου έγινε σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ισχύουσας νομοθεσίας σχετικά με το περιβάλλον και τις προστατευόμενες περιοχές και ο προσανατολισμός του πάρκου θα είναι νότιος

Οι συντεταγμένες του αγροτεμαχίου είναι:

Κορυφή	X	Y	Πλευρά-Μήκος
A	401583.50	4264078.08	AB = 8.11
B	401591.57	4264077.32	ΒΓ = 18.31
Γ	401609.70	4264074.74	ΓΔ = 63.19
Δ	401671.55	4264061.76	ΔΕ = 5.08
Ε	401676.52	4264060.70	ΕΖ = 7.35
Ζ	401683.71	4264059.17	ΖΗ = 65.24
Η	401747.63	4264046.07	ΗΘ = 6.58
Θ	401754.18	4264045.42	ΘΙ = 23.26
Ι	401759.15	4264022.70	ΙΚ = 57.97
Κ	401701.46	4264017.02	ΚΛ = 5.90
Λ	401695.56	4264017.26	ΛΜ = 9.69
Μ	401685.89	4264017.86	ΜΝ = 1.42
Ν	401684.47	4264017.95	ΝΞ = 9.50
Ξ	401675.08	4264016.48	ΞΟ = 76.38
Ο	401599.83	4264003.38	ΟΑ = 76.47
Εμβαδό:	7778.66	Περίμετρος:	434.48

Τα κύρια μέρη του Φωτοβολταϊκού Σταθμού περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

<b>Φωτοβολταϊκά πλαίσια (panel)</b>	Jinko Cheetah HC 72M-V 400W	998 x 400 = 399,20 kW
<b>Αντιστροφείς ισχύος</b>	HUAWEI S2000-60KTL-M0	6

<b>Σύστημα στήριξης</b>	Μπετόπηξη Στήριξη με βαρυτικές βάσεις επί εδάφους PROFILODOMI	-
<b>Καλωδιώσεις – Ηλεκτρικοί Πίνακες</b>	Σύμφωνα με ΕΛΟΤ HD 384	-
<b>Έλεγχος Φ/Β Σταθμού</b>	Meteocontrol	-
<b>Προστασία</b>	Αλεξικέραυνα, Περίφραξη,κάμερες	-

Ο Φωτοβολταϊκός σταθμός ακολουθεί υψηλά πρότυπα σχεδίασης και εγκατάστασης, χρησιμοποιώντας στοιχεία από διεθνώς αναγνωρισμένες εταιρείες, όπως η JINKO και η HUAWAI, με στόχο την υψηλή απόδοση αλλά και την υψηλή αξιοπιστία του σταθμού στη διάρκεια του χρόνου. Στην συνέχεια θα γίνει μια αναλυτική περιγραφή του κάθε τμήματος του σταθμού.

#### **4.2. Φ/Β πλαίσια (panels)**

Τα Φ/Β πλαίσια που χρησιμοποιεί ο Φ/Β σταθμός είναι της εταιρείας JINKO, κινεζικής κατασκευής. Η εταιρεία ακολουθεί αυστηρά πρότυπα κατασκευής των panels, γεγονός που την έχει οδηγήσει να είναι μία από τις μεγαλύτερες εταιρείες παγκοσμίως στον κλάδο. Τα panel κατασκευάζονται σύμφωνα με διάφορα πρότυπα όπως: EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, IEC 62759, IEC 62941, IEC 61215, IEC 61730. Αλλά και άλλα πρότυπα που αναφέροντα στα επισυναπτόμενα φυλλάδια.

Το πλαίσιο το οποίο χρησιμοποιείται στο σταθμό όπως ήδη έχει αναφερθεί είναι το **Jinko Cheetah HC 72M-V 400W**. Το πλαίσιο είναι τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου και

μέγιστης απόδοσης 19,88%. Η απόδοση του panel είναι εγγυημένη από τον κατασκευαστή ως εξής:

- i. Για τον πρώτο χρόνο 97,5% της μέγιστης απόδοσης
- ii. Για 25 χρόνια 83,1% της μέγιστης απόδοσης
- iii. Γραμμική **πτώση απόδοσης κατά 0,576% ανά έτος**

Στον φωτοβολταϊκό σταθμό θα χρησιμοποιηθούν 998 panels. Επομένως ισχύς του σταθμού θα είναι:  **$998 \times 400 \text{ W} = 399.200 \text{ W} = 399,20 \text{ kW}$**

Είναι εμφανές ότι τα πλαίσια αυτά θα διαταχθούν εν σειρά (strings όπως αναφέρονται στη βιβλιογραφία) αλλά τα string μεταξύ τους παράλληλα. Η ακριβής περιγραφή της διάταξης των πλαισίων θα γίνει στην παράγραφο 3, στην οποία αναλύονται οι αντιστροφείς που θα χρησιμοποιηθούν, διότι η διάταξη των panel αφορά άμεσα τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των αντιστροφέων που χρησιμοποιούνται.

Στην συνέχεια παρατίθεται πίνακας με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων σε STC (Standard Temperature Conditions), δηλαδή ακτινοβολία  $G=1000 \text{ W/m}^2$ , θερμοκρασία πλαισίου  $T=25^\circ \text{ C}$  και  $AM=1,5$ .

#### **Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά panel Jinko Cheetah HC 72M-V 400W**

<b>Μέγιστη τάση (<math>V_{mp}</math>)</b>	41,7 V DC
<b>Μέγιστο ρεύμα (<math>I_{mp}</math>)</b>	9,6 A
<b>Τάση Ανοιχτοκύκλωσης (<math>V_{oc}</math>)</b>	49,8 V
<b>Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (<math>I_{sc}</math>)</b>	10,36 A
<b>Μέγιστη Ισχύς (<math>P_{max}</math>)</b>	400W
<b>Μέγιστη απόδοση panel (%)</b>	19,88%
<b>Θερμοκρασία Λειτουργίας (T)</b>	-40° C με +85° C

### Μηχανικά χαρακτηριστικά panel Jinko Cheetah HC 72M-V 400W

Διαστάσεις panel	2008 x 1002 x 40 mm
Βάρος panel	22,5 kgr
Επιφανειακό Γυαλί	3,2 mm ARC, tempered glass, High Transmission, Low Iron
Πλαίσιο	Χρώμα αλουμινίου

Συνοψίζοντας, γίνεται αντιληπτό ότι τα πλαίσια της JINKO εμφανίζουν ένα σύνολο ελκυστικών χαρακτηριστικών, όπως η υψηλή απόδοση, η ποιότητα κατασκευής αλλά και η αξιοπιστία. Ακόμη αξίζει να αναφερθεί ότι το panel αποδίδει εξαιρετικά σε συνθήκες χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. πρωινές, απογευματινές ώρες ή συννεφιασμένες μέρες) αλλά και το επιφανειακό γυαλί είναι ιδιαίτερα ανακλαστικό και υδροφοβικό με αποτέλεσμα την καλύτερη απόδοση του πλαισίου.

#### 4.3. Αντιστροφείς (inverters)

Ο Φ/Β σταθμός επειδή λειτουργεί ως ανεξάρτητος παραγωγός, συνδέεται δηλαδή με το δίκτυο Μέσης Τάσης διοχετεύοντας προς αυτό όλη την παραγόμενη ενέργεια που παράγει, είναι απαραίτητο να μετατρέψει την συνεχή τάση DC που δίνουν ως έξοδο τα φωτοβολταικά panel σε εναλλασσόμενη τάση AC με επιθυμητά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά συμβατά με το δίκτυο Χαμηλής Τάσης.

Αυτή τη διαδικασία την επιτελεί ο αντιστροφέας (inverter). Στον εν λόγω Φ/Β σταθμό χρησιμοποιούνται έξι (6) αντιστροφείς HUAWEI S2000-60KT. Όπως γίνεται αντιληπτό, το τμήμα αυτό του Φ/Β σταθμού είναι ιδιαίτερα σημαντικό διότι όλη η παραγόμενη

ηλεκτρική ενέργεια διέρχεται μέσα από τους αντιστροφείς. Επομένως η υψηλή αξιοπιστία και απόδοση είναι ιδιαίτερος σημαντική, πράγμα που εξασφαλίζεται με την χρήση του εν λόγω αντιστροφέα.

Οι αντιστροφείς είναι η τελευταία λέξη της τεχνολογίας των αντιστροφέων. Έχουν έξι MPPTs με αποτέλεσμα να δέχονται ως είσοδο διαφορετικά strings Φ/Β (με διαφορετική κλίση, προσανατολισμό και αριθμό panel) με αποτέλεσμα την μεγάλη απόδοση του. Επιπλέον το γεγονός ότι δεν έχουν μετασχηματιστή αλλά και ότι διαθέτουν παθητικό σύστημα ψύξης οδηγεί στην υψηλότερη απόδοση τους που αγγίζει το 98,5%. Οι αντιστροφείς διαθέτουν πλήρες σύστημα επικοινωνίας με το Φ/Β πάρκο αλλά και έχουν βαθμό προστασίας IP 65, δηλαδή μπορούν με ασφάλεια να εγκατασταθούν σε εξωτερικό χώρο χωρίς κανένα πρόβλημα από βροχή και αιωρούμενα σωματίδια.

Επιπλέον οι αντιστροφείς διαθέτουν πλήρη προστασία από το φαινόμενο της νησιδοποίησης (islanding) αλλά και ενσωματωμένο αποζεύκτη DC έτσι ώστε το DC ρεύμα που εγγέεται στο δίκτυο να μην ξεπερνά το 0,5 % του ονομαστικού. Συγκεκριμένα, για την περίπτωση της νησιδοποίησης, ο αντιστροφείς ανιχνεύει σφάλμα τάσης ή συχνότητας σε οποιαδήποτε φάση έξω από τα επιτρεπτά όρια ( $0,8V_{on} - 1,15V_{on}$  και 49,5-50,5 Hz), με κατάλληλο εσωτερικό ηλεκτρονόμο διακόπτει άμεσα ( $<0,5s$ ) την σύνδεση με το δίκτυο. Ο χρόνος επανασύνδεσης με το δίκτυο είναι κατ' ελάχιστο 180 s. Η υλοποίηση των παραπάνω γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού που έχει ο αντιστροφείς που μετρά την σύνθετη αντίσταση, σύμφωνα με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1. Επιπλέον προστασία από το φαινόμενο της νησιδοποίησης θα υπάρχει, όπως απαιτείται με επιτηρητή δικτύου και αυτόματο διακόπτη στη μέση τάση του υποσταθμού. Οι ρυθμίσεις θα είναι οι ενδεικνυόμενες με βάση τον διαχειριστή του δικτύου. Είναι εμφανές ότι **η συνδεσμολογία πληροί όλες τις απαιτούμενες προϋποθέσεις** έτσι ώστε να διασφαλίζεται η εύρυθμη λειτουργία του Φ/Β πάρκου αλλά και η σύνδεση με το δίκτυο Μ.Τ.

Τα χαρακτηριστικά των αντιστροφών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

### Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά inverter HUAWEI S2000-60KTL-M0

<b><u>Είσοδος DC</u></b>	
Μέγιστη Ισχύς DC	67400 W
Μέγιστη τάση DC	1100 V
Εύρος τάσης MPP	200-1000 V
Ονομαστική τάση DC	600 V
Τάση εκκίνησης	200 V
Αριθμός MPPT	6
Μέγιστο ρεύμα ανά MPPT	22
<b><u>Είσοδος AC</u></b>	
Ονομαστική ισχύς AC	66000 W
Ονομαστική τάση	230 / 400 V
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	95,3 A
Φάσεις τροφοδοσίας	3

### Γενικά χαρακτηριστικά inverter HUAWEI S2000-60KTL-M0

Διαστάσεις	555 x 1075 x 300 mm
Βάρος	74 kg
Εύρος τιμών θερμοκρασίας λειτουργίας	-25° C ... + 60o C
Τοπολογία	Χωρίς Μετασχηματιστή
Βαθμός Προστασίας	IP 65

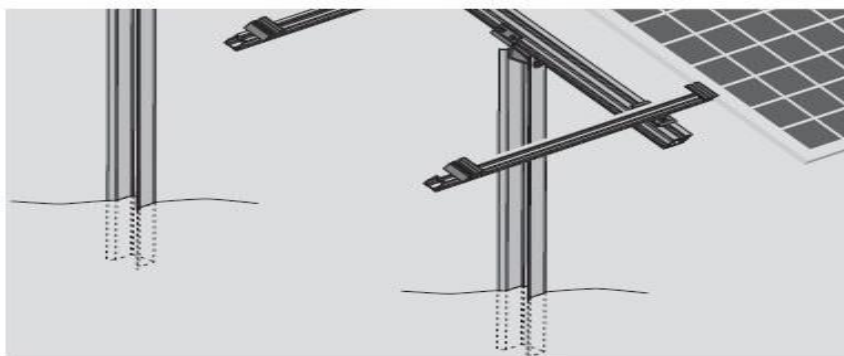
Επιπλέον στοιχεία για τη συμβατότητα του αντιστροφέα με το ελληνικό δίκτυο δίνονται στο παράρτημα και στα σχετικά φυλλάδια.

#### 4.4. Σύστημα στήριξης

Ο Φωτοβολταϊκός σταθμός τοποθετείται σε αγροτεμάχιο. Τα φωτοβολταϊκά panels τοποθετούνται σταθερά και δεν υπάρχει σύστημα παρακολούθησης του ηλίου. Επομένως η θέση τους στη διάρκεια του χρόνου είναι σταθερή και αμετάβλητη (στηρικτικό σύστημα εδάφους σταθερού προσανατολισμού), δηλ. έχουν νότιο προσανατολισμό και κλίση  $25^\circ$  με τη γη. Οι δύο βασικές μέθοδοι που θα ακολουθηθούν είναι η **πασσαλόμψη** και η στήριξη σε **βαρυτικές βάσεις από μπετόν**. Για το ποια θα επιλεγεί τελικά, θα αποφασιστεί βάσει μελέτης που θα γίνει από εξειδικευμένο συνεργείο ανάλογα με τον τύπο του εδάφους του αγροτεμαχίου.

Τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται σε στηρικτικά συστήματα της εταιρείας PROFILODOMI. Συγκεκριμένα ο τύπος PD.2U.3R.2P-200/25 από γαλβανισμένο εν θερμώ χάλυβα. Όσον αφορά την πασσαλόμψη, το υλικό που χρησιμοποιείται στην περίπτωση αυτή είναι γαλβανισμένος με πάχος 8mm. Η επιφάνεια του είναι γαλβανισμένη εν θερμώ και τα διαθέσιμα μήκη που μπορεί να μπει μέσα στη γη είναι από 1,4m.

Ενδεικτικά η μέθοδος της πασσαλόμψης που θα χρησιμοποιηθεί φαίνεται παρακάτω



Εικόνα 24 : Μέθοδος Πασσαλόμψης [16]

Η άλλη μέθοδος που ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί είναι με χρήση **βαρυτικών βάσεων** κατασκευασμένες από μπετόν πάνω στις οποίες θεμελιώνονται οι πάσσαλοι. Η βαρυτική βάση εναποτίθεται στο έδαφος και ο πάσσαλος του αλουμινίου στερεώνεται με ειδικές βίδες πάνω στη βάση και με αυτό τον τρόπο στηρίζει όλη την κατασκευή. Ενδεικτικά για τη μέθοδο αυτή παρατίθεται η παρακάτω φωτογραφία. (Οι διαστάσεις διαφοροποιούνται ανάλογα την περίπτωση)



Εικόνα 25: Μέθοδος βαρυτικών βάσεων [16]

Σε γενικές γραμμές για την τελική επιλογή του μηχανισμού στήριξης απαιτείται να ληφθούν υπόψιν εκτός από το βάρος των panel αλλά και το υπέδαφος του αγροτεμαχίου, το αιολικό δυναμικό της περιοχής της εγκατάστασης (προκαλεί μηχανικές καταπονήσεις στο σύστημα στήριξης), την συχνότητα των χιονοπτώσεων (πρόσθετο βάρος) καθώς και τυχόν εδαφικές ιδιομορφίες. Η ενδεδειγμένη πρόταση για εγκατάσταση είτε στη μία μέθοδο είτε στην άλλη που αναφέρθηκαν, είναι η τοποθέτηση κατακόρυφα δύο σειρών Φ/Β πλαισίων με **γωνία κλίσης 25° ή 30°** προς το έδαφος και με νότιο προσανατολισμό.

#### 4.5. Καλωδιώσεις - Πίνακες

Στην πλευρά του **DC**, για την σύνδεση των Φ/Β panel μέχρι τα inverter χρησιμοποιείται ειδικό καλώδιο διατομής  $1 \times 6 \text{ mm}^2$  το οποίο είναι ανθεκτικό σε υπεριώδη ακτινοβολία,

υγρασία, και υψηλή θερμοκρασία. Οι καλωδιώσεις στην πλευρά του AC γίνονται σύμφωνα με τα πρότυπα του ΕΛΟΤ HD 384 και τα καλώδια που επιλέγονται είναι τύπου NYY ή XLPE/PVC/SWA/PVC ανάλογα την περίπτωση.

Οι ηλεκτρικοί πίνακες που εγκαθίστανται παρέχουν πλήρη προστασία σύμφωνα με τα πρότυπα και είναι κατάλληλοι για τοποθέτηση σε εξωτερικούς χώρους (IP65).

Τέλος, επειδή η εγκατάσταση είναι 3Φ ισχύος 399,20 kW θα υπάρξει σύνδεση ανά inverter με Υ/Σ, ισχύος 400kVA, τεχνική περιγραφή του οποίου αναγράφεται σε επόμενη παράγραφο.

#### **4.6. Έλεγχος Φ/Β Σταθμού**

Η ανάγκη ελέγχου αλλά και παρακολούθησης μιας τόσο σημαντικής επένδυσης όπως είναι ο εν λόγω Φ/Β σταθμός είναι δεδομένη. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή «**meteocontrol**». Πρόκειται ουσιαστικά για μια εφαρμογή που παρακολουθεί και καταγράφει συνεχώς τα σημαντικά δεδομένα του Φ/Β σταθμού (παραγόμενη ενέργεια κλπ). Τα δεδομένα αυτά είναι προσβάσιμα είτε μέσω Internet είτε μέσω sms σε κινητό τηλέφωνο. Το σύστημα έχει την δυνατότητα συναγερμού σε περίπτωση που κάτι δεν πάει καλά ενημερώνοντας έτσι άμεσα τον ιδιοκτήτη.

#### **4.7. Προστασία Φ/Β Σταθμού**

Είναι δεδομένο ότι πρέπει ο Φ/Β σταθμός να προστατευτεί από κάθε εξωγενή και αστάθμητο παράγοντα. Για αυτό ενδείκνυνται η τοποθέτηση αλεξικέραυνων αλλά και ενιαίου συστήματος γείωσης. Η γείωση που υλοποιείται είναι περιμετρική να επιτυγχάνεται υψηλή προστασία.

Η αντικεραυνική προστασία επιτυγχάνεται με αλεξικέραυνο ιονισμού για προστασία του Φ/Β από άμεσο κεραυνικό πλήγμα.

Επιπλέον για προστασία από έμμεσο κεραυνικό πλήγμα, δηλαδή από κεραυνό που έπεσε σε κοντινό σημείο, τοποθετούνται στους ηλεκτρικούς πίνακες απαγωγείς κρουστικών υπερτάσεων για προστασία από υπερτάσεις .

Τέλος το οικόπεδο περιφράσσεται για αποφυγή πιθανών εξωγενών παρεμβάσεων. Με τοίχιο 30εκ. περιμετρικά, τοποθέτηση πασάλων ανά 2m και σχετικό πλέγμα περίφραξης. Το ύψος της περίφραξης θα ανέρχεται στα 2,5m, ενώ κατασκευάζεται στυλίσκος διαστάσεων 2x0.3x2.2 m για τη στήριξη των μετρητικών διατάξεων της ΔΕΗ.

#### **4.8. Υποσταθμός**

Υπαίθριος προκατασκευασμένος Υ/Σ τύπου "Κιόσκι" 400kVA:



Εκόνα 26. Υποσταθμός [16]

Ο υπαίθριος υποσταθμός διαστάσεων (ΥxΠxΜ mm) 2500x2400x2100 διαιρείται σε τρεις επισκέψιμους χώρους: Χώρος Μέσης Τάσης Άφιξης-Αναχώρησης 20 kV, χώρος Μετασχηματιστή 400 kVA (Ελαίου) και χώρος Χαμηλής Τάσης 0,4kV.

**Τα κύρια χαρακτηριστικά του υποσταθμού είναι:**

- Σκελετός βάσης κατασκευασμένος από IPE 160.

- Ένας (1) αξονικός εξαεριστήρας και περσίδες βαρύτητας
- Ελαιοπαγίδα δαπέδου
- Η πρόσβαση στο χώρο χειρισμού του πίνακα Μ.Τ. θα γίνεται από πόρτα που θα έχει τη δυνατότητα κλειδώματος εξωτερικά.
- Η πρόσβαση στο χώρο χειρισμού του πίνακα Χ.Τ. θα γίνεται από πόρτα που θα έχει τη δυνατότητα κλειδώματος εξωτερικά
- Η πρόσβαση στο Μ/Σ θα γίνεται από ανεξάρτητη πόρτα. Το άνοιγμα θα είναι τέτοιο ώστε να επιτρέπει την έξοδο του Μ/Σ.
- Ο εσωτερικός φωτισμός ενεργοποιείται με το άνοιγμα της κάθε πόρτας
- Όλα τα μεταλλικά του Υ/Σ είναι γειωμένα
- Εξωτερικές διαστάσεις: (πλάτος\*μήκος\*ύψος)      2.40\*2.1\*2.50
- Εξωτερικός γαλβανισμένος σκελετός υψηλής ακαμψίας
- Γαλβανισμένη βάση
- Περιμετρικοί τοίχοι από θερμομονωτικά πάνελ πολυουρεθάνης πάχους 40χιλ.
- Οροφή από θερμομονωτικά πάνελ πολυουρεθάνης 50 χιλ.
- Σημεία ανάρτησης
- Περιμετρική οριζόντια υδρορροή
- Εσωτερικά χωρίσματα από πάνελ πολυουρεθάνης πάχους 40χιλ.
- Χρώμα περιμετρικών τοίχων εξωτερικά, ενδεικτικά: Silver Metallic Χρώμα κουφωμάτων ενδεικτικά Γκρί

- Χρώμα περιμετρικών τοίχων εσωτερικά Λευκό
- Πόρτα εισόδου αλουμινίου δίφυλλη με κλειδαριά ασφαλείας
- Περσίδα εξαερισμού με σήτα διαστάσεων
- Μηχανισμός ακινητοποίησης της πόρτας
- Δάπεδο Οικίσκου: Τραπεζοειδές γαλβανισμένο χαλυβδόελασμα.

## 5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Για το αν είναι συμφέρουσα ή όχι η πραγματοποίηση μιας επένδυσης είναι απαραίτητη η οικονομική της αξιολόγηση. Η οικονομική αξιολόγηση πραγματοποιείται αφού πρώτα προσδιορίσουμε τα οικονομικά μεγέθη της επένδυσης (κόστος επένδυσης, έσοδα, έξοδα, κλπ) και ορίσουμε τα κριτήρια για την αξιολόγησή της. Η συγκεκριμένη οικονομική αξιολόγηση θα γίνει με τη μέθοδο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (ΕΒΑ).

### 5.1. Χρηματοοικονομική Ανάλυση και Αξιολόγηση Επένδυσης

#### 5.1.1. Βασικά οικονομικά δεδομένα της επένδυσης

Αρχικά περιγράφονται τα βασικά οικονομικά δεδομένα της επένδυσης

ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	250.000€
ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ (20%)	50.000€
ΠΟΣΟ ΔΑΝΕΙΟΥ	200.000€
ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΔΑΝΕΙΣΜΟΥ	4%
ΕΤΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΔΑΝΕΙΟΥ	10
ΕΤΗΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ	6.000€
ΑΡΧΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	678.640 KW
ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	0,576%
ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ Kwh	0,065 €
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΟΥ	22%
ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΣ	1%

Πίνακας 3. Βασικά οικονομικά δεδομένα της επένδυσης

### 5.1.2. Συνολικό Κόστος Επένδυσης

Στο παρόν κεφάλαιο καταγράφονται τα αρχικά κόστη της επένδυσης. Η επένδυση θα πραγματοποιηθεί σε ιδιόκτητο οικοπέδο και τα υλικά που θα αγορασθούν προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν για 20 έτη, όση και η διάρκεια της σύμβασης πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθεί.

ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ		
A/A	Περιγραφή	Κόστος σε €
1	Διαμόρφωση οικοπέδου	2.000
2	Φωτοβολταϊκά πλαίσια	110.000
3	Αντιστροφείς	23.000
4	Βάσεις στήριξης	30.000
5	Συστήματα τηλεπαρακολούθησης	3.000
6	Καλωδίωση	25.000
7	Σύστημα ασφαλείας	5.000
8	Περίφραξη του οικοπέδου	5.000
9	Κατασκευή γείωσης	2.000
10	Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας	5.000
11	Όροι Σύνδεσης ΔΕΔΔΗΕ	20.000
12	Εργολαβική αμοιβή	20.000
13		
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>250.000</b>

Πίνακας 4.: Συνολικό Κόστος Επένδυσης σε Ευρώ.

### 5.1.3. Αποσβέσεις

Για τον υπολογισμό των αποσβέσεων στην παρούσα επένδυση ύψους 250.000€ θα ακολουθήσουμε την μέθοδο της σταθερής μεθόδου με συντελεστή απόσβεσης 10% για 10 έτη. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το δεδομένο οι αποσβέσεις προσδιορίζονται σε 25.000 € ανά έτος.

### 5.1.4. Τοκοχρεολυτικές Υποχρεώσεις

Σύμφωνα με τα ισχύοντα στην τραπεζική αγορά η χρηματοδότηση θα καλύψει το 80% της επένδυσης και η αποπληρωμή της θα γίνει σε δέκα (10) έτη. Ειδικότερα από τα 250.000 € που προβλέπεται να κοστίσει συνολικά η επένδυση τα 200.000€ θα προέρχονται από δάνειο τραπεζικού ιδρύματος. Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται τα βασικά στοιχεία χρηματοδότησης :

Στοιχεία Χρηματοδότησης	
Ύψος Δανείου	200.000 €
Διάρκεια Αποπληρωμής (n=έτη)	10 έτη
Επιτόκιο (e)	4%
Τοκοχρεολύσιο	24.658 €

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα τοκοχρεολύσια, (τόκοι, χρεολύσια και υπόλοιπο δανείου) για τα έτη 2021 έως 2029. [14]

ΕΤΟΣ	ΑΝΕΞΟΦ ΛΕΙΤΟ ΔΑΝΕΙΟ	ΤΟΚΟΧΡ ΕΩΛΥΣΙΟ	ΤΟΚΟΣ	ΧΡΕΩΛΥ ΣΙΟ	ΑΝΕΞΟΦ ΛΕΙΤΟ ΥΠΟΛΟΙ ΠΟ
1	2	3	4	5	6
			2*4%	3-4	2-5
2021	200.000,00	24.658,19	8.000,00	16.658,19	183.341,81
2022	183.341,81	24.658,19	7.333,67	17.324,52	166.017,29
2023	166.017,29	24.658,19	6.640,69	18.017,50	147.999,80
2024	147.999,80	24.658,19	5.919,99	18.738,20	129.261,60
2025	129.261,60	24.658,19	5.170,46	19.487,72	109.773,88
2026	109.773,88	24.658,19	4.390,96	20.267,23	89.506,64
2027	89.506,64	24.658,19	3.580,27	21.077,92	68.428,72
2028	68.428,72	24.658,19	2.737,15	21.921,04	46.507,68
2029	46.507,68	24.658,19	1.860,31	22.797,88	23.709,80
2030	23.709,80	23.709,80	948,39	22.761,41	

Πίνακας 5. Τοκοχρεολυτικές Υποχρεώσεις

### 5.1.5. Λειτουργικά έξοδα

Για τα ετήσια λειτουργικά έξοδα προβλέπεται αύξηση 1% ετησίως λόγω του πληθωρισμού.

ΕΤΗΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ	
Περιγραφή	Κόστος σε €
Ασφάλιση εξοπλισμού – φύλαξη πάρκου	1.000
Ετήσια συντήρηση εξοπλισμού	1.000
Έκτακτα - απρόβλεπτα έξοδα	1.000
Ασφαλιστικές εισφορές	2.000
Διοικητικά έξοδα (Λογιστικά, ΔΕΗ – ΟΤΕ κτλ)	1.000
ΣΥΝΟΛΟ	6.000

Πίνακας 6. Λειτουργικά έξοδα

### 5.1.6. Παραγωγή και Έσοδα

Η αρχική ετήσια παραγωγή προβλέπεται να ανέλθει, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του εξοπλισμού και τα δεδομένα της περιοχής, στα 678.640 KW (1.700 KW x 399,2) ενώ προβλέπεται Συντελεστής Μείωσης Παραγωγής λόγω προδιαγραφών εξοπλισμού κατά 0,576% ετησίως. Η προβλεπόμενη τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας διαμορφώνεται στα 0,065 Kwh. Αναλυτικά κατ'έτος η παραγωγή και τα αντίστοιχα έσοδα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Έτος	Παραγωγή KWh	Έσοδα ( € )
31/12/2021	678.640,00	44.111,60
31/12/2022	674.731,03	42.508,06
31/12/2023	670.844,58	42.263,21
31/12/2024	666.980,52	42.019,77
31/12/2025	663.138,71	41.777,74
31/12/2026	659.319,03	41.537,10
31/12/2027	655.521,35	41.297,85
31/12/2028	651.745,55	41.059,97
31/12/2029	647.991,50	40.823,46
31/12/2030	644.259,07	40.588,32
31/12/2031	640.548,13	40.354,53
31/12/2032	636.858,58	40.122,09
31/12/2033	633.190,27	39.890,99
31/12/2034	629.543,09	39.661,21
31/12/2035	625.916,93	39.432,77
31/12/2036	622.311,64	39.205,63
31/12/2037	618.727,13	38.979,81
31/12/2038	615.163,26	38.755,29
31/12/2039	611.619,92	38.532,06
31/12/2040	608.096,99	38.310,11

Πίνακας 7. Παραγωγή και Έσοδα

#### 5.1.7. Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ). [2]

Ως Καθαρή Παρούσα Αξία μιας επένδυσης ορίζεται η παρούσα αξία του καθαρού οικονομικού αποτελέσματος της επένδυσης. Δηλαδή μεταφέρουμε στο σήμερα όλα τα οφέλη και τα κόστη και υπολογίζουμε την Παρούσα Αξία. Για την λήψη μιας απόφασης για την επένδυση βάσει του κριτηρίου της Καθαράς Παρούσας Αξίας ισχύουν τα παρακάτω:

$KPA > 0$ , η επένδυση εγκρίνεται

$KPA = 0$ , η επένδυση είναι αδιάφορη

$KPA < 0$  η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Είναι προφανές πως για τη λήψη μιας απόφασης λαμβάνονται και άλλα κριτήρια.

Ο μαθηματικός τύπος της Καθαρής Παρούσας Αξίας είναι:

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

Όπου:

KTP : Καθαρές Ταμειακές ροές

n: το χρονικό διάστημα στο οποίο θα αξιολογηθεί η επένδυση

i: το επιτόκιο αναγωγής

K<sub>0</sub>: το αρχικό κόστος της επένδυσης

Και ο μαθηματικός τύπος των καθαρών ταμιακών ροών:

$$KTP = (E - \Lambda\Delta - A) (1 - \Phi\Sigma) + A.$$

Όπου:

E : Έσοδα

ΛΔ : Λειτουργικές δαπάνες

A : Αποσβέσεις για την επένδυση

ΦΣ : Ο φορολογικός συντελεστής για τον υπολογισμό του φόρου εισοδήματος.

Βάσει των ανωτέρω προέκυψε ο παρακάτω πίνακας με τα σχετικά οικονομικά στοιχεία και προσδιορίστηκαν οι Καθαρές Ταμιακές Ροές και η Καθαρή Παρούσα Αξία της συγκεκριμένης επένδυσης.

Για τον υπολογισμό της Καθαρής Παρούσας Αξίας έγινε χρήση της **NPV** συνάρτησης του EXCEL.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΑΞΙΑΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΕΣΟΔΟ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΕΡΔΗ	ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	ΧΡΕΩΛΥΣΙΟ	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΔΑΝΕΙΟΥ	ΤΟΚΟΣ	ΤΟΚΟΧΡΕΩΛΥΣΙΟ	ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ	ΦΟΡΟΣ	ΚΑΘΑΡΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΡΕΕΣ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΘΑΡΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΡΕΕΣ
A	B	C	D	E=C-D	F	G	H	I	J=G+I	K=E-F-I	L=K*σ.φ	M=C-J-L	N
31/12/2020							200.000					-50.000	-50.000
31/12/2021	678.640	44.112	6.000	38.112	25.000	16.658	183.342	8.000	24.658	5.112	1.125	12.329	-37.671
31/12/2022	674.731	43.858	6.060	37.798	25.000	17.325	166.017	7.334	24.658	5.464	1.202	11.937	-25.734
31/12/2023	670.845	43.605	6.121	37.484	25.000	18.018	148.000	6.641	24.658	5.844	1.286	11.541	-14.193
31/12/2024	666.981	43.354	6.182	37.172	25.000	18.738	129.262	5.920	24.658	6.252	1.375	11.138	-3.055
31/12/2025	663.139	43.104	6.244	36.860	25.000	19.488	109.774	5.170	24.658	6.690	1.472	10.730	7.675
31/12/2026	659.319	42.856	6.306	36.550	25.000	20.267	89.507	4.391	24.658	7.159	1.575	10.317	17.992
31/12/2027	655.521	42.609	6.369	36.240	25.000	21.078	68.429	3.580	24.658	7.659	1.685	9.896	27.888
31/12/2028	651.746	42.363	6.433	35.931	25.000	21.921	46.508	2.737	24.658	8.193	1.803	9.470	37.358
31/12/2029	647.991	42.119	6.497	35.622	25.000	22.798	23.710	1.860	24.658	8.762	1.928	9.036	46.395
31/12/2030	644.259	41.877	6.562	35.315	25.000	22.761	0	948	23.710	9.366	2.061	9.544	55.939
31/12/2031	640.548	41.636	6.628	35.008	0	0	0	0	0	35.008	7.702	27.306	83.245
31/12/2032	636.859	41.396	6.694	34.702	0	0	0	0	0	34.702	7.634	27.067	110.313
31/12/2033	633.190	41.157	6.761	34.396	0	0	0	0	0	34.396	7.567	26.829	137.142
31/12/2034	629.543	40.920	6.829	34.092	0	0	0	0	0	34.092	7.500	26.592	163.733
31/12/2035	625.917	40.685	6.897	33.788	0	0	0	0	0	33.788	7.433	26.354	190.088
31/12/2036	622.312	40.450	6.966	33.484	0	0	0	0	0	33.484	7.367	26.118	216.206
31/12/2037	618.727	40.217	7.035	33.182	0	0	0	0	0	33.182	7.300	25.882	242.088
31/12/2038	615.163	39.986	7.106	32.880	0	0	0	0	0	32.880	7.234	25.646	267.734
31/12/2039	611.620	39.755	7.177	32.578	0	0	0	0	0	32.578	7.167	25.411	293.145
31/12/2040	608.097	39.526	7.249	32.278	0	0	0	0	0	32.278	7.101	25.177	318.322

Πίνακας 8. Συνολικά Οικονομικά μεγέθη και Καθαρή Παρούσα Αξία

Σύμφωνα με την NPV συνάρτηση του EXCEL έχουμε **ΚΠΑ = 275.760,36** η οποία είναι προφανώς μεγαλύτερη του μηδενός και συνεπώς η επένδυση **είναι οικονομικά συμφέρουσα.**

Πρόσθετα από την τελευταία στήλη του πίνακα όπου φαίνονται οι Αθροιστικές Καθαρές χρηματοροές διαπιστώνουμε ότι, τα Ίδια Κεφάλαια επανυσπράττονται κατά το 5<sup>ο</sup> έτος

λειτουργίας της επένδυσης.

#### 5.1.8. Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA). [2]

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Internal Rate of Return) εκφράζει τη μέση ετήσια απόδοση ενός επενδυτικού σχεδίου. Αποτελεί το προεξοφλητικό επιτόκιο που εξισώνει την Παρούσα Αξία των εισροών και των εκροών. Είναι δηλαδή εκείνο το προεξοφλητικό επιτόκιο, που μας δίνει Καθαρή Παρούσα Αξία ίση με το μηδέν. Η αξιολόγηση και η απόφαση για την πορεία της επένδυσης προκύπτει από τη σύγκριση του EBA με το επιτόκιο προεξόφλησης, δηλαδή την ελάχιστη προσδοκία μας. Ειδικότερα έχουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

EBA > επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση εγκρίνεται

EBA = επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση είναι αδιάφορη

EBA < επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

#### Υπολογισμός EBA

Σύμφωνα με τα όσα περιγράφονται παραπάνω και χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση **IRR** του **EXCEL** με διάφορα επιτόκια ξεκινώντας από το κόστος ευκαιρίας 1% (τόσο δίνουν οι τράπεζες σε σχετικές καταθέσεις) διαμορφώνουμε τον παρακάτω πίνακα.

Βήμα	Επιτόκια	ΚΠΑ
1 <sup>ο</sup>	1,00%	275.760,36
2 <sup>ο</sup>	4,00%	181.070,75
3 <sup>ο</sup>	10,00%	79.438,87

4 <sup>ο</sup>	15,00%	38.120,82
5 <sup>ο</sup>	20,00%	14.633,02
6 <sup>ο</sup>	23,00%	5.268,46
7 <sup>ο</sup>	24,00%	2.680,32
8 <sup>ο</sup>	25,00%	310,21
9 <sup>ο</sup>	25,14%	-0,88
10 <sup>ο</sup>	26,00%	-1.865,53

#### Πίνακας 9. Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

Σύμφωνα με τα ανωτέρω στο 9<sup>ο</sup> βήμα μηδενίζεται η Καθαρή Παρούσα Αξία. Άρα ο ΕΒΑ ισούται με 25,14 % και είναι προφανώς μεγαλύτερου του αρχικού κόστους ευκαιρείας ( το οποίο ορίστηκε στο 1% όσο και τα τρέχοντα επιτόκια ), οπότε η επένδυση **είναι οικονομικά συμφέρουσα.**

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη σημερινή εποχή η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί βασικό αγαθό για τον άνθρωπο. Η παραγωγή της όμως με τα συμβατικά – ορυκτά καύσιμα πέραν των επιβαρυντικών περιβαλλοντικών και οικολογικών επιπτώσεων είναι και σημαντικά δαπανηρή, ενώ τα αποθέματά τους μειώνονται με ταχύ ρυθμό. Η χρησιμοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και εν προκειμένω της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων, είναι επιβεβλημένη ώστε να περιοριστεί το κόστος παραγωγής και να αποφευχθούν ή να μειωθούν οι αρνητικές συνέπειες για το περιβάλλον και την ανθρωπότητα.

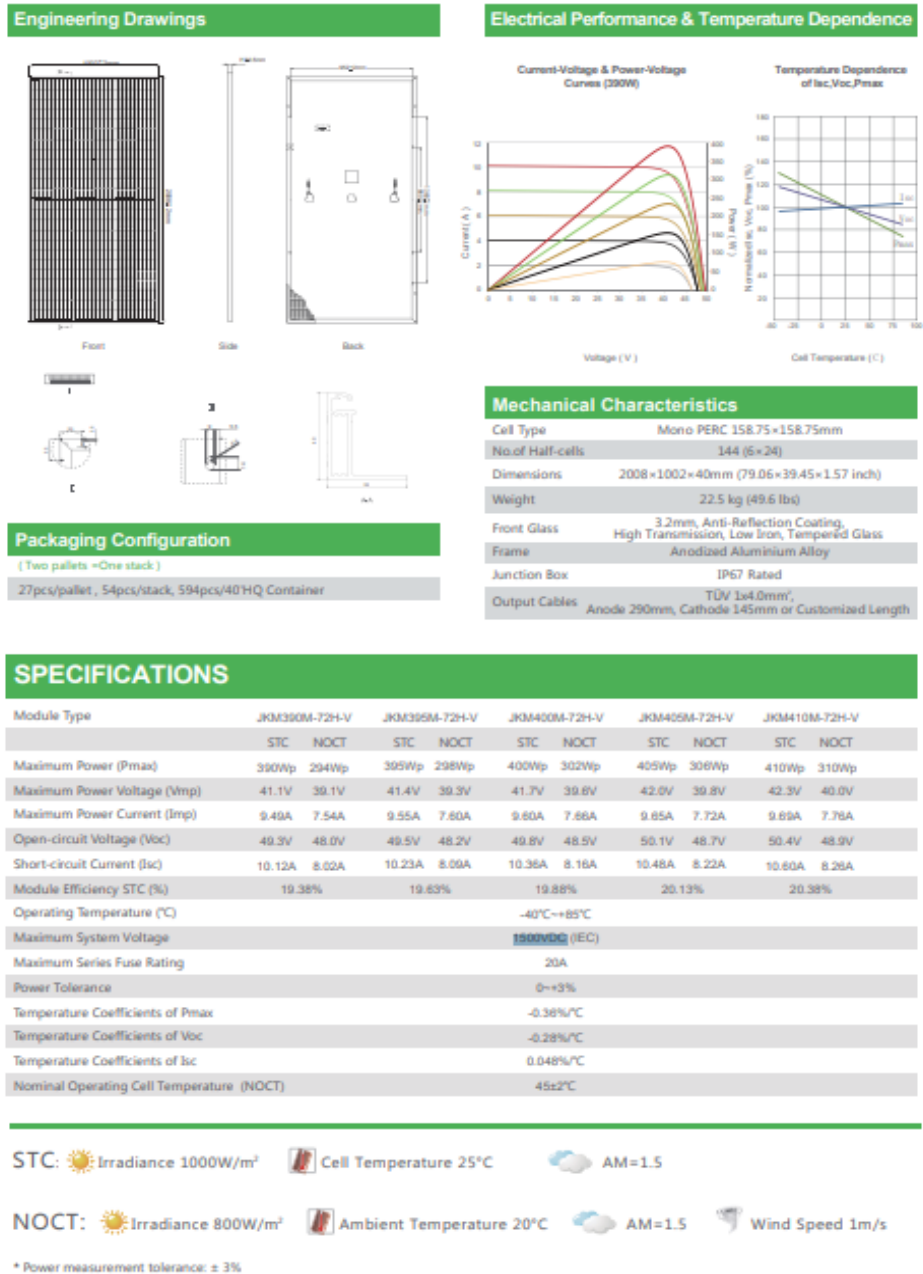
Για την πραγματοποίηση μιας επένδυσης σε φωτοβολταϊκό πάρκο πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες και να ακολουθηθούν διάφορα βήματα - στάδια όπως: Άριστος και λεπτομερής σχεδιασμός και σύνταξη σχετικής μελέτης από αρμόδιους μηχανικούς. Εξέταση και επιλογή του κατάλληλου χώρου, διαστασιολόγηση και χωροθέτηση ώστε να επιτυγχάνεται το άριστο αποτέλεσμα. Επιλογή του κατάλληλου τεχνολογικού εξοπλισμού (πλαίσια, αντιστροφείς κλπ) και άριστη κατασκευή – εγκατάσταση και τέλος λήψη των αναγκαίων μέτρων ασφαλείας. Για την τελική απόφαση όμως υλοποίησης ή όχι της επένδυσης απαιτείται μια ολοκληρωμένη οικονομική ανάλυση, με ρεαλιστική αποτύπωση και ανάλυση των οικονομικών δεδομένων και προβλέψεων (παραγωγή, έσοδα, κόστη, δαπάνες κλπ) η οποία με τη χρήση των επιστημονικών μεθόδων που υπάρχουν σήμερα θα μας κατευθύνει στην τελική μας απόφαση. Ειδικότερα για την συγκεκριμένη επένδυση που αναλύσαμε τα οικονομικά στοιχεία μας έδειξαν ότι μπορούμε να προχωρήσουμε στην υλοποίηση της.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ , ΠΗΓΕΣ, ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

1. *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας Δυναμικό και Τεχνολογίες (Ασημακόπουλος Δ., Αραμπατζής Γ. Δημάκης Α. Καρταλίδης Γ. Τσιλιγκιρίδης Γ., 2015 εκδόσεις «σοφία»)*
2. *Πρακτικός Οδηγός Οικονομικής Ανάλυσης (Βασίλης Σ. Μουστάκης, 2016, εκδόσεις Τζιόλα)*
3. *Ηλεκτρονικά Ισχύος (Ιορδάνης Κιοσκερίδης 2016, εκδόσεις Τζιόλα)*
4. *Ένας Πρακτικός Οδηγός για Επενδύσεις στα Φωτοβολταϊκά (2020 Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών)*
5. *Φωτοβολταϊκά και περιβάλλον (2011 Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών)*
6. *Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων (2011 ΤΕΕ Κεντρικής Μακεδονίας)*
7. (<https://el.wikipedia.org/wiki>).
8. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics>
9. [https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats\\_greece\\_2019\\_2Apr2020.pdf](https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2019_2Apr2020.pdf)
10. [https://helapco.gr/pdf/HELAPCO\\_PV\\_Investment\\_Guide.pdf](https://helapco.gr/pdf/HELAPCO_PV_Investment_Guide.pdf)
11. [https://helapco.gr/pdf/PV\\_Guide\\_Aug\\_2013.pdf](https://helapco.gr/pdf/PV_Guide_Aug_2013.pdf)
12. <https://energypress.gr/news/pos-diamorfothike-migma-ilektroparagogis-tis-horas-2018>
13. <http://www.cres.gr/kape/index.htm>
14. <https://www.ypologismos.gr/pinakas-doseon-programma-apopliromis-daneiou-excel/>
15. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία: [www.hnms.gr](http://www.hnms.gr)
16. *Τεχνοοικονομική μελέτη Φ/Β πάρκου ( Παναγώτας Α. Λειβαδιά 2019)*

## 8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΩΝ [16]



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ INVERTER [16]



### Declaration of anti-islanding protection in the SUN2000 Fusion Solar Inverter

Date: 15 Dec 2018

Inverter types and compliance standards:

DIN VDE 0126-1-1	VDE-AR-N 4120
Sun2000-8/12/17KTL/20KTL	Sun2000-42KTL
Sun2000-33KTL-A	Sun2000-60KTL-
	HV-D1-001
Sun2000-36KTL	Sun2000-100KTL-
	H1
Sun2000-60KTL-M0	Sun2000-105KTL-
	H1

To whom it may concern:

Huawei hereby confirms Huawei SUN2000 Fusion Solar Inverter comply with Greek Land and Cyprus Code and the following with regard to the PV inverter:

The Inverter allows connection to the grid - at the Point of Common Coupling - and disconnection through integrated AC relays that are controlled by the inverter's software and which allow for the following (Which can be set by APP/SmartLogger/Monitoring system):

Automatic (re)-connection to the grid, provided the terminal voltage and frequency fall within the ranges  $0.8 \times V_{nom} \leq V_{grid} \leq 1.15 \times V_{nom}$  and  $49.5\text{Hz} \leq F_{grid} \leq 50.5\text{Hz}$ .

The reconnection time upon restoration of the grid is at least 180 seconds.

Fast disconnection ( $< 0.5$  seconds) if voltage and/or frequency attain values outside the aforementioned ranges.

The protection setting is protected by password. The end-user must access and modify inverter software protection settings by password.

The Inverter can also apply to the AC power system with the neutral point grounding of the step-up transformer. The Inverter itself does not connect to any neutral wire. (Except for 8/12/17/20KTL)

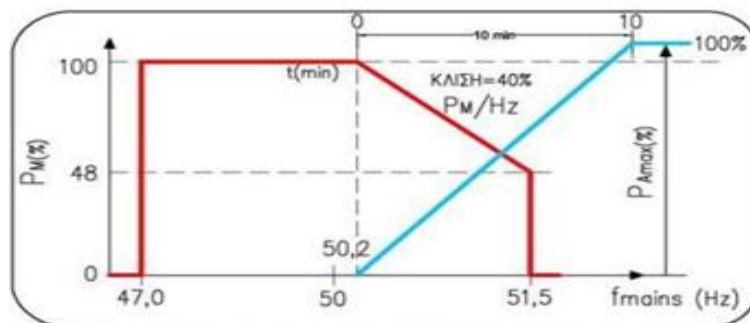
#### Grid Parameters

1. Undervoltage  $0.8U_n$  timeout [1.7s] “for installations 150kW – 8MW”
2. Overvoltage  $1.15U_n$  timeout [200ms]
3. Underfrequency 47Hz timeout [200ms]
4. Overfrequency 51.5Hz timeout [200ms]
5. DC current injection 0,5% of nominal current timeout [200ms]
6. Total Harmonic Distortion (THDi)  $< 5\%$
7. Active Anti Islanding according “DIN VDE 0126-1-1 (6-2006)”

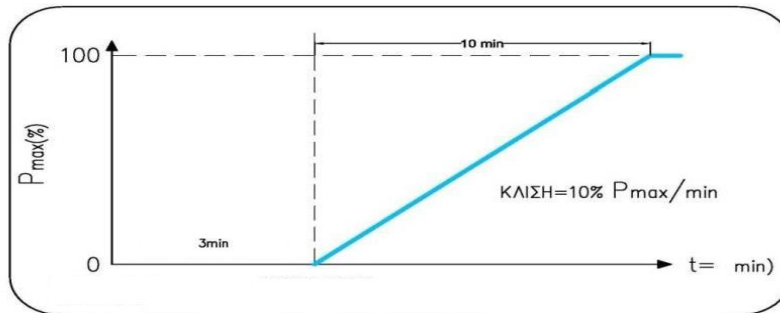
➤ Automatic reduction due to over frequency

-No disconnection from grid between 47Hz – 51.5Hz

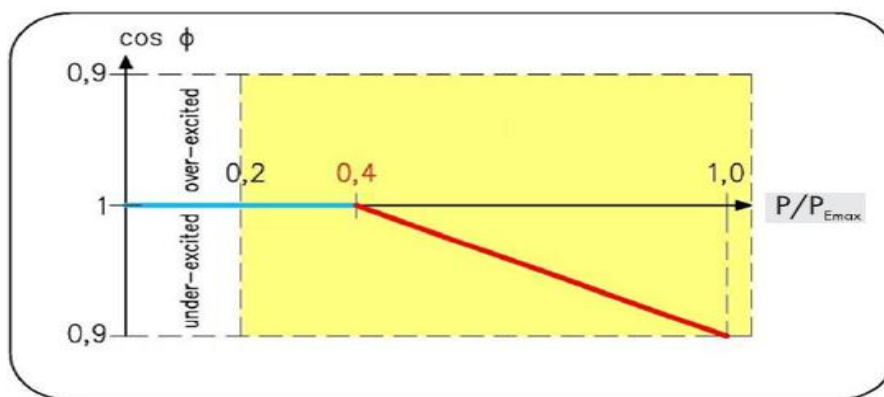
-Over 50.2Hz automatic active reduction according to the diagram



➤ Slow ramp-up curve for connections and reconnections



➤ Provision of reactive power




---

Ye Liang

Director of Inverter Solution Sales& Marketing

Huawei Fusion Solar, Europe

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3. ΝΟΜΟΙ ΚΑΙ ΥΠΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ [9]

#### ΝΟΜΟΙ

N.4685/2020 – Εκσυγχρονισμός περιβαλλοντικής νομοθεσίας, κατάργηση άδειας παραγωγής – ΦΕΚ 92Α/7.5.2020

Παράταση προθεσμιών λόγω COVID-19. ΦΕΚ 75Α/30.3.2020

N.4643/2019 – Απελευθέρωση αγοράς ενέργειας, εκσυγχρονισμός της ΔΕΗ, ιδιωτικοποίηση της ΔΕΠΑ και στήριξη των Α.Π.Ε. και λοιπές διατάξεις.– ΦΕΚ 193Α/3.12.2019

N.4602/2019 – Τροπολογίες για φωτοβολταϊκά (τιμολόγηση συστημάτων εκτός διαγωνισμών) – ΦΕΚ 45Α/9.3.2019

N.4546/2018 – Τροπολογίες για φωτοβολταϊκά – ΦΕΚ 101Α/12/6/2018

N.4513/2018 – Ενεργειακές Κοινότητες – ΦΕΚ 9Α/23/1/2018

N.4414/2016 – Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ – ΦΕΚ 149Α/9/8/2016

N.4254/2014 – New Deal, άρση αναστολής αδειοδότησης, ΦΕΚ 85Α/7/4/2014

N.4223/2013 – Αναστολή αδειοδότησης (Ενιαίος φόρος ιδιοκτησίας ακινήτων και άλλες διατάξεις), ΦΕΚ 287Α/31/12/2013

N.4203/2013 – Ρυθμίσεις θεμάτων ΑΠΕ και άλλες διατάξεις, ΦΕΚ 235Α/1/11/2013

N.4152/2013 Ρυθμίσεις Θεμάτων ΑΠΕ – Έκτακτη εισφορά – Αναστολή αδειοδότησης, ΦΕΚ 107Α/9/5/2013

N.4093/2012 Έκτακτη εισφορά για ΑΠΕ – Κατάργηση 18μηνου, ΦΕΚ 222Α/12/11/2012

N.4062/2012 «Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ – Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ – Τροπολογίες ΑΠΕ», ΦΕΚ 70Α/30-3-2012

N.4001/2011 «Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις», [...]

Ενοποίηση των διατάξεων του Ν.3468/2006 όπως τροποποιήθηκαν από τους Ν.3734/2009, Ν.3851/2010, Ν.3889/2010 και λοιπών διατάξεων νόμων

N.3851/2010, “Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας [...]

N.3734/2009, “Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες [...]

N.3468/2006, “Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις”, ΦΕΚ 129Α/29-6-2006

## ΥΠΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ

Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/30971/1190, ΦΕΚ 1045Β/26.3.2020. Προσθήκη νέων κατηγοριών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. και καθορισμός των Τ.Α., επαναπροσδιορισμός [...]

Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/28857/1083. ΦΕΚ940Β/20.03.2020. Καθορισμός ειδικού πλαισίου προτεραιότητας στην χορήγηση οριστικών Προσφορών Σύνδεσης για σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ από τον Διαχειριστή [...]

Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/34495/1107, ΦΕΚ 1341Β, 18.04.2019, «Καθορισμός εγκατεστημένης ισχύος, ανά τεχνολογία ή/και κατηγορία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α., [...]

Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382, ΦΕΚ 759Β', 05.03.2019, «Εγκατάσταση σταθμών παραγωγής από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με [...]

Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΑΟΚΑ/69701/4461, ΦΕΚ 4520Β', 16.10.2018, «Διαδικασία έγκρισης και απαιτούμενα δικαιολογητικά για εργασίες για τις οποίες απαιτείται Έγκριση Εργασιών Δόμησης Μικρής [...]

Αριθμ. ΑΠΕΕΚ/Α/Φ1/οικ. 172859, ΦΕΚ 1267Β'/10.4.2018, Όροι διαγωνισμών ΑΠΕ 2018-2020

ΥΠΕΝ/ΥΠΡΓ/32920/9181 «Υπηρεσία Διακοπτόμενου Φορτίου, τύπος και περιεχόμενο Συμβάσεων Διακοπτόμενου Φορτίου, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 17 του ν.4203/2013», ΦΕΚ [...]

ΥΑ 175067/2017 «Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού», ΦΕΚ 1547Β', 5.5.2017

ΥΑ Αριθμ. ΑΠΕΗΛ/Γ/Φ1/οικ. 184898, “Υπηρεσία Διακοπτόμενου Φορτίου, τύπος και περιεχόμενο Συμβάσεων Διακοπτόμενου Φορτίου, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 17 [...]

ΥΑ Αριθμ. ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ. 24461, “Εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ από αυτοπαραγωγούς με συμψηφισμό ενέργειας κατ’ εφαρμογή του άρθρου 14Α του Ν. 3468/2006”, [...]

ΚΥΑ 23615/651/Ε.103, “Καθορισμός κανόνων, όρων και προϋποθέσεων για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)”, ΦΕΚ [...]

ΥΑΠΕ/Φ1/1288/9011, «Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς», ΦΕΚ 1103Β'/02-05-2013

ΥΑΠΕ/Φ1/1289/9012, «Τροποποίηση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων», ΦΕΚ 1103Β'/02-05-2013

ΥΑ 3791/2013, «Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ) για έργα ΑΠΕ», ΦΕΚ 104Β/24-1-2013

ΥΑΠΕ/Φ1/2300/16932 & 2301/16933 & 2302/16934 & 2303/16935, «Αναστολή διαδικασίας αδειοδότησης και νέες εγγυημένες τιμές πώλησης για φωτοβολταϊκά», ΦΕΚ 2317Β/10-08-2012

ΥΑΠΕ/Φ1/οικ2262 & 2266, «Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς», ΦΕΚ 97Β/31-01-2012

ΥΑΠΕ/Φ1/14810, «Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση ΑΠΕ», ΦΕΚ 2373Β/25-10-2011

ΥΑ 19598/2010, “Απόφαση για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων [...]

ΥΑ 16-2-2011, «Τροποποιήσεις ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια», ΦΕΚ 583Β/14-4-2011

ΥΑ 24839/2010, “Εγγυοδοσία για την υπογραφή Συμβάσεων Σύνδεσης στα δίκτυα διανομής σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. που εξαιρούνται από την [...]

ΥΑ 40158/2010, “Εγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα και κτίρια σε εκτός σχεδίου [...]

ΚΥΑ 18513/2010, “Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις”, ΦΕΚ 1557Β’/22-9-2010

ΚΥΑ 17149/2010, “Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού [...]

ΥΑ 36720/2010, “Εγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και [...]

ΚΥΑ 12323/2009, “Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων”, ΦΕΚ 1079Β’/4-6-2009

ΚΥΑ 49828/2008, “Εγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών [...]

ΚΥΑ 104247/2006, “Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), σύμφωνα [...]

ΚΥΑ 19500/2004, “Τροποποίηση και συμπλήρωση της 13727/724/2003 κοινής υπουργικής απόφασης ως προς την αντιστοίχιση των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με [...]