



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΙΚΙΑΚΟΥ**  
**ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

**ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΠΕΤΡΟΣ, ΑΜ: 6955**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: .ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2022**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάπτυξη των ενεργειακών συστημάτων σε ένα κτίριο πραγματοποιούνται στο παρελθόν με γνώμονα τη διασφάλιση των επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών με το ελάχιστο δυνατό αρχικό κόστος χωρίς να δίνεται η απαραίτητη σημασία στην κατανάλωση ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία άνοδος των τιμών του πετρελαίου και των υπόλοιπων καυσίμων (LNG, φυσικό αέριο) αλλά και η οικονομική κρίση, οδήγησε σε αναθεώρηση της προσέγγισης της αυτονομίας των κτηρίων. Ο σχεδιασμός πλέον πραγματοποιείται με γνώμονα την εξοικονόμηση ενέργειας.

Πολλές είναι οι δράσεις που λαμβάνουν χώρα προς την κατεύθυνση αυτή

- Μείωση θερμικών αναγκών και ψυκτικού φορτίου
- Επεμβάσεις μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου (πχ δώμα, κεραμοσκεπή, τοιχοποιία)
- Αντικατάσταση κουφωμάτων
- Μείωση κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων
- Αλλαγή υπάρχοντα εξοπλισμού με νεώτερο και αποδοτικότερο
- Αλλαγή ορυκτού καυσίμου και αλλαγή εξοπλισμού (από πετρέλαιο σε υγραέριο, από πετρέλαιο σε ηλεκτρικό ρεύμα)
- Αντικατάσταση ενεργοβόρων συσκευών (ξεκινώντας και από τους λαμπτήρες)
- Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και ιδιοκατανάλωση του ή για πώληση στο δίκτυο

Η τελευταία δράση αποτελεί αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας η οποία αποτελεί μια τεχνική και οικονομική μελέτη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σε μια οικία.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά συστήματα και στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η κατάσταση της ανάπτυξης των ΦΒ στην παγκόσμια και στην Ελληνική αγορά.

Ακολουθεί το τρίτο κεφάλαιο όπου παρουσιάζονται οι κανονισμοί που πρέπει να ισχύουν κατά την τοποθέτηση ΦΒ σε στέγες και ταράτσες και το τέταρτο κεφάλαιο όπου αναλύονται τα στοιχεία από τα οποία πρέπει να αποτελείται μια οικιακή ΦΒ εγκατάσταση. Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η τεχνική μελέτη, η οικονομική μελέτη και υπολογίζεται και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης. Καθίσταται σαφές πως μια τέτοια επένδυση είναι απαραίτητη και βιώσιμη

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |      |
|---|------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....   | ii   |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....  | iv   |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....  | vii  |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....  | vii  |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....   | viii |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....   | viii |
| 1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....  | 1    |
| 1.1 Εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά συστήματα.....  | 1    |
| 1.2 Στοιχεία φωτοβολταϊκών συστημάτων.....  | 1    |
| 2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ<br>ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ.....  | 3    |
| 2.1 Παγκόσμια αγορά.....  | 3    |
| 2.2 Κόστος Φωτοβολταϊκών συστημάτων.....  | 4    |
| 2.3 Ελληνική Αγορά.....   | 4    |
| 2.3.1 ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή.....   | 5    |
| 2.3.2 ΔΕΗ.....  | 6    |
| 2.3.3 Mytilineos.....   | 7    |
| 2.3.4 Ελληνικά Πετρέλαια.....   | 8    |
| 2.3.5 Motor Oil.....  | 8    |
| 2.3.6 ΔΕΠΑ.....   | 9    |
| 2.3.7 Ελλάκτωρ.....   | 10   |
| 2.3.8 Intrakat.....   | 10   |
| 2.3.9 RF Energy.....  | 11   |
| 2.3.10 Λοιπές εταιρείες.....  | 11   |
| 3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ<br>ΤΗΡΟΥΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ<br>ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ ΚΑΙ ΤΑΡΑΤΣΕΣ..... | 13   |
| 3.1 Γενικά.....   | 13   |
| 3.2 Προδιαγραφές του χώρου εγκατάστασης.....  | 16   |
| 3.3 Υπερθέρμανση της τάρτσας λόγω των φωτοβολταϊκών;<br>19  |      |
| 3.4 Παραγόμενη ενέργεια ενός φωτοβολταϊκού.....   | 20   |

|  |    |
|--|----|
| 4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....  | 22 |
| 4.1 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων .....  | 22 |
| 4.1.1 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.....   | 22 |
| 4.1.2 Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα (με δυνατότητα κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας).....  | 24 |
| 4.1.3 Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα (η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται εξολοκλήρου στο ηλεκτρικό δίκτυο) .....                    | 25 |
| 4.1.4 Υβριδικό σύστημα αυτόνομο .....  | 26 |
| 4.1.5 Υβριδικό σύστημα διασυνδεδεμένο .....  | 26 |
| 4.2 Φωτοβολταϊκά πλαίσια .....   | 27 |
| 4.2.1 Φ/Β στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc-Si) .....   | 28 |
| 4.2.2 Φ/Β στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Multi Crystalline Silicon, mc-Si).....   | 28 |
| 4.2.3 Άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si) .....   | 29 |
| 4.3 Συστήματα στήριξης.....  | 30 |
| 4.3.1 Βάσεις σταθερές με προσανατολισμό το Νότο, με δυνατότητα χειροκίνητης αυξομείωσης της κλίσης .....   | 31 |
| 4.3.2 Βάσεις κινούμενες (περιστρεφόμενες) με αυτόματη πορεία από ανατολικά προς δυτικά και χειροκίνητη μεταβολή ως προς το οριζόντιο επίπεδο ..... | 33 |
| 4.3.3 Βάσεις περιστρεφόμενες με αυτόματη πορεία σύμφωνα με την πορεία του ήλιου για συνεχή κάθετη πρόπτωση.....                                    | 34 |
| 4.4 Αντιστροφείς (INVERTER).....   | 36 |
| 4.4.1 Οικογένειες αντιστροφέων .....   | 38 |
| 5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 -ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....   | 42 |
| 5.1 Ηλιακή και ηλεκτρική ενέργεια.....   | 42 |
| 5.2 Συντελεστές .....  | 42 |
| 5.3 Πλήθος πάνελ .....   | 42 |
| 5.4 Διάταξη .....  | 43 |
| 5.5 Μετατροπείας συνεχούς ρεύματος εξόδου της συστοιχίας σε εναλλασσόμενο ρεύμα.....   | 45 |

|  |    |
|--|----|
| 5.6 Ηλεκτρολογικός έλεγχος διασύνδεσης της συστοιχίας με τον inverter..... | 46 |
| 5.7 Τεχνοοικονομική μελέτη .....   | 46 |
| 6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ .....                            | 50 |

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Εικόνα 3-1  | Ενδεικτικές θέσεις τοποθέτησης ΦΒ πάνελ σε κτήριο .....                          | 13 |
| Εικόνα 3-2  | Ενδεικτικές θέσεις τοποθέτησης ΦΒ πάνελ σε κτήριο .....                          | 14 |
| Εικόνα 3-3  | Ενδεικτικά παραδείγματα επιτρεπτής τοποθέτησης σε στέγες .....                   | 14 |
| Εικόνα 3-4  | Ενδεικτικά παραδείγματα μη επιτρεπτής τοποθέτησης σε στέγες .....                | 15 |
| Εικόνα 3-5  | Ελάχιστη απόσταση ασφαλείας από το στηθαίο, 0.5m .....                           | 15 |
| Εικόνα 3-6  | Ενδεικτικά παραδείγματα επιτρεπτής τοποθέτησης σε δώματα .....                   | 15 |
| Εικόνα 3-7  | Ενδεικτικά παραδείγματα μη επιτρεπτής τοποθέτησης σε δώματα.....                 | 16 |
| Εικόνα 3-8  | $d_1 > 2h$ : ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων .....      | 19 |
| Εικόνα 3-9  | Ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας .....  | 21 |
| Εικόνα 4-1  | Φ/Β πλαίσιο μονοκρυσταλλικού πυριτίου (sc-Si). .                                 | 28 |
| Εικόνα 4-2  | Φ/Β πλαίσιο πολυκρυσταλλικού πυριτίου (mc-Si). .                                 | 29 |
| Εικόνα 4-3  | Φ/Β στοιχεί ταινίας άμορφου πυριτίου .....                                       | 30 |
| Εικόνα 4-4  | Τοποθέτηση Φ/Β συλλεκτών με χειροκίνητη ρύθμιση της κλίσης πάνω στο έδαφος. .... | 32 |
| Εικόνα 4-5  | Κινούμενη (περιστρεφόμενη) βάση Φ/Β πάνελ .....                                  | 34 |
| Εικόνα 4-6  | Βάσεις στήριξης Φ/Β πάνελ με δύο άξονες περιστροφής .....                        | 35 |
| Εικόνα 4-7  | Κεντρικός μετατροπέας.....   | 39 |
| Εικόνα 4-8  | Μετατροπείς κλάδων .....   | 40 |
| Εικόνα 4-9  | Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων .....  | 41 |
| Εικόνα 4-10 | Αντιστροφείς για ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ.....                                    | 41 |
| Εικόνα 5-1  | Το χρησιμοποιούμενο πάνελ .....  | 43 |
| Εικόνα 5-3  | Ο μετατροπέας Sunny Boy .....  | 45 |

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Πίνακας 3-1 | Ενδεικτική απόδοση φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς ..... | 17 |
| Πίνακας 3-2 | Απώλειες από σκίαση .....   | 18 |
| Πίνακας 5-1 | Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του πάνελ .....                                     | 44 |
| Πίνακας 5-2 | Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα.....                                | 45 |
| Πίνακας 5-3 | Οι τιμές της κιλονατώρας για οικιακό τιμολόγιο Γ1. ....                         | 46 |
| Πίνακας 5-4 | Οι ρυθμιζόμενες και οι λοιπές χρεώσεις .....                                    | 47 |
| Πίνακας 5-5 | Υπολογισμός ποσών στη διάρκεια ενός έτους .....                                 | 47 |
| Πίνακας 5-6 | Υπολογισμός εξοπλισμού και εργατικών .....                                      | 48 |

## **ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

|           |                                |    |
|-----------|--------------------------------|----|
| Σχήμα 5-1 | Διάταξη των ΦΒ στοιχείων ..... | 44 |
|-----------|--------------------------------|----|

## **ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Διάγραμμα 2-1 | Οι μεγαλύτερες επενδυτικές κινήσεις στην Ελληνική αγορά ..... | 5  |
| Διάγραμμα 3-1 | Διαφορά θερμοκρασίας σε δώμα με και χωρίς ΦΒ .....            | 20 |



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά συστήματα

Αν και οι ηλιακές κυψέλες είναι διαθέσιμες από τα μέσα της δεκαετίας του 50, η επιστημονική έρευνα για το φωτοβολταϊκό φαινόμενο άρχισε το 1839, όταν ο Γάλλος επιστήμονας, Henri Becquerel, ανακάλυψε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα θα μπορούσε να παραχθεί από τη λάμψη ενός φωτός επάνω σε ορισμένες χημικές ουσίες. Η επίδραση παρατηρήθηκε αρχικά σε ένα στερεό υλικό (σε αυτή την περίπτωση το σελήνιο). Αυτό το υλικό χρησιμοποιήθηκε για πολλά χρόνια στα φωτόμετρα, τα οποία απαιτούσαν πολύ μικρά ποσά ενέργειας.

Μια βαθύτερη κατανόηση των φυσικών αρχών που συνδέονται με το φαινόμενο δόθηκε από τον Einstein το 1905 και τον Schottky το 1930. Αυτές οι ερμηνείες ήταν απαραίτητες για να μπορέσουν να γίνουν πιο αποδοτικές οι ηλιακές κυψέλες. Μια τέτοια κυψέλη πυριτίου που μετέτρεπε το 6% της ηλιακής ενέργειας που έπεφτε επάνω της σε ηλεκτρική ενέργεια αναπτύχθηκε από τους Chapin, Pearson και Fueller το 1954, και χρησιμοποιήθηκε σε εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως οι διαστημικοί δορυφόροι, από το 1958.

Τα σημερινά εμπορικά διαθέσιμα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν αποδοτικότητες μετατροπής της ενέργειας του ήλιου που πέφτει πάνω τους από 5% έως 25% (ανάλογα με τον τύπο, μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό και άμορφου πυριτίου).

## 1.2 Στοιχεία φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο πλάκες ημιαγωγών (δίοδοι p-n) συνήθως πυριτίου Si που βρίσκονται σε επαφή. Η χρήση του Si, ως βασικού υλικού παραγωγής αποτελεί βασικό πλεονέκτημα της φωτοβολταϊκής μετατροπής διότι το πυρίτιο αφθονεί ποσότητα (π.χ. 1:106) στοιχείου, το οποίο διαθέτει ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο (5 ηλεκτρόνια) στην εξωτερική του στιβάδα, σε σχέση με το χρησιμοποιούμενο ημιαγωγό. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις πλάκες τύπου n είναι μόρια αρσενικού (As) ή φωσφόρου (P). Αντίστοιχα η κάτω πλάκα (τύπου p) ενισχύεται με προσμείξεις κατάλληλου στοιχείου, συνήθως Βόριο (B), που διαθέτει ένα ηλεκτρόνιο λιγότερο στην εξωτερική του στιβάδα σε σχέση με το υλικό του ημιαγωγού. Η άνω πλάκα με τα επιπλέον ηλεκτρόνια ονομάζεται ημιαγωγός τύπου n

(negative - αρνητικό φορτίο), ενώ η κάτω πλάκα με τα λιγότερα ηλεκτρόνια είναι ημιαγωγός τύπου p (positive - θετικό φορτίο).

Κατά την κατασκευή του φωτοβολταϊκού στοιχείου, στην επιφάνεια επαφής των δύο πλακών συγκεντρώνονται τα περίσσια ηλεκτρόνια της πλάκας (τύπου n), τα οποία έλκονται από τις κενές θέσεις (οπές) ηλεκτρονίων της πλάκας (τύπου p). Εάν η πλάκα (τύπου n) δεχτεί ηλιακή ακτινοβολία, τότε τα φωτόνια που διαπερνούν τον ημιαγωγό ενεργοποιούν ορισμένο αριθμό ηλεκτρονίων, τα οποία συσσωρεύονται κοντά στην επιφάνεια επαφής των δύο πλακών. Λόγω των απωστικών δυνάμεων μεταξύ ομώνυμων φορτίων εκκενώνονται επιπλέον θέσεις ηλεκτρονίων της πλάκας (τύπου p) οπότε και δημιουργούνται επιπλέον κενές θέσεις (οπές). Στην περίπτωση αυτή δημιουργείται διαφορά τάσεως μεταξύ των δύο πλευρών, που ονομάζεται τάση ανοικτού κυκλώματος «UOC». Η τιμή της τάσης «UOC» είναι χαμηλή για μικρής έντασης ηλιακή ακτινοβολία, αλλά παραμένει σχεδόν σταθερή για τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας που υπερβαίνουν ένα προκαθορισμένο όριο. Το εν λόγω όριο εξαρτάται από το υλικό κατασκευής των φωτοβολταϊκών κυψελών.

Κατά τη διάρκεια έκθεσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώνοντας με κατάλληλο αγωγό τις δύο πλάκες του στοιχείου (p-n) δημιουργείται κλειστό κύκλωμα, που οδηγεί στην ανάπτυξη κυκλοφορίας των ηλεκτρονίων διαμέσου της επιφάνειας επαφής τους. Στο κλειστό αυτό κύκλωμα (πρακτικά χωρίς φορτίο) η ένταση του ρεύματος είναι σταθερή και ονομάζεται ένταση βραχυκυκλώσεως. Η ένταση βραχυκυκλώσεως μεταβάλλεται σχεδόν γραμμικά με την ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στους δύο ακροδέκτες, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Στην πρακτική εκμετάλλευση αυτού του φαινομένου στηρίζεται η λειτουργία του συνόλου των φωτοβολταϊκών διατάξεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ**

### **2.1 Παγκόσμια αγορά**

Η διεθνής αγορά, τα τελευταία χρόνια, άρχισε να κινείται με πολύ καλούς ρυθμούς ανάπτυξης, με αποτέλεσμα να υπάρχει ουσιαστική πρόοδος στην παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού.

Αρχικά τα προγράμματα τριών χωρών (Ιαπωνία, Γερμανία, ΗΠΑ), αποτέλεσαν το βαρόμετρο για την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τελευταία δύο νέες χώρες (Κίνα, Ισπανία) συνέβαλαν αρκετά στην ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών, με νέες παραγωγικές μονάδες και γενναία μέτρα στήριξης και ενθάρρυνσης του ηλιακού ηλεκτρισμού. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος ενός κιλοβάτ παράγει κατά μέσο όρο 1.500 κιλοβατώρες το χρόνο (ανάλογα με την ηλιοφάνεια της περιοχής) και αποτρέπει κάθε χρόνο την έκβαση 1600 κιλών διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δυο στρέμματα δάσους.

Μετά το 2000 και για έξι χρόνια η διεθνής βιομηχανία φωτοβολταϊκών παρουσίασε πολύ μεγάλους ρυθμούς ανάπτυξης. Το 2004 η παγκόσμια παραγωγή έφτασε τα 1256 μεγαβάτ, αύξηση 67% σε σχέση με το 2003, το 2005 τα 1818 μεγαβάτ, αύξηση 45% σε σχέση με το 2004 και το 2006 τα 2356 μεγαβάτ, αύξηση 40% σε σχέση με το 2005. Το 2006, στην κορυφή της παγκόσμιας παραγωγής φωτοβολταϊκών, υπήρχαν 4 Ιαπωνικές, 4 ευρωπαϊκές και δύο Κινεζικές εταιρείες, ενώ για το 2007 έχουμε και μία Αμερικάνικη.

Το 2004, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών παρουσίασε μια εκρηκτική αύξηση στη Γερμανία περίπου της τάξης 140%, αφού, σύμφωνα με την έκθεση Market buzz 2005, εγκαταστάθηκαν στη χώρα αυτή 366 MW

Η ζήτηση φωτοβολταϊκών στη διεθνή αγορά θα αυξάνει συνεχώς μέχρι το 2010. Στα εγκατεστημένα συστήματα, η Γερμανία κατέχει την πρώτη θέση και με διαφορά, έχοντας εγκαταστήσει συνολικά 3063 MW, από τα οποία τα 1153 MW το 2006.

## **2.2 Κόστος Φωτοβολταϊκών συστημάτων**

Το κόστος για την αγορά και εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος δεν είναι παντού το ίδιο αλλά εξαρτάται από την ωριμότητα της αγοράς, το είδος και το μέγεθος της εφαρμογής.

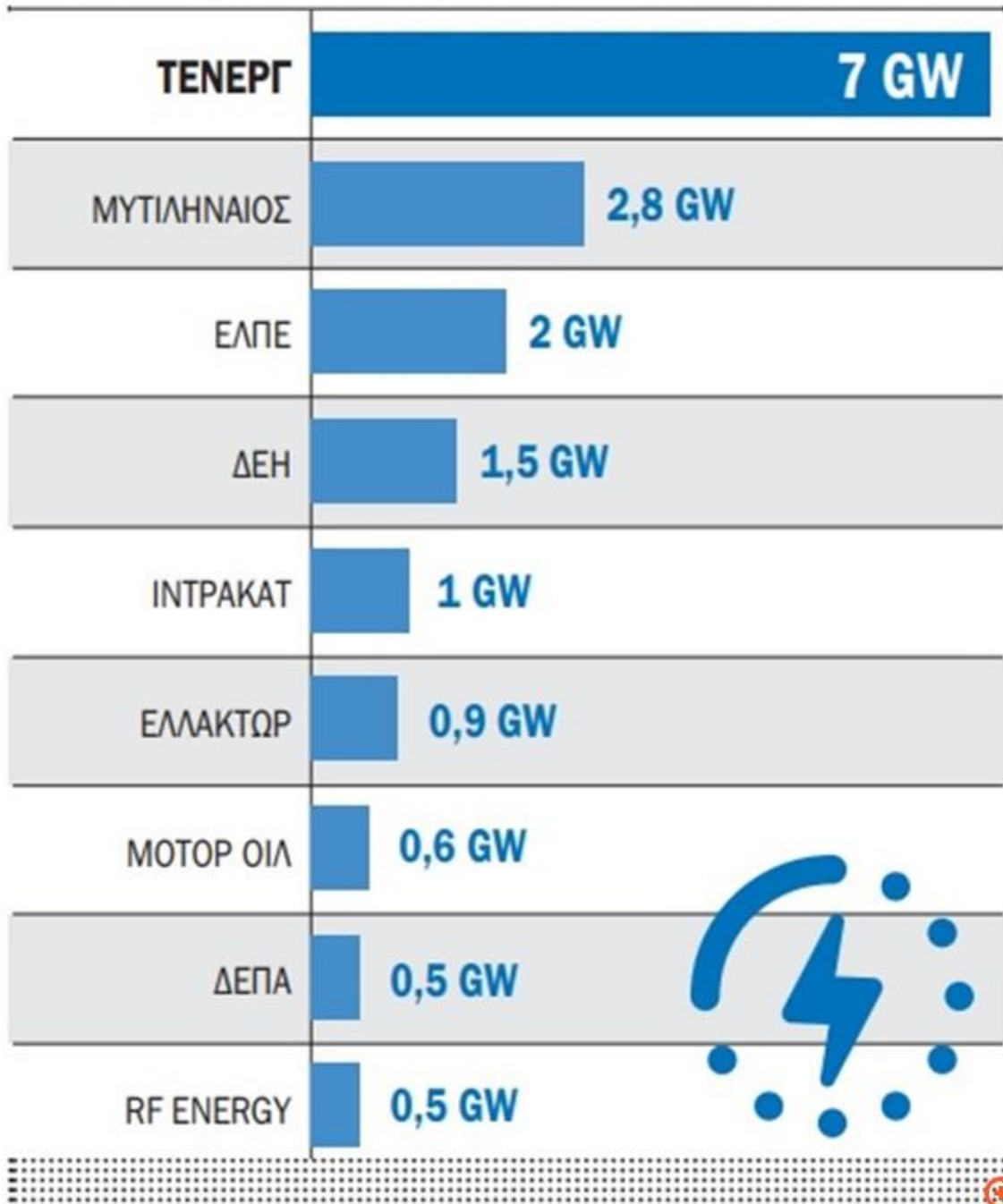
Σύμφωνα με τα μέχρι τώρα στοιχεία, το κόστος των φωτοβολταϊκών πλαισίων μειώνεται κατά 4-5% το χρόνο τα τελευταία 20 χρόνια. Το σταμάτημα της πτωτικής τάσης το 2004 και η αναστροφή από το 2005 οφείλονται στην έλλειψη στοκ (λόγω μεγάλης ζήτησης).

## **2.3 Ελληνική Αγορά**

Μόνο οι μεγάλοι εισηγμένοι ελληνικοί όμιλοι έχουν δρομολογήσει για την επόμενη 10ετία σημαντικές επενδύσεις που ξεπερνούν σε εγκατεστημένη ισχύ τα 16 GW και σε αξία τα 16 δισ. ευρώ. Πρόκειται για επενδύσεις που αφορούν πρωτίστως τις ώριμες τεχνολογίες ΑΠΕ, δηλαδή τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά, ενώ σταδιακά, μόλις το επιτρέψουν οι συνθήκες, υπάρχουν έτοιμα επενδυτικά πλάνα τόσο για την αποθήκευση ενέργειας όσο και για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, που επίσης κινούν το ενδιαφέρον των ομίλων.

Οι μεγάλοι παίκτες της ενεργειακής αγοράς, και όχι μόνο, δρομολογούν σημαντικές επενδύσεις, ενώ στην αγορά εισέρχονται και άλλοι παίκτες, όπως τα διυλιστήρια. Το momentum είναι εξαιρετικά θετικό, ενώ υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε χρηματοδότηση για τις πράσινες επενδύσεις.

## | 🏠 | Τα μεγαλύτερα επενδυτικά pipeline



Διάγραμμα 2-1 Οι μεγαλύτερες επενδυτικές κινήσεις στην Ελληνική αγορά

### 2.3.1 ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή

Ο leader της εγχώριας αγοράς ΑΠΕ, η ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή, σχεδιάζει στην επόμενη 5ετία να φτάσει τα 3.000 MW ισχύος. Στα αιολικά, όπου η εταιρεία έχει σημαντική παρουσία ως ηγέτιδα δύναμη στην ελληνική αγορά και ως η μεγαλύτερη εταιρεία της Νοτιοανατολικής Ευρώπης, κατασκευάζονται 400

MW και ωριμάζουν ακόμα 63 έργα. Στα φωτοβολταϊκά, από ένα χαρτοφυλάκιο 1,7 GW, το 1,1 GW έχει βεβαίωση παραγωγού και συνεχίζεται η ωρίμανσή του.

Στην αποθήκευση ενέργειας εκτιμάται ότι έχουν ωριμάσει οι αντικειμενικές και εξωτερικές συνθήκες, με την εταιρεία να διαθέτει 2.000 MW σε διάφορα στάδια αδειοδότησης και υπό ανάπτυξη όχι μόνο σε μπαταρίες, αλλά και σε αντλησιοταμίευση, μια τεχνολογία με μεγάλη εγχώρια προστιθέμενη αξία. Πρόκειται για το μεγαλύτερο πρόγραμμα επενδύσεων στην αποθήκευση ενέργειας στη χώρα μας. Επιπρόσθετα, η εταιρεία από κοινού με την Ocean Winds σχεδιάζει την ανάπτυξη πλωτών θαλάσσιων αιολικών πάρκων 1,5 GW, αναμένοντας την οριστικοποίηση του θεσμικού πλαισίου για τη συγκεκριμένη τεχνολογία.

Μεταξύ των επενδύσεων της εταιρείας που ξεχωρίζουν είναι και το μεγάλο πάρκο των 330 MW στην Εύβοια (Καφηρέας), οι εργασίες κατασκευής του οποίου ξεκινούν άμεσα. Ο χρονικός ορίζοντας ολοκλήρωσης του έργου είναι το 2022. Παράλληλα, η εταιρεία έχει λάβει την τελική επενδυτική απόφαση και αναμένει τις σχετικές εγκρίσεις της Πολιτείας για το μεγάλο έργο αντλησιοταμίευσης στην Αμφιλοχία.

### **2.3.2 ΔΕΗ**

Η ΔΕΗ επιταχύνει εντυπωσιακά τον βηματισμό της στις ΑΠΕ μέσω της θυγατρικής της ΔΕΗ Ανανεώσιμες. Σύμφωνα με το νέο επικαιροποιημένο business plan της ΔΕΗ, προβλέπεται η υλοποίηση επενδύσεων 3,4 δισ. ευρώ μέχρι το 2023, εκ των οποίων των 34% θα κατευθυνθεί στις ΑΠΕ. Η ΔΕΗ διαθέτει το μεγαλύτερο χαρτοφυλάκιο φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα, ενώ το χαρτοφυλάκιο των εν λειτουργία έργων της εταιρείας αναμένεται να φτάσει τους επόμενους μήνες τα 250 MW, πλησιάζοντας ακόμα περισσότερο τον ενδιάμεσο στόχο για ισχύ 500 MW μέχρι το τέλος του 2022. Απώτερος στόχος της ΔΕΗ Ανανεώσιμες είναι να φτάσει την εγκατεστημένη ισχύ έργων 1,5 GW εντός της προσεχούς τριετίας. Από τα έργα που αναπτύσσει η εταιρεία ξεχωρίζει το μεγάλο cluster πάρκων στη Δ. Μακεδονία ισχύος 230 MW (200 MW + 15 MW + 15 MW), μέρος του οποίου έχει ήδη ολοκληρωθεί.

Επίσης προχωρά τον διαγωνισμό για το δεύτερο μεγάλο πάρκο, ισχύος 50 MW, στη Μεγαλόπολη. Η εταιρεία ολοκλήρωσε επίσης το repowering 3 αιολικών πάρκων 16 MW, ενώ διαθέτει υπό κατασκευή συνολικά 45 MW αιολικών και μικρών υδροηλεκτρικών. Συνολικά σε περιοχές όπου λειτουργούσαν στο παρελθόν ορυχεία αναμένεται να εγκατασταθούν περί τα 2 GW φωτοβολταϊκών, έργα για τα οποία έχουν εγκριθεί οι απαραίτητες άδειες και αποτελούν το μεγαλύτερο χαρτοφυλάκιο έργων υπό ανάπτυξη στην Ελλάδα. Τέλος, έχουν υποβληθεί αιτήσεις για έργα ενεργειακής αποθήκευσης 1 GW / 3 GWh, ενώ παρακολουθείται στενά και η αγορά των υπεράκτιων αιολικών πάρκων.

### **2.3.3 Mytilineos**

Η πράσινη ενέργεια αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες πάνω στους οποίους θα στηριχθεί η ανάπτυξη της Mytilineos το επόμενο διάστημα. Στην Ελλάδα η εταιρεία διαθέτει ένα από τα σημαντικότερα χαρτοφυλάκια φωτοβολταϊκών έργων, ισχύος 1.480 MW, που αποκτήθηκαν από την Εγνατία. Τα πρώτα 572 MW από το χαρτοφυλάκιο αυτό βρίσκονται ήδη στη γραμμή της εκκίνησης, ενώ σε αυτά περιλαμβάνονται και 140 MW που εξασφάλισαν σταθερή τιμή κατά τον τελευταίο διαγωνισμό της ΡΑΕ.

Τα πρώτα αυτά έργα πρόκειται να κατασκευαστούν σε διάφορες περιοχές της χώρας, όπως ο Έβρος, η Χαλκιδική, η Βέροια, οι Σέρρες, η Καρδίτσα και η Λάρισα. Τα πρώτα έργα αναμένεται να ολοκληρωθούν και να τεθούν σε λειτουργία μέχρι τα τέλη του 2022. Η εταιρεία διαθέτει 300 MW έργων ΑΠΕ σε λειτουργία, κατασκευή ή έτοιμα προς κατασκευή, καθώς επίσης ακόμα 100 MW προς τελική επενδυτική απόφαση (FID) στο τέλος του 2021. Επίσης η εταιρεία θα αναπτύξει 20 projects αποθήκευσης ενέργειας, ισχύος 50 MW έκαστο.

Τέλος, η Mytilineos υπέγραψε συμφωνία με την εταιρεία από τη Δανία Copenhagen Infrastructure Partners (CIP), για την από κοινού συνεργασία (CIP 60% / Mytilineos 40%) για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων σε θαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας.

### **2.3.4 Ελληνικά Πετρέλαια**

Μέσω εξαγορών αλλά και οργανικής ανάπτυξης κινείται στην αγορά των ΑΠΕ και ο όμιλος των Ελληνικών Πετρελαίων, ο οποίος έχει θέσει υψηλά στην ατζέντα των στρατηγικών προτεραιοτήτων του το άνοιγμα στην πράσινη ενέργεια. Ο στόχος του ομίλου είναι να αναπτύξει συνολικά 2 GW έργων μέχρι το 2030, επιταχύνοντας την ανάπτυξη του χαρτοφυλακίου έργων που διαθέτει.

Υπενθυμίζεται ότι τα Ελληνικά Πετρέλαια εξαγόρασαν στις αρχές του 2020 το φωτοβολταϊκό project της γερμανικής Juwi στην Κοζάνη, το οποίο προβλέπεται να φτάσει σε ισχύ τα 204 MW και θα είναι το μεγαλύτερο φωτοβολταϊκό στην Ελλάδα. Ήδη έχει ξεκινήσει η κατασκευή του και στόχος είναι το project να ξεκινήσει να λειτουργεί το 2022. Τα Ελληνικά Πετρέλαια έχουν θέσει άμεσο στόχο για κατασκευή 300 MW έργων ΑΠΕ εντός του 2021, ενώ μεσοπρόθεσμα μέχρι το 2025 στοχεύουν να εγκαταστήσουν συνολικά έργα ΑΠΕ ισχύος 600 MW.

Ο όμιλος σχεδιάζει την επίτευξη του στόχου αυτού μέσω της οργανικής ανάπτυξης του pipeline έργων που διαθέτει, αλλά και μέσα από στοχευμένες εξαγορές. Ήδη τους τελευταίους 16 μήνες ο όμιλος έχει διπλασιάσει το portfolio των ΑΠΕ, το οποίο πλέον φτάνει τα 1,3 GW σε διάφορα στάδια ανάπτυξης. Έργα ισχύος 150 MW βρίσκονται αυτή την περίοδο σε προηγμένη αδειοδοτική φάση, ενώ επίσης κατατέθηκαν αιτήσεις για έκδοση βεβαίωσης παραγωγού για φωτοβολταϊκά έργα ισχύος 190 MW. Παράλληλα, υποβλήθηκαν στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας ακόμα 215 MW αιολικών και φωτοβολταϊκών έργων.

### **2.3.5 Motor Oil**

Δυναμική είσοδο στον κλάδο των ΑΠΕ μέσω εξαγορών πραγματοποιεί το τελευταίο διάστημα ο όμιλος της Motor Oil Hellas. Πρόσφατα η ΜΟΗ απέκτησε από εταιρείες συμφερόντων της Fortress χαρτοφυλάκιο 11 αιολικών πάρκων σε λειτουργία, συνολικής ισχύος 220 MW, και ενός επιπλέον υπό κατασκευή, ισχύος 20 MW. Παράλληλα, οι υπό εξαγορά εταιρείες διαθέτουν χαρτοφυλάκιο αδειών υπό ανάπτυξη συνολικής ισχύος 650 MW, με το συνολικό ύψος της συναλλαγής να αποτιμάται στα 123,5 εκατ. ευρώ.



Σημειώνεται ότι η απόκτηση των πάρκων από τη ΜΟΗ έγινε κατόπιν διαγωνιστικής διαδικασίας.

Πρόκειται για τη μεγαλύτερη εξαγορά που πραγματοποιεί ο όμιλος ΜΟΗ το τελευταίο διάστημα στον τομέα των ΑΠΕ. Η αρχή έγινε τον Οκτώβριο του 2019, όταν αποκτήθηκε το 85% της ΣΤΕΦΑΝΕΡ Ενεργειακή, με χαρτοφυλάκιο αιολικών ισχύος 10 MW. Ακολούθησε τον Φεβρουάριο του 2020 η εξαγορά εν λειτουργία φωτοβολταϊκών ισχύος 47 MW σε Βόρεια και Κεντρική Ελλάδα από τη Mytilineos. Ακολούθησαν ακόμα δύο εξαγορές αιολικών σε Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα, ενώ τον Οκτώβριο του 2020 ο όμιλος συμμετείχε στην ίδρυση της Wired Res, αποκτώντας το 75% εταιρείας, που διαθέτει άδεια λειτουργίας αιολικού πάρκου 24 MW στη Βοιωτία.

Σύμφωνα με τη διοίκηση του ομίλου, η ΜΟΗ αναμένεται μέχρι τα τέλη του 2022 να έχει ολοκληρώσει τα νέα έργα και να διαθέτει σε λειτουργία συνολικά 364 MW. Παράλληλα, έχει ήδη ξεκινήσει η αξιολόγηση των επόμενων έργων που θα κατασκευαστούν από το χαρτοφυλάκιο των υπό ανάπτυξη projects, με μεσοπρόθεσμο στόχο η ισχύς να φτάσει στα 500-600 MW.

### **2.3.6 ΔΕΠΑ**

Πράσινη στροφή με επενδύσεις στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αλλά και στην τεχνολογία του υδρογόνου δρομολογεί η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου, στο πλαίσιο του στόχου για μετασχηματισμό της εταιρείας σε έναν ολοκληρωμένο ενεργειακό όμιλο με αυξημένη καθετοποίηση.

Συγκεκριμένα, σύμφωνα και με τις ανακοινώσεις της διοίκησης, η ΔΕΠΑ στοχεύει το 2024 να φτάσει στα 240 MW εγκατεστημένης ισχύος από ΑΠΕ, ξεκινώντας ήδη από το 2022 με τα πρώτα 60 MW νέων μονάδων και αυξάνοντας την εγκατεστημένη ισχύ στα 180 MW το 2023. Η εταιρεία τον Ιανουάριο ανακοίνωσε το πρώτο βήμα της στην αγορά της πράσινης ενέργειας με την είσοδό της με μερίδιο 49% στο μετοχικό κεφάλαιο της North Star, εταιρείας ειδικού σκοπού που συστήθηκε από κοινού με EPC Contractor που αναπτύσσει έργα ΑΠΕ στην ελληνική αγορά από το 2014. Μέσω της συμφωνίας η ΔΕΠΑ αποκτά συμμετοχή σε περίπου 15 υπό ανάπτυξη σε διάφορα στάδια projects φωτοβολταϊκών με συνολική ισχύ 500 MW, μεγάλο

μέρος των οποίων αφορά τις περιοχές που σήμερα εξαρτώνται από τον λιγνίτη, στη Δ. Μακεδονία.

Παράλληλα, το business plan της ΔΕΠΑ Εμπορίας προβλέπει σημαντικές επενδύσεις και σε άλλες εναλλακτικές μορφές ενέργειας, όπως το υδρογόνο. Στο πλαίσιο αυτό, μάλιστα, η ΔΕΠΑ είναι ένα από τα ιδρυτικά μέλη της Ευρωπαϊκής Συμμαχίας για το καθαρό υδρογόνο, που διαμορφώνει το κατάλληλο πλαίσιο για την προσέλκυση επενδύσεων στην τεχνολογία και στις κυψέλες καυσίμου.

### **2.3.7 Ελλάκτωρ**

Επενδύσεις ύψους 1 δισ. ευρώ για την ανάπτυξη έργων 900 MW δρομολογούνται στην ελληνική αγορά από την κοινοπραξία του ομίλου Ελλάκτωρ και της πορτογαλικής EDPR. Η μεγαλύτερη επένδυση της κοινοπραξίας αφορά την ομάδα αιολικών πάρκων στην κεντρική και νότια Εύβοια, συνολικής ισχύος 470,4 MW και προϋπολογισμού 489 εκατ. ευρώ. Τα συγκεκριμένα έργα έχουν ενταχθεί στις στρατηγικές επενδύσεις. Οι υπόλοιπες επενδύσεις της κοινοπραξίας θα προέλθουν από το υπάρχον χαρτοφυλάκιο αδειών της Ελλάκτωρ και της EDPR.

Υπενθυμίζεται ότι η Ελλάκτωρ διαθέτει συνολικά 26 έργα ΑΠΕ σε λειτουργία, που περιλαμβάνουν 24 αιολικά πάρκα (συνολικής ισχύος 484 MW), 1 μικρό υδροηλεκτρικό (5 MW) και 1 φωτοβολταϊκό (2 MW), με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ της εταιρείας να διαμορφώνεται σε 491 MW.

### **2.3.8 Intrakat**

Η κατασκευαστική εταιρεία Intrakat σκοπεύει να προωθήσει άμεσα επενδυτικό πρόγραμμα ύψους 1 δισ. ευρώ μέχρι το τέλος της δεκαετίας για την ανάπτυξη υποδομών ΑΠΕ – κυρίως αιολικά πάρκα, αλλά και μονάδες αποθήκευσης ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται η συγχώνευση με τη Γαία Άνεμος, η οποία, εκτός από τεχνογνωσία στον κλάδο, διαθέτει και άδειες παραγωγής ενέργειας από αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα, συνολικής δυναμικότητας περίπου 1 GW.

Σε πρώτη φάση πρόκειται να κατασκευαστούν ώριμα έργα 93 MW, ενώ υπό ωρίμανση βρίσκονται έργα επιπλέον 400 MW, που θα αρχίσουν να

κατασκευάζονται σταδιακά έως το 2024. Επιπλέον 600 MW έργων θα αναπτυχθούν μετά το 2024.

Το επενδυτικό πρόγραμμα αναμένεται να χρηματοδοτηθεί μέσω μόχλευσης ιδίων κεφαλαίων, τραπεζικού δανεισμού, αλλά και μέσω στρατηγικών συνεργασιών με ξένα επενδυτικά funds που ενδιαφέρονται να τοποθετηθούν στην ελληνική αγορά της πράσινης ενέργειας. Στόχος της Intrakat είναι η ανάπτυξη και μεταπώληση των έργων ΑΠΕ που θα εντάξει στο χαρτοφυλάκιο της, πρακτική που έχει ακολουθήσει με επιτυχία και στο παρελθόν.

### **2.3.9 RF Energy**

Η εταιρεία έχει ανάψει το πράσινο φως προκειμένου να προχωρήσει ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του θαλάσσιου αιολικού πάρκου ισχύος 498,15 MW στα βορειανατολικά της Λήμνου. Το αιολικό πάρκο προβλέπεται να εγκατασταθεί εντός των 6 ναυτικών μιλίων και θα αποτελείται από 33 έως 36 ανεμογεννήτριες, ισχύος 15 MW ή/και 14 MW η καθεμία. Το ύψος της επένδυσης, σύμφωνα με την εταιρεία, φτάνει τα 2 δισ. ευρώ, εκ των οποίων τουλάχιστον το 30% θα είναι εγχώρια προστιθέμενη αξία. Η ετήσια παραγωγή του πάρκου προβλέπεται να είναι 2.100 GWh, που σημαίνει ότι θα καλύπτει τις ανάγκες 600.000 νοικοκυριών, όσο δηλαδή η πόλη της Θεσσαλονίκης. Αυτή η παραγωγή αντιστοιχεί σε μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> 2.077.000 τόνων ετησίως

### **2.3.10 Λοιπές εταιρείες**

Τοποθετήσεις και επενδύσεις στον κλάδο των ΑΠΕ υλοποιούν και άλλες εισηγμένες εταιρείες, όπως, για παράδειγμα, η Ευρωπαϊκή Πίστη, η οποία απέκτησε το δεύτερο φωτοβολταϊκό πάρκο της στη Θεσσαλία. Αξιόλογη παρουσία στα φωτοβολταϊκά έχει και η Quest Holdings, η οποία διαθέτει μονάδες συνολικής ισχύος 26,2 Mwh. Η Βιοκαρπét ολοκλήρωσε το 2020 φωτοβολταϊκό σταθμό ισχύος 4 Mwh, ενώ η Revoil εξετάζει τη δημιουργία φωτοβολταϊκού πάρκου σε ιδιόκτητη έκταση στη Λάρισα.

Εταιρείες με αξιοσημείωτη παρουσία στις ΑΠΕ είναι η Επίλεκτος, η οποία διαθέτει φ/β ισχύος 10 MW και μονάδα βιοαερίου στη Θεσσαλία, τα Πλαστικά Κρήτης, η Έλαστρον, η Κλωστοϋφαντουργία Ναυπάκτου, η Γενική

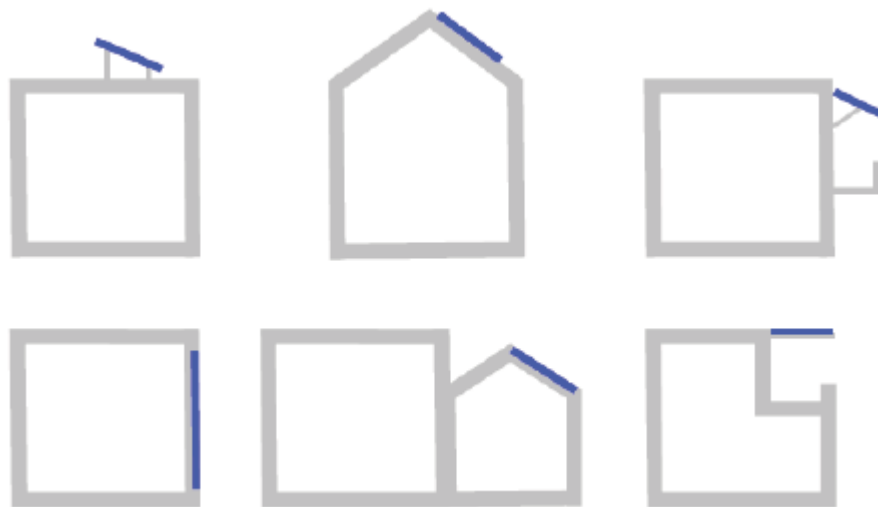
Εμπορίου & Βιομηχανίας, η Καράτζης, ενώ η Ικτίνος Μάρμαρα (μέσω της θυγατρικής της ΙΔΕΗ) κατέχει αιολικό πάρκο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΤΗΡΟΥΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ ΚΑΙ ΤΑΡΑΤΣΕΣ

### 3.1 Γενικά

Υπάρχουν πολεοδομικοί όροι που πρέπει να τηρούνται

- Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πάνω από την απόληξη του κλιμακοστασίου και του φρεατίου ανελκυστήρα.
- Η διάταξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων δεν θα πρέπει να δημιουργεί χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης ή ημιυπαίθριο. Σε περίπτωση ορόφου σε υποχώρηση, οι εγκαταστάσεις αυτές θα περιορίζονται στο περίγραμμα του ορόφου.
- Σε περίπτωση τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών σε υπάρχουσα στέγη, θα πρέπει αυτή να γίνεται εντός του περιγράμματος της στέγης ακολουθώντας την κλίση της.



Εικόνα 3-1 Ενδεικτικές θέσεις τοποθέτησης ΦΒ πάνελ σε κτήριο



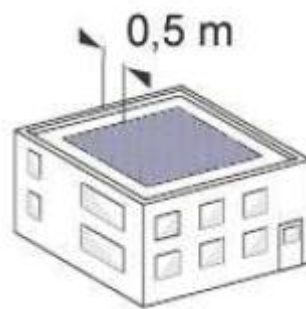
**Εικόνα 3-2** Ενδεικτικές θέσεις τοποθέτησης ΦΒ πάνελ σε κτήριο



**Εικόνα 3-3** Ενδεικτικά παραδείγματα επιτρεπτής τοποθέτησης σε στέγες



**Εικόνα 3-4** Ενδεικτικά παραδείγματα μη επιτρεπτής τοποθέτησης σε στέγες  
Αν τα φωτοβολταϊκά τοποθετούνται σε δώμα, θα πρέπει η απόσταση από το στηθαίο του δώματος να είναι κατ' ελάχιστο μισό μέτρο για λόγους ασφαλείας.



**Εικόνα 3-5** Ελάχιστη απόσταση ασφαλείας από το στηθαίο, 0.5m



**Εικόνα 3-6** Ενδεικτικά παραδείγματα επιτρεπτής τοποθέτησης σε δώματα



**Εικόνα 3-7 Ενδεικτικά παραδείγματα μη επιτρεπτής τοποθέτησης σε δώματα**

Επίσης, **δεν επιτρέπεται** η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε στέγες διατηρητέων κτιρίων ή σε στέγες κτιρίων που βρίσκονται σε χαρακτηρισμένους παραδοσιακούς οικισμούς και ιστορικά τμήματα πόλεων. Στις περιπτώσεις αυτές τα φωτοβολταϊκά πρέπει να εγκατασταθούν στον ακάλυπτο χώρο του κτιρίου.

### **3.2 Προδιαγραφές του χώρου εγκατάστασης**

Εξαρτάται αν η εγκατάσταση θα γίνει σε δώμα ή σε κεραμοσκεπή. Κατ' αρχήν ο χώρος θα πρέπει να είναι ασκίαστος και, ει δυνατόν, τα φωτοβολταϊκά θα πρέπει να έχουν προσανατολισμό προς το νότο και να έχουν μια κλίση κοντά στις 30 μοίρες (για δώματα). Αν δεν συμβαίνει αυτό (αν δηλαδή η στέγη σκιάζεται ή ο προσανατολισμός της δεν είναι νότιος), το φωτοβολταϊκό θα έχει μειωμένη απόδοση, χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα ότι δεν είναι βιώσιμη οικονομικά η επένδυση.





Σε ένα δώμα, για παράδειγμα, χρειάζονται χοντρικά περί τα 15 τετραγωνικά μέτρα για κάθε κιλοβάτ, ενώ σε μια κεραμοσκεπή 7-10 τ.μ. (για κρυσταλλικά








πλαίσια). (με νότιο προσανατολισμό και στη βέλτιστη κλίση, παίρνετε το 100% της απόδοσης)

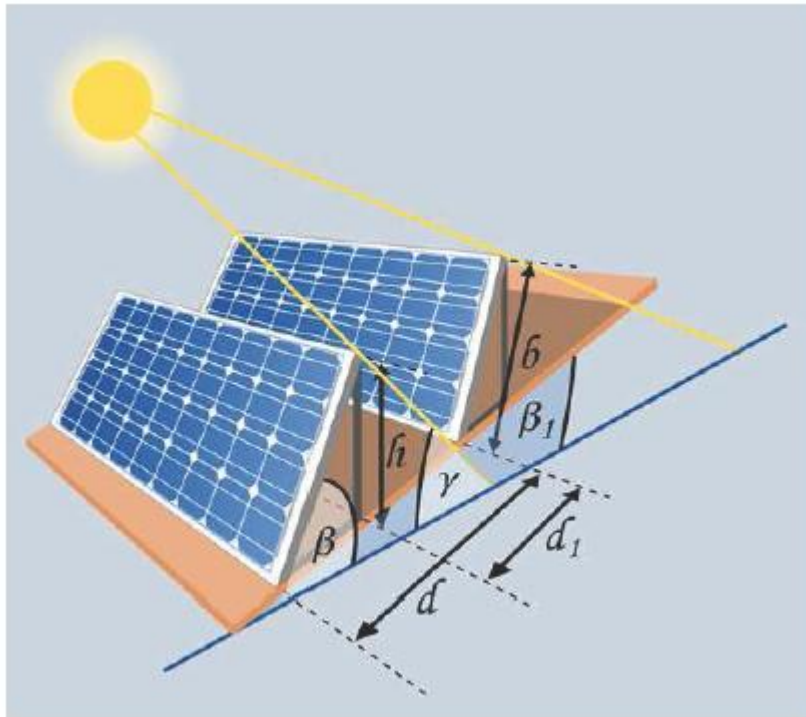
Πίνακας 3-1

Ενδεικτική απόδοση φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς

| Ενδεικτική απόδοση<br>ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση                                  |                 |                                 |                       |
|--|-----------------|---------------------------------|-----------------------|
| Κλίση ως προς<br>το οριζόντιο<br>επίπεδο   | Προσανατολισμός |                                 |                       |
|  | Νότιος          | Νοτιοανατολικός<br>Νοτιοδυτικός | Ανατολικός<br>Δυτικός |
| <b>0 °</b><br>    | 90%             | 90%                             | 90%                   |
| <b>15 °</b><br>  | 98%             | 95%                             | 88%                   |
| <b>30 °</b><br> | 100%            | 95%                             | 85%                   |
| <b>90 °</b><br> | 60%             | 60%                             | 50%                   |

| Απώλειες από σκίαση   |            |   |   |
|---|------------|---|---|
|   |            |   |   |
| Τρόπος σκίασης  | Σκίαση (%) | Ενδεικτική απώλεια ισχύος<br>(1 string x 9 modules) | Ενδεικτική απώλεια ισχύος<br>(3 string x 3 modules) |
|    | 0,15%      | -3,7%   | -1,7%   |
|    | 2,6%       | -16,7%  | -7%   |
|  | 11,1%      | -36,5%  | -30,5%  |
|  | 12,5%      | -18,3%  | -17%  |

Ένας χοντρικός κανόνας για να διαπιστώσουμε ότι το σύστημά μας δεν θα αποδίδει λιγότερο λόγω σκιάσεων, είναι ο εξής: η απόσταση από το τυχόν εμπόδιο (κτήριο, δέντρο, κ.λπ) πρέπει να είναι διπλάσια του ύψους του εμποδίου.



**Εικόνα 3-8**  $d_1 > 2h$ : ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων

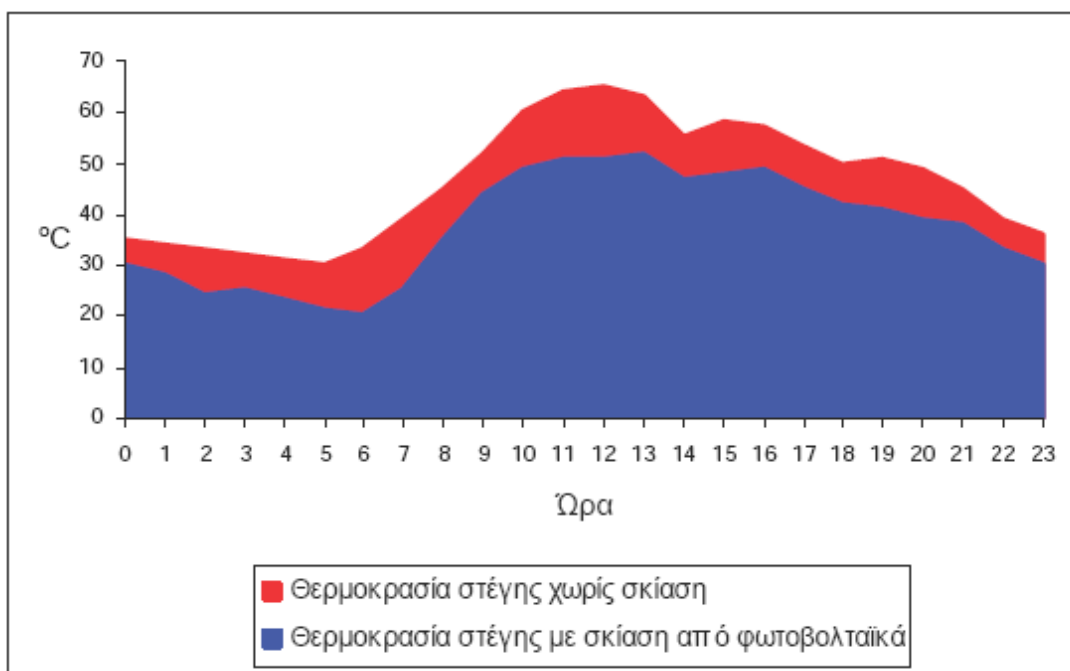
### 3.3 Υπερθέρμανση της ταράτσας λόγω των φωτοβολταϊκών;

Τα φωτοβολταϊκά δεν απορροφούν την γύρω ακτινοβολία, αλλά αξιοποιούν την ακτινοβολία που ούτως ή άλλως θα έπεφτε στη συγκεκριμένη επιφάνεια. Προκειμένου να απορροφήσουν τη μέγιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν σκουρόχρωμη επιφάνεια η οποία μάλιστα καλύπτεται από μία αντιανακλαστική στρώση για να παγιδεύεται η ηλιακή ακτινοβολία. Χάρη σ' αυτή την αντιανακλαστική επιφάνεια άλλωστε, τα φωτοβολταϊκά δεν “γυαλίζουν” και έχουμε μειωμένα φαινόμενα αντανάκλασης που ορισμένες φορές θα μπορούσαν να είναι ενοχλητικά. Όπως έδειξαν σχετικές μετρήσεις, τα φωτοβολταϊκά “γυαλίζουν” λιγότερο από τα αυτοκίνητα όταν πέσει πάνω τους η ηλιακή ακτινοβολία.

Συνέπεια της σκουρόχρωμης επιφάνειας είναι βέβαια ότι αυξάνεται η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε σχέση με τον περιβάλλοντα αέρα. Η θερμότητα προφανώς διαχέεται στο περιβάλλον. Το αμέσως επόμενο ερώτημα είναι αν αυτή η θερμότητα που φεύγει από τα πλαίσια μπορεί να αυξήσει σημαντικά τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ιδιαίτερα σε μία στέγη. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει, για τον απλό λόγο ότι η μάζα του αέρα είναι πρακτικά άπειρη σε σχέση με τη μάζα των φωτοβολταϊκών και είναι

αδύνατο να αυξηθεί η θερμοκρασία του αέρα σε κάποια απόσταση από τα πλαίσια. Για την ακρίβεια, μόλις 1-2 εκατοστά από την επιφάνεια των πλαισίων, η θερμοκρασία είναι αυτή του περιβάλλοντος. Άλλωστε, μεταξύ φωτοβολταϊκού και στέγης υπάρχει ένα κενό για να περνάει ο αέρας δροσίζοντας το φωτοβολταϊκό (κάτι που, συν τοις άλλοις, αυξάνει και την απόδοσή του).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η θερμοκρασία του δώματος κάτω ακριβώς από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι χαμηλότερη απ' ό,τι η θερμοκρασία του ακάλυπτου δώματος. Σε μια ζεστή καλοκαιρινή μέρα με άπνοια, η θερμοκρασία του δώματος κάτω από τα φωτοβολταϊκά μπορεί να είναι και 13 βαθμούς χαμηλότερη απ' ό,τι αν ο ήλιος χτυπούσε κατ' ευθείαν το δώμα, όπως φαίνεται και στο παρακάτω ενδεικτικό διάγραμμα. Με άλλα λόγια, ο τελευταίος όροφος ενός κτιρίου υποφέρει λιγότερο από τη ζέστη.



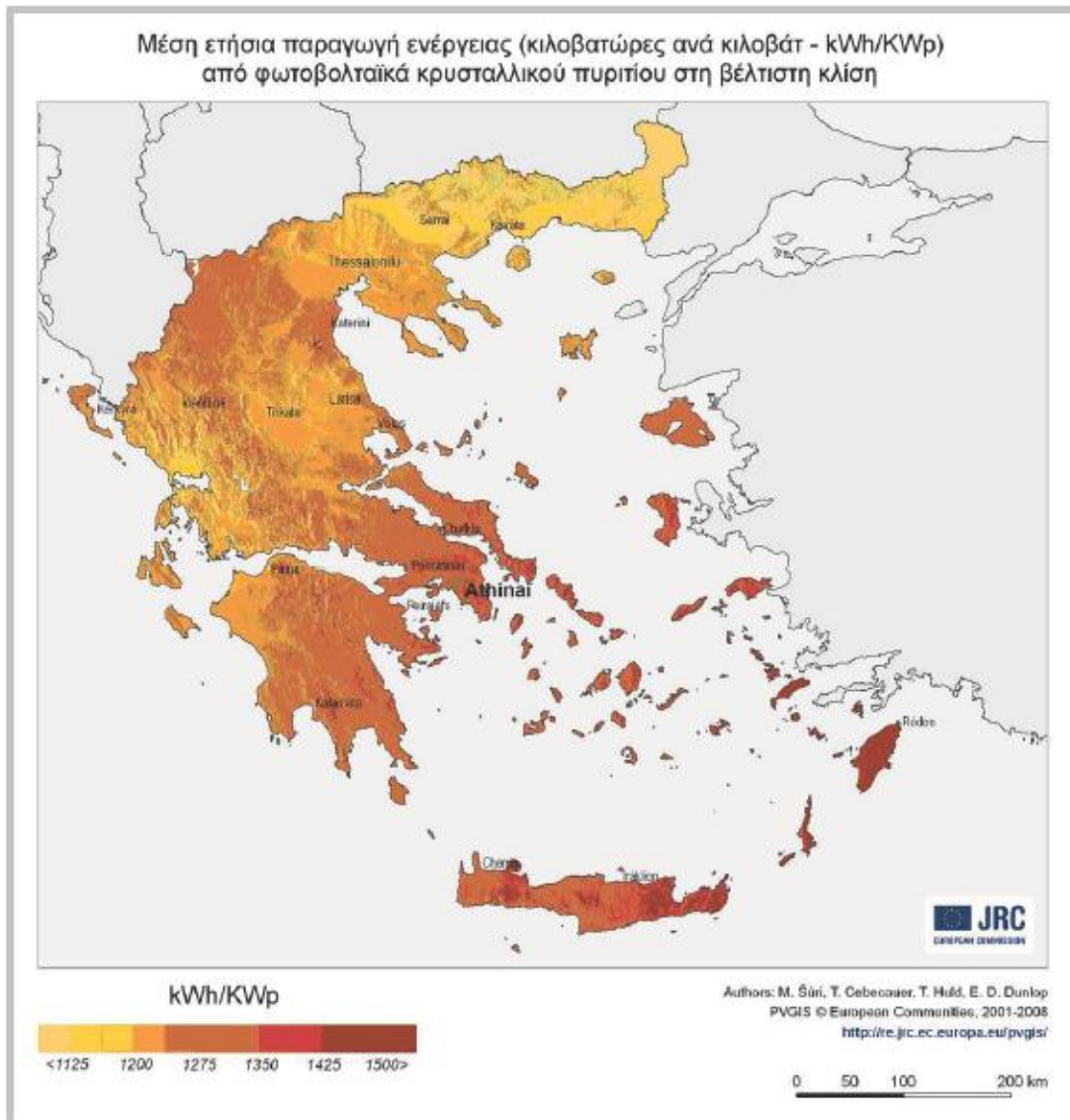
*Διάγραμμα 3-1*

*Διαφορά θερμοκρασίας σε δώμα με και χωρίς ΦΒ*

### **3.4 Παραγόμενη ενέργεια ενός φωτοβολταϊκού**

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι εξαιρετικά προβλέψιμη. Αυτό που ενδιαφέρει, είναι πόσες κιλοβατώρες θα δώσει το σύστημά σας σε ετήσια βάση. Σε γενικές γραμμές, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει κατά μέσο όρο ετησίως περί τις 1.200-1.650 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kWh/kWp ανά έτος). Προφανώς στις νότιες και πιο

ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα φωτοβολταϊκό παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες.



Εικόνα 3-9 Ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

### **4.1 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων**

Διακρίνουμε δύο κατηγορίες συστημάτων για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας:

- Τα παθητικά Ηλιακά Συστήματα
- Τα ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι κατά κύριο λόγο δομικά στοιχεία των κτιρίων, που αξιοποιούν τους νόμους μεταφοράς θερμότητας. Συγκεκριμένα, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και στη συνέχεια τη διανέμουν στο χώρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα, που με τη βοήθεια του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού, εγκλωβίζουν τη θερμότητα σε εσωτερικούς χώρους, μπορούν να συνδυαστούν και με τεχνικές φυσικού φωτισμού καθώς και με τεχνικές για το φυσικό δροσισμό των κτιρίων το καλοκαίρι. Μπορούν να εφαρμοστούν και σε καινούργια και σε ήδη υπάρχοντα κτίρια.

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και ειδικότερα τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Για να μετατραπεί η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στη γη σε ηλεκτρική ενέργεια, χρησιμοποιούμε τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ή κυψέλες (PVcells). Η απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων σήμερα έχει ξεπεράσει το 15% με καλές προϋποθέσεις για ακόμη μεγαλύτερη απόδοση. Πρακτικά αυτό σημαίνει πως 1.000Watt ηλιακής ενέργειας μετατρέπονται σε 150 Watt ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε ώρα σε κάθε τετραγωνικό μέτρο φωτοβολταϊκών στοιχείων. Η ηλιακή ενέργεια που φθάνει σε όλη τη γη σε μια ώρα καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη μας για όλο το χρόνο.

#### **4.1.1 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.**

##### **4.1.1.1 Μικρό κινητό φωτοβολταϊκό σύστημα**

Είναι μικρό σε μέγεθος και μετακινείται εύκολα για να μας δίνει ηλεκτρική ενέργεια όπου τη χρειαζόμαστε (κάμπινγκ, κήπος, περιοχές εκτός δικτύου τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος, σπίτια σε περίπτωση διακοπής ρεύματος

μικρής διάρκειας). Θα πρέπει να συνδυάζεται με σύστημα αποθήκευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (μπαταρίες). Ένα μικρό κινητό φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται:

- Από φωτοβολταϊκό πλαίσιο (Φ/Β) πλαίσιο (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας)
- Από τον αυτόματο Φορτιστή Ρυθμιστή (έλεγχος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας).
- Από την μπαταρία (αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας).
- Από τον ηλεκτρονικό αντιστροφέα inverter (μετατροπή του παραγόμενου ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο στην επιθυμητή τάση δικτύου).
- Από τη μεταλλική βάση πάνω στην οποία βρίσκονται τοποθετημένα τα παραπάνω εξαρτήματα.

#### **4.1.1.2 Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό Σύστημα**

Είναι αρκετά μεγαλύτερο από το προηγούμενο και είναι συνήθως εγκατεστημένο μόνιμα. Μπορεί να καλύψει τις ανάγκες σε ηλεκτρισμό εξοχικών κατοικιών, σκαφών, αγροικιών, θερμοκηπίων, τροχόσπιτων, και απομακρυσμένων σταθμών διαφόρων μετρήσεων. Με σωστό υπολογισμό της αναγκαίας σε αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να καλύψει ακόμα και μόνιμες κατοικίες για απεξάρτηση από το βασικό δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται:

- α) Από τις ομάδες φωτοβολταϊκών πλαισίων για την παραγωγή της αναγκαίας ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας.
- β) Από τη διάταξη λειτουργίας Mpp (προσαρμόζει τη λειτουργία γύρω από το σημείο μέγιστης ισχύος).
- γ) Από το μετατροπέα DC/DC (προσαρμόζει την τάση εξόδου από τις ομάδες των Φ/Β πλαισίων στην επιθυμητή τάση εισόδου του ρυθμιστή -φορτιστή ).

δ) Από τον αυτόνομο ρυθμιστή-φορτιστή των συσσωρευτών αποθήκευσης (ελέγχει και ρυθμίζει τη διαδικασία φόρτισης και αποφόρτισης των συσσωρευτών αποθήκευσης).

ε) Από τον ηλεκτρονικό αντιστροφέα (inverter) που μετατρέπει τη συνεχή τάση εισόδου σε εναλλασσόμενη 230V/50Hz.

ζ) Από τον επιλογέα κατανάλωσης (ελέγχει τη λειτουργία των καταναλώσεων και έχει τη δυνατότητα επιλογής των φορτίων σε περιπτώσεις περιορισμού της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας).

η) Από τον πίνακα ελέγχου και λειτουργίας των καταναλώσεων της ηλεκτρικής εγκατάστασης (φορτία 230V/50Hz).

θ) Από τον πίνακα ελέγχου και λειτουργίας ορισμένων καταναλώσεων που θα λειτουργούν με συνεχή τάση 24 ή 48 V.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν COMPACT ηλεκτρονικές διατάξεις που περιλαμβάνουν τη διάταξη Mpp, το μετατροπέα DC/DC, τον αντιστροφέα DC/AC καθώς και το ρυθμιστή φορτιστή.

#### **4.1.2 Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα (με δυνατότητα κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας)**

Κατασκευάζεται συνήθως για ισχύ από 10 kWp και πάνω, με σύνδεση στο βασικό δίκτυο. Ο ιδιοκτήτης του συστήματος που είναι αυτοπαραγωγός, μπορεί, εφόσον το επιθυμεί, να καταναλώσει όση ηλεκτρική ενέργεια χρειάζεται και να πουλάει την υπόλοιπη, έναντι προσυμφωνημένης τιμής (με κέρδος) στο βασικό δίκτυο (π.χ. τις ηλιόλουστες ημέρες ή όταν απουσιάζει). Επίσης έχει τη δυνατότητα, όταν δεν παράγει ηλεκτρική ενέργεια, να καλύπτει τις ανάγκες του από το βασικό δίκτυο, με χρέωση σε αυτόν από την εταιρεία που εκμεταλλεύεται το βασικό δίκτυο (όταν έχει συννεφιά ή κατά τη διάρκεια της νύχτας).

Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι ότι δεν απαιτούνται συσσωρευτές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται:

α) Από τις ομάδες φωτοβολταϊκών πλαισίων για την παραγωγή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας.



β) Από το μετατροπέα δικτύου, χαμηλής τάσης, μονοφασικό ( 230V, 50Hz) η τριφασικό (3x400V, 50Hz).

γ) Από τον πίνακα ελέγχου και λειτουργίας, σύνδεσης με το βασικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

δ) Από το διπλό μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας.

ε) Από τον πίνακα ελέγχου και λειτουργίας των καταναλώσεων.

#### **4.1.3 Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα (η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται εξολοκλήρου στο ηλεκτρικό δίκτυο)**

Κατασκευάζεται συνήθως για ισχύ από 50 KWp και πάνω με σκοπό να διοχετεύει όλη την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο κεντρικό δίκτυο. Ανάλογα με την ισχύ των φωτοβολταϊκών συλλεκτών ο μετατροπέας δικτύου μπορεί να είναι:

α) Μικρής ισχύος χαμηλής τάσης μονοφασικός ή τριφασικός.

β) Μέσης ισχύος χαμηλής τάσης τριφασικός (3x400V).

γ) Μεγάλης ισχύος μέσης τάσης τριφασικός (3x20KV).

Ο μετατροπέας δικτύου συνδέεται με το πεδίο ζεύξης και φέρει ηλεκτρονική διάταξη, που σε περίπτωση διακοπής ρεύματος του κεντρικού δικτύου διανομής, θέτει την Φ/Β εγκατάσταση αυτομάτως εκτός. Ένα τέτοιο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται:

- Από τις ομάδες (σειρές) των φωτοβολταϊκών πάνελ για εγκατεστημένη ισχύ από 50KWp και πάνω
- Από το μετατροπέα δικτύου με το πεδίο ζεύξης και το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας
- Από την κεντρική παροχή σύνδεσης πεδίου ζεύξης και μετασχηματιστή κεντρικού βασικού δικτύου.

*Σημείωση: Αυτής της μορφής είναι τα περισσότερα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα, που κατασκευάζονται από ιδιώτες, με αποκλειστικό σκοπό την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας στη ΔΕΗ.*

#### **4.1.4 Υβριδικό σύστημα αυτόνομο**

Το σύστημα αυτό συνδυάζει δύο τουλάχιστον πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (συνδυασμός φωτοβολταϊκών πλαισίων και ανεμογεννήτριας).

Ένα αυτόνομο υβριδικό σύστημα αποτελεί κατάλληλη και βιώσιμη λύση για περιοχές χωρίς πρόσβαση στο βασικό δίκτυο. Μπορεί να περιλαμβάνει και συσσωρευτές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για αδιάλειπτη λειτουργία των εγκαταστάσεων που τροφοδοτεί.

Ένα αυτόνομο υβριδικό σύστημα περιλαμβάνει:

- α) Τις ομάδες των φωτοβολταϊκών πλαισίων.
- β) Την ανεμογεννήτρια.
- γ) Τον πολυμορφικό σταθμό μετατροπής ισχύος και αδιάλειπτης λειτουργίας
- δ) Τους συσσωρευτές αποθήκευσης.
- ε) Τον πίνακα τροφοδοσίας των καταναλώσεων.

Ο πολυμορφικός σταθμός μετατροπής ισχύος έχει τη δυνατότητα σύνδεσης και με τρίτη πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ντηζελογεννήτρια).

#### **4.1.5 Υβριδικό σύστημα διασυνδεδεμένο**

Συνδυάζει δύο ή και περισσότερες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (συνδυασμός φωτοβολταϊκών πλαισίων, ανεμογεννήτριας, ντηζελογεννήτριας και συσσωρευτών αποθήκευσης).

Αποτελεί την καλύτερη δυνατή λύση για νησιωτικές περιοχές και μπορεί να παρέχει συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια έχοντας ως τελευταία λύση τη λειτουργία της ντηζελογεννήτριας. Στην πράξη τα διασυνδεδεμένα υβριδικά συστήματα κατασκευάζονται για μεγάλη ισχύ και εξυπηρετούν πολλές καταναλώσεις.

Ένα διασυνδεδεμένο υβριδικό σύστημα περιλαμβάνει:

- Τις ομάδες των φωτοβολταϊκών πλαισίων που συνήθως αποτελούν το Φ/Β πάρκο.
- Την ομάδα των ανεμογεννητριών που συνήθως αποτελούν το αιολικό πάρκο.

- Την ντηζελογεννήτρια.
- Τον πολυμορφικό σταθμό μετατροπής ισχύος.
- Τους συσσωρευτές αποθήκευσης που συνήθως αποτελούν τις συστοιχίες.

Όταν ένα υβριδικό σύστημα συνδέεται με το κεντρικό δίκτυο διανομής ή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, δεν είναι αναγκαία η ντηζελογεννήτρια και οι συσσωρευτές αποθήκευσης.

#### **4.2 Φωτοβολταϊκά πλαίσια**

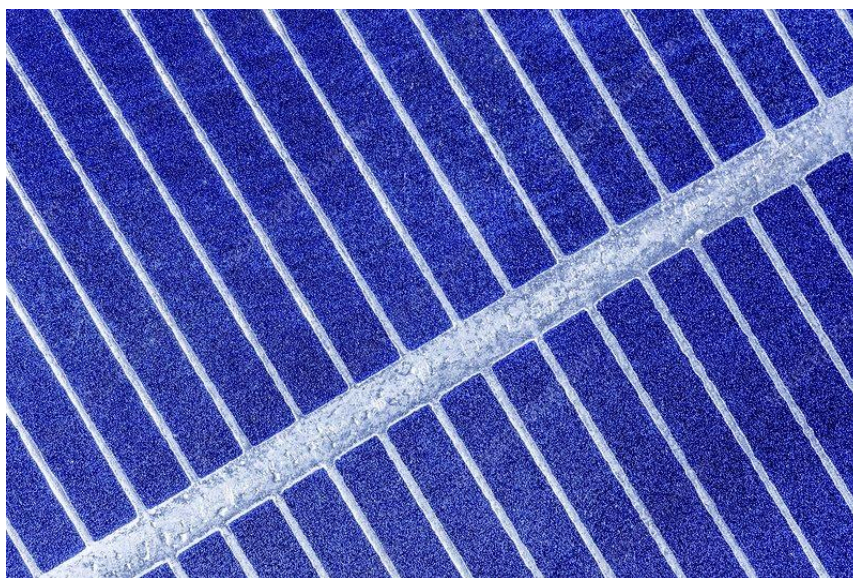
Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για να κατασκευαστούν φωτοβολταϊκά στοιχεία στη βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στη φύση.
- Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Το διοξείδιο του πυριτίου (SiO<sub>2</sub>) (ή κοινώς η άμμος) και ο χαλαζίτης αποτελούν το 28% του φλοιού της γης. Είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον.
- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στη μονοκρυσταλλική του μορφή.
- Οι ηλεκτρικές ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 125°C κάτι που επιτρέπει τη χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου αντεπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.
- Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στη γρήγορη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων τα τελευταία χρόνια ήταν η ήδη αναπτυγμένη τεχνολογία, στη βιομηχανία της επεξεργασίας του πυριτίου, στον τομέα της ηλεκτρονικής (υπολογιστές, τηλεοράσεις κ.λπ). Το 2007 μάλιστα ήταν η πρώτη χρονιά που υπήρχε μεγαλύτερη ζήτηση (σε τόνους κρυσταλλικού πυριτίου) στην αγορά των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε σχέση με αυτήν των ημιαγωγών της ηλεκτρονικής.

#### 4.2.1 Φ/Β στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc-Si)

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 mm. Η απόδοσή τους στη βιομηχανία κυμαίνεται από 15-19% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης ανά επιφάνεια ή «ενεργειακής πυκνότητας».

Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. Το μονοκρυσταλλικό, φωτοβολώντας με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, είναι τα μοντέλα X-Series Solar Panels της SunPower με απόδοση πλαισίου 21,5%.



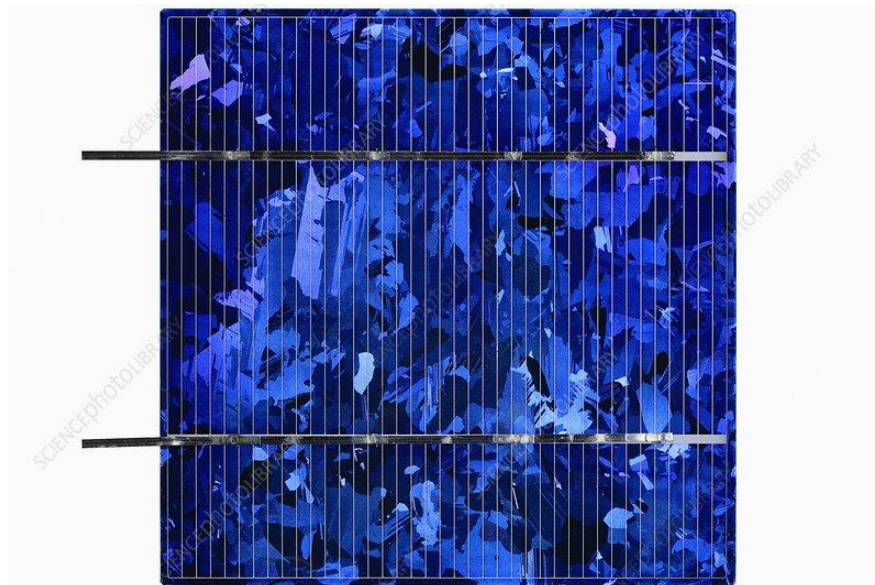
*Εικόνα 4-1 Φ/Β πλαίσιο μονοκρυσταλλικού πυριτίου (sc-Si).*

#### 4.2.2 Φ/Β στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Multi Crystalline Silicon, mc-Si)

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 mm. Η μέθοδος παραγωγής του είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών, γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα

πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 11 έως και 16% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ).

Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι η μέθοδος απευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου (χύτευση) και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.



**Εικόνα 4-2** Φ/Β πλαίσιο πολυκρυσταλλικού πυριτίου (mc-Si).

#### **4.2.3 Άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si)**

Αυτά τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι, και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται, η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6-8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσής

του σε σχέση με τα κρυσταλλικά ΦΒ, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά). Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα, γεγονός που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά τη διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων, διότι δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρ' όλα αυτά, οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001mm ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 mm.



*Εικόνα 4-3 Φ/Β στοιχεί ταινίας άμορφου πυριτίου*

### **4.3 Συστήματα στήριξης**

Για την τοποθέτηση των Φ/Β συλλεκτών χρειάζεται προσεκτική μελέτη (χωροταξική τοποθέτηση υλικών για τη βελτιστοποίηση της κάλυψης και της ασφαλούς λειτουργίας) που αφορά δύο στάδια:

- α) Την κατασκευή των βάσεων (συναρμολόγηση)
- β) Τη στήριξη των Φ/Β συλλεκτών πάνω στις βάσεις.

Είδη βάσεων στήριξης

Από τις εταιρείες κατασκευής των Φ/Β, κατασκευάζονται βάσεις στήριξης (σταθερές ή περιστρεφόμενες) που αφορούν τους διάφορους τύπους και τον αριθμό των συλλεκτών που τοποθετούνται πάνω σ' αυτές. Αποτελούνται από τμήματα μεταλλικών κοιλοδοκών κυκλικής, τετραγωνικής ή γωνιακής διατομής, πάχους τουλάχιστον 3 mm, γαλβανισμένα εν θερμώ, ανοξείδωτα ή αλουμινίου. Οι βάσεις στήριξης των Φ/Β συλλεκτών μπορούν να κατασκευαστούν:

1. Σταθερές, χωρίς τη δυνατότητα αυξομείωσης της κλίσης.
2. Αρθρωτές με δυνατότητα χειροκίνητης αυξομείωσης της κλίσης ανά μία ή ανά πέντε μοίρες και από 25 μέχρι 75°.
3. Κινούμενες (περιστρεφόμενες) με αυτόματη πορεία από Ανατολικά προς Δυτικά κατά τη διάρκεια της ημέρας και προσανατολισμό Νότιο με χειροκίνητη μεταβολή ως προς τον οριζόντιο άξονα,
4. Κινούμενες (περιστρεφόμενες) με αυτόματη παρακολούθηση της κίνησης του ήλιου καθημερινά και σε ετήσια βάση, έτσι ώστε να έχουμε συνεχώς κάθετη πρόσπτωση των ηλιακών ακτίνων πάνω στους συλλέκτες.

#### **4.3.1 Βάσεις σταθερές με προσανατολισμό το Νότο, με δυνατότητα χειροκίνητης αυξομείωσης της κλίσης**

Αποτελούν την πιο συνηθισμένη λύση για την κατασκευή βάσεων στήριξης των Φ/Β συλλεκτών. Η τοποθέτησή τους γίνεται με προσανατολισμό το Νότο και η κλίση τους ρυθμίζεται χειροκίνητα συνήθως ανά πέντε ή και ανά μία μοίρα. Είναι αρθρωτές και έχουν τη δυνατότητα της ρύθμισης από 25° ελάχιστο μέχρι 75° μέγιστο, ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η ρύθμιση πρέπει να γίνεται κάθε μήνα με βάση τη μηνιαία βέλτιστη κλίση της συγκεκριμένης περιοχής τοποθέτησης των Φ/Β συλλεκτών. Σε ορισμένες περιπτώσεις (τοποθέτηση συλλεκτών σε απομονωμένες περιοχές) η ρύθμιση μπορεί να γίνεται εποχιακά (τέσσερις φορές το χρόνο) με βάση την εποχιακή βέλτιστη κλίση της συγκεκριμένης περιοχής.

Κατά την τοποθέτηση Φ/Β συλλεκτών στα δώματα των κτιρίων (οριζόντιο επίπεδο) σε σειρές, θα πρέπει να έχουν μεταξύ τους την απόσταση που προκύπτει από τους υπολογισμούς, έτσι ώστε να μην έχουμε σκίαση στη δυσμενέστερη περίπτωση (Δεκέμβριος - Ιανουάριος).

Τα πλεονεκτήματα που έχουμε από τις τοποθετήσεις Φ/Β συλλεκτών σε δώματα κτιρίων είναι:

- Κατάλληλα διαμορφωμένο οριζόντιο επίπεδο για τη στήριξη των βάσεων.
- Εύκολη πρόσβαση για μηνιαία χειροκίνητη ρύθμιση της κλίσης των συλλεκτών.
- Σχετικά μικρή δαπάνη εγκατάστασης.

Τα μειονεκτήματα είναι:

- Περιορισμένος χώρος για την ανάπτυξη πολλών Φ/Β συλλεκτών.
- Κίνδυνος σκίασης από τα κοντινά στο δώμα πιο ψηλά κτίρια.

Βασική προϋπόθεση για την εγκατάσταση Φ/Β συλλεκτών στο έδαφος αποτελεί η κατάλληλη προετοιμασία του εδάφους, πάνω στο οποίο θα πατήσουν οι βάσεις στήριξης. Πιο κατάλληλη θεωρείται μία περιοχή με ελεύθερο προσανατολισμό και μικρή κλίση προς το Νότο, για την αποφυγή σκίασης και την εύκολη απομάκρυνση όμβριων υδάτων. Η εύκολη πρόσβαση στην περιοχή, καθώς και ο άνετος έλεγχος του χώρου των Φ/Β συλλεκτών και όλης της εγκατάστασης, αποτελούν τα βασικότερα στοιχεία για την αρχική επιλογή. Εδάφη εύκολα στη διάβρωση, με ανώμαλες επιφάνειες κοντά σε σημεία με μεγάλη διάρκεια σκίασης (λόφοι κ.λπ.) κρίνονται ως τα πλέον ακατάλληλα για την εγκατάσταση Φ/Β σταθμού.



**Εικόνα 4-4 Τοποθέτηση Φ/Β συλλεκτών με χειροκίνητη ρύθμιση της κλίσης πάνω στο έδαφος.**



Στα εδάφη με αντίσταση στη διάβρωση έχουμε άνετη εγκατάσταση και χαμηλό σχετικά κόστος. Όταν η εγκατάσταση γίνεται σε σειρές (εγκαταστάσεις μέσης και μεγάλης ισχύος) θα πρέπει να γίνεται, πριν την εγκατάσταση, προσεκτική μελέτη για τον υπολογισμό των αποστάσεων και την αποφυγή της σκίασης. Στις εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος, σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, απαιτείται μεγάλη δαπάνη για την κατασκευή των έργων υποδομής.

#### **4.3.2 Βάσεις κινούμενες (περιστρεφόμενες) με αυτόματη πορεία από ανατολικά προς δυτικά και χειροκίνητη μεταβολή ως προς το οριζόντιο επίπεδο**

Αποτελούν μία ακριβή αλλά και αρκετά αποδοτική λύση των Φ/Β εγκαταστάσεων. Οι Φ/Β συλλέκτες τοποθετούνται πάνω σε ένα ειδικά κατασκευασμένο μονοαξονικό σύστημα το οποίο παρακολουθεί την πορεία του ήλιου από την Ανατολή μέχρι τη Δύση του. Ο προσανατολισμός της βάσης είναι Νότιος και η πορεία της κινούμενης βάσης γίνεται από Ανατολικά προς Δυτικά. Η γωνία κλίσης των Φ/Β συλλεκτών, ως προς το οριζόντιο επίπεδο, γίνεται χειροκίνητα (συνήθως από 25° ελάχιστο μέχρι 75° μέγιστο) με βάση τη μηνιαία βέλτιστη κλίση.

Η παρακολούθηση της διαδρομής του ήλιου μπορεί να γίνει με τη βοήθεια αισθητήρα ή να χρησιμοποιεί έναν από τους συλλέκτες. Ώρα εκκίνησης της πορείας λαμβάνεται η ώρα που ο ήλιος ανατέλλει κατά την εαρινή ισημερία. Η μετακίνηση γίνεται με τη βοήθεια σερβοκινητήρα που μπορεί να λειτουργεί με τάση 12 ή 230 V. Επειδή ο μηχανισμός μετακίνησης είναι εκτεθειμένος στις καιρικές συνθήκες, θα πρέπει να είναι στεγανός και τα κινητά μέρη να είναι ανοξείδωτα, έτσι ώστε να απαιτείται ελάχιστη συντήρηση.

Ο άξονας στήριξης της κινούμενης βάσης πρέπει να πακτώνεται προσεκτικά σε ειδική βάση από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το μέγεθος της οπλισμένης βάσης έχει σχέση με το μέγεθος των συλλεκτών (συνήθως χρειαζόμαστε μία βάση από οπλισμένο σκυρόδεμα 0,80 κ.μ. για συνολική επιφάνεια πάνελ 5 τ.μ.).



*Εικόνα 4-5 Κινούμενη (περιστρεφόμενη) βάση Φ/Β πάνελ 10m<sup>2</sup> .*

Πλεονεκτήματα:

- Αύξηση της παραγόμενης ενέργειας από τους Φ/Β συλλέκτες από 25 μέχρι 30% κατά μέσο όρο το χρόνο και κατά 55% την καλοκαιρινή περίοδο.
- Εύκολη διαδικασία ρύθμισης της κλίσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Μειονεκτήματα:

- Μεγάλο κόστος των κινούμενων βάσεων.
- Μεγάλο κόστος εγκατάστασης.
- Μεγάλος χώρος εγκατάστασης.
- Περισσότερη συντήρηση (λίπανση άξονα κίνησης).

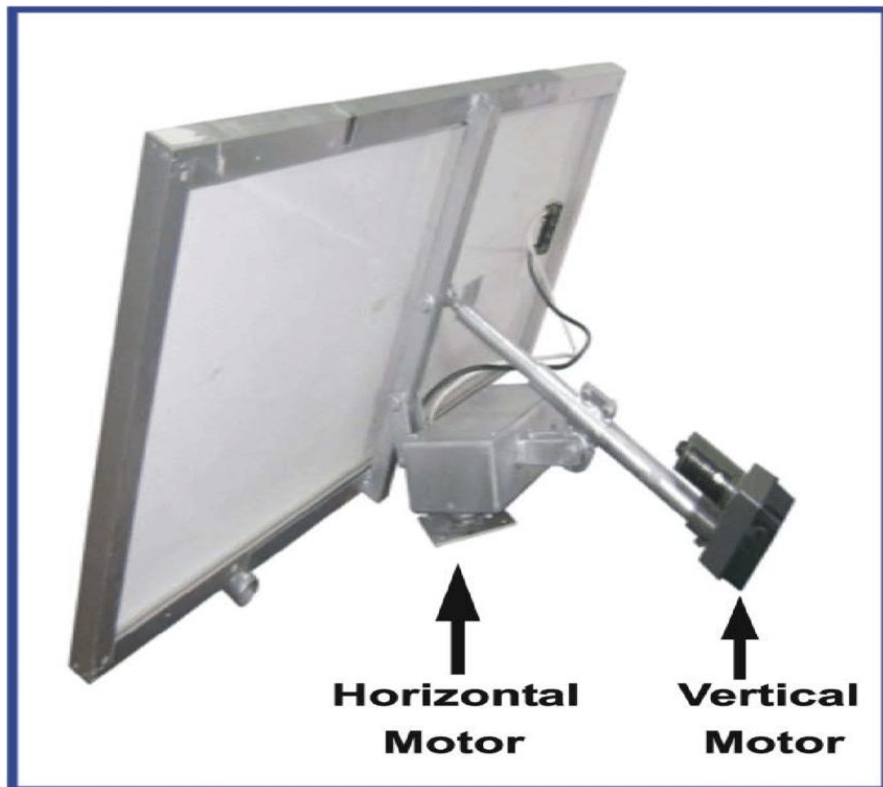
Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στην απόσταση ανάμεσα στις κινούμενες βάσεις για την αποφυγή σκίασης κατά τη διαδικασία παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου.

#### **4.3.3 Βάσεις περιστρεφόμενες με αυτόματη πορεία σύμφωνα με την πορεία του ήλιου για συνεχή κάθετη πρόπτωση**

Αποτελούν την πλέον ακριβή αλλά και την αποδοτικότερη λύση των Φ/Β εγκαταστάσεων. Οι Φ/Β συλλέκτες τοποθετούνται πάνω σε ειδικά διαμορφωμένη βάση εκτελώντας ταυτόχρονα δύο κινήσεις. Μια κίνηση από Ανατολικά προς Δυτικά και μία κίνηση που μεταβάλλει συνεχώς τη γωνία ως προς το

οριζόντιο επίπεδο δια τηρώντας πάντα τους συλλέκτες στην κατάλληλη θέση ώστε να δέχονται συνεχώς κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία.

Η παρακολούθηση της τροχιάς του ήλιου γίνεται με τη βοήθεια δύο αξόνων (δύο σερβοκινητήρες και δύο αισθητήρες) έτσι ώστε να αλλάζουν συνεχώς η γωνία  $\beta$  (κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο) και η γωνία  $\gamma$  (αξιμουθιακή γωνία ή γωνία Ανατολής - Δύσης). Το όλο σύστημα είναι προγραμματισμένο έτσι ώστε να περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ίση με την ωριαία γωνία του ήλιου.



Εικόνα 4-6 Βάσεις στήριξης Φ/Β πάνελ με δύο άξονες περιστροφής

Πλεονεκτήματα:

- Πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία. Πολύ μεγάλη απόδοση

Μειονεκτήματα:

- Πολύ μεγάλο κόστος των κινουμένων βάσεων.
- Μεγάλο κόστος εγκατάστασης, μεγάλος χώρος εγκατάστασης.
- Περισσότερη συντήρηση (λίπανση αξόνων κίνησης κ.λπ.).

#### 4.4 Αντιστροφείς (INVERTER)

Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος (DC) που παράγουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε εναλλασσόμενο (AC), θα πραγματοποιείται με τη χρήση Αντιστροφέων (inverter) του οίκου SMA τύπου SC630CP. Θα γίνει χρήση 3 τεμαχίων του τύπου Sunny Central 630CP υψηλής απόδοσης, οι οποίοι θα τοποθετηθούν και προκαλωδιωθούν έκαστος εντός προκατασκευασμένου οικίσκου εκ σκυροδέματος στο οποίο θα περιλαμβάνεται ο εξοπλισμός μετασχηματισμού, διακοπής και προστασίας τους.

Η ΔΕΗ, αναγνωρίζοντας το σημαντικό ρόλο των αντιστροφέων σε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα θέτει συγκεκριμένες προδιαγραφές για αυτούς απαιτώντας την ύπαρξη σχετικών πιστοποιητικών. Επιπλέον κατά τη φάση παραλαβής του έργου, οι αντιστροφείς υποβάλλονται σε έλεγχο για να διαπιστωθεί κατά πόσο τηρούνται αυτές οι προδιαγραφές. Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν:

1. Την τάση και τη συχνότητα των αντιστροφέων: οι προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων προστασιών ορίων τάσης και συχνότητας είναι από -20% έως +15% και +/-0,5Hz αντίστοιχα για σταθμούς στο διασυνδεδεμένο σύστημα και από -20% έως +15% και από 47,5Hz έως 51Hz για σταθμούς σε μη διασυνδεδεμένα νησιά. Σε περίπτωση ενεργοποίησης των παραπάνω προστασιών ο χρόνος αποσύνδεσης θα πρέπει να είναι μικρότερος από 0,5 sec και ο χρόνος επανασύζευξης τουλάχιστον 3 λεπτά.
2. Η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion-THD) του ρεύματος των αντιστροφέων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 5%. Ο συντελεστής THD ορίζεται ως:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

Όπου

$I_1$  είναι η ενεργός τιμή του ρεύματος στη θεμελιώδη συχνότητα και

$I_h$  η ενεργός τιμή της αρμονικής ρεύματος τάξης  $h$  και συχνότητας  $50 \times h$  Hz.

3. Εφόσον οι αντιστροφείς δε διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης η έγχυση συνεχούς ρεύματος (dc injection current) δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 0,5% του ονομαστικού ρεύματος.
4. Προστασία έναντι του φαινομένου νησιδοποίησης κατά το πρότυπο VDE 0126. Το σημείο αυτό πρόκειται να αναλυθεί περαιτέρω στις επόμενες παραγράφους.

Οι αντιστροφείς των διασυνδεδεμένων συστημάτων διαχωρίζονται ανάλογα με το είδος της τάσης που παράγουν σε:

- Μονοφασικούς αντιστροφείς, με τυπικά μεγέθη ισχύος έως 10-11kW.
- Τριφασικούς αντιστροφείς, με μεγέθη ισχύος από 6-7kW έως και 1MW.

Τονίζεται ότι η ΔΕΗ επιβάλλει τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα για εγκαταστάσεις άνω των 5kW, ενώ εγκαταστάσεις άνω των 100kW συνδέονται υποχρεωτικά στο δίκτυο Μέσης Τάσης (MT) της ΔΕΗ.

Οι αντιστροφείς ανάλογα με το αν χρησιμοποιούν μετασχηματιστή για γαλβανική απομόνωση (χαμηλής ή υψηλής συχνότητας) ανάμεσα στην DC είσοδο και την AC έξοδο χωρίζονται σε :

- Αντιστροφείς με μετασχηματιστή (inverters with transformer)
- Αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή (transformerless (TL) inverters)

Επιπλέον, ανάλογα της τεχνολογίας διασύνδεσης των Φ/Β πάνελ που χρησιμοποιείται οι αντιστροφείς χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Κεντρικοί αντιστροφείς (central inverters)
- Αντιστροφείς κλάδων (string inverters)
- Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων (multi-string inverters)
- Αντιστροφείς με ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ (module integrated inverters).

#### **4.4.1 Οικογένειες αντιστροφών**

##### **4.4.1.1 Κεντρικοί αντιστροφείς (central inverters)**

Οι κεντρικοί αντιστροφείς αποτελούν το είδος των αντιστροφών που εμφανίζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος, της τάξης από 30-50kW έως και 1-2MW. Για το λόγο αυτό, η χρήση τους είναι περισσότερο διαδεδομένη σε σταθμούς μεγάλης ισχύος. Σε ορισμένες περιπτώσεις και σε επίπεδα ισχύος των εκατοντάδων kW οι αντιστροφείς αυτοί συνοδεύονται από μετασχηματιστή ανύψωσης 0,4/20kV, ώστε να επιτρέπουν την απευθείας σύνδεση τους στο δίκτυο MT της ΔΕΗ.

Αρχικά στους κεντρικούς μετατροπείς χρησιμοποιήθηκαν θυρίστορ με χαμηλές συχνότητες μεταγωγής και αυξημένες ανάγκες χρήσης φίλτρων. Ωστόσο με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα θυρίστορ αντικαταστάθηκαν από τρανζίστορ IGBT με μεγαλύτερες συχνότητες μεταγωγής, τα οποία, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη εξελιγμένων τεχνικών διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM) υλοποιούμενων ψηφιακά, οδήγησαν τους κεντρικούς μετατροπείς στην δημιουργία σχεδόν ημιτονοειδών ρευμάτων εξόδου με χαμηλές απαιτήσεις χρήσης φίλτρων.

Οι κεντρικοί μετατροπείς χαρακτηρίζονται από το μικρό αριθμό εισόδων DC (συνήθως 1-2 εισόδους). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό πάνελ τα οποία πρέπει να συνδεθούν στην είσοδο τους, επιβάλλει την εκτεταμένη χρήση DC καλωδίων σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες αντιστροφών όπου η καλωδίωση μπορεί να γίνει με AC.

Το παρακάτω Σχήμα παρουσιάζει έναν κεντρικό μετατροπέα στα με μέγιστη ισχύ εισόδου τα 1,4kWp.



*Εικόνα 4-7 Κεντρικός μετατροπέας*

#### **4.4.1.2 Αντιστροφείς κλάδων ή στοιχειοσειρών (string inverters)**

Αποτελούν αδιαμφισβήτητα την περισσότερο διαδεδομένη κατηγορία αντιστροφέων σε σταθμούς μικρής έως και μέσης ισχύος. Η βασική αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού κλάδων(strings) σε αντίστοιχες εισόδους του αντιστροφέα (της τάξης των 2-8).

Οι αντιστροφείς αυτού του τύπου κυκλοφορούν στο εμπόριο με μετασχηματιστή ή χωρίς μετασχηματιστή καθώς επίσης και σε μονοφασική ή τριφασική σύνδεση (συνήθως πάνω από 10kW). Διαθέτουν αρκετή ευελιξία αναφορικά με τον αριθμό των πάνελ που μπορεί να συνδεθεί στις εισόδους τους, αρκεί φυσικά να μην παραβιάζονται οι μέγιστες ρυθμίσεις ασφαλείας τους. Επιπλέον είναι σκόπιμο να συνδέονται στις εισόδους τους με τον ίδιο τύπο και αριθμό πάνελ. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει ενδεικτικά ορισμένους αντιστροφείς αυτού του τύπου



*Εικόνα 4-8 Μετατροπείς κλάδων*

#### **4.4.1.3 Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων ή στοιχειοσειρών (multistring inverters)**

Οι αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων χρησιμοποιούνται όταν σε έναν αντιστροφέα είναι απαραίτητο να συνδεθούν διαφορετικά πάνελ, όσον αφορά την ονομαστική ισχύ τους, τον αριθμό των πάνελ που αποτελούν τον κλάδο, τον κατασκευαστή κτλ. Στην περίπτωση αυτή στην ουσία κάθε είσοδος είναι ανεξάρτητη από τις άλλες και διαθέτει τους δικούς της ελεγκτές μέγιστης ισχύος και μετατροπείς.

Οι αντιστροφείς αυτοί χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου η διαθεσιμότητα πάνελ επιβάλλει τη σύνδεση διαφορετικών πάνελ ή σε περιπτώσεις όπου μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά εγκατάστασης που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας, όπως είναι η κλίση των πάνελ ή η ύπαρξη προβλημάτων σκίασης.



Λόγω του ειδικού χαρακτήρα της χρήσης τους, η διαθεσιμότητα μοντέλων multi-string είναι σαφώς πιο περιορισμένη απ' ό τι σε συμβατικούς string inverters.



*Εικόνα 4-9 Αντιστροφέας πολλαπλών κλάδων*

#### **4.4.1.4 Αντιστροφείς με ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ (Module integrated inverters)**

Οι αντιστροφείς αυτοί αποτελούν μία σχετικά νέα κατηγορία χαμηλής ισχύος (έως περίπου 300W). Οι αντιστροφείς αυτοί ενσωματώνονται, δηλαδή δέχονται στην είσοδο τους, με ένα Φ/Β πάνελ. Σκοπός της χρήσης τους αποτελεί η βέλτιστη λειτουργία της Φ/Β εγκατάστασης ανά κάθε πάνελ χωριστά. Οι αντιστροφείς αυτοί παρουσιάζουν ενδιαφέρον κυρίως για μικρές οικιακές εγκαταστάσεις με σημαντικά προβλήματα σκίασης.



*Εικόνα 4-10 Αντιστροφείς για ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 -ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

### 5.1 Ηλιακή και ηλεκτρική ενέργεια

Ετήσια κατανάλωση ισχύος με βάση τους εκκαθαριστικούς λογαριασμούς:  
8000kWhr

Ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας:

$$E_{\text{ηλεκτρικ ή}} = \frac{8000}{365} = 21.9 \text{ kWhrs}$$

Για το μήνα Δεκέμβριο λαμβάνουμε  $E_{\text{ηλιακή}}=94 \text{ kWhrs/m}^2$  και μήνα και  $t_a=13.4^\circ\text{C}$

Υπολογίζουμε για τη χειρότερη περίπτωση, για το μήνα του έτους με τη μικρότερη ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή το Δεκέμβριο.

Οπότε η ηλιακή ενέργεια ανά ημέρα είναι

$$E_{\text{ηλιακ ή/ημέρα}} = \frac{94}{31} = 3 \text{ kWhrs/m}^2$$

### 5.2 Συντελεστές

Συντελεστής γήρανσης είναι:  $n_\gamma=1$  (καινούρια πάνελ)

Συντελεστής ρύπανσης:  $n_\rho=0,95$  (εξοχή)

Συντελεστής της διόδου είναι  $n_\delta=0,99$

Ο συντελεστής θερμοκρασίας είναι:  $n_\theta = 1 - (t_a + 5) \cdot 0.004 = 1 - (13.4 + 5) \cdot 0.004 \Rightarrow n_\theta = 0.9264$

Άρα ο συνολικός συντελεστής είναι :  $n = n_\gamma \cdot n_\rho \cdot n_\delta \cdot n_\theta = 1 \cdot 0.95 \cdot 0.99 \cdot 0.9264 = 0.87$

### 5.3 Πλήθος πάνελ

Θα χρησιμοποιηθούν πάνελ της εταιρείας AMERISOLAR 380W, οπότε η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το κάθε πάνελ είναι

$$\frac{E_{\text{ηλεκτρικ ή}}}{E_{\text{ηλιακ ή/ημέρα}}} = n \cdot \frac{P_{\text{πάνελ}}}{1000} \Rightarrow E_{\text{ηλεκτρικ ή}} = n \cdot \frac{P_{\text{πάνελ}}}{1000} \cdot E_{\text{ηλιακ ή/ημέρα}} = 0.87 \cdot \frac{380}{1000} \cdot 3 \Rightarrow$$

$$E_{\text{ηλεκτρικ}} \dot{\eta} = 1 \text{ kWhr}$$

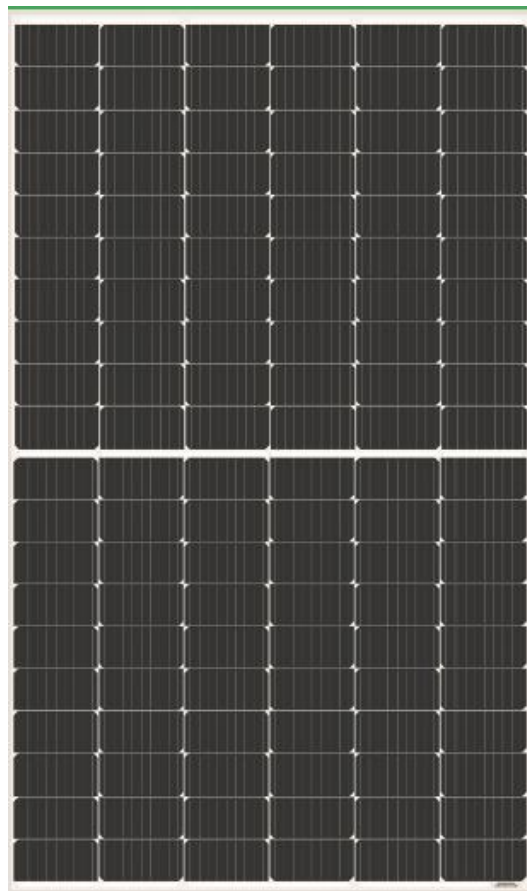
1 πάνελ ισχύος 380Wr παράγει ηλεκτρική ενέργεια  $E_{\text{ηλεκτρικ}}=1 \text{ kWhrs}$

x πάνελ ισχύος 440Wr παράγουν ηλεκτρική ενέργεια  $E_{\text{ηλεκτρικ}}=21.9 \text{ kWhrs}$

$$x = 1 \cdot \frac{21.9}{1} \Rightarrow x = 22 \text{ πάνελ}$$

#### 5.4 Διάταξη

Το πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί φαίνεται παρακάτω



**Εικόνα 5-1** Το χρησιμοποιούμενο πάνελ

Οι διαστάσεις του πλαισίου **1765 x 1048 x 35 mm**

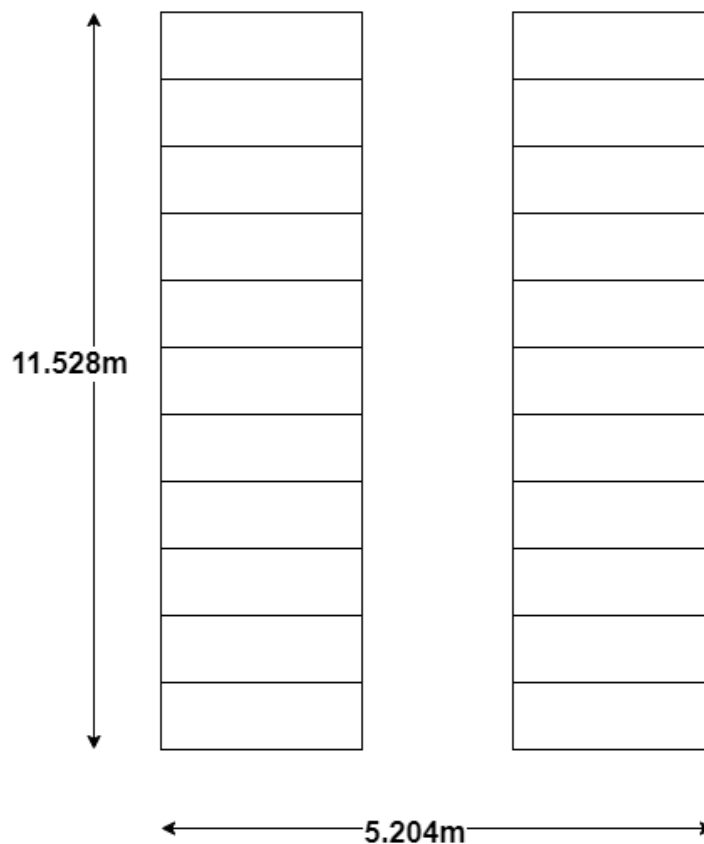
Η διάταξη θα αποτελείται από 2 σειρές των 11 πλαισίων η κάθε μία.

Κάθε σειρά έχει μήκος  $1.048 \times 11 = 11.528 \text{m}$ .

Επειδή τα πάνελ τοποθετούνται με κλίση  $40^\circ$  από το έδαφος, το πραγματικό πλάτος της συστοιχίας σε σχέση με το έδαφος είναι  $\text{μήκος} \cdot \cos\varphi = 1.765 \cdot \cos 40 = 1.352 \text{m}$ .

Επίσης θεωρούμε ότι οι σειρές μεταξύ τους έχουν απόσταση 2.5 m.

Αρά το πλάτος της όλης συστοιχίας είναι  $2 \cdot 1.352 + 1 \cdot 2.5 = 5.204\text{m}$



Σχήμα 5-1 Διάταξη των ΦΒ στοιχείων

Οπότε η εγκατάσταση θα καταλαμβάνει εμβαδόν:  $(11.528\text{m}) \cdot (5.204\text{m}) = 60\text{m}^2$   
και θα είναι ισχύος  $380 \times 22 \text{πάνελ} = 8360\text{W}$

Πίνακας 5-1 Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του πάνελ

| ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC     |   |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| Maximum Power ( $P_{max}$ )           | 355W  | 360W   | 365W   | 370W   | 375W   | 380W   |
| Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )     | 41.0V   | 41.2V  | 41.4V  | 41.6V  | 41.8V  | 42.0V  |
| Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )    | 11.09A  | 11.16A | 11.23A | 11.30A | 11.37A | 11.44A |
| Voltage at Maximum Power ( $V_{mp}$ ) | 34.0V   | 34.2V  | 34.4V  | 34.6V  | 34.8V  | 35.0V  |
| Current at Maximum Power ( $I_{mp}$ ) | 10.45A  | 10.53A | 10.62A | 10.70A | 10.78A | 10.86A |
| Module Efficiency (%)                 | 19.19   | 19.46  | 19.73  | 20.00  | 20.27  | 20.54  |
| Operating Temperature                 | -40°C to +85°C  |        |        |        |        |        |
| Maximum System Voltage                | 1000V DC/1500V DC                                     |        |        |        |        |        |
| Fire Resistance Rating                | Type 1 (in accordance with UL1703)/Class C (IEC61730) |        |        |        |        |        |
| Maximum Series Fuse Rating            | 20A   |        |        |        |        |        |

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5

Πρέπει  $V_{dc,pv} \geq 1.2 \cdot V_{load} \Rightarrow 11 \cdot 35 \geq 1.2 \cdot 230 \Rightarrow 385 \geq 276$  ΙΣΧΥΕΙ

## 5.5 Μετατροπέας συνεχούς ρεύματος εξόδου της συστοιχίας σε εναλλασσόμενο ρεύμα

Με βάση την αποδιδόμενη ισχύ της ΦΒ συστοιχίας επιλέχθηκε ο μετατροπέας **Sunny Boy 6.0** της εταιρείας SMA ισχύος **9000Wp**



**Εικόνα 5-2 Ο μετατροπέας Sunny Boy**

**Πίνακας 5-2 Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα**

| Technical data   | Sunny Boy 3.0       | Sunny Boy 3.6       | Sunny Boy 4.0                        | Sunny Boy 5.0                                | Sunny Boy 6.0       |
|--|---------------------|---------------------|--------------------------------------|--|---------------------|
| <b>Input (DC)</b>  |                     |                     |                                      |  |                     |
| Max. generator power                                     | 5500 W <sub>p</sub> | 5500 W <sub>p</sub> | 7500 W <sub>p</sub>                  | 7500 W <sub>p</sub>                          | 9000 W <sub>p</sub> |
| Max. input voltage                                       |                     |                     | 600 V                                |  |                     |
| MPP voltage range  | 110 V to 500 V      | 130 V to 500 V      | 140 V to 500 V                       | 175 V to 500 V                               | 210 V to 500 V      |
| Rated input voltage                                      |                     |                     | 365 V                                |  |                     |
| Min. input voltage / initial input voltage               |                     |                     | 100 V / 125 V                        |  |                     |
| Max. input current input A / input B                     |                     |                     | 15 A / 15 A                          |  |                     |
| Max. DC short-circuit current input A / input B          |                     |                     | 20 A / 20 A                          |  |                     |
| Number of independent MPP inputs / strings per MPP input |                     |                     | 2 / A:2; B:2                         |  |                     |
| <b>Output (AC)</b>                                       |                     |                     |                                      |  |                     |
| Rated power (at 230 V, 50 Hz)                            | 3000 W              | 3680 W              | 4000 W                               | 5000 W <sup>1)</sup>                         | 6000 W              |
| Rated / Max. apparent power                              | 3000 VA / 3000 VA   | 3680 VA / 3680 VA   | 4000 VA / 4000 VA                    | 5000 VA <sup>1)</sup> /5000 VA <sup>1)</sup> | 6000 VA / 6000 VA   |
| Rated voltage / range                                    |                     |                     | 220 V, 230 V, 240 V / 180 V to 280 V |  |                     |
| Power frequency / range                                  |                     |                     | 50 Hz, 60 Hz / -5 Hz to +5 Hz        |  |                     |
| Rated power frequency / rated grid voltage               |                     |                     | 50 Hz / 230 V                        |  |                     |
| Rated / Max. output current                              | 13.1 A / 13.7 A     | 16 A / 16 A         | 17.4 A / 18.2 A                      | 22 A / 22.8 A                                | 26.1 A / 26.1 A     |
| Power factor at rated power                              |                     |                     | 1                                    |  |                     |
| Adjustable displacement power factor                     |                     |                     | 0.8 overexcited to 0.8 underexcited  |  |                     |
| Feed-in phases / connection phases                       |                     |                     | 1 / 1                                |  |                     |

## 5.6 Ηλεκτρολογικός έλεγχος διασύνδεσης της συστοιχίας με τον inverter

Τα πλαίσια θα συνδεθούν σε 2 σειρές των 11 πλαισίων

Με βάση τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των πλαισίων και του αντιστροφέα (πίνακες) διενεργείται ο έλεγχος της ηλεκτρολογικής διασύνδεσης

$$\text{Πρέπει } V_{DC,m}=35 \times 11=385, \quad 210V < V_{mppt} < 500V \quad \text{ΕΝΤΟΣ ΟΡΙΩΝ}$$

$$V_{DC,oc}=42 \times 11=462V < V_{DC,max}=600V \quad \text{ΕΝΤΟΣ ΟΡΙΩΝ}$$

$$I_{DC}=11.44A < 15A \quad \text{ΕΝΤΟΣ ΟΡΙΩΝ}$$

Όλες οι τιμές είναι εντός των ορίων του αντιστροφέα οπότε είναι εφικτή η προτεινόμενη σύνδεση

## 5.7 Τεχνοοικονομική μελέτη

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται τα ποσά που θα πληρωθούν στον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας για το διάστημα ενός έτους (τρεις εκκαθαριστικοί).

Οι υπολογισμοί του **Πίνακας 3-1** **Πίνακας 5-5** πραγματοποιήθηκαν με βάση τον τιμοκατάλογο της ΔΕΗ για οικιακό τιμολόγιο Γ1

**Πίνακας 5-3**                      **Οι τιμές της κιλονατώρας για οικιακό τιμολόγιο Γ1**

| Κατανάλωση (kWh) | Χρέωση Ενέργειας (€ / kWh) | Πάγιο (€/τετράμηνο) |           |
|------------------|----------------------------|---------------------|-----------|
|                  |                            | 1Φ παροχή           | 3Φ παροχή |
| 0 – 2000 kWh     | 0,1105<br>8                | 1,69                | 5,32      |
| > 2000 kWh       | 0,1193<br>6                |                     |           |

**Πίνακας 5-4 Οι ρυθμιζόμενες και οι λοιπές χρεώσεις**

**Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις<sup>1</sup>**

Οι Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις εγκρίνονται από την Πολιτεία και εφαρμόζονται σε όλους τους πελάτες που κάνουν χρήση του Εθνικού Ηλεκτρικού Συστήματος, ανεξαρτήτως του προμηθευτή που έχουν επιλέξει.

| Κατανάλωση (kWh)            | Σύστημα Μεταφοράς         |                      | Δίκτυο Διανομής           |                      | Λοιπές Χρεώσεις (€/kWh) | ΕΤΜΕΑΡ (€/kWh) | ΥΚΩ (€/kWh) |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|----------------|-------------|
|                             | Ισχύς (ΜΠΧ) €/kVA*ΣΙ/έτος | Ενέργεια (ΜΜΧ) €/kWh | Ισχύς (ΜΠΧ) €/kVA*ΣΙ/έτος | Ενέργεια (ΜΜΧ) €/kWh |                         |                |             |
| Οι πρώτες 1600 (0-1600)     | 0,13                      | 0,0056               | 0,52                      | 0,0213               | 0,00007                 | 0,017          | 0,00690     |
| Οι επόμενες 400 (1601-2000) |                           |                      |                           |                      |                         |                | 0,05000     |
| Όλες οι υπόλοιπες (≥2001)   |                           |                      |                           |                      |                         |                | 0,08500     |

**Χρεωστέα Ισχύς:** Η συμφωνημένη ισχύς (ΣΙ) της παροχής

Διευκρινίσεις

- Το **Οικιακό Τιμολόγιο Γ1** αφορά περίοδο τετραμήνου (συγκεκριμένα, 120 ημερών). Εάν η καταμέτρηση αφορά διαφορετική περίοδο, τότε τα κλιμάκια κατανάλωσης, η χρέωση παγίου και η ελάχιστη χρέωση υπολογίζονται αναλογικά, χρησιμοποιώντας το συντελεστή  $A = \text{ημέρες περιόδου κατανάλωσης} / 120 \text{ ημέρες}$
- Με βάση το νομοθετικό πλαίσιο ως ισχύει, η ΔΕΗ συνεισπράττει με τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας τέλη, φόρους [Φ.Π.Α., Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης (ΕΦΚ) και Ειδικό Τέλος 5%] και ποσά υπέρ τρίτων (ΔΤ, ΔΦ, ΕΡΤ, ΤΑΠ), όπως ορίζονται από την Πολιτεία.

**Πίνακας 5-5 Υπολογισμός ποσών στη διάρκεια ενός έτους**

| <b>ΕΙΛΟΣ ΧΡΕΩΣΗΣ</b>                  | <b>ΧΡΕΩΣΗ</b>   |
|---------------------------------------|---|
| <i>Χρέωση παγίου</i>                  | $1.69 \times 3 = 5.07$  |
| <i>Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας</i>    | $2000 \times 0.11058 +$<br>$6000 \times 0.11936 = 937.32$           |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΧΡΕΩΣΕΩΝ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΔΕΗ</b> | <b>942.39</b>   |
| <i>ΑΔΜΗΕ</i>                          | $0.13 \times 8 \times 1 + 8000 \times 0.0056 =$<br>$45.84$          |
| <i>ΔΕΔΔΗΕ</i>                         | $0.527 \times 8 + 8000 \times 0.0213 =$<br>$174.616$                |
| <i>ΥΚΩ</i>                            | $1600 \times 0.0069 + 400 \times 0.05 + 6000 \times 0.085 = 541.04$ |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <i>ΕΤΜΕΑΡ</i>                       | $8000 \times 0.017 = 136$                            |
| <i>ΛΟΙΠΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ</i>              | $8000 \times 0.00007 = 0.56$                         |
| <i>ΣΥΝΟΛΟ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΩΝ ΧΡΕΩΣΕΩΝ</i> | <b>898.056</b>                                       |
| <i>ΕΦΚ</i>                          | $8000 \times 0.0050 = 40$                            |
| <i>ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ 5%</i>              | $(942.39 + 898.056 - 136 + 40) \times 5/1000 = 8.72$ |
| <i>ΦΠΑ</i>                          | $(942.39 + 898.056 + 40) \times 6/100 = 112.83$      |
| <i>ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΔΙΚΩΝ ΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΦΠΑ</i> | <b>161.55</b>  |
| <b><i>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟ</i></b>         | <b>2092.996</b>                                      |

Πίνακας 5-6 Υπολογισμός εξοπλισμού και εργατικών

| <b>ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ</b>   | <b>ΧΡΕΩΣΗ</b>                                |
|---|--|
| Βάσεις στήριξης πάνελ (4×5 θέσεων και 2×1 θέσης)                            | $4 \times 228.07 + 2 \times 52.48 = 1017.24$ |
| 22 πάνελ Amerisolar   | $22 \times 208 = 4576$                       |
| Inverter Synny Boy  | 1438   |
| Ηλεκτρικός Πίνακας  | 600  |
| Καλώδια DC, 60m, 6mm <sup>2</sup>   | $60 \times 1.85 = 111$                       |
| Σωλήνες Φ20, 30m( τα DC καλώδια θα τοποθετηθούν ανά δύο μέσα στους σωλήνες) | $30 \times 1.18 = 35.4$                      |
| Καλώδια AC, 15m, 5×6mm <sup>2</sup>   | $15 \times 6.91 = 103.65$                    |



|  |                |
|--|----------------|
| ΣωλήναςΦ20, 15m                            | 15×1.18=17.7   |
| Παρελκόμενα(βίδες, στηρίγματα, σφιγκτήρες) | 200            |
| Αμοιβή ηλεκτρολόγου μηχανικού και εργατών  | 500            |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              | <b>8598.99</b> |

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω κόστη μπορεί να υπολογισθεί ο χρόνος απόσβεσης της νέας εγκατάστασης.

$$\text{ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ} = \frac{\text{ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ}}{\text{ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ}} = \frac{8600}{2000} = 4.3 \text{ ΕΤΗ}$$

Σημείωση: Από το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας αφαιρέθηκαν τα 93 διότι είναι οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις που πρέπει να πληρωθούν στους ΕΝΑΝΤΙ λογαριασμούς

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- Σχοινάς Νικόλαος, Σημειώσεις Μαθήματος «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας», Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
- Σταθάτος Ηλίας, Σημειώσεις Μαθήματος «Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Εφαρμογές», Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
- <http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/MECH105/I.%20Διαφάνειες%20Μαθήματος/VIII.%20Φωτοβολταϊκά.pdf>
- [https://ethw.org/Russell\\_Ohl](https://ethw.org/Russell_Ohl)
- <https://fwtovoltaikaa.weebly.com/phiomegatauomicronbetaomicronlambdataualphaiotakappaeta-pialpharhoalphagammaomegagammaeta.html>
- [https://www.researchgate.net/figure/Figure-2-3-photograph-of-the-two-motors-used-in-two-axis-solar-tracking-system\\_fig4\\_331177658](https://www.researchgate.net/figure/Figure-2-3-photograph-of-the-two-motors-used-in-two-axis-solar-tracking-system_fig4_331177658)
- <https://www.4green.gr/news/data/diafora/90674.asp>
- <https://www.alumilsolar.com/solar-mounting-systems/>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film\\_solar\\_cell#/media/File:Thin\\_Film\\_Flexible\\_Solar\\_PV\\_Installation\\_2.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film_solar_cell#/media/File:Thin_Film_Flexible_Solar_PV_Installation_2.JPG)
- <https://files.sma.de/downloads/SB30-60-DS-en-52.pdf>
- [https://imegsevee.gr/wp-content/uploads/2018/01/fotovoltaika\\_systimata.pdf](https://imegsevee.gr/wp-content/uploads/2018/01/fotovoltaika_systimata.pdf)

- <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3575520/oi-protathlites-ton-ependuseon-stin-prasini-energeia>
- [https://www.dei.gr/media/2ibyciv/timok-xt-aug2021-g1\\_nd-1.pdf](https://www.dei.gr/media/2ibyciv/timok-xt-aug2021-g1_nd-1.pdf)
- <https://www.meidanis.gr/el/proionta/kalodia/esoterikon-egkatastaseon>
- [https://smart-solar.gr/product/inverter-δικτύου-μονοφασικός-sma-sunny-boy-6-0-smart-connected-2-mppt/?utm\\_source=Skroutz&utm\\_campaign=Skroutz&utm\\_medium=cpc&utm\\_term=5106&skr\\_prm=WyIxMWJhNjAyMi1hN2YzLTRhMzMtOWZiMy03NmU2NjM5OGEyNmMiLDE2NDYyMTA1NDAxMTIseyJhcHBfdHlwZSI6IndlYiIsImNwIjoiZiIsInRhZ3MiOiIifV0](https://smart-solar.gr/product/inverter-δικτύου-μονοφασικός-sma-sunny-boy-6-0-smart-connected-2-mppt/?utm_source=Skroutz&utm_campaign=Skroutz&utm_medium=cpc&utm_term=5106&skr_prm=WyIxMWJhNjAyMi1hN2YzLTRhMzMtOWZiMy03NmU2NjM5OGEyNmMiLDE2NDYyMTA1NDAxMTIseyJhcHBfdHlwZSI6IndlYiIsImNwIjoiZiIsInRhZ3MiOiIifV0)
- [https://www.smart-cover.gr/product-category/fotovoltaika/αυτόνομα-φωτοβολταϊκά/fotovoltaika-panel/?pa\\_kataskevastis=amerisolar](https://www.smart-cover.gr/product-category/fotovoltaika/αυτόνομα-φωτοβολταϊκά/fotovoltaika-panel/?pa_kataskevastis=amerisolar)