

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ**

**ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Αριθμός 1102**

**ΘΕΜΑ:**

**Η ΑΝΑΓΚΗ ΧΡΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ  
ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΧΩΡΟΥ  
ΓΡΑΦΕΙΩΝ.**

**THE NEED OF USE OF PHOTOVOLTAICS IN GREECE AND A  
NOVEL STUDY OF PHOTOVOLTAICS INSTALLATION FOR THE  
NEEDS OF OFFICES**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ  
ΗΛΙΑΣ ΣΤΑΘΑΤΟΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ**

**ΚΑΨΑΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Α.Μ.4960**

**ΠΑΤΡΑ 2011**

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

---

<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	5
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup></b>	
1.ΟΙ ΜΟΡΦΕΣ ΤΩΝ Α.Π.Ε .....	6
1.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	7
1.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	12
1.3 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	15
1.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΚΕΑΝΩΝ .....	18
1.5 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ .....	20
1.6 ΒΙΟΜΑΖΑ .....	22
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup></b>	
2. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ .....	23
2.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ .....	23
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ .....	24
2.3 ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	25
2.4 Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ .....	27
2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ .....	27
2.5.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ .....	28
2.5.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΕΠΑΦΗΣ PN .....	29
2.6 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ .....	29
2.7 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ .....	30
2.8 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ .....	31
2.9 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ .....	33
2.10 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΥΡΙΤΙΟΥ ΜΕΓΑΛΟΥ ΠΑΧΟΥΣ .....	34
2.11 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΥΛΙΚΑ ΛΕΠΤΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ .....	35
2.12 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	38
2.13 ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ .....	38

2.14 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΙΣΧΥ ΤΟΥΣ.....	39
2.15 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	40
2.16 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ .....	43
2.17 Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ .....	44
2.18 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	46

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ...	51
3.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ – ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ .....	51
3.1.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ .....	51
3.1.2 ΑΕΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ .....	52
3.1.3 ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ .....	53
3.2 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ .....	54
3.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	54

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

4. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	57
4.1 ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ .....	57
4.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (FILL FACTOR).....	59
4.2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΑΣΗΣ .....	60
4.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	60
4.4 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ .....	61
4.5 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ .....	62
4.6 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΤΑΣΗΣ (INVERTER).....	62
4.6.1 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ ΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ. ....	62
4.7 ΣΤΗΡΙΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ .....	64
4.8 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ ΜΕ ΗΛΙΟΣΤΑΤΕΣ .....	65

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°**

5. ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΓΜΟΓΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	67
5.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	67
5.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ .....	68
5.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ .....	70
5.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ .....	72
5.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΑΡΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	74
5.6 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ .....	75
5.7 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	76
5.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΜΒΑΔΟ ΤΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ .....	76
5.9 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ .....	78
5.10 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ .....	79
5.11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	81
5.12 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΑΓΚΑΙΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΓΡΑΦΕΙΟΥ .....	81
5.13 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ .....	83
5.14 ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ .....	85
5.15 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΤΥΠΟΥ INVERTER .....	86

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°**

6. ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	90
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	90
6.2 ΣΥΜΒΑΣΗ ΣΥΜΨΗΦΙΣΜΟΥ .....	90
6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ 25 ΕΤΗ ....	91
6.4 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ Φ/Β ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ .....	92
6.5 ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ 25 ΕΤΩΝ .....	94
6.6 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΓΙΑ 25 ΕΤΗ .....	95
6.7 ΟΦΕΛΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ 25 ΕΤΩΝ .....	96
6.8 ΕΤΗΣΙΕΣ ΚΑΘΑΡΕΣ ΣΩΡΕΥΤΙΚΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΡΟΕΣ .....	96

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>**

7.ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	97
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	97
7.2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΓΙΑ 25 ΕΤΗ .....	97
7.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΩΡΕΥΤΙΚΩΝ ΜΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ CO <sub>2</sub> .....	98

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>**

8.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	99
8.1 ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	99

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>100</b>
---------------------------	------------

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον κ. Ηλία Σταθάτο επιβλέποντα της παρούσας πτυχιακής εργασίας για τη δυνατότητα που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την παρούσα εργασία και για την ευκαιρία που μου δόθηκε μέσω αυτής να αποκτήσω εξειδικευμένες γνώσεις στον τομέα της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας καθώς και για την εμπιστοσύνη και την συνολική καθοδήγηση του και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά την διάρκεια της εκπόνησής της.

Ευχαριστώ θερμά την μητέρα μου για την συμπαράσταση και την υποστήριξη της όλα αυτά τα χρόνια προκειμένου να ολοκληρώσω τις σπουδές μου και την Ευαγγελία την σύντροφο της ζωής μου η οποία στάθηκε δίπλα μου συμμετέχοντας στις αγωνίες μου, στις ευχάριστες και στις δύσκολες στιγμές σε όλη την διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

**Την παρούσα εργασία την αφιερώνω στην μνήμη του πατέρα μου.**

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί το περιβάλλον με πολλούς τρόπους βασικής σημασίας για τη ζωή του. Νερό, τροφή, οξυγόνο, ενέργεια είναι απαραίτητα για την επιβίωσή του. Οφείλει να διαφυλάσσει το περιβάλλον και να το εκμεταλλεύεται με σύνεση για να διαφυλάξει την διαβίωση του. Από τα μεγαλύτερα προβλήματα της εποχής, που καλείται να αντιμετωπίσει σήμερα η ανθρωπότητα είναι η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μια ενθαρρυντική λύση για την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος, δεδομένου όμως ότι οι καύσιμες ύλες του πλανήτη μας μειώνονται γρήγορα, η αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί.

Μία από τις σημαντικότερες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας θεωρείται η ηλιακή ενέργεια, στην οποία και στηρίζεται η παρούσα εργασία.

Αναλυτικότερα, η εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη, με το πρώτο μέρος να περιλαμβάνει την βιβλιογραφική και διαδικτυακή έρευνα που έγινε για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με κυρίαρχο στόχο τα φωτοβολταϊκά συστήματα, και στο δεύτερο μέρος να πραγματοποιείται η μελέτη για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο κτίριο γραφείων τεχνικής εταιρείας βάση αυτής της έρευνας.

## **1<sup>0</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

### **1. ΟΙ ΜΟΡΦΕΣ ΤΩΝ ΑΠΕ**

Στις πόλεις καθημερινά καλύπτουμε τις ενεργειακές μας ανάγκες, σχεδόν αποκλειστικά, από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο, τη βενζίνη και τον άνθρακα. Ο ηλεκτρισμός που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις πηγές αυτές, οι οποίες παρόλη τη σπουδαία συνεισφορά τους στο σύγχρονο πολιτισμό, ρυπαίνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον και εξαντλούνται με ταχύτατους ρυθμούς.

Αντιθέτως, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, το νερό, η βιομάζα είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Εξάλλου, η αξιοποίησή τους για την παραγωγή ενέργειας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον.

Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών μας αναγκών,

συνεισφέροντας στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικά καύσιμα, στην ελάττωση του φαινομένου του Θερμοκηπίου, στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στην ανάπτυξη αποκεντρωμένων περιοχών.

Οι μορφές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας διακρίνονται ως εξής :

- Ηλιακή ενέργεια
- Αιολική ενέργεια
- Υδροηλεκτρική ενέργεια
- Ενέργεια Ωκεανών
- Γεωθερμία
- Βιομάζα

## 1.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Η κύρια και πρωταρχική πηγή ενέργειας για τη Γη είναι ο Ήλιος, μια γιγαντιαία σφαίρα που αποτελείται από αέρια.

Κάθε ημέρα φτάνει μέσω ακτινοβολίας στην Ελλάδα τόση ηλιακή ενέργεια που θα μπορούσε να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες των κατοίκων της για ενάμισι χρόνο. Η Ελλάδα, χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια προσφέρεται για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, καθώς απολαμβάνει τον ήλιο σχεδόν όλο το χρόνο. Ο ήλιος, είναι μια πηγή απεριόριστης ενέργειας, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας δεν χρησιμοποιείται αλλά εντούτοις μας προσφέρει ισχύ εκατομμυρίων Watt.

Εφόσον έχουμε αυτό το προνόμιο, οφείλουμε να το εκμεταλλευτούμε μέσω τεχνολογιών που χρησιμοποιούν τη θερμική και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του ήλιου. Η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο σε απομακρυσμένες όσο και σε κατοικημένες περιοχές, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον, κάνει ελκυστική τη

χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα. Η ηλιακή ενέργεια είναι δυνατό να αποτελέσει στο μέλλον την κυριότερη εναλλακτική λύση στο ενεργειακό και περιβαλλοντικό πρόβλημα. Η ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζει το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολο της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο αλλά και είναι περιβαλλοντικά καθαρή. Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι **χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών**: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



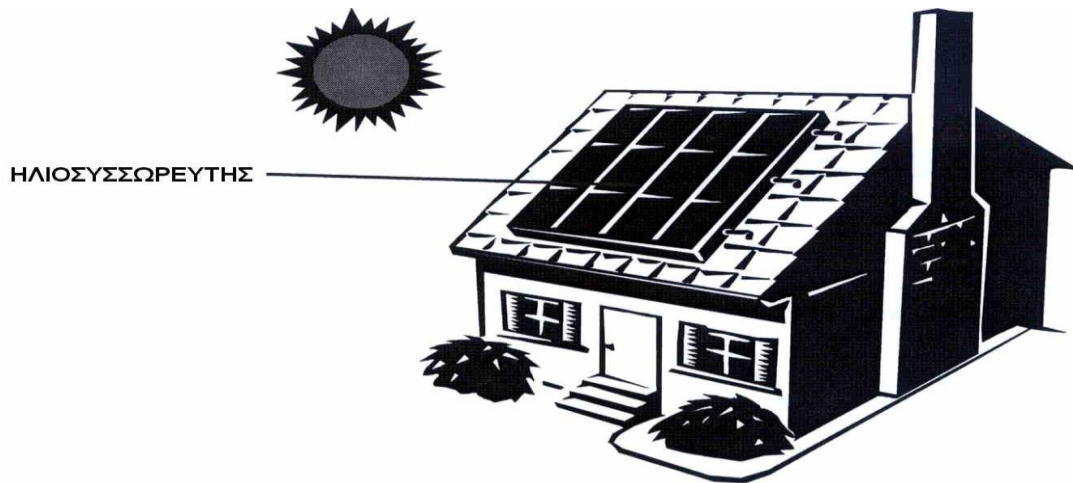
## ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ

### 1) Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

Η "καρδιά" ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης, που είναι συνήθως τοποθετημένος στην ταράτσα ή στη στέγη ενός σπιτιού. Ο συλλέκτης παγιδεύει την ηλιακή ακτινοβολία για να παράγει θερμότητα. Στη συνέχεια, αυτή η θερμότητα μεταφέρεται στον τόπο που θα αποθηκευτεί ή θα καταναλωθεί. Όταν εκτεθεί στον ήλιο μια μαύρη επιφάνεια θερμαίνεται πιο εύκολα (έντονη απορρόφηση



ηλιακής ακτινοβολίας) απ' ότι μια άσπρη επιφάνεια (όπου έχουμε ανάκλαση μεγάλου μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας).



## 2) Παθητικά ηλιακά συστήματα

Ο άνθρωπος από παλιά είχε καταλάβει ότι μπορεί να χτίσει το σπίτι του με τέτοιο τρόπο, ώστε να αξιοποιεί τον ήλιο όσο το δυνατό περισσότερο για τη θέρμανση του το χειμώνα, αλλά και να προστατεύεται απ' αυτόν το καλοκαίρι. Τα σπίτια στις Κυκλάδες, όπου υπάρχει άφθονος ήλιος και λίγη βλάστηση, είναι ολόλευκα για να ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία. Τα κτίρια που περιλαμβάνουν παθητικά ηλιακά συστήματα στη σχεδίαση και κατασκευή τους λέγονται βιοκλιματικά κτίρια. Ας δούμε πώς μπορούν να εφαρμοστούν ορισμένα από αυτά τα συστήματα για τη θέρμανση χώρων: Τοποθετώντας μεγάλα παράθυρα στη νότια πλευρά ενός κτιρίου, επιτρέπουμε, το χειμώνα, στην ηλιακή ακτινοβολία να περάσει στο χώρο και να τον θερμάνει.



Βιοκλιματικό σχολείο στην Κρήτη

Ταυτόχρονα με την χρήση θερμομόνωσης και φροντίζοντας να μην υπάρχουν χαραμάδες, εμποδίζουμε αυτή τη θερμότητα να διαφύγει. Χρησιμοποιώντας επιπλέον, κατάλληλα υλικά για τους τοίχους και το δάπεδο, που να απορροφούν και να αποθηκεύουν τη θερμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, μπορούμε να πάρουμε πίσω αυτή τη θερμότητα το βράδυ, που τη χρειαζόμαστε περισσότερο.

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ

Εκτός από την άμεση χρήση ή την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας ως θερμικής, είναι δυνατό να τη μετατρέψουμε και σε ηλεκτρική. Αυτή η μετατροπή λέγεται **φωτοβολταϊκό φαινόμενο**. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε ορισμένα υλικά, τα οποία έχουν την ιδιότητα να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν φωτίζονται.



Χρήση Φ/Β σε φωτιστικό δρόμου

Μικρά κομμάτια αυτών των υλικών (φωτοβολταϊκά στοιχεία) ή συστοιχίες πολλών μαζί (φωτοβολταϊκά πλαίσια) είναι δυνατό να τροφοδοτούν ηλεκτρικές συσκευές ή και να φορτίζουν ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες) μόνο από την ηλιακή ενέργεια.

## ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- ✓ Είναι η μοναδική διαθέσιμη ενέργεια παντού και δωρεάν, τα ηλιακά συστήματα λειτουργούν και χωρίς την άμεση ηλιακή ακτινοβολία
- ✓ Απόλυτα ενεργειακά ανεξάρτητη
- ✓ Απόλυτα φιλική προς το περιβάλλον
- ✓ Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 25-30 χρόνια) , πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης
- ✓ Μηδενική ρύπανση

- ✓ Αθόρυβη λειτουργία
- ✓ Απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές (μη διασυνδεδεμένα νησιά)
- ✓ Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες
- ✓ Ελάχιστη συντήρηση

## **ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

- ✓ Το αρχικό κόστος είναι το κύριο μειονέκτημα της εγκατάστασης ενός συστήματος ηλιακής ενέργειας, κατά ένα μεγάλο μέρος λόγω του υψηλού κόστους των ημιαγωγικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην οικοδόμηση ενός συστήματος.
- ✓ Το κόστος της ηλιακής ενέργειας είναι επίσης υψηλό έναντι της μη ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Δεδομένου ότι οι ενεργειακές ελλείψεις γίνονται πιο κοινές, η ηλιακή ενέργεια γίνεται ανταγωνιστικότερη.
- ✓ Τα ηλιακά πλαίσια απαιτούν αρκετά μεγάλη περιοχή για την εγκατάσταση για να επιτύχουν ένα καλό επίπεδο αποδοτικότητας. Η αποδοτικότητα του συστήματος επηρεάζεται και από την θέση του ήλιου αλλά και από την περιοχή.
- ✓ Η παραγωγή της ηλιακής ενέργειας επηρεάζεται από την παρουσία σύννεφων ή ρύπανσης στον αέρα.
- ✓ Απαραίτητη αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της μεγάλης διακύμανσης της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας.

## 1.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα μετακινούνται με ταχύτητα από τη μία περιοχή σε κάποια άλλη, λόγω της ανομοιόμορφης θέρμανσης της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια. Το συνολικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της Ελλάδας μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ηλεκτρικών αναγκών της.

### ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής καθώς παρουσιάζει μια πλειάδα πλεονεκτημάτων:

- Το «καύσιμο» ο άνεμος είναι πρακτικά ανεξάντλητο.
- Δεν εκλύονται στην ατμόσφαιρα αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και έτσι οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. **Χαρακτηριστικά** η χρήση μιας ανεμογεννήτριας 600KW, σε κανονικές συνθήκες αποτρέπει την ελευθέρωση 1200 τόνων CO<sub>2</sub> ετησίως που θα αποβάλλονταν στο περιβάλλον αν χρησιμοποιείτο άλλη πηγή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως π.χ. λιγνίτης.

- Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.
- Η αιολική ενέργεια είναι σήμερα η φθηνότερη μορφή ενέργειας. Η τιμή της εξαρτάται από την ύπαρξη-παροχή ανέμου και από τη χρηματοδότηση ή μη του εκάστοτε προγράμματος παραγωγής αιολικής ενέργειας.
- Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να στηθούν σε αγροκτήματα ωφελώντας έτσι την οικονομία των αγροτικών περιοχών, όπου βρίσκονται οι περισσότερες από τις καλύτερες τοποθεσίες από την άποψη του ανέμου.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και στην συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Η αιολική ενέργεια ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια.
- Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι αισθητά αθόρυβες. Για παράδειγμα το επίπεδο της έντασης του ήχου σε απόσταση 40 μέτρων από μια ανεμογεννήτρια είναι 50 - 60 db(A), που είναι αντίστοιχο με την ένταση μιας συζήτησης. Δεδομένης δε της απαιτούμενης ελάχιστης απόστασης των ανεμογεννητριών από γειτονικούς οικισμούς το επίπεδο αυτό είναι ακόμη χαμηλότερο, της τάξης των 30 db(A) περίπου, που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου ενός ήσυχου καθιστικού.

## **ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Παρόλα τα πολλά προαναφερθέντα πλεονεκτήματα, η αιολική ενέργεια έχει και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα που είναι ως ένα σημαντικό βαθμό αποτρεπτικά για την εξάπλωσή τους:

- Τα αιολικά συστήματα έχουν υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης.
- Απαιτούν πολύ χρόνο για την έρευνα και τη χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού των μεγάλων περιοχών, ώστε να εντοπιστούν τα ευνοϊκά σημεία.

- Παρουσιάζουν διακυμάνσεις ως προς την απόδοση ισχύος, διακύμανση που οφείλεται στη μεταβαλλόμενη κατά τη διάρκεια της ημέρας, του μήνα και του έτους ένταση του ανέμου. Η αιολική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί (εκτός αν χρησιμοποιηθούν μπαταρίες που όμως αυξάνουν κατά πολύ το κόστος της εγκατάστασης). Επιπλέον δεν μπορούν όλοι οι άνεμοι να τιθασευτούν ώστε να καλυφτούν τη στιγμή που προκύπτουν οι ανάγκες του ηλεκτρισμού.
- Ως μορφή ενέργειας παρουσιάζει χαμηλή πυκνότητα και έχει αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτούνται πολλές ανεμογεννήτριες για την παραγωγή αξιόλογης ισχύος και αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιείται σαν συμπληρωματική πηγή ενέργειας.
- Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανατώσεις πουλιών. Γι' αυτό σε κάθε περίπτωση, πριν τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου ή και οποιασδήποτε εγκατάστασης ΑΠΕ θα πρέπει να έχει προηγηθεί Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.).
- Οπτικοαισθητική επίδραση: Η εγκατάσταση μιας τεράστιας ανεμογεννήτριας σε μια όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή δημιουργεί άσχημη οπτική εντύπωση. Αντίθετα η εγκατάσταση της ίδιας ανεμογεννήτριας σε μια αχανή έκταση περνά σχεδόν απαρατήρητη.
- Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση: Το πρόβλημα της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης δημιουργείται από την ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια της πτερωτής.

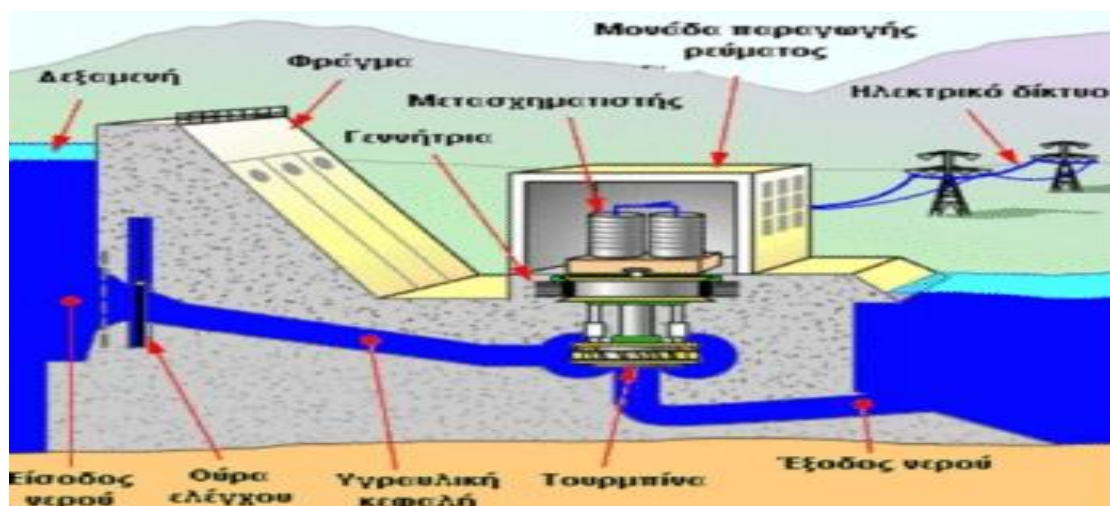


### 1.3 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών. Η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση από δίνες και ρεύματα, καθώς το νερό ρέει κατηφορικά σε ρυάκια, χείμαρρους και ποτάμια μέχρι να φτάσει στη θάλασσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, που στηρίζεται στην εκμετάλλευση των ποταμών και των τεχνητών ή φυσικών φραγμάτων.

#### Μετατροπή της υδροηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρική



Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων (υδατοταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Οι

υδροηλεκτρικές μονάδες εκμεταλλεύονται τη φυσική διαδικασία του κύκλου του νερού. Κάθε μέρα ο πλανήτης μας αποβάλλει μια μικρή ποσότητα νερού καθώς η υπεριώδης ακτινοβολία διασπά τα μόρια του νερού σε ιόντα. Ταυτόχρονα νέες ποσότητες νερού εμφανίζονται λόγω της ηφαιστειακής δραστηριότητας, έτσι ώστε η συνολική ποσότητα του νερού να διατηρείται περίπου σταθερή. Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται ένα φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευσή του από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια. Η ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες. Δύο από τους σημαντικότερους είναι ο όγκος του νερού που ρέει και η διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στρόβιλου. Η ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγεται είναι ανάλογη των δύο αυτών μεγεθών. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του ταμιευτήρα.



Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας.

- Τα μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον καθώς επηρεάζεται ολόκληρο το οικοσύστημα και μεταβάλλεται ριζικά η μορφολογία της περιοχής.
- Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα διαφέρουν σημαντικά από της μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.



Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και η λειτουργία τους παρουσιάζει πολύ μικρότερη περιβαλλοντική όχληση. Για το λόγο αυτό, οι υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα και συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ.

## **ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Τα πλεονεκτήματα της υδροηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από μονάδες μεγάλης και μικρής κλίμακας είναι:

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις απαιτηθεί, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς που απαιτούν σημαντικό χρόνο προετοιμασίας.
- Είναι μία "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας όσον αφορά τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα.
- Μέσω των υδατοταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, περιοχών αναψυχής και αθλητισμού.

## **ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Εκτός βέβαια από τα πλεονεκτήματα που αναφέρονται πιο πάνω, υπάρχουν και τα μειονεκτήματα που σχετίζονται με τη δημιουργία έργων μεγάλης κλίμακας, όπως:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εγκατάστασης εξοπλισμού, καθώς και ο σύνθητες μεγάλος χρόνος αποπεράτωσης του έργου.
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση της περιοχής του έργου (συμπεριλαμβανομένων της γεωμορφολογίας, της πανίδας και της χλωρίδας), καθώς και η ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, η υποβάθμιση περιοχών, οι απαιτούμενες αλλαγές χρήσης γης.
- Επιπλέον, σε περιοχές δημιουργίας μεγάλων έργων παρατηρήθηκαν αλλαγές του μικροκλίματος για παράδειγμα η εμφάνιση ομίχλης εξαιτίας των λιμνών, αλλά και η αύξηση της σεισμικής επικινδυνότητας τους.

Για τους λόγους αυτούς, η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή έργων μικρότερης κλίμακας, όπως η δημιουργία μικρότερων φραγμάτων, συστοιχίες μικρών υδροηλεκτρικών έργων και μονάδες μικρής κλίμακας.

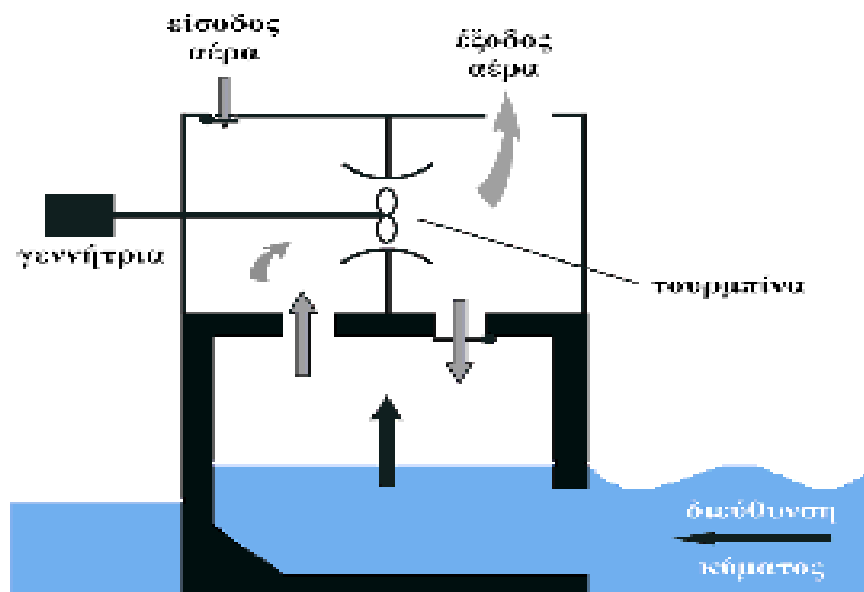
#### 1.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΚΕΑΝΩΝ (ΚΥΜΑΤΩΝ, ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ, ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ)



Μία ακόμα αξιόλογη ΑΠΕ που χρήζει αναφοράς είναι και η ενέργεια των ωκεανών. Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας.

Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας:

- α) από τα κύματα
- β) από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)
- γ) από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού



Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας

## ■ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΚΥΜΑΤΑ

Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα. Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιέζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι μόνο ένας τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων.

## ■ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ

Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας χρονολογείται από εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν οι νερόμυλοι. Ο τρόπος είναι απλός: τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν τον υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα.

## ■ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον  $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ

Από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από την "καθαρή", ανεξάντλητη και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα είναι:

- Το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων
- Η μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος)
- Η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.

## ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ

- Το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι το μεγάλο κόστος μεταφοράς της ενέργειας από την θάλασσα στη στεριά.

### 1.5 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ



Είναι η ενέργεια που είναι αρμόδια για τις τεκτονικές πλάκες, τα ηφαίστεια και τους σεισμούς. Η θερμοκρασία στο εσωτερικό της γης φτάνει έως και την τιμή των  $7000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ενώ σε βάθη 80km με 100km μειώνεται στους 650 με  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ο καυτός λειωμένος βράχος θερμαίνει τα περιβάλλοντα υπόγεια νερά, τα οποία ανεβαίνουν στην επιφάνεια σε ορισμένες περιοχές υπό μορφή καυτού ατμού ή νερού, π.χ. θερμά λουτρά και θερμικοί πίδακες (geysers). Η θερμική αυτή ενέργεια μπορεί να εκμεταλλευτεί σαν πηγή ενέργειας. Ο συνολικός γεωθερμικός πόρος είναι απέραντος. Κατ' εκτίμηση  $100\text{PWh}$  ( $1 \times 10^{17}\text{ Wh}$ ) γεωθερμικής ενέργειας φτάνει στην επιφάνεια της γης κάθε χρόνο.

**Η μετάδοση της θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:**

- α) Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό  $0,04 - 0,06\text{ W/m}^2$
- β) Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων. Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας.

## Η χρήση της γεωθερμίας με βάση το θερμοκρασιακό επίπεδο:

1. Η Υψηλής Ενθαλπίας (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1916 MW με παραγόμενη ενέργεια  $12 \times 10^6$  kWh ανά χρόνο
2. Η Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
3. Η Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

## ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας αποτελούν μια αξιόπιστη, οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία, η οποία αξιοποιεί τη σχεδόν σταθερή θερμοκρασία του εδάφους, λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια, η οποία διατηρείται στους 17-18 βαθμούς Κελσίου, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν «εκεί έξω» προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες κάθε λογής κτηρίων και εγκαταστάσεων σε θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης με υψηλό βαθμό απόδοσης. Με δεδομένο ότι το έδαφος, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, ήδη ανήκει στην υπεράνω του ιδιοκτησία (άρα το κόστος κτήσης είναι μηδενικό) και η συντήρηση που απαιτεί ο εγκατεστημένος εξοπλισμός είναι αμελητέα, μετά την απόσβεση της υπολογίσιμης αρχικής επένδυσης το κόστος χρήσης περιορίζεται μόνο στη (χαμηλή) κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας.

## ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

1. Το αρχικό κόστος κατασκευής είναι υψηλότερο από ότι του συμβατικού συστήματος.
2. Υπάρχει δυσκολία στην επιδιόρθωση μιας διαρροής στα κλειστά κυκλώματα.
3. Για τα ανοικτού κυκλώματος συστήματα απαιτείται μεγάλη παροχή καθαρού νερού.

## 1.6 ΒΙΟΜΑΖΑ



Μια μορφή βιομάζας: pellets (συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών.

Γενικά, ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών.
- Τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής καθώς και τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών
- Τα βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

### ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας έχουμε τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων.
2. Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της "όξινης βροχής". Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.

3. Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.

## **ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Από την χρησιμοποίηση της βιομάζας, ως επί το πλείστον, έχουμε τις εξής δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της:

1. Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
2. Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της έναντι των ορυκτών καυσίμων.
3. Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
4. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

## **2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

### **ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ**



#### **2.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ**

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών υλικών σε ατομικό επίπεδο. Ας πάρουμε όμως τα πράγματα από την αρχή.

Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε την διαπερνά (διαπερατότητα) είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη

μορφή ενέργειας (σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας) η οποία συνήθως είναι η θερμότητα. Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων (πακέτα ενέργειας) σε ηλεκτρική ενέργεια.

Αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί και σε αυτά **οφείλεται** επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελεστεί στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών.

Γενικότερα τα υλικά στην φύση σε σχέση με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες, τους αγωγούς του ηλεκτρισμού, τους μονωτές του ηλεκτρισμού και τους ημιαγωγούς. Ένας ημιαγωγός έχει την ιδιότητα να μπορεί να ελεγχθεί η ηλεκτρική του αγωγιμότητα είτε μόνιμα είτε δυναμικά.

## 2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

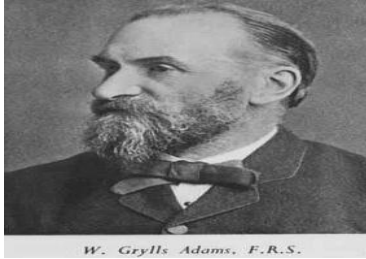
Ζούμε σε μια περίοδο όπου η διόγκωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων σε συνδυασμό με την εξάντληση των ορυκτών ενεργειακών πόρων και τα τεράστια βήματα στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων κάνουν πλέον εφικτή την χρήση τους. **Πώς φτάσαμε όμως ως εδώ και ποιά είναι η ιστορία των φωτοβολταϊκών** ; Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839 όταν ο Γάλλος φυσικός **Edmond Becquerel** (1820 - 1891) ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά την διάρκεια πειραμάτων του με μια ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια.



Edmond Becquerel

Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1876 όταν οι **Adams** (1836 - 1915) και ο φοιτητής του **Day** παρατήρησαν ότι μια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόταν από το σελήνιο (Se) όταν αυτό ήταν εκτεθειμένο στο φως.





Adams

Το 1918 ο Πολωνός **Czochralski** (1885 - 1953) πρόσθεσε την μέθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Si) με την σχετική έρευνα του και η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται βελτιστοποιημένη ακόμα και σήμερα.



Czochralski

Μια σημαντική ανακάλυψη έγινε επίσης το 1949 όταν οι **Mott** και **Schottky** ανέπτυξαν την θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης. Στο μεταξύ η κβαντική θεωρία είχε ξεδιπλωθεί. Ο δρόμος πλέον για τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές είχε ανοίξει.

Το πρώτο ηλιακό κελί ήταν γεγονός στα εργαστήρια της **Bell** το 1954 από τους **Chapin**, **Fuller** και **Pearson**. Η απόδοση του ήταν 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

### 2.3 ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τέσσερα χρόνια μετά, το **1958** η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων προσαρτάται στον χώρο των διαστημικών εφαρμογών όταν τοποθετήθηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα στον δορυφόρο **Vanguard I**.



Δορυφόρος Vanguard

Το σύστημα αυτό λειτούργησε επιτυχώς για 8 ολόκληρα χρόνια και ήταν ένα από τα πρώτα φωτοβολταϊκά συστήματα. Από το χρονικό αυτό σημείο και μετά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα άρχισαν να ενσωματώνονται σταδιακά σε διάφορες εφαρμογές και η τεχνολογία να βελτιώνεται συνεχώς. Το **1962** η μεγαλύτερη Φ/Β εγκατάσταση στον κόσμο γίνεται στην Ιαπωνία από την **Sharp**, σε έναν φάρο. Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος είναι **242Wp**. Τα φωτοβολταϊκά ξεκίνησαν λοιπόν να κάνουν την εμφάνιση τους αλλά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής η εφαρμογή τους ήταν δυνατή μόνο σε **ειδικές περιπτώσεις** αυτόνομων συστημάτων. Η έρευνα όμως προχωρούσε και η απόδοση των Φ/Β συνεχώς βελτιωνόταν. Κυριότερος πελάτης των φωτοβολταϊκών τις δεκαετίες που ακολούθησαν είναι η NASA. Οι υψηλές τιμές των φωτοβολταϊκών ήταν ο σημαντικότερος λόγος που δεν υπήρχε περισσότερο ενθουσιώδης αποδοχή από την αγορά. Ενδεικτικά η τιμή των φωτοβολταϊκών ξεκινάει από τα **500\$** ανά εγκατεστημένο Watt το 1956, ενώ μετά από 14 χρόνια, το 1970 αγγίζει τα **100\$/Watt**. Το 1973 οι βελτιώσεις στις μεθόδους παραγωγής φέρνουν το κόστος των φωτοβολταϊκών στα **50\$/Watt**. Η πρώτη εγκατάσταση PV που φτάνει στα επίπεδα του 1MW (μεγαβάτ) γίνεται στην Καλιφόρνια το **1980** από την ARCO Solar χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου 2 αξόνων (dual-axis trackers).



Η εξέλιξη αρχίζει πλέον να γίνεται με ταχύτερους ρυθμούς. Το **1983** η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β φτάνει τα 22MW και ο συνολικός τζίρος τα 250.000.000\$. Το **1999** η εταιρία Spectrolab σε συνεργασία με το NREL αναπτύσσουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο **με απόδοση 32,3%**. Το στοιχείο αυτό είναι συνδυασμός τριών υλικών (στρώσεων) και ειδικό για εφαρμογές σε συγκεντρωτικά συστήματα

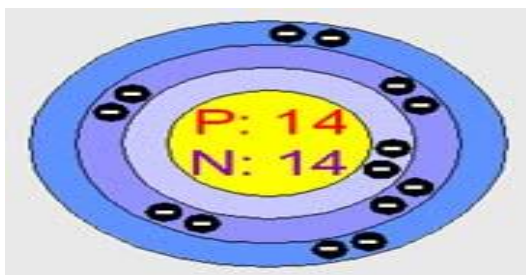
CPV. Την ίδια χρονιά το ρεκόρ στην απόδοση των Thin Films φτάνει στο 18.8%. Η παραγωγή όλων των τεχνολογιών των Φ/Β πάνελ φτάνει συνολικά τα 200 MegaWatt.

## 2.4 Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Η μαζική είσοδος μεγάλων εταιρειών στον χώρο των Φ/Β φέρνει την μαζική παραγωγή και αυτή με την σειρά της την **τιμή των διασυνδεδεμένων συστημάτων** στα 6,5 ευρώ ανά εγκατεστημένο Wp. Γερμανία και Ιαπωνία κυριαρχούν στην κατασκευή Φ/Β πάνελ και πλέον σε όλες τις αναπτυσσόμενες χώρες αρχίζουν, με τον έναν (παραγωγή εξοπλισμού) ή τον άλλον τρόπο (κατασκευή Φ/Β εγκαταστάσεων), να υιοθετούν τις τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών και να παγιώνονται στην συνείδηση των επενδυτών αλλά και των καταναλωτών ενέργειας. Η συνολική παραγωγή το 2004 έφτασε τα **1.200 MegaWatt** Φ/Β στοιχείων ενώ ο τζίρος της ίδιας χρονιάς άγγιξε τα **6.500.000.000\$**. Σήμερα σε οικονομίες μεγάλης κλίμακας έχουν επιτευχθεί μεγάλες αποδόσεις στα κρυσταλλικά κυρίως υλικά και αρκετές χώρες με πρωτοπόρες την Γερμανία και την Ιαπωνία έχουν ήδη επενδύσει τεράστια κονδύλια με σκοπό την ευρύτερη εκμετάλλευση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Ήδη βέβαια οι χώρες αυτές έχουν αρχίσει και απολαμβάνουν τους καρπούς της εξελιγμένης τεχνογνωσίας τους.

## 2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ

Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου που βρίσκεται στην εξωτερική του στοιβάδα (σθένους). Ο περισσότερο γνωστός ημιαγωγός είναι το πυρίτιο (Si) για αυτό και θα επικεντρωθούμε σε αυτό.



Πυρίτιο (Si)

Το πυρίτιο έχει ατομικό αριθμό 14 και έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 4 ηλεκτρόνια. Όλα τα άτομα που έχουν λιγότερα ή περισσότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα (είναι "γενικά" συμπληρωμένη με 8 e) ψάχνουν άλλα άτομα με τα οποία μπορούν να ανταλλάξουν ηλεκτρόνια ή να μοιραστούν κάποια με σκοπό τελικά να αποκτήσουν συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα σθένους.

Σε αυτήν την τάση οφείλεται και η κρυσταλλική δομή του πυριτίου αφού όταν συνυπάρχουν πολλά άτομα μαζί διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεισφέρουν ηλεκτρόνια με όλα τα γειτονικά τους άτομα και τελικά με αυτόν τον τρόπο να αποκτούν μια συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα και κρυσταλλική δομή.

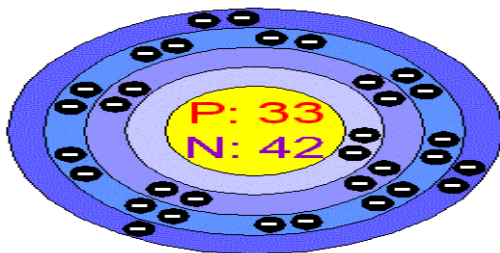
Αυτή είναι και η καθοριστική ιδιότητα που έχουν τα κρυσταλλικά υλικά.

Στην κρυσταλλική του μορφή όμως το πυρίτιο είναι σταθερό. Δεν έχει ανάγκη ούτε να προσθέσει ούτε να διώξει ηλεκτρόνια κάτι που ουσιαστικά του δίνει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πολύ κοντά σε αυτά ενός μονωτή αφού δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό του.

### 2.5.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ

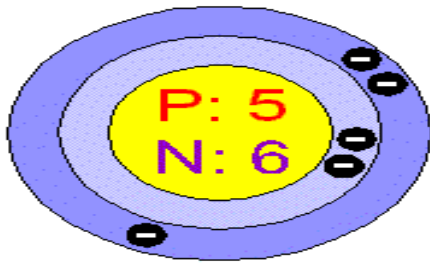
Τις ημιαγωγές ιδιότητες του το πυρίτιο τις αποκτά με τεχνικό τρόπο. Αυτό πρακτικά γίνεται με την πρόσμειξη με άλλα στοιχεία τα οποία είτε έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο είτε ένα λιγότερο στην στοιβάδα σθένους τους. Αυτή η πρόσμειξη τελικά κάνει τον κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά φορτία (υλικό **τύπου p**) είτε σε αρνητικά φορτία (υλικό **τύπου n**).

Για να φτιαχτεί λοιπόν ένας ημιαγωγός **τύπου n** ή αλλιώς ένας αρνητικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου θα πρέπει να γίνει πρόσμειξη ενός υλικού με 5e στην εξωτερική του στοιβάδα όπως για παράδειγμα το **Αρσένιο (As)**.



**Αρσένιο (As)**

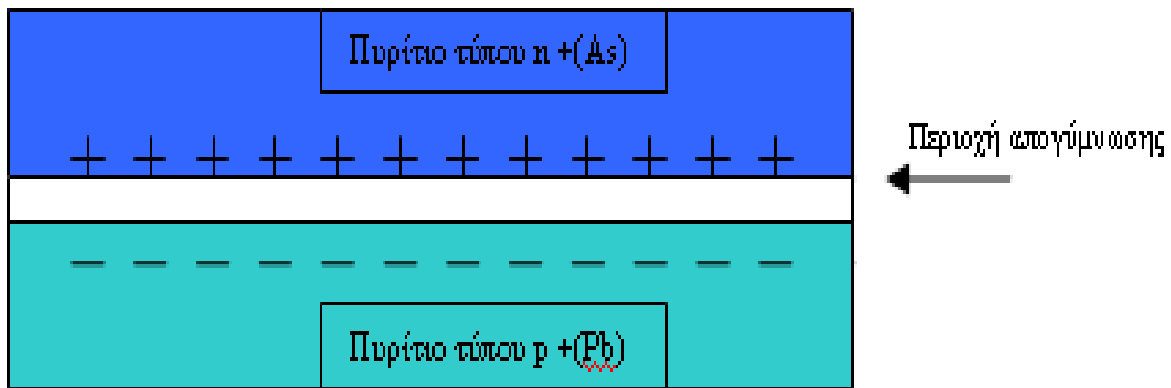
Αντίστοιχα για να δημιουργήσουμε έναν ημιαγωγό **τύπου p** ή αλλιώς θετικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου χρειάζεται να γίνει πρόσμειξη στον κρύσταλλο κάποιου υλικού όπως το **βόριο (B)** που έχει 3e στην εξωτερική του στοιβάδα.



**Βόριο(B)**

### 2.5.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΕΠΑΦΗΣ P-N

Εάν φέρουμε σε επαφή δύο κομμάτια πυριτίου **τύπου n** και **τύπου p** το ένα απέναντι από το άλλο δημιουργείται **μια διόδος** ή αλλιώς ένα ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή των δύο υλικών το οποίο επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση μόνο.



Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της επαφής **n** έλκονται από τις «οπές» της επαφής **p**. Αυτό το ζευγάρι των δύο υλικών είναι το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού και η βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

### 2.6 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η ηλιακή ακτινοβολία έρχεται με την μορφή πακέτων ενέργειας ή φωτονίων. Τα φωτόνια όταν προσπίπτουν σε μια διάταξη φωτοβολταϊκού κελιού περνούν αδιατάραχτα την επαφή τύπου **p** ή χτυπούν τα άτομα της περιοχής **τύπου p**.

Τα ηλεκτρόνια της περιοχής **τύπου p** αρχίζουν και κινούνται μεταξύ των οπών ώσπου τελικά φτάνουν στην περιοχή της διόδου όπου και έλκονται πλέον από το θετικό πεδίο της εκεί περιοχής.

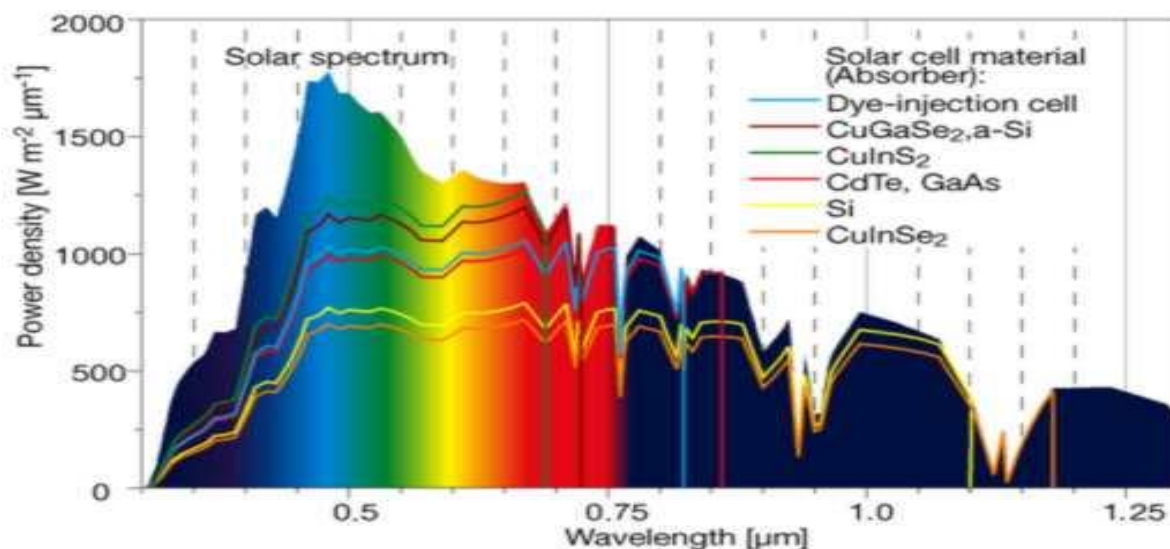
Αφού ξεπεράσουν το ενεργειακό χάσμα αυτής της περιοχής μετά είναι αδύνατον να επιστρέψουν.

Στο κομμάτι της επαφής **n** πλέον έχουμε μια περίσσεια ηλεκτρονίων που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε. Αυτή η περίσσεια των ηλεκτρονίων μπορεί να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα εάν τοποθετήσουμε μια διάταξη όπως ένας μεταλλικός αγωγός στο πάνω μέρος της επαφής **n** και στο κάτω της επαφής **p** και ένα φορτίο ενδιάμεσα με τέτοιο τρόπο ώστε να κλείσει ένας αγωγίμος δρόμος για το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται. Αυτή είναι απλοποιημένα η γενική αρχή λειτουργίας του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

## 2.7 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Γιατί όμως δεν μπορούμε να εκμεταλλευτούμε όλη την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια; Το κάθε ημιαγωγό υλικό αντιδρά σε διαφορετικά μήκη κύματος της ακτινοβολίας.

Κάποια υλικά αντιδρούν σε ευρύτερα φάσματα ακτινοβολίας από κάποια άλλα.



Έτσι ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιούμε μπορούμε να εκμεταλλευτούμε μόνο εκείνο το φάσμα της ακτινοβολίας που αντιδρά με το συγκεκριμένο υλικό.

Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε σχέση με την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια συμβολίζει τον **συντελεστή απόδοσης** του υλικού ( $\eta$ ).

Οι δύο βασικοί παράγοντες για την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού υλικού είναι το ενεργειακό χάσμα του υλικού και ο συντελεστής μετατροπής.



## 2.8 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

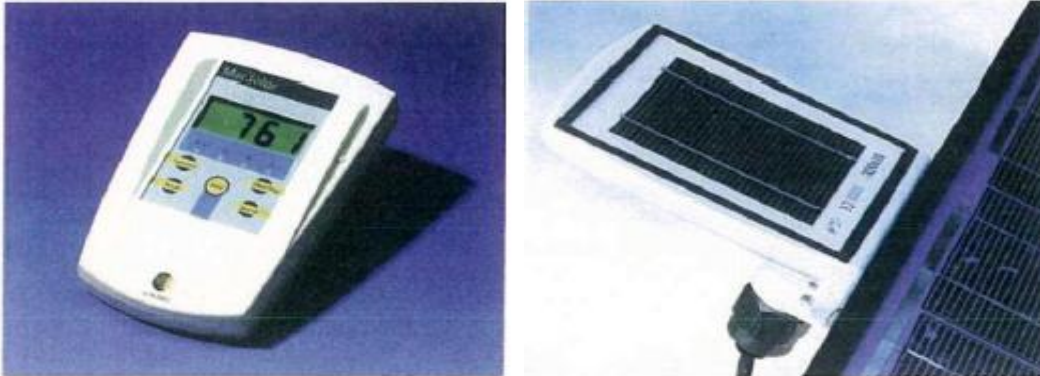
Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να μετρηθεί είτε απευθείας χρησιμοποιώντας πυρανόμετρα ή φωτοβολταϊκούς αισθητήρες, είτε έμμεσα με την ανάλυση δορυφορικών εικόνων.



**Τα πυρανόμετρα** είναι υψηλής ακρίβειας αισθητήρες οι οποίοι μετρούν την ηλιακή ακτινοβολία σε μία επίπεδη επιφάνεια. Τα πυρανόμετρα ουσιαστικά περιλαμβάνουν δυο ομόκεντρους γυάλινους θόλους, μία μαύρη πλάκα μετάλλου ως επιφάνεια απορρόφησης και τα θερμοστοιχεία τοποθετούνται κάτω από αυτή και από ένα άσπρο μεταλλικό περίβλημα. Η ηλιακή ακτινοβολία περνάει μέσω του ομόκεντρου γυάλινου θόλου κάθετα πάνω στην επιφάνεια απορρόφησης αυξάνοντας την θερμοκρασία. Δεδομένου ότι το ποσό αύξησης της θερμοκρασίας εξαρτάται άμεσα από την ακτινοβολία, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αυτού και του περιβάλλοντος (ή ακριβέστερα του άσπρου μεταλλικού περιβλήματος) επιτρέπει να υπολογισθεί η ακτινοβολία. Η διαφορά θερμοκρασίας εντοπίζεται μέσω θερμοστοιχείων που είναι συνδεδεμένα εν σειρά, τα οποία προσδίδουν μία τάση που είναι ανάλογη με τη διαφορά της θερμοκρασίας. Εάν πρόκειται για διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία ελέγχεται ύστερα από την τοποθέτηση ενός δακτυλιδιού σκιάς το οποίο παρακολουθεί την διεύθυνση του ήλιου για όλο το γεωγραφικό πλάτος των  $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$  Βορά και Νότου έτσι ώστε να σκιάζεται ο γυάλινος θόλος συνεχώς κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Επίσης κάθε λίγες ημέρες η θέση του δακτυλιδιού πρέπει να αναπροσαρμόζεται στην κλίση του ήλιου, έτσι ώστε η διάχυτη ακτινοβολία να μπορεί να μετρηθεί. Τα πυρανόμετρα επιτυγχάνουν υψηλής ακρίβειας μετρήσεις αλλά επειδή λειτουργούν σε θερμική βάση είναι κάπως αργά στο να ανταποκριθούν. Ως εκ τούτου ταχείες διακυμάνσεις στην ακτινοβολία που προκαλούνται για παράδειγμα εξαιτίας ενός μερικού συννεφιασμένου ουρανού δεν αντιλαμβάνονται ικανοποιητικά. Για

μεγαλύτερους περιόδους εκτέλεσης των μετρήσεων, η ακρίβεια μέτρησης 0,8% επιτυγχάνεται σε ετήσιο μέσο όρο.



**Οι φωτοβολαταϊκοί αισθητήρες** κοστίζουν σημαντικά λιγότερο από τα πυρανόμετρα. Κατά γενικό κανόνα χρησιμοποιούν κρυσταλλικούς αισθητήρες πυριτίου. Ένας αισθητήρας PV αποτελείται από ένα ηλιακό κύτταρο που παρέχει ρεύμα ανάλογο με την ακτινοβολία. Εντούτοις όμως εξαιτίας της φασματικής ευαισθησίας αυτών των αισθητήρων, κάποια στοιχεία της ηλιακής ακτινοβολίας δεν υπολογίζονται με ακρίβεια. Ένα ηλιακό κύτταρο δεν μπορεί να μετρήσει μεγάλου μήκους κύματος υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ανάλογα με την βαθμονόμηση και τον σχεδιασμό των αισθητήρων, η ακρίβεια της μέτρησης του κυμαίνεται από 2% έως το 5% και επιτυγχάνεται κατά ετήσιο μέσο όρο ακρίβεια καλύτερη του 4% η οποία μπορεί να επιτευχθεί με την βαθμονόμηση και τη χρήση πλαστικοποιημένων αισθητήρων θερμοκρασίας για την αποζημίωση της θερμοκρασίας. Οι φωτοβολαταϊκοί αισθητήρες ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται συχνά για τις μεγαλύτερες συστοιχίες Φ/Β καθώς και για την παρακολούθηση της λειτουργίας του συστήματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση ενός αισθητήρα με το ίδιο κύτταρο τεχνολογίας ( άμορφο, μονοκρυσταλλικό, ή πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, τελουριούχο καδμίου (CdTe) αυξάνει την ακρίβεια και διευκολύνει την αξιολόγηση.



## 2.9 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ

### Φωτοβολταϊκά στοιχεία Πυριτίου (Si)

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για να κατασκευαστούν φωτοβολταϊκά στοιχεία στην 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:**

1. Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην 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.
2. Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή.
3. Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους **125 °C** κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.
4. Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στην γρήγορη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων τα τελευταία χρόνια, ήταν η ήδη αναπτυγμένη τεχνολογία στην βιομηχανία της επεξεργασίας του πυριτίου, στον τομέα της ηλεκτρονικής (υπολογιστές, τηλεοράσεις κλπ).

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.

## 2.10 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΥΡΙΤΙΟΥ «ΜΕΓΑΛΟΥ ΠΑΧΟΥΣ»

### 1) Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (SingleCrystalline Silicon, sc-Si )



Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοση τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% 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/επιφάνειας** 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.

### 2) Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (MultiCrystalline Silicon, mc-Si)



Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά.

Η μέθοδος παραγωγής τους 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 κελιά. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15%

για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ). Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.

### 3) Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)



Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναπτύσσεται από την Evergreen Solar. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου. Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.

## 2.11 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΥΛΙΚΑ ΛΕΠΤΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, THIN FILM

### 1) Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe<sub>2</sub> ή CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS)



Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11%.

Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του **18,8%** η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου **CIGS** η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

## 2) Φωτοβολταϊκά στοιχεία 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 έως 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 απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).

Το **μειονέκτημα** των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι 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 την **διάρκεια ζωής** των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια.

Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά.

### 3) Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)



Το τελουριούχο κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά.

Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του.

Ήδη η **Greenpeace** έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή **έλλειψη του τελλουρίου**.

Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (**BIPV Building Integrated Photovoltaic**).

### 4) Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)



Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσένιο δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες.

Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%.

Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχεία **GaAs** είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία **GaAs** έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για **διαστημικές εφαρμογές**.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού **GaAs** υποστρώματος.

## 2.12 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer).

Τα ποιο γνωστά εμπορικά **υβριδικά φωτοβολταϊκά** στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο **17,2%** και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η **υψηλή τους απόδοση** σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό φωτοβολταϊκό είναι και **ακριβότερο** σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.

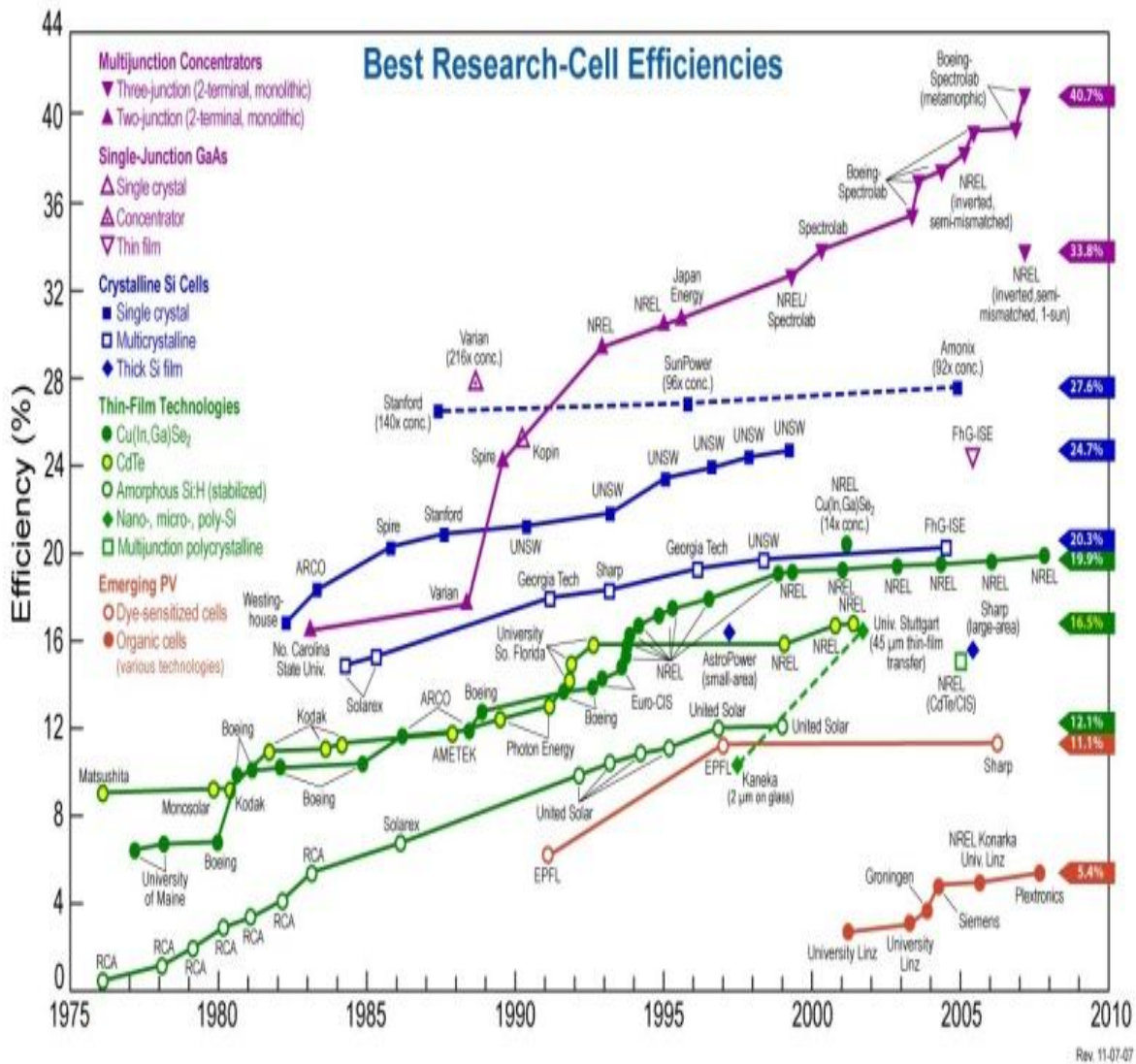
## 2.13 ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες τεχνολογίες.

**Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκά στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:**

Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si)  
Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία.





## Εξέλιξη της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων

### 2.14 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΙΣΧΥ ΤΟΥΣ

Ένα πλήρες φωτοβολταϊκό σύστημα περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά στοιχεία ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους και επιπλέον μια φωτοβολταϊκή συστοιχία αποτελείται από πολλά φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά τα συστήματα παράγουν συνεχές (DC) ρεύμα που είναι ικανό για εφαρμογές μικρών απαιτήσεων όπως εφαρμογές σηματοδότησης (φάροι, φανάρια κλπ) ενώ για μεγάλες απαιτήσεις εφαρμογές είναι απαραίτητος ο κατάλληλος εξοπλισμός αντιστροφέων (inverter) για την μετατροπή του σε εναλλασσόμενο (AC) και την χρήση του σε εφαρμογές που το απαιτούν, όπως κατοικίες, βιομηχανίες, συστήματα τηλεπικοινωνιών (κεραίες).



**Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χωρίζονται γενικά σε τρεις μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με την ισχύ τους:**

α) Στα φωτοβολταϊκά μικρής ισχύος (1mW- 100W) που χρησιμοποιούνται σε συσκευές όπως οι υπολογιστές τσέπης, παρκόμετρα ή απομακρυσμένοι λαμπτήρες φωτισμού.

β) Στα φωτοβολταϊκά μέσης ισχύος (100W- 200kW) που χρησιμοποιούνται για αυτόνομες ή απομονωμένες κατοικίες ή ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ή και σε εγκαταστάσεις διασυνδεδεμένες με το δίκτυο.

γ) Στα φωτοβολταϊκά μεγάλης ισχύος (>200kW) που συνήθως λειτουργούν σαν σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε τοπικό επίπεδο και είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο.

## **2.15 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Εξετάζοντας την Ελληνική αγορά και την ανάπτυξη των Φ/Β, μπορεί να διαπιστωθεί το καθεστώς που διέπει εν γένει τον κλάδο των ΑΠΕ στη χώρα μας.

Επιγραμματικά, η ανάπτυξή τους υπήρξε μηδαμινή (2.4 MWp περίπου το 2002)

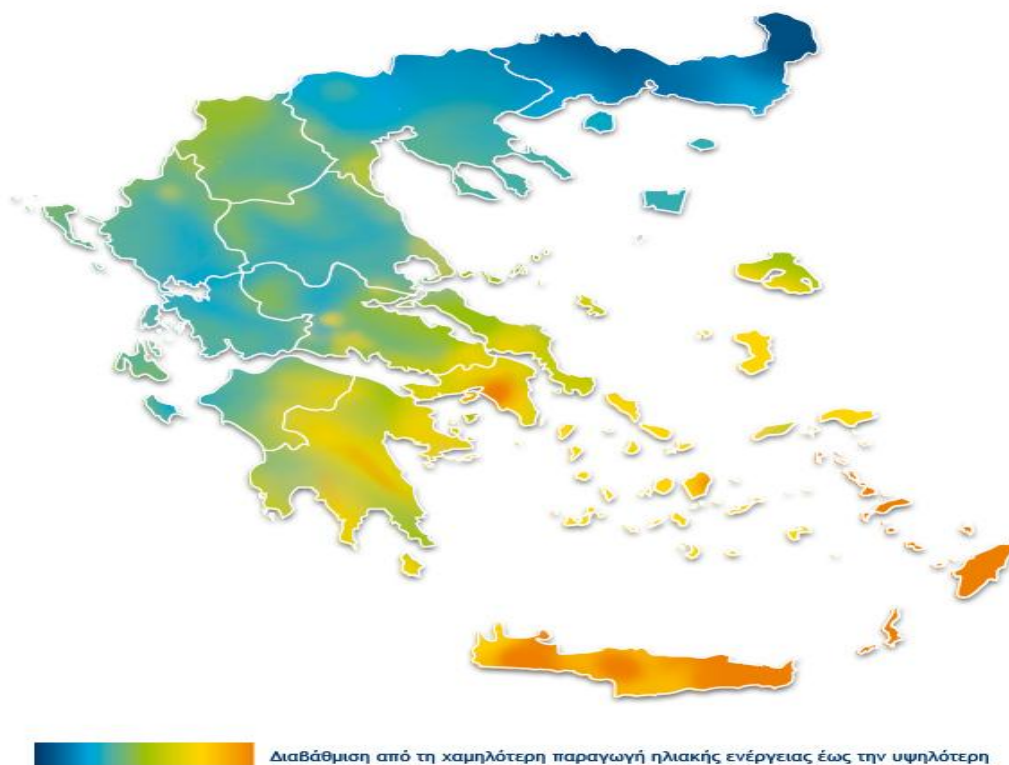




τουλάχιστον μέχρι το 2006, όπου οι εγκαταστάσεις Φ/Β περιορίζονταν σε αυτές της ΔΕΗ σε νησιά (Κύθνος, Αντικύθηρα κλπ) και σε εγκαταστάσεις ιδιωτών σε απομακρυσμένες κατοικίες.

Μια τέτοια ανάπτυξη είναι σαφώς απογοητευτική, δεδομένου του εξαιρετικού ηλιακού δυναμικού της χώρας μας.

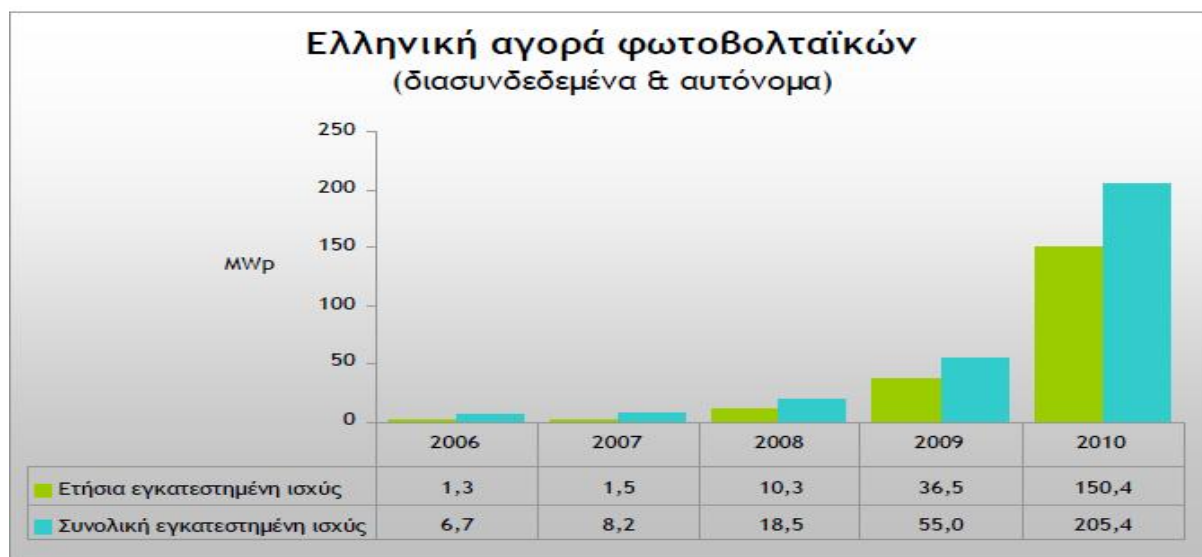
#### Ελλάδα: Χάρτης Ηλιακής Ακτινοβολίας



Οι κύριοι λόγοι για την μικρή αυτή ανάπτυξη είναι τα συνήθη γραφειοκρατικά

προβλήματα, τα μηδαμινά κίνητρα τα οποία καθιστούσαν ασύμφορη μια επένδυση σε Φ/Β και ο μονοπωλιακός χαρακτήρας του ενεργειακού τομέα μέχρι το 2001.

Το 2006, με το νόμο 3468/2006, ξεκαθαρίστηκε σε μεγάλο βαθμό το νομοθετικό πλαίσιο σε σχέση με τις ΑΠΕ και κατά συνέπεια και με τα Φ/Β. Ταυτόχρονα με τις ευνοϊκές τιμολογιακές ρυθμίσεις και επιχορηγήσεις για τους ενδιαφερόμενους επενδυτές σε μικρομεσαία κλίμακα, θεσμοθετήθηκε ένα πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών (ΑΦΣ) με σκοπό την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών, αμιγώς για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.



Σύμφωνα με το πρόγραμμα αυτό προβλέπεται η αδειοδότηση Φ/Β σταθμών συνολικής ισχύος 590 MWp για σύνδεση με το εθνικό δίκτυο, 200 MWp για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά και 50 MWp για τους αυτοπαραγωγούς. Οι επενδύσεις αυτής της κατηγορίας θα ενισχυθούν από εθνικούς και κοινοτικούς πόρους υπό το καθεστώς του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ). Είναι δεδομένο, ότι υπό αυτές τις συνθήκες, η ανάπτυξη των Φ/Β θα αυξανόταν κατακόρυφα.

**Όμως, τα μέτρα αυτά κίνησαν το ενδιαφέρον πολλών** μικροεπενδυτών με αποτέλεσμα ο αριθμός των αιτήσεων για άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να ξεπερνάει κατά πολύ (2489 MWp) το στόχο του προγράμματος για τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτό το γεγονός είχε ως αποτέλεσμα, το Υπουργείο Ανάπτυξης να αναστείλει την αδειοδοτική διαδικασία στα τέλη του 2007. Είναι σαφές ότι παρά τις ευνοϊκές ρυθμίσεις του νόμου 3468/2006, το πρόβλημα της χρονοβόρας αδειοδοτικής διαδικασίας παραμένει, με αποτέλεσμα στα τέλη του 2007 να έχουν εγκατασταθεί 8,2 MWp και να έχουν δοθεί άδειες παραγωγής για μόνο 10 MWp. Οι επενδυτές που δραστηριοποιούνται στον κλάδο των ΑΠΕ και ιδιαίτερα των Φ/Β

τηρούν στάση αναμονής και περιμένουν αποσυμφόρηση των αδειών παραγωγής με μέτρα απλοποίησης της αδειοδοτικής διαδικασίας από την πολιτεία.

## 2.16 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ

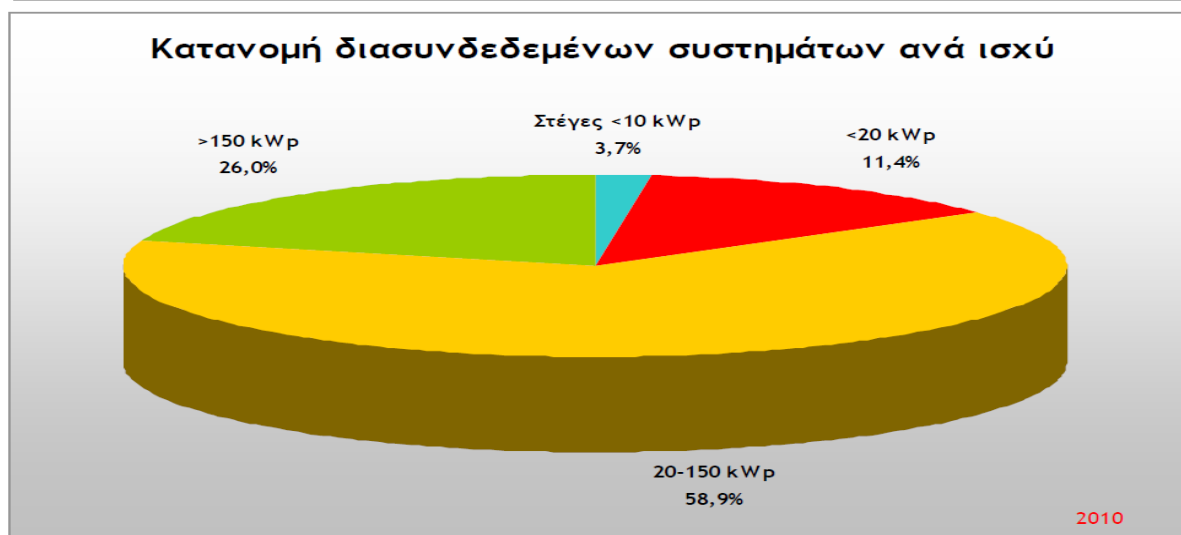
Ακολουθούν οι πίνακες και τα διαγράμματα που αντικατοπτρίζουν την κατάσταση των Φ/Β στην Ελληνική αγορά για το 2010.

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνεται η ετήσια εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών για το έτος 2010 που αντιστοιχεί σε 150,4 MWp. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών μέχρι το 2010 ανερχόταν σε 205,4 MWp.

2010	Διασυνδεδεμένα	Αυτόνομα	Σύνολο
Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (MWp)	150,3	0,1	150,4
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (MWp)	198,5	6,9	205,4

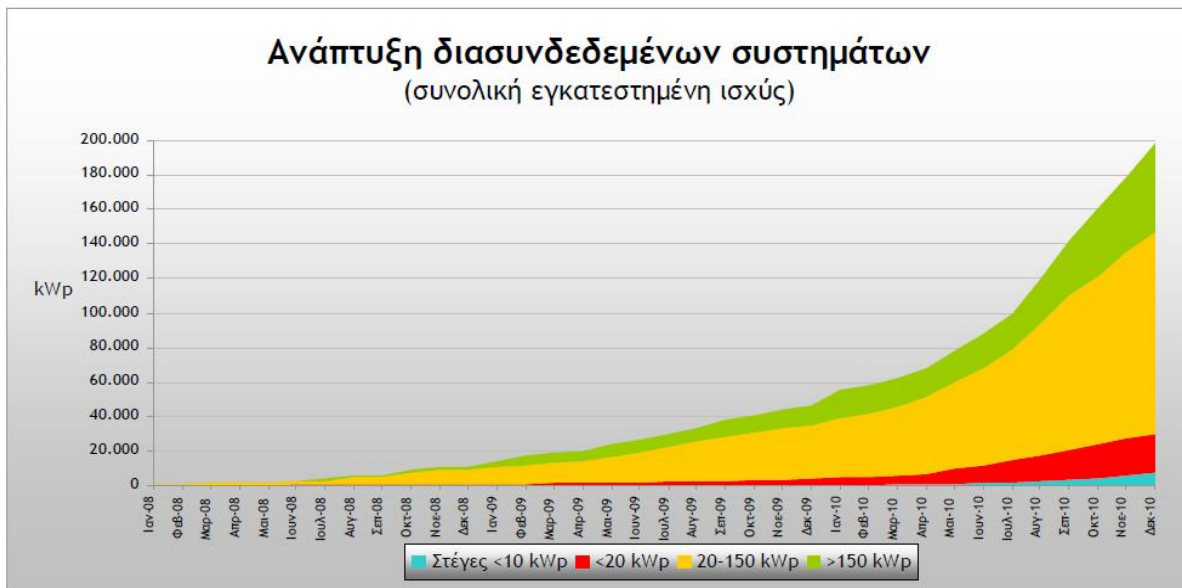
Τα νούμερα για τα διασυνδεδεμένα εκτός των στοιχείων του ΔΕΣΜΗΕ περιλαμβάνουν και τα συστήματα σε μη διασυνδεδεμένα νησιά, καθώς και στον οικιακό τομέα.

Διασυνδεδεμένα συστήματα 2010	Στέγες <10 kWp	<20 kWp	20-150 kWp	>150 kWp
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MWp)	7,4	22,6	117,0	51,5



Στον πίνακα αλλά και στο πιτόγραμμα για τα διασυνδεδεμένα συστήματα διακρίνουμε την κατανομή της συνολικής εγκατεστημένη ισχύς σε MWp και βλέπουμε ότι ξεχωρίζουν τα συστήματα από 20 έως 150KWp κατέχουν το μεγαλύτερο μερίδιο ενώ τα συστήματα τα οποία έχουν ισχύ μικρότερη από 10 KWp κατέχουν και το μικρότερο

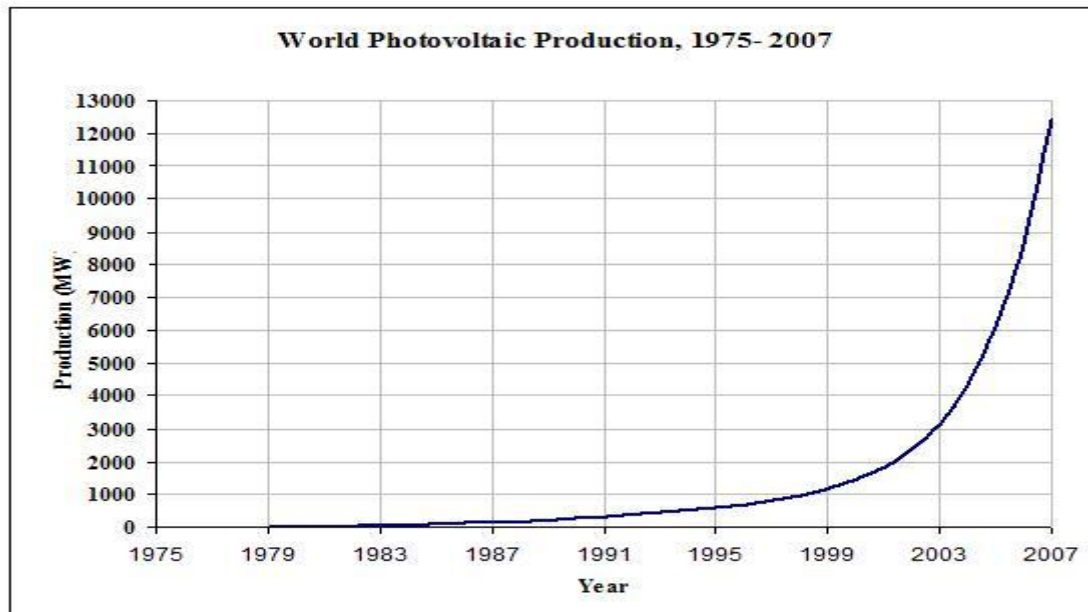
μερίδιο.



Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται η ανάπτυξη των διασυνδεδεμένων συστημάτων από το Ιανουάριο του 2008 η οποία είναι σχεδόν μηδαμινή μέχρι και τον Αύγουστο του 2008, έπειτα από αυτή την περίοδο βλέπουμε ότι αρχίζει σιγά αλλά αυξανόμενα η ανάπτυξη μέχρι τον Ιανουάριο του 2010 που έχουμε αλματώδης ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

## 2.17 Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Η αγορά των φωτοβολταϊκών(Φ/Β) στον κόσμο σημειώνει χαρακτηριστική αύξηση τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της σταδιακής μείωσης του αρχικά υψηλού κόστους, καθώς και λόγω των κινήτρων που προσφέρονται σε εθνικό επίπεδο στις διάφορες χώρες. Ενδεικτικά, το 1988 είχαν εγκατασταθεί Φ/Β συνολικής ισχύος 33 MWp και σήμερα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς έχει φτάσει περίπου τα 12900 MWp. Η τιμή αυτή έχει επιτευχθεί κυρίως λόγω της υψηλής ανάπτυξης των Φ/Β σε τρεις χώρες, Γερμανία, Ιαπωνία και ΗΠΑ, στις οποίες αντιστοιχεί το 89% της παγκόσμιας παραγωγής. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι καμία από τις τρεις αυτές χώρες δεν έχει καλύτερο ηλιακό δυναμικό (ηλιακή ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο) από την Ελλάδα.



Διάγραμμα : Παγκόσμια παραγωγή Φωτοβολταϊκών 1975-2007

Εφόσον το κόστος των Φ/Β συνεχίζει να μειώνεται



και δεδομένων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συμβατικών μεθόδων παραγωγής ηλεκτρισμού, η αγορά των Φ/Β αναμένεται να αναπτυχθεί με τον ίδιο ή και μεγαλύτερο βαθμό στο μέλλον.

Αυτό εντάσσεται και στην πολιτική των διεθνών φορέων και οργανισμών, με αποτέλεσμα η υποστήριξη, τα κίνητρα και οι επενδύσεις σε αυτή την τεχνολογία να είναι σημαντικές. Η δυνατότητα των Φ/Β να εγκαθίστανται σε διάφορα σημεία (σκεπές, πολυκατοικίες, οικόπεδα κλπ), χωρίς ιδιαίτερους περιορισμούς και χωρίς σημαντική οπτική όχληση, δημιουργεί, εν δυνάμει, ανεξάντλητα περιθώρια ανάπτυξης αυτής της τεχνολογίας.

Τα κίνητρα που δίνονται από τις χώρες και εφαρμόζονται μέσω της νομοθεσίας είναι αντίστοιχα με αυτά της αιολικής ενέργειας. Δηλαδή, χωρίζονται πάλι σε συστήματα

σταθερής τιμής (Fixed Price) και συστήματα σταθερής ποσότητας(Fixed Quantity).

Η διαφορά με την αιολική ενέργεια είναι ότι συνήθως για τον ηλεκτρισμό που παράγεται από Φ/Β, οι τιμές πώλησης και οι επιδοτήσεις είναι υψηλότερες κυρίως λόγω της υψηλού αρχικού κόστους μίας επένδυσης.

## 2.18 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

### ΤΥΠΟΙ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

Υπάρχουν διάφοροι τύποι Φ/Β συστημάτων, ανάλογα με τις ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν και τον τόπο της εγκατάστασης. Ανάλογα με τη χρήση τους τα Φ/Β συστήματα χωρίζονται σε κατηγορίες.

- 1) Αυτόνομα με ή χωρίς μπαταρίες
- 2) Διασυνδεδεμένα με το δίκτυο
- 3) Υβριδικά

#### **A. ΑΥΤΟΝΟΜΟ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑ**

Στο **σχήμα A** παρουσιάζεται απλουστευμένη η τοπολογία αυτόνομου Φ/Β συστήματος. Η διαστασιολόγηση (επιφάνεια συστοιχιών, χωρητικότητα συσσωρευτών κλπ.) πρέπει να γίνεται με προσοχή και βάσει στατιστικών στοιχείων μετεωρολογικών συνθηκών της περιοχής και καλή γνώση της ημερήσιας καμπύλης ζήτησης φορτίου της εφαρμογής, ώστε να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες ακόμα και στη χειρότερη περίπτωση περιορισμένης ηλιοφάνειας, χωρίς να γίνονται υπερβολές που αυξάνουν αδικαιολόγητα το κόστος. Σε πολλές χώρες όπου το ηλεκτρικό δίκτυο περιορίζεται κυρίως στις αστικές περιοχές, υπάρχουν απομονωμένες αγροτικές περιοχές που δεν έχουν πρόσβαση στις ενεργειακές υπηρεσίες.

Σε αυτή τη περίπτωση το Φ/Β σύστημα μπορεί να καλύψει ένα μέρος από τις ανάγκες αυτές σε διάφορους τομείς **όπως:**

- ❖ Οικιακός εξοπλισμός: την παροχή ενέργειας σε κατοικίες για φωτισμό, τηλεόραση, ραδιόφωνο.
- ❖ Γεωργία: άντληση νερού, ηλεκτρική περίφραξη για εκτρεφόμενα ζώα.
- ❖ Κοινοτικό επίπεδο: άντληση νερού, φωτισμός σε σχολεία, κέντρα υγείας.
- ❖ Υγειονομική περίθλαση: φωτισμός σε θαλάμους, ψύξη εμβολίων
- ❖ Μικρές επιχειρήσεις: ηλεκτρική ισχύ για ελαφρύ εξοπλισμό.

❖ Αναμεταδότες, φάροι.

Το σημαντικότερο μέρος του Φ/Β συστήματος, είναι η Φ/Β γεννήτρια όπου γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Επιπλέον το σύστημα συνήθως περιλαμβάνει και διάφορα περιφερειακά όπως: οι συσσωρευτές.

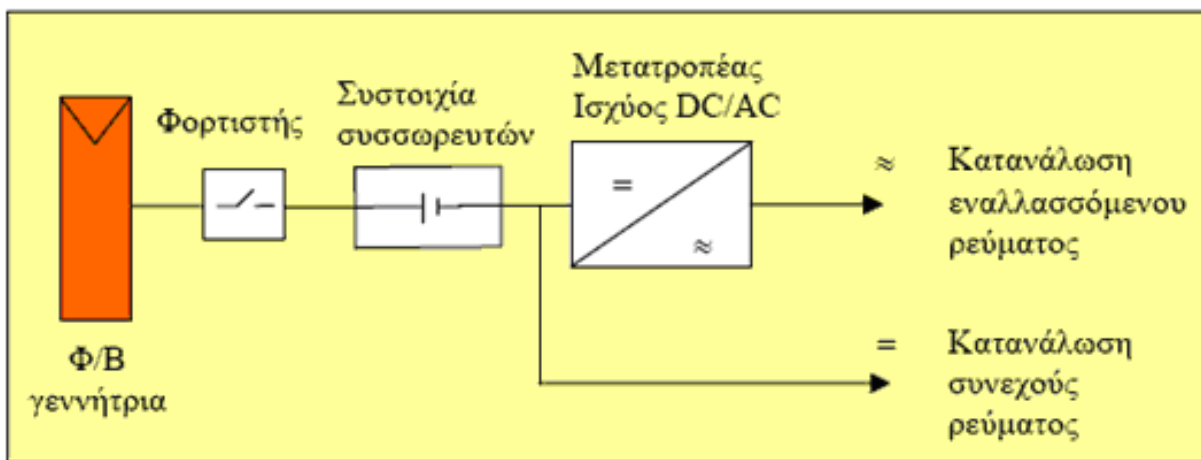
Σε ένα συσσωρευτή η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε χημική και αποδίδεται όταν υπάρχει ανάγκη, δηλαδή όταν η ηλιακή ακτινοβολία δεν επαρκεί.

### Ελεγκτής φόρτισης-εκφόρτισης

Ο ελεγκτής φόρτισης έχει σαν σκοπό τη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας που αποθηκεύεται στο συσσωρευτή που είναι μια από τις αιτίες καταστροφής του συσσωρευτή.

### DC/AC μετατροπέας-εναλλάκτης

Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από την Φ/Β γεννήτρια είναι συνεχές. Επειδή οι περισσότερες οικιακές και βιομηχανικές συσκευές λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα AC, χρειάζεται η ύπαρξη ενός DC/AC μετατροπέα για αυτή την μετατροπή. Οι απώλειες σε αυτή τη περίπτωση είναι 5%-10%.



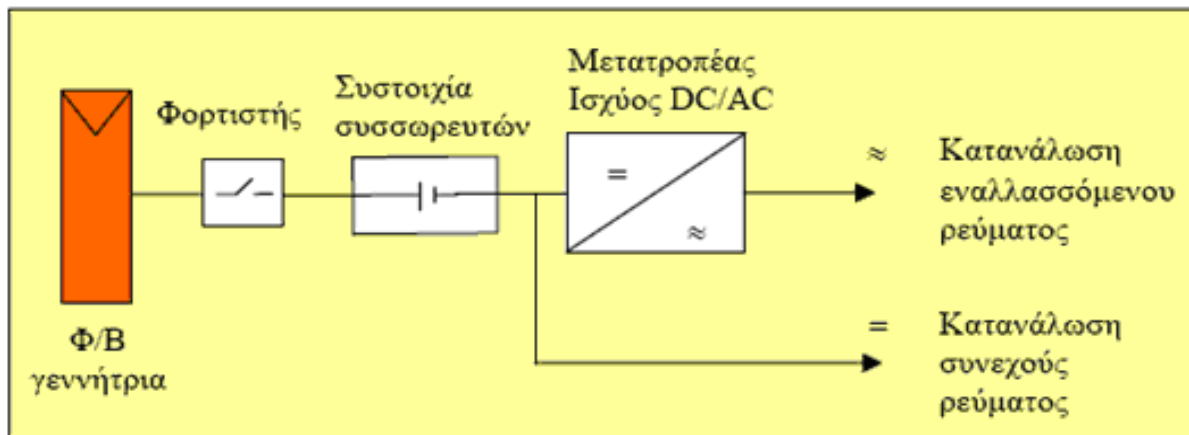
Διάγραμμα αυτόνομου Φ/Β με μπαταρίες Σχήμα Α

## B. ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στις περιπτώσεις που υπάρχει δίκτυο διανομής ηλεκτρισμού, αυτό μπορεί να ενισχυθεί με τη προσθήκη διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος. Το ρεύμα που παράγεται από το φωτοβολταϊκό τροφοδοτεί απευθείας τις συσκευές κατανάλωσης εφόσον πρώτα μετατραπεί από DC σε AC και μόνο όταν δεν επαρκεί η ζήτηση, τότε



χρησιμοποιείται το ρεύμα από το δίκτυο. Επίσης μπορούν να υπάρξουν και μεγάλα Φ/Β πάρκα που τροφοδοτούν με ρεύμα το δίκτυο.



Διάγραμμα Διασυνδεδεμένου συστήματος

Τυπικές εφαρμογές του διασυνδεδεμένου συστήματος είναι:

- ✚ Διασυνδεδεμένα κεντρικά φωτοβολταϊκά συστήματα με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.
- ✚ Φ/Β συστήματα ενσωματωμένα σε πηγές, σε στέγες, προσόψεις κτιρίων που είναι διασυνδεδεμένα με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.

Τέλος, σε περιοχές όπου υπάρχει δίκτυο διανομής ηλεκτρισμού, μπορεί αυτό να ενισχυθεί με την προσθήκη διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος.

Στην περίπτωση αυτή, το παραγόμενο ρεύμα τροφοδοτεί κατευθείαν την κατανάλωση, ενώ η τυχόν περίσσεια ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας διοχετεύεται στο δίκτυο μέσω κατάλληλου μετατροπέα ισχύος δικτύου.

Όταν η παραγωγή ρεύματος από τα Φ/Β δεν καλύπτει τη ζήτηση τότε αυτή συμπληρώνεται από το δίκτυο. Στο διασυνδεδεμένο σύστημα δεν χρειάζονται συσσωρευτές και η διαστασιολόγηση είναι ανεξάρτητη των αναγκών ή των συνθηκών εφόσον ανά πάσα στιγμή η επιπλέον ζήτηση μπορεί να καλυφθεί από το δίκτυο.

Επιπλέον, η επεκτασιμότητα των Φ/Β συστημάτων παρέχει τη δυνατότητα αύξησης της παραγωγής της ηλιακής ενέργειας εύκολα οποιαδήποτε στιγμή στο μέλλον.

Το σύστημα αυτό είναι το πιο απλό στο σχεδιασμό και κατασκευή αλλά και το πιο οικονομικό εφόσον αποφεύγεται το κόστος των συσσωρευτών που είναι ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής επένδυσης.

Προϋποθέτει όμως την σύνδεση με κάποιο υπάρχον δίκτυο διανομής ηλεκτρισμού.

Το μειονέκτημα του διασυνδεδεμένου συστήματος είναι ότι σε περίπτωση διακοπής της παροχής του δικτύου τότε η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μένει ανεκμετάλλευτη.

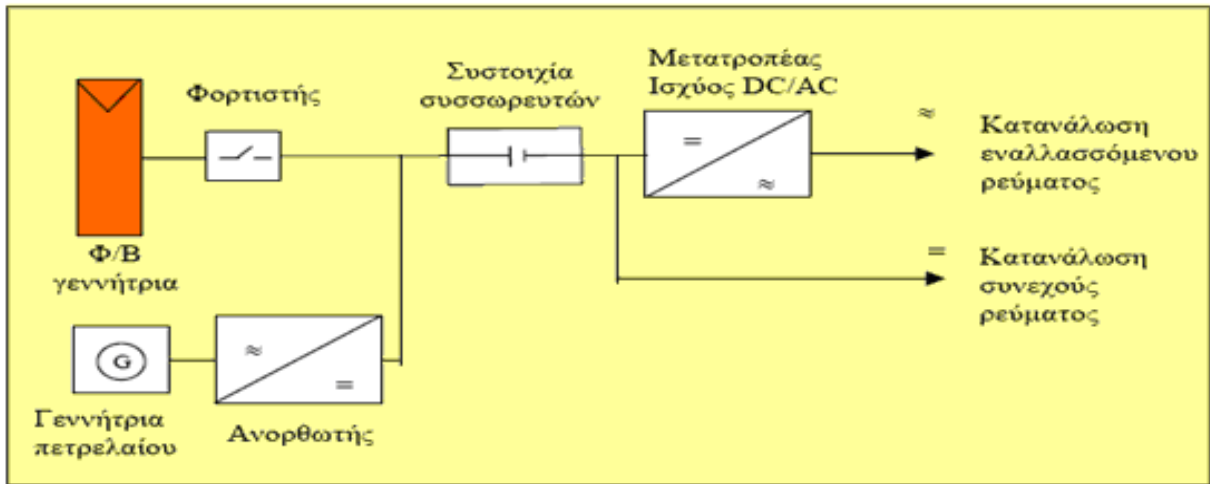
### **C. ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Αυτόνομο ενεργειακό σύστημα είναι το σύστημα που δεν είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Το σύστημα αυτό ονομάζεται και Υβριδικό Ενεργειακό Σύστημα αν περιλαμβάνει περισσότερες από μία ενεργειακές πηγές. Απαρτίζεται από πολλές ταυτόχρονα ενεργειακές πηγές και συνοδεύεται από τον κατάλληλο ηλεκτρονικό εξοπλισμό για έλεγχο και επιτήρηση της λειτουργίας τους.

Στη περίπτωση που η παραγομένη ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο δεν επαρκεί, συνδυάζουμε την ενέργεια από την φωτοβολταϊκή γεννήτρια μαζί με άλλες μορφές ενέργειας.

Οι μορφές ενέργειας μπορεί να είναι ανανεώσιμες, π.χ. αιολική, βιομάζα ή η χρήση συμβατικών όπως οι πετρελαιογεννήτριες. **Οι τυπικές εφαρμογές των υβριδικών συστημάτων είναι οι ακόλουθες:**

- Η περιοχή εγκατάστασης να είναι δύσβατη και απομακρυσμένη από το δίκτυο της ΔΕΗ. Τότε τα έξοδα για να ηλεκτροδοτηθεί το κτίριο πιθανόν να είναι περισσότερα από την εγκατάσταση του απαραίτητου συστήματος ΑΠΕ.
- Η κατοικία να χρησιμοποιείται ως εξοχική, δηλαδή όταν απαιτείται μικρό σύστημα, τότε οι περιορισμένες και διάσπαρτες απαιτήσεις αναδεικνύουν την περίπτωση των υβριδικών συστημάτων ως ικανή να ανταγωνιστεί την «κλασική λύση».
- Κτίρια με υψηλές ενεργειακές καταναλώσεις μπορούν πλήρως να καλυφθούν με ΑΠΕ. Βασική προϋπόθεση όμως είναι να αντικατασταθούν οι ενεργειοβόρες ηλεκτρικές συσκευές με άλλες, χαμηλότερης κατανάλωσης, σύμφωνα με τον κανονισμό εξοικονόμησης ενέργειας.
- Επίσης περίπτωση που συνίσταται η χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι αν επικρατούν στην περιοχή ευνοϊκές καιρικές συνθήκες. Έτσι αν για παράδειγμα το αιολικό δυναμικό ή η ηλιοφάνεια είναι σε υψηλά επίπεδα, τότε μπορεί να υλοποιηθεί σύστημα ικανό να ανταποκριθεί στις ανάγκες των ιδιοκτητών με εφικτό κόστος.



Διάγραμμα αυτόνομου υβριδικού συστήματος

### Τυπικές εφαρμογές Φ/Β συστημάτων:

Ηλεκτροδότηση οικιών, τουριστικών εγκαταστάσεων, οικισμών, Ιερών Μονών, αφαλάτωση νερού, αγροτικές εφαρμογές (άντληση νερού, ιχθυοκαλλιέργειες, ψύξη προϊόντων κλπ.), τηλεπικοινωνίες, φαρικά συστήματα Πολεμικού Ναυτικού και άλλα συστήματα εκτάκτου ανάγκης, μικρά αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα σε πόλεις (π.χ. ηλεκτροδότηση τηλεφωνικών θαλάμων, παρκόμετρων, στάσεων λεωφορείων, φωτιστικών σωμάτων κλπ.)

Φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματωμένα σε στέγες, προσόψεις κτιρίων και άλλων κατασκευών εξωτερικών χώρων, διασυνδεδεμένα με το δίκτυο της ΔΕΗ.

Η εμπειρία από τη λειτουργία Φ/Β συστημάτων έχει δείξει την αξιοπιστία τους και τη δυνατότητα μακροχρόνιας λειτουργίας με ελάχιστες ανάγκες συντήρησης. Οι μοναδικές ανάγκες συντήρησης των συστημάτων αφορούν κυρίως τους συσσωρευτές, που ανάλογα με τον τύπο τους απαιτούν περιοδική προσθήκη νερού και αντικατάσταση μετά από 4-7 χρόνια ανάλογα με τον τόπο και την αναγκαιότητα της εφαρμογής. Για παράδειγμα, στους φάρους ναυσιπλοΐας, η αντικατάσταση των μπαταριών γίνεται υποχρεωτικά πριν συμπληρωθούν τα 4 χρόνια λόγω της επιβολής για συνεχή και αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος. Επίσης, ένας περιοδικός έλεγχος των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι απαραίτητος για την αποφυγή σκίασης των συστοιχιών από φυτά ή δέντρα, βανδαλισμούς και στοιχειώδη καθαρισμό.

## 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 3.1 Περιβάλλον - κλιματική αλλαγή

Το περιβαλλοντικό πρόβλημα έχει γίνει εδώ και αρκετά χρόνια αντιληπτό από την ανθρωπότητα. Ιστορικά η απαρχή της ολοκληρωτικής παρέμβασης του ανθρώπου έγινε πριν από δύο περίπου αιώνες κατά την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης. Από εκείνο το σημείο και έπειτα ο άνθρωπος καταναλώνει ακατάπαυστα φυσικούς πόρους (ορυκτούς κυρίως) και μάλιστα με τρόπο τελείως ανεξέλεγκτο και μάλλον ανταγωνιστικό.

**Το αποτέλεσμα αυτής της «εξέλιξης» συσσωρευτικά δημιούργησε στο περιβάλλον τα ακόλουθα προβλήματα:**

#### 3.1.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ (ΥΠΕΡ)ΘΕΡΜΑΝΣΗ (GLOBAL (OVER)WARMING)

Ο όρος παγκόσμια θέρμανση αναφέρεται στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης και των ωκεανών. Σύμφωνα με την αρμόδια επιτροπή του ΟΗΕ η μέση θερμοκρασία του πλανήτη τον τελευταίο αιώνα έχει αυξηθεί κατά  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,2$ ). Οι προβλέψεις της ίδιας επιτροπής για το τέλος του αιώνα που διανύουμε είναι πολύ χειρότερες μιας και πιθανολογείται επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας έως και  $5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης έχει άμεσα πλέον συνδεθεί με την παραγωγή των αερίων του θερμοκηπίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

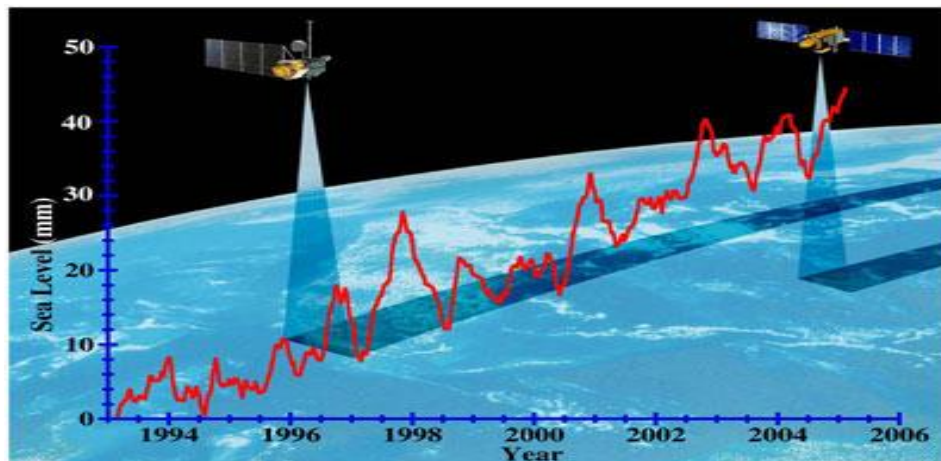
Τα αποτελέσματα αυτής της αύξησης έχουν γίνει πλέον αισθητά. Στους πόλους της

γης ήδη παρατηρείται λιώσιμο τεραστίων παγόβουνων με γρήγορο ρυθμό. Το επίπεδο της θάλασσας αναμένεται να ανέβει και να επιφέρει ανάλογες καταστροφές.



Ήδη με την χρήση δορυφόρων (1992) έχει διαπιστωθεί ότι η μέση αύξηση του επιπέδου της θάλασσας είναι 2,8 χιλιοστά ανά έτος άλλα διατηρούνται επιφυλάξεις για την αξιοπιστία (διακριτική ικανότητα) των μετρήσεων.

Άλλα αρνητικά φαινόμενα που οφείλονται στην παγκόσμια υπερθέρμανση είναι αλλαγές στους ρυθμούς βροχοπτώσεων, αυξημένη ένταση και συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων. Μελλοντικά αναμένονται σε κάποιες περιοχές, παρατεταμένη ξηρασία, και θέματα υγιεινής λόγω των κλιματικών αλλαγών.



Γράφημα: Η παγκόσμια αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub>

### 3.1.2 ΑΕΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (GREENHOUSE GASES)

Όπως προαναφέρθηκε, τα αέρια του θερμοκηπίου είναι κυρίως υπεύθυνα για την παγκόσμια υπερθέρμανση. Τα αέρια αυτά απορροφούν (εγκλωβίζουν) ουσιαστικά ακτινοβολία την οποία κατά ένα ποσοστό την εκπέμπουν προς την γη, θερμαίνοντας έτσι την επιφάνεια τους.

**Τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου είναι οι υδρατμοί (H<sub>2</sub>O), το διοξείδιο του άνθρακα(CO<sub>2</sub>), το μεθάνιο(CH<sub>4</sub>),το οξείδιο του νατρίου(Na<sub>2</sub>O )και το όζον (O<sub>3</sub>).**

Η ανθρώπινη δραστηριότητα ευθύνεται για την αύξηση των CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> τα οποία αποβάλλονται με ραγδαίο ρυθμό στην ατμόσφαιρα λόγω της εξάρτησης της παγκόσμιας οικονομίας από τα ορυκτά καύσιμα.

### **3.1.3 ΏΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ**

Η καύση ορυκτών καυσίμων παράγει θειικά, ανθρακικά και νιτρικά οξέα. Τα αέρια που εκπέμπονται από την καύση των ορυκτών καυσίμων συγκρατούνται από σταγονίδια στα σύννεφα τα οποία επανέρχονται στην επιφάνεια της γης με την μορφή κυρίως της όξινης βροχής (επίσης και με το χιόνι, τους υδρατμούς αλλά και τα στερεά σωματίδια).



Το αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται η οξύτητα του φλοιού της γης καθώς επίσης να επηρεάζεται και η χημική ισορροπία των ποταμών και των λιμνών.

### 3.2 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Στον παρακάτω πίνακα υπάρχει μια γενική αξιολόγηση με κριτήριο τις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις που προκύπτουν από διάφορες πηγές ενέργειας.

Επίπτωση Ανύψωση = Ασήμαντη/Σημαντική =1 Σημαντική =2 Σημαντική/Μεγάλη =3 Μεγάλη =4	SO <sub>2</sub> και NO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	ΥΓΙΕΙΝΗ	Αυξοσύμμετα συνιστώμενα	Βορρά μέταλλα	Καταστροφές	Απόβλητα	Αιολογικό πρόβλημα	Ηχορύπανση	Αποπτώσεις σε γη
Ποθητικά ηλιακά									1		
Φωτοβολταϊκά					1	1		1	1		1
Αιολική									3	1	1
Βιομάζα	1		3	1	1	1		1	1	1	3
Γεωθερμία	1	1	1	1		1		2	1	1	
Υδροηλεκτρικά							2		3		3
Παλιρροιακή							1		3		1
Θαλάσσιων Κυμάτων							1		1		
Άνθρακας	4	4	2	1	2	2	1	2	2	1	3
Πετρέλαιο	3	4	1	1	2	1	2	1	1		1
Φυσικό Αέριο	1	4	3	1			2		1		1
Πυρηνική ενέργεια	1	1		1				2	3	2	1

[Bauman, A. and Hill, R., Proc. 10<sup>th</sup> EC Photovoltaics Solar Energy Conference, Kluwer, Dordrecht, 1991, 834-837]

Έχει γίνει αντιληπτό ότι ο μόνος τρόπος για να αντιμετωπιστεί στο σημείο που έχουμε φτάσει το φαινόμενο είναι μέσω διαρθρωτικών κοινωνικοπολιτικών αλλαγών. Η χρησιμοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι σίγουρα ένα σημαντικό βήμα για την μείωση των περιβαλλοντολογικών προβλημάτων που μαστίζουν την ανθρωπότητα ή τουλάχιστον για την επιβράδυνση του ρυθμού αύξησης αυτών και ιδιαίτερα στην χώρα μας που το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ενέργειας στηρίζεται σε συμβατικές πηγές ενέργειας όπως για παράδειγμα ο λιγνίτης, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

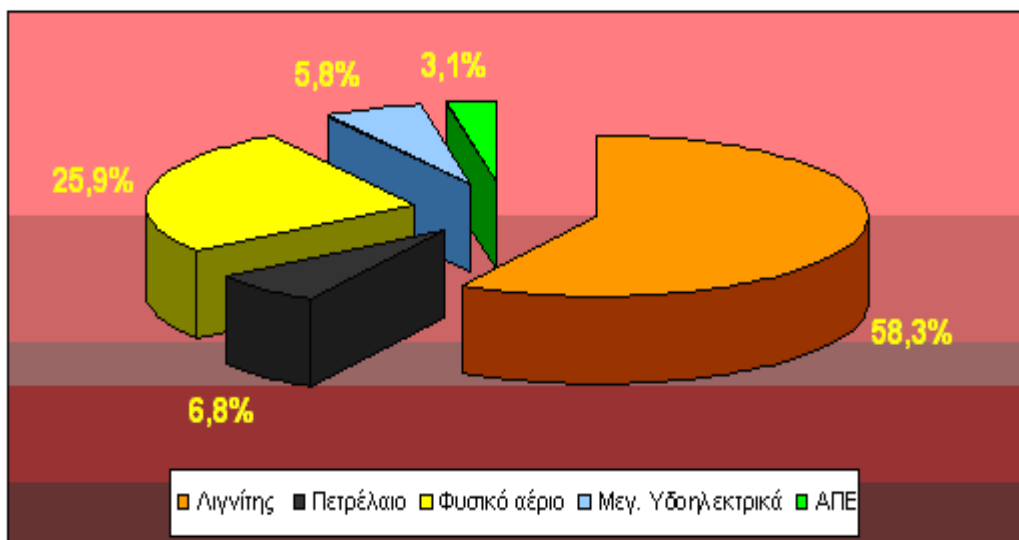
### 3.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με την εκμετάλλευση διαφόρων πρωτογενών πηγών ενέργειας και παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τους διαθέσιμους εγχώριους Ενεργειακούς Πόρους, την Ενεργειακή Πολιτική της χώρας, τις γεωλογικές, γεωφυσικές και κλιματολογικές



ιδιαιτερότητες αυτής. Οι πηγές παραγωγής ενέργειας διακρίνονται στις συμβατικές που βασίζονται σε **ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα**, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας (λιθάνθρακας και λιγνίτης), το φυσικό αέριο, η πυρηνική ενέργεια και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούν διαχρονικές πηγές (άνεμος, ήλιος, νερό κλπ) και δεν εξαντλούν τα περιορισμένα ενεργειακά αποθέματα.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από θερμικούς σταθμούς. Στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας παράγεται το 75% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας, εκ της οποίας το 50% στο νομό Κοζάνης. Με το νέο ηλεκτροπαραγωγικό σταθμό της Μελίτης του νομού Φλωρίνης, η Δ. Μακεδονία καλύπτει **το 80% των απαιτήσεων σε ηλεκτρική ενέργεια της χώρας**. Η συγκέντρωση των θερμικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών στο Βορρά της χώρας δημιουργεί αυξημένες απώλειες κατά τη μεταφορά και ανισορροπία στη λειτουργία. Ωστόσο ο σχεδιασμός τους βασίστηκε στην εγγύτητά τους, στις περιοχές που είναι οι **πλουτοπαραγωγικές πηγές του λιγνίτη**, ο οποίος αποτελεί την καύσιμη πρώτη ύλη για αρκετούς σταθμούς. Στη χώρα μας υπάρχουν τέσσερις περιοχές με αποθέματα λιγνίτη, στη Δράμα, στη Δυτική Μακεδονία, στην Ελασσόνα και στη Μεγαλόπολη. Έτσι σύμφωνα με στοιχεία του 2008 για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα (National Report PAE 2009), **το 67.7%** της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων είναι **θερμικοί σταθμοί**, εκ των οποίων με λιγνίτη 4808 MW, με πετρέλαιο 1160 MW και με φυσικό αέριο 2447,7 MW. Το 24,3% είναι υδροηλεκτρικοί σταθμοί και **το 8% είναι μονάδες ΑΠΕ**.



Εγχώρια Παραγωγή Η.Ε. ανά μορφή καυσίμου – Διασυνδεδεμένο Σύστημα ΔΕΣΜΗΕ 2008

Ο λιγνίτης είναι η πιο σημαντική εγχώρια ενεργειακή πηγή, συνεισφέροντας το 58.3% της **εγχώριας παραγωγής** για το 2008. Το πετρέλαιο έχει περιοριστεί στο 6,8% (2007) μετά την εισαγωγή του φυσικού αερίου (συμμετοχή 25.9%), το οποίο αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς. **Ταυτόχρονα η ανάδειξη της προστασίας του περιβάλλοντος** ως στόχου υψηλής προτεραιότητας της ελληνικής πολιτείας, οδηγεί σε προώθηση των **Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας**, θέτοντας ως στόχο την αύξηση συμμετοχής τους **στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο 34% μέχρι το 2020**. Στο ίδιο πλαίσιο δίνεται έμφαση στην επιτάχυνση της διείσδυσης του φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο. Επειδή η χρονική διάρκεια ζωής των ήδη γνωστών εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη δεν υπερβαίνει τα 35 χρόνια, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι θα πρέπει να μπουν στο ελληνικό ισοζύγιο ηλεκτρισμού νέα καύσιμα, όπως ο λιθάνθρακας, ώστε να παραταθεί η διαθεσιμότητα και η χρήση του λιγνίτη σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου. Οι ανθρακικές μονάδες επιτυγχάνουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης από τις λιγνιτικές και κατά συνέπεια εκπέμπουν μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ανά παραγόμενη μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας.

**Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και επηρεάζουν το κλίμα της γης**, με τις επιπτώσεις της ρύπανσης που δημιουργείται να είναι τεράστιες για το περιβάλλον και κατά συνέπεια για τον άνθρωπο.

Επιπλέον ανάμεσα στα πλεονεκτήματα του άνθρακα είναι ότι, ενώ το φυσικό αέριο θα είναι διαθέσιμο για τα επόμενα 50 – 60 χρόνια, ο άνθρακας θα είναι διαθέσιμος τουλάχιστον για 200 χρόνια ακόμη. Ωστόσο η μελλοντική αξιοποίηση του άνθρακα θα εξαρτηθεί από τη δυνατότητα των ηλεκτροπαραγωγών μονάδων άνθρακα να υιοθετήσουν καθαρές και αποδοτικές τεχνολογίες καύσης, ώστε να προσαρμοστούν στο αυστηρό πλαίσιο των περιβαλλοντικών απαιτήσεων του «Πρωτοκόλλου του Κιότο» και των αυστηρών Ευρωπαϊκών προδιαγραφών για νέες εγκαταστάσεις καύσης Κάθε κιλοβατώρα ηλεκτρισμού που προμηθευόμαστε από το **δίκτυο της ΔΕΗ** και παράγεται από ορυκτά καύσιμα, **επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα**. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι, ως γνωστόν, το σημαντικότερο “αέριο του θερμοκηπίου” που συμβάλλει στις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές. Η στροφή στις καθαρές πηγές ενέργειας στην χώρα μας, όπως η ηλιακή, αποτελεί τη μόνη διέξοδο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη. Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα καρκινογόνα

μικροσωματίδια , τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ.). Οι ρύποι αυτοί επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι αδιαμφισβήτητα καθώς κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου(0,814 κιλά CO<sub>2</sub> ανά KWh) κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

## 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ Φ/Β ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 4.1 ΟΡΟΛΟΓΙΑ Φ/Β

**Φωτοβολταϊκό φαινόμενο** ονομάζεται η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση. Για ευκολία, συνήθως χρησιμοποιούμε τη σύντμηση Φ/Β για τη λέξη “φωτοβολταϊκό” (Photovoltaic - PV).

**Φωτοβολταϊκό στοιχείο** ονομάζεται η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία.

Λέγεται ακόμα Φ/Β κύτταρο ή Φ/Β κυψέλη (PV cell).



**Φωτοβολταϊκό πλαίσιο:** Ένα σύνολο Φ/Β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας (PV module).



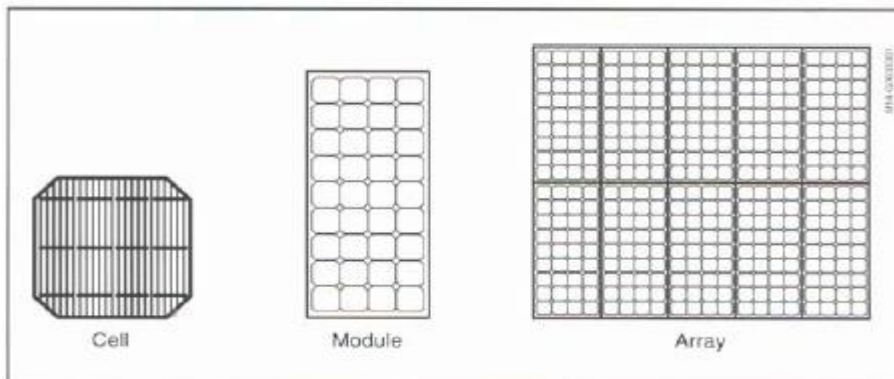
**Φωτοβολταϊκό πάνελο:** Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμα για να εγκατασταθούν σε Φ/Β εγκατάσταση (PV panel).

**String:** Είναι μία στοιχειοσειρά ή αλυσίδα από πλαίσια εν σειρά και αποτελείται από πλαίσια, καλώδια και ακροδέκτες σύνδεσης.

**Φωτοβολταϊκή συστοιχία:** Μια ομάδα από Φ/Β πλαίσια ή πάνελ με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (PV array) αποτελείται από **String** παράλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους.



**Φωτοβολταϊκή γεννήτρια:** Το τμήμα μιας Φ/Β εγκατάστασης που περιέχει Φ/Β στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα (PV generator).



**ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ:** Φωτοβολταϊκό στοιχείο, πλαίσιο, συστοιχία.

**Αντιστροφέας (inverter):** Ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

**KW** (κιλοβάτ): μονάδα ισχύος [1 kW = 1.000 Watt, 1 MW = 1.000 kW]

**KWp** (κιλοβάτ peak- peak): μονάδα ονομαστικής ισχύος του φωτοβολταϊκού (ίδιο με το kW)

**Δίοδος αντεπιστροφής:** εμποδίζει την αντιστροφή του ρεύματος στα Φ/Β πλαίσια, όταν αυτό δεν φωτίζεται κατά τις νυχτερινές ώρες. Είναι εγκατεστημένη στο πλαίσιο από τον κατασκευαστή σε όλα τα πλαίσια, ανεξαρτήτως εάν αυτά θα χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας στο δίκτυο ή θα την αποθηκεύσουν σε συσσωρευτές. Έτσι θα πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη ανεξάρτητα της μικρής τιμής της, περίπου 1%.

**KWh** (κιλοβατώρα): μονάδα ενέργειας δηλαδή σε μία ώρα καταναλώνεται **1KW**.

**AM:** μάζα αέρα η οποία αντιπροσωπεύει την διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα, σε σύγκριση με την κατακόρυφη διαδρομή της.

**STC:** Οι πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC (Standard Test Conditions) που έχουν καθοριστεί διεθνώς και είναι οι εξής:

Θερμοκρασία Φ/Β στοιχείου ίση με 25 °C, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ισχύος  $P_{stc}=1000/m^2$  και φάσματος αντίστοιχου του ηλιακού με μάζα αέρα  $AM=1,5$ .

Το **γεωγραφικό μήκος (longitude)** είναι ένα από τα δύο μεγέθη των γεωγραφικών συντεταγμένων με τα οποία προσδιορίζεται η θέση των διαφόρων τόπων (εκτός των πόλων) και πλοίων στην επιφάνεια της γης και "κατά προβολή" η θέση των αεροσκαφών υπεράνω αυτής. Συμβολίζεται στην ελληνική με το γράμμα ( $\lambda$ ) εκ της αγγλικής **I** (long).

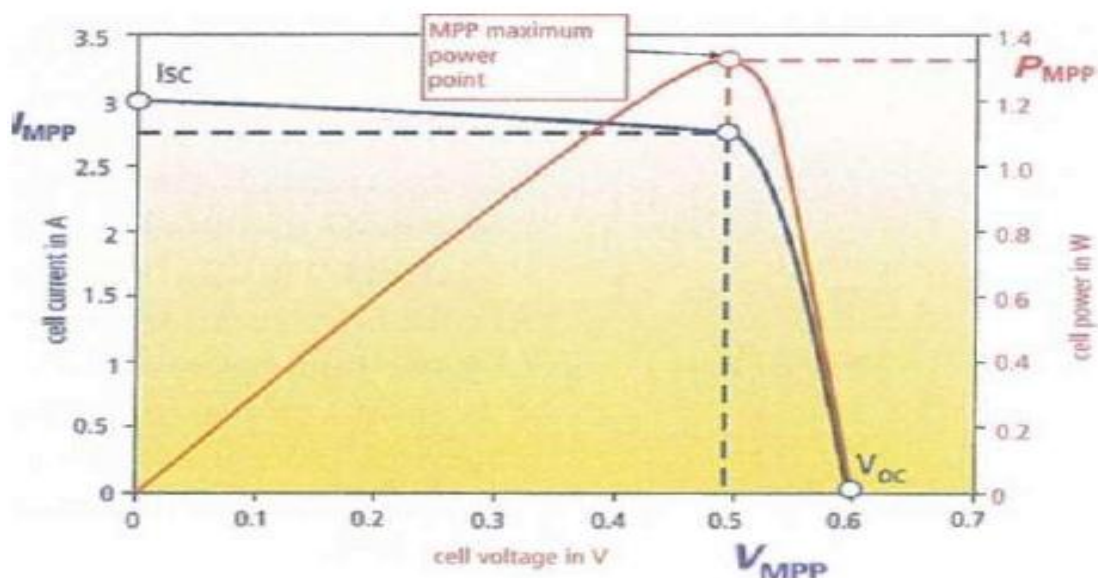
Το **γεωγραφικό πλάτος (latitude)** είναι ένα από τα δύο μεγέθη των γεωγραφικών συντεταγμένων με τα οποία προσδιορίζεται η θέση των διαφόρων τόπων και πλοίων στην επιφάνεια της γης και κατά προβολή η θέση των αεροσκαφών υπεράνω αυτής. Συγκεκριμένα, προσδιορίζει την γωνιακή απόσταση των διάφορων τόπων από τον Ισημερινό, ο οποίος έχει γεωγραφικό πλάτος ίσο με 0. Συμβολίζεται με το γράμμα ( $\phi$ ), αγγλικά **lat**.

## 4.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (FILL FACTOR-FF)

Είναι ένα μέγεθος που αποτελεί ουσιαστικά την εικόνα της απόδοσης της ηλιακής κυψέλης. Το μέγεθος αυτό ονομάζεται συντελεστής πλήρωσης (Fill Factor - FF) και ορίζεται ως: **FF = (Imax\*Vmax) / (Isc\*Voc)**

Τα  $I_m$  και  $V_m$  μπορούν να υπολογιστούν είτε λύνοντας το σύστημα των εξισώσεων της χαρακτηριστικής της ηλιακής κυψέλης και της χαρακτηριστικής του φορτίου, είτε γραφικά φέρνοντας τις κάθετες από το σημείο λειτουργίας του κυκλώματος προς τους δυο άξονες  $I$  και  $V$ . Η πρακτικά μέγιστη ηλεκτρική ισχύς της ηλιακής κυψέλης δίνεται από τη σχέση: **Pmax=Imax\*Vmax**

Το  $I_{sc}$  είναι το ρεύμα βραχυκυκλώσεως και είναι το μέγιστο δυνατό ρεύμα του κυκλώματος. Η  $V_{oc}$  είναι η τάση ανοιχτοκυκλώματος και είναι η μέγιστη δυνατή τάση του κυκλώματος. Ο υπολογισμός αυτών γίνεται από τα σημεία τομής της χαρακτηριστικής της ηλιακής κυψέλης με τους αντίστοιχους άξονες.



#### 4.2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ-ΤΑΣΗΣ

Ο FF είναι μια ένδειξη το πόσο κοντά είναι η χαρακτηριστική της ηλιακής κυψέλης στο ιδεατό σχήμα που είναι ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Όσο πιο κοντά είναι η χαρακτηριστική σε αυτό το σχήμα τόσο πιο πολύ κοντά είναι ο FF στο 1. Όμως οι εκθετικές ιδιότητες της επαφής p-n καθιστούν κάτι τέτοιο **αδύνατο**.

Έτσι μπορούμε να πούμε ότι συνήθεις τιμές για τον **FF** είναι **μεταξύ 70-85%** και εξαρτάται από το υλικό της διάταξης και την δομή.

#### 4.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ

##### ➤ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΓΗΡΑΝΣΗΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Προσδιορίζει την ελάττωση της απόδοσης Φ/Β πλαισίου λόγω της γενικότερης αλλοίωσης της Φ/Β κυψελίδας η οποία οφείλεται κυρίως στην υπερθέρμανση κάποιων Φ/Β στοιχείων ή τμημάτων του πλαισίου. **Εκτιμάται** ότι με την πάροδο του χρόνου θα παρουσιάζεται μία μικρή βαθμιαία πτώση στην ποσότητα παραγωγής της ηλεκτρικής ισχύος, που συνήθως **υπολογίζεται στο 0.6% για κάθε έτος**, άρα ο συντελεστής απωλειών είναι περίπου  **$n_{\gamma}=0.994$** .

Η διάρκεια ζωής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος υπολογίζεται γύρω στα **25 με 30 έτη**.

Πρέπει να τονίσουμε ότι η εξέλιξη της τεχνολογίας σ' αυτό τον τομέα είναι ραγδαία και έτσι υπάρχει η πιθανότητα τα επόμενα έτη να αναγκαστούμε να αντικαταστήσουμε το σύστημά μας με ένα νέο πιο σύγχρονο.

##### ➤ ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Αυτές καθορίζονται από την απόκλιση της απόδοσης σε σχέση με αυτή των πρότυπων συνθηκών, λόγω των επόμενων αιτιών:

I. **Διαφοροποίηση ανακλαστικότητας Φ/Β πλαισίου σε σχέση με την αντίστοιχη σε STC.**

Δηλαδή η αύξηση της ανακλαστικότητας του φωτοβολταϊκού πλαισίου εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στην επιφάνειά του. Σε γωνίες πρόσπτωσης πάνω από τις 60° έχουμε αυξημένη ανακλαστικότητα ενώ για μικρότερες γωνίες η μεταβολή είναι ασήμαντη.

II. **Καθαρότητα όψεως του Φ/Β πλαισίου.**

Η καθαρότητα της γυάλινης επιφάνειας του φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι σημαντική διότι η επικάλυψη σκόνης και λοιπών άλλων σωματιδίων προκαλεί μείωση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου.

**$n_p = 0.95$  για πλαίσια που καθαρίζονται συχνά**

$n_p = 0.90$  για πλαίσια ελαφρώς σκονισμένα

$n_p = 0.80$  για πλαίσια οριζόντια και ακάθαρτα

➤ **ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΔΟ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ,  $n_{\delta}$ .**

Είναι ένας συντελεστής ο οποίος εκφράζει τις απώλειες ενέργειας στη δίοδο αντεπιστροφής οι οποίες εκτιμώνται σε 1% άρα ο συντελεστής απωλειών είναι  **$n_{\delta} = 0.99$ .**

➤ **ΑΥΞΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**

Η απόδοση του Φ/Β πλαισίου επηρεάζεται σημαντικά από την άνοδο της θερμοκρασίας των Φ/Β στοιχείων, των οποίων η μέση θερμοκρασία είναι 30°C μεγαλύτερη από τις πρότυπες συνθήκες STC. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε τον συντελεστή θερμοκρασίας  **$n_{\theta} = 1 - [(t_a + 30) - 25] * 0.004$**

Όπου  $t_a$  [°C]: μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα.

#### **4.4 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟΥ**

Ο βαθμός απόδοσης του Φ/Β πλαισίου προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τους συντελεστές  **$n_{\gamma}$ ,  $n_p$ ,  $n_{\theta}$ ,  $n_{\delta}$ ,  $n_{STC}$** . Άρα ο βαθμός απόδοσης που προκύπτει για ένα πλαίσιο είναι:

$$n_{\pi} = n_{STC} * n_{\gamma} * n_p * n_{\theta} * n_{\delta}$$

Όπου  $n_{STC}$  ο βαθμός απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου.



## 4.5 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ Φ/Β ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ

Ο βαθμός απόδοσης  $N_{\Sigma}$  της Φ/Β συστοιχίας προκύπτει από το γινόμενο του βαθμού απόδοσης του ενός πλαισίου  $N_{\Sigma}$  με τους εξής **συντελεστές**:

Οι οποίοι είναι  $n_{\alpha}=0.98$  που επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες όπως στιγμιαία σκίαση ενός Φ/Β πλαισίου, από διαφορετικές εξωτερικές συνθήκες ή ελαττωμάτων εκ κατασκευής, από τον συντελεστή καλωδιώσεων  $n_{\kappa}=0.98$  ο οποίος εκφράζει τις απώλειες στα καλώδια σύνδεσης των Φ/Β πλαισίων και από τον συντελεστή απωλειών του **μετατροπέα-αντιστροφέα** ( $n_{\mu}$ ). Προκύπτει  $n_{\Sigma} = n_{\text{STC}} * n_{\gamma} * n_{\rho} * n_{\theta} * n_{\delta} * n_{\alpha} * n_{\kappa} * n_{\mu}$ .

Άρα ο βαθμός απόδοσης της κάθε Φ/Β συστοιχίας που προκύπτει είναι:

$$N_{\Sigma} = n_{\pi} * n_{\alpha} * n_{\kappa} * n_{\mu}$$

## 4.6 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΤΑΣΗΣ (INVERTER)

Μετατροπή από 12 ή 24V συνεχές (DC) σε 230V εναλλασσόμενο (AC) ρεύμα.

Οι αντιστροφείς τάσης είναι ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούνται σε συνδεδεμένα με το δίκτυο Φ/Β συστήματα αλλά και σε αυτόνομα συστήματα με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες.

Ο inverter (μπορεί να δείτε να αναφέρεται και ως αντιστροφέας ή μετατροπέας) είναι μια συσκευή που μετατρέπει το συνεχές (DC) ρεύμα του φωτοβολταϊκού συστήματος σε εναλλασσόμενο (AC) ρεύμα 230V.



### 4.6.1 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ ΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ο σχεδιασμός ενός συνδεδεμένου με το δίκτυο Φ/Β συστήματος απαιτεί την επιλογή ενός κατάλληλου αντιστροφέα τάσης. Η τάση του συνεχούς ρεύματος που θα έχει το σύστημα καθορίζει τα χαρακτηριστικά του αντιστροφέα αφού πρώτα έχουν

επιλεχθεί και οι κατάλληλοι συλλέκτες. Ο αντιστροφέας είναι η δεύτερη σημαντικότερη μονάδα του συστήματος μετά τους συλλέκτες.

Δουλειά του είναι να μετατρέπει την συνεχή τάση που παράγεται στους συλλέκτες σε εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 50Hz η οποία προωθείται στο δίκτυο.

Σε αντίθεση με τους αντιστροφείς των αυτόνομων συστημάτων, αυτοί των συνδεδεμένων πρέπει να αντιδρούν το ίδιο στις μεταβολές των χαρακτηριστικών του δικτύου ηλεκτροδότησης και στις μεταβολές της απόδοσης των συλλεκτών δηλαδή να έχουν ίδια τάση και συχνότητα με το δίκτυο. Αφού όλο το παραγόμενο ρεύμα περνά από αυτόν τα χαρακτηριστικά του επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη συμπεριφορά και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος. Εκτός από την απόδοση στη μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη, τα ηλεκτρονικά του αντιστροφέα περιλαμβάνουν συστήματα που είναι υπεύθυνα για την ημερήσια λειτουργία του συστήματος.

Φροντίζουν η λειτουργία να ξεκινά την κατάλληλη στιγμή το πρωί, όταν οι συλλέκτες παράγουν αρκετή ενέργεια. Ανεπιτυχής έναρξη της λειτουργίας απαιτεί ενέργεια από το δίκτυο και **πρέπει να αποφεύγεται**.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, το βέλτιστο σημείο λειτουργίας στην καμπύλη I-V μεταβάλλεται ανάλογα με τη διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας των συλλεκτών.

Ο «έξυπνος» έλεγχος του μετατροπέα περιλαμβάνει παρακολούθηση του σημείου μέγιστης ενέργειας και συνεχή ρύθμιση στο βέλτιστο κάθε φορά σημείο λειτουργίας. Επίσης υπάρχουν συστήματα που αυτόματα αποσυνδέουν το σύστημα αν εμφανισθούν ανωμαλίες στο δίκτυο ή στους συλλέκτες.

Σήμερα τα περισσότερα μοντέλα αντιστροφέων τάσης είναι εξοπλισμένα με συστήματα που επιτρέπουν τη συνεχή μέτρηση της ισχύος, της τάσης του ρεύματος και άλλων λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος. Τα δεδομένα αυτά μπορούν στη συνέχεια να συλλεχθούν και να αναλυθούν με τη χρήση Η/Υ.

## 4.7 ΣΤΗΡΙΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Οι κατασκευές στήριξης των Φ/Β πλαίσιων πρέπει να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

1. Αντίσταση στον αέρα
2. Χαμηλό κόστος
3. Αποφυγή σκιασμού
4. Εύκολη προσέγγιση ώστε να είναι δυνατός ο καθαρισμός των Φ/Β μονάδων

Η κατασκευή πρέπει να διαθέτει ύψος ώστε να μην κινδυνεύουν οι μονάδες από την βλάστηση ή από πέτρες, αλλά ταυτόχρονα να είναι δυνατός ο εύκολος καθαρισμός τους. Επειδή οι Φ/Β μονάδες είναι πολύ ακριβές θα πρέπει να είναι **πολύ καλά στερεωμένες για να είναι δύσκολη η κλοπή τους**. Επίσης είναι απαραίτητη η χρήση φράχτη για να εμποδίζεται η είσοδος σε όσους δεν έχουν σχέση με το έργο και να αποφεύγονται τυχόν βανδαλισμοί και καταστροφές από ζώα. Τέλος οι μονάδες θα πρέπει να είναι σε κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους και από τον φράχτη ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα σκιασμού.

## ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ

1. Σταθερές κατασκευές
2. Κατασκευές με δυνατότητα περιστροφής σ' έναν άξονα
3. Κατασκευές με δυνατότητα περιστροφής σε δυο άξονες

Οι σταθερές κατασκευές είναι οι πιο απλές. Τα πλαίσια τοποθετούνται σε συγκεκριμένο προσανατολισμό και κλίση και παραμένουν έτσι για όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Έχουν το χαμηλότερο κόστος αλλά λόγω της σταθερής τους θέσης έχουμε και τη **μικρότερη παραγωγή ενέργειας**.

Οι κινήσεις του εδάφους και η σύνθεση της ατμόσφαιρας οδηγούν στη διαρκή αλλαγή της απόδοσης και της κατεύθυνσης των ανακλώντων ακτίνων του ηλίου. Έτσι οι κυψέλες των φωτοβολταϊκών στοιχείων σταθερής συναρμολόγησης μπορούν να μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια μόνο ένα κλάσμα της ενέργειας του φωτός που εκπέμπει ο ήλιος. Τα προγραμματιζόμενα **συστήματα ανίχνευσης** στρέφουν τα Φ/Β στοιχεία πάντοτε προς τον ήλιο κι έτσι η γωνία πρόσπτωσης παραμένει σταθερή και η ένταση του φωτός διατηρείται και μαζί της η ενέργεια. Έτσι χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά όχι μόνο οι ώρες της ηλιοφάνειας, αλλά και το διάχυτο φως όλο το έτος, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη **μεγαλύτερη παραγωγή ηλιακής**

**ενέργειας.** Η αύξηση είναι της τάξης του 20 - 25% με μονοαξονικά, 35 - 45% με διαξονικά

συστήματα κι έτσι έχουμε μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα, ταχύτερη απόσβεση του κόστους κτήσης και κατά συνέπεια μεγαλύτερο κέρδος.

## **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Γενικά τα **σταθερά συστήματα** πλεονεκτούν σε σχέση με τα **tracker** στην απλότητα της κατασκευής, στο κόστος εγκατάστασης, στην ταχύτητα εγκατάστασης, στο κόστος συντήρησης, στην μεγαλύτερη απεξάρτηση του επενδυτή από τον κατασκευαστή και σε θέματα αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας (realibility, availability).



### **4.8 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ ΜΕ ΗΛΙΟΣΤΑΤΕΣ (SOLAR TRACKER)**

Στα φωτοβολταϊκά πάρκα πολλές φορές συνηθίζεται η χρήση συστημάτων παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται ηλιοστάτες ή trackers. Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι η άμεση ακτινοβολία (direct - radiation) προσπίπτει στα πάνελ κάθετα με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

**Υπάρχουν 3 βασικά είδη τέτοιων συστημάτων.**

1. Παρακολούθηση της τροχιάς στον κάθετο άξονα (VERTICAL ONE AXIS TRACKER) -> (Μικρή αύξηση της απόδοσης)
2. Παρακολούθηση της τροχιάς στον οριζόντιο άξονα (HORIZONTAL ONE AXIS TRACKER) -> (Μεσαία αύξηση της απόδοσης)
3. Παρακολούθηση της τροχιάς και στους δύο άξονες (DUAL AXIS TRACKER) -> (Μέγιστη αύξηση της απόδοσης)

**Επίσης ανάλογα με την μέθοδο που δίνει κίνηση στους άξονες του συστήματος διακρίνονται σε:**

- Υδραυλικά συστήματα κίνησης
- Ηλεκτρικά συστήματα κίνησης.

### **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (ΗΛΙΟΣΤΑΤΩΝ)**

Τα tracker πλεονεκτούν συνολικά στην απόδοση της επένδυσης του φωτοβολταϊκού συστήματος και αποδίδουν μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη (όταν όμως ισχύουν και αρκετοί άλλοι παράμετροι).

Υπάρχει ένα αυξημένο κόστος γενικότερα στην κατασκευή και την εγκατάσταση αλλά οι ηλιοστάτες μπορούν να αυξήσουν αρκετά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Φυσικά αυτό και μόνο το γεγονός αποτελεί **βασικό κριτήριο** για πολλούς επενδυτές που επιθυμούν το μέγιστο όφελος από την επένδυση τους.

Η αύξηση αυτή μπορεί ξεκινάει από 10% (για συστήματα μονού άξονα) να φτάσει ακόμα και το 40% (αλλά για κάποιες μόνο εποχές του χρόνου). Ο υπολογισμός της

**μέσης ετήσιας αύξησης** στην παραγωγή **ηλεκτρικής ενέργειας** ενός συστήματος είναι το κρίσιμο μέγεθος που θα πρέπει να υπολογίσει κανείς για να βγάλει χρήσιμα συμπεράσματα.

Η χρήση των tracker πάντως συστήνεται μόνο σε περιοχές που έχουν υψηλό ποσοστό άμεσης ακτινοβολίας (όπως στην Ελλάδα).

Συμπερασματικά υπάρχουν αρκετοί παράμετροι που θα πρέπει κανείς να σταθμίσει για να προχωρήσει στην επιλογή ενός κινητού συστήματος στήριξης σε σχέση με ένα σταθερό.

### **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (ΗΛΙΟΣΤΑΤΩΝ)**

Στα μειονεκτήματα των κινητών συστημάτων μπορούν να αναφερθούν:

- Το αυξημένο κόστος της επένδυσης
- Η ύπαρξη κινητών μερών η οποία αυξάνει την πολυπλοκότητα του συστήματος
- Η ανάγκη για αυτοκατανάλωση κάποιας ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας για την περιστροφή (κίνηση) των συστημάτων
- Το αυξημένο κόστος συντήρησης
- Η μεγαλύτερη ανάγκη για απομακρυσμένο (τηλεπικοινωνιακά) έλεγχο του συστήματος μιας και η πιθανότητα αστοχίας είναι μεγαλύτερη.
- Μεγαλύτερος κίνδυνος καταστροφής σε περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων

## 5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

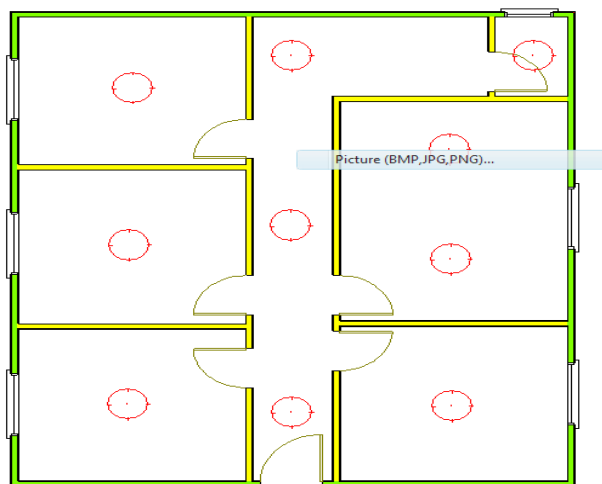
### ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ Φ/Β ΜΕΛΕΤΗΣ



#### 5.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Η τεχνική περιγραφή του έργου γίνεται για κτίριο γραφείων τεχνικής εταιρείας στην περιοχή Πετρωτού Αχαΐας. Αρχικά θα γίνει η διαστασιολόγηση του κτιρίου και οι παράμετροι της εγκατάστασης. Οι διαστάσεις του κτιρίου είναι οι ακόλουθες:

Ύψος 2.282m, Πλάτος 8.40 m και Μήκος 9.50 m, ο εσωτερικός διάδρομος έχει πλάτος 1.20m. **Ακολουθεί το σχέδιο των γραφείων .**



**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟ 79.8m<sup>2</sup>**

Στην μελέτη μας θα υπολογίσουμε τις δυνατότητες εγκατάστασης φωτοβολταϊκών διατάξεων σε κτίριο γραφείων τεχνικής εταιρείας στην θέση Πετρωτού. Τα γραφεία έχουν συνολική επιφάνεια **79.8m<sup>2</sup>** .Για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας αναγκαίοι είναι οι υπολογισμοί που έχουν σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η επιφάνεια στην οποία θα τοποθετηθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση και η



επιλογή του κατάλληλου τύπου πλαισίου καθώς και η διαστασιολόγηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασής μας. Η επιφάνεια της στέγης μας είναι οριζόντια.

Το κτίριο μας είναι τελείως ελεύθερο και δεν επιδέχεται σκίαση από κάποιο άλλο κτίριο, δέντρο ή οτιδήποτε άλλο που μπορεί να επηρεάσει την ηλιοφάνεια την οποία δέχονται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Η περιοχή Πετρωτού έχει γεωγραφικό μήκος  $21.44^{\circ}$  και γεωγραφικό πλάτος  $38.15^{\circ}$ .



Απεικόνιση των υπό μελέτη γραφείων στην περιοχή Πετρωτού.

Εξαιτίας των σχετικά μικρών διαστάσεων του κτιρίου ( $79.8m^2$ ) ενώ η βέλτιστη τοποθέτηση των πλαισίων είναι σε επίπεδο με γωνία κλίσης από  $30^{\circ}$  έως  $45^{\circ}$  για να αποφύγουμε την αλληλοεπικάλυψη των πλαισίων, η τοποθέτηση των πλαισίων θα γίνει τελικά σε οριζόντιο επίπεδο. Σαν ελάχιστη απόσταση μεταξύ κάθε σειράς εφόσον η τοποθέτηση είχε πραγματοποιηθεί με κλίση  $30^{\circ}$  είναι περίπου 3m, που στην προκειμένη περίπτωση μας περιορίζει αρκετά.

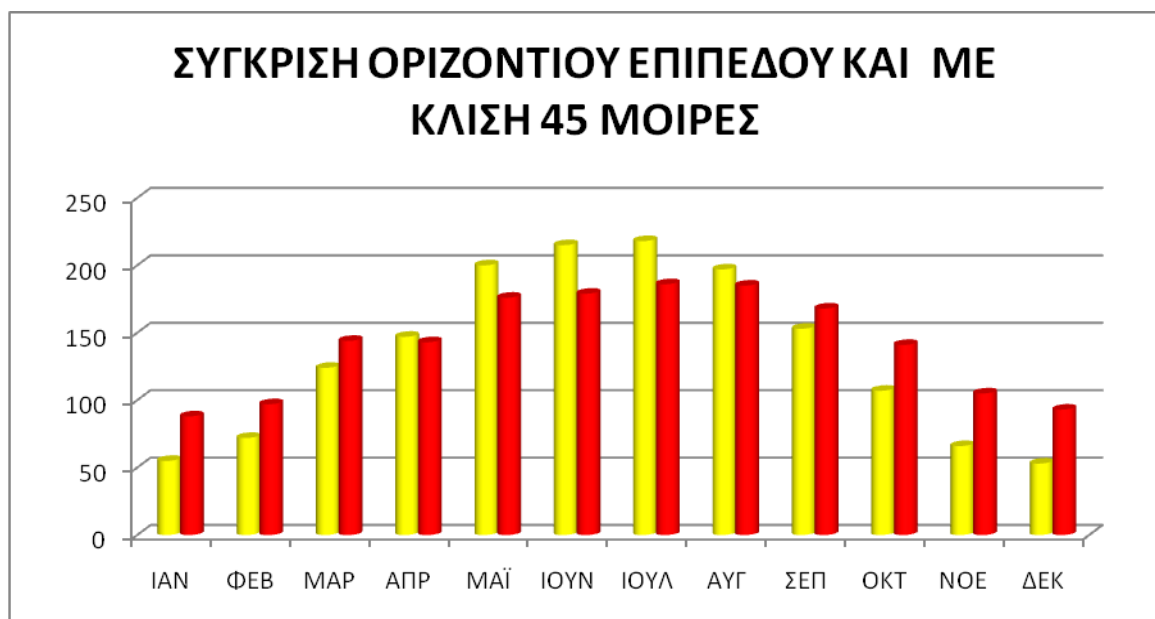
## 5.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΙ ΜΕ ΚΛΙΣΗ $45^{\circ}$ ΓΙΑ ΝΟΤΙΟ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ

Στους πίνακες και στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνονται οι διαφορές της μέσης ηλιακής ακτινοβολίας σε  $KWh/m^2$  για τοποθέτηση των πλαισίων σε οριζόντιο επίπεδο (με κίτρινο χρώμα) χωρίς να λαμβάνουμε υπόψη την επιφάνεια της








φωτοβολταϊκής συστοιχίας και αντίστοιχα σε γωνία κλίσης 45<sup>0</sup> με νότιο προσανατολισμό (με κόκκινο χρώμα) βλέπουμε ότι συνολικά η μέση ηλιακή ακτινοβολία σε γωνία κλίσης 45<sup>0</sup> με νότιο προσανατολισμό έχει μεγαλύτερη απόδοση στους περισσότερους μήνες αλλά και σαν σύνολο έχει μεγαλύτερη απόδοση, αλλά όπως έχουμε αναφέρει για να αποφύγουμε την αλληλοεπικάλυψη των πλαισίων η τοποθέτηση των πλαισίων θα γίνει σε οριζόντιο επίπεδο.

Μήνας	ΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚWh/m <sup>2</sup> ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚWh/m <sup>2</sup> ΚΛΙΣΗ 45 <sup>0</sup> ΝΟΤΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	55	88
ΦΕΒ	72	97
ΜΑΡ	124	144
ΑΠΡ	147	143
ΜΑΪ	200	176
ΙΟΥΝ	215	179
ΙΟΥΛ	218	186
ΑΥΓ	197	185
ΣΕΠ	153	168
ΟΚΤ	107	141
ΝΟΕ	66	105
ΔΕΚ	53	93
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1607</b>	<b>1705</b>



Ο πίνακας που ακολουθεί είναι ενδεικτικός και μας δείχνει την απόδοση ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Βλέπουμε ότι η βέλτιστη απόδοση είναι για κλίση 30° με νότιο προσανατολισμό ενώ η χαμηλότερη απόδοση είναι για κλίση 90° με ανατολικό-δυτικό προσανατολισμό. Στην δική μας περίπτωση βλέπουμε ότι έχουμε μία διαφορά του 10% από την βέλτιστη κλίση κάτι το οποίο προκύπτει και από τους παραπάνω συγκρινόμενους πίνακες, αναλύοντας την συνολική μέση ακτινοβολία και για τις δύο περιπτώσεις.

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

### 5.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

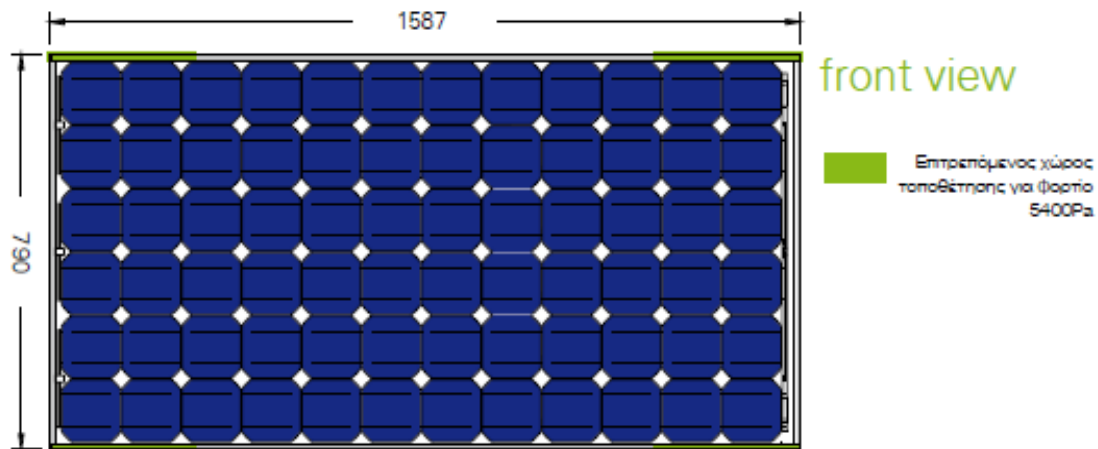
Η επιλογή έγινε με βάση την απόδοση του Φ/Β πλαισίου αλλά και με την ενεργειακή απόδοση του Φ/Β στοιχείου η οποία εξαρτάται από την τιμή του  $FF=(I_m \cdot V_m)/(I_{sc} \cdot V_{oc})=(5,03 \cdot 35,8)/(5,58 \cdot 43,6)=0,74=74\%$ , τιμή αποδεκτή.

Το Φ/Β πλαίσιο που επιλέξαμε είναι μονοκρυσταλλικού τύπου το οποίο είναι μεγαλύτερης απόδοσης σε σχέση με τα πλαίσια πολυκρυσταλλικού τύπου.

Η απόδοση η οποία είναι της τάξης  $n_{STC}=14,4\%$ .

## Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλαισίου BP 4180T

Όπως βλέπουμε κάτωθι από το φυλλάδιο τεχνικών οδηγιών του κατασκευαστή τα πλαίσια μας έχουν τα εξής ηλεκτρομηχανολογικά χαρακτηριστικά.



## Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά

	<sup>(1)</sup> STC 1000W/m <sup>2</sup>	<sup>(2)</sup> NOCT 800W/m <sup>2</sup>
Μέγιστη ισχύς (P <sub>max</sub> )	180W	129,6W
Τάση στο P <sub>max</sub> (V <sub>mpo</sub> )	35,8V	31,9V
Ένταση στο P <sub>max</sub> (I <sub>mpo</sub> )	5,03A	4,02A
Ρεύμα βραχυκλώσεως (I <sub>sc</sub> )	5,58A	4,52A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (V <sub>oc</sub> )	43,6V	39,7V
Αποδοτικότητα	14,4%	
Ανοχή P <sub>max</sub>	-3/+5%	
Ονομαστική τάση	24V	
Μείωση αποδοτικότητας @ 200W/m <sup>2</sup>	<5% μείωση (Αποδοτικότητα 14,1%)	
Limiting reverse current	5,58A	
Συντελεστής θερμότητας του I <sub>sc</sub>	0,105%/ °C	
Συντελεστής θερμότητας του V <sub>oc</sub>	-0,360%/ °C	
Συντελεστής θερμότητας του P <sub>max</sub>	-0,45%/ °C	
<sup>(3)</sup> NOCT	47±2°C	
Maximum series fuse rating	20A	
Application class (Κατά IEC 61730:2007)	Class A	
Maximum system voltage	600V (U.S. NEC rating); 1000V (IEC 61730:2007)	

1: Τιμές σε τυπικές συνθήκες δοκιμών (STC), ένταση φωτός 1000W/m<sup>2</sup>, ηλικικό

φάσμα AM1,5 και θερμοκρασία μονάδας 25°C

2: Τιμές με ένταση φωτός 800W/m<sup>2</sup>, ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κυψέλης (NOCT) και AM 1,5

3: Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κυψέλης: θερμοκρασία λειτουργίας μονάδας με ένταση φωτός 800W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία αέρα 20°C, ταχύτητα ανέμου 1m/s.

**Από το φυλλάδιο οδηγιών του κατασκευαστή βλέπουμε ότι η μέγιστη τάση του συστήματος είναι 1000V για την Ευρώπη.**

## Μηχανολογικά Χαρακτηριστικά

Ηλιακές κυψέλες	72 μονοκρυσταλλικών 5" κυψέλες πυριτίου (125mm x 125mm) σε σειρά
Πρόσθια Επικάλυψη	Υψηλής διαπερατότητας 3,2mm ενισχυμένο ντιανακλαστικό γυαλί
Περίβλημα	EVA
Οπίσθια Επικάλυψη	Λευκός πολυεστέρας
Πλαίσιο	Silver anodized aluminum (Universal II)
Δίοδοι	IntegraBus™ with 3 Schottky diodes
Κουτί Σύνδεσης	Κλειστό (IP67); πιστοποιημένο κατά UL1703 flammability test.
Καλώδια σύνδεσης	4mm <sup>2</sup> cable with latching MC4 connectors Asymmetrical cable lengths: (-)1250mm / (+)800mm Certified as PV Wire according to UL4703 and PV1-F according to VDE EPV 01:2008-02 standards
Διαστάσεις	1587x790x50mm
Βάρος	15,4kg
All dimensional tolerances within ±1% unless otherwise stated.	

Η τιμή του Φ/Β πλαισίου BP 4180t με ΦΠΑ 23% είναι 456,39 € ανά τεμάχιο.

## 5.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ

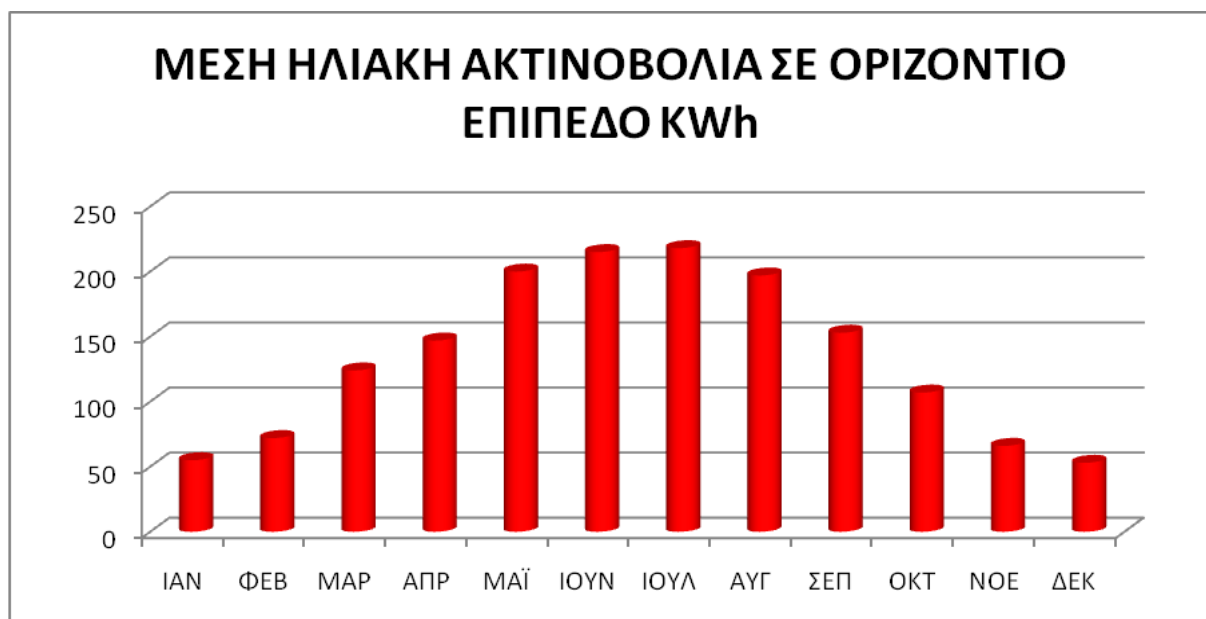
Η βέλτιστη απόδοση επιτυγχάνεται με την εξασφάλιση επαρκούς χώρου πίσω από τα πλαίσια ώστε να επιτρέπεται ο απαραίτητος εξαερισμός, με την εγκατάσταση των πλαισίων υπό γωνία τουλάχιστον 10<sup>0</sup> από τον οριζόντιο άξονα για την διευκόλυνση του αυτό-καθαρισμού και την μείωση της συγκέντρωσης σκόνης και με την

εξασφάλιση ότι τα πλαίσια δεν σκιάζονται σε καμία στιγμή της ημέρας.

Με την πραγματοποίηση της επιλογής του κατάλληλου τύπου πλαισίου, πρέπει να υπολογίσουμε την μέση ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (για λόγους υπολογισμών αντί για  $10^0$ ) αρχικά χωρίς να λάβουμε υπόψη μας την συνολική επιφάνεια της φωτοβολταϊκής συστοιχίας και έπειτα μας είναι απαραίτητη και η συνολική επιφάνεια της φωτοβολταϊκής συστοιχίας για να υπολογίσουμε το ηλιακό δυναμικό της επιφάνειας.

**Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/(m<sup>2</sup>.mo)].**

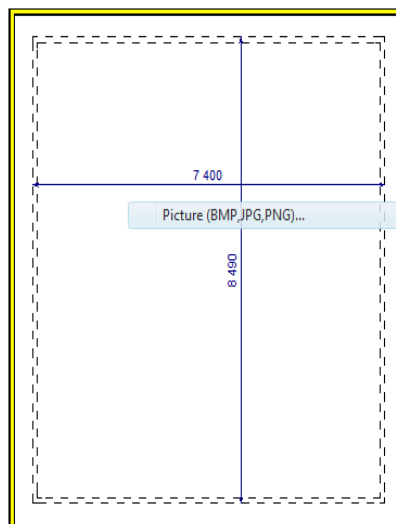
Μήνας	ΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ σε οριζόντιο επίπεδο KWh/m <sup>2</sup>
ΙΑΝ	55
ΦΕΒ	72
ΜΑΡ	124
ΑΠΡ	147
ΜΑΪ	200
ΙΟΥΝ	215
ΙΟΥΛ	218
ΑΥΓ	197
ΣΕΠ	153
ΟΚΤ	107
ΝΟΕ	66
ΔΕΚ	53



## 5.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΑΡΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το κτίριο μας έχει πλάτος 8.40 m και μήκος 9.50 m και επομένως **79.8m<sup>2</sup>** επιφάνεια αλλά από αυτά δεν είναι όλα εκμεταλλεύσιμα λόγω του ότι πρέπει να αφήσουμε κάποια περιθώρια περιμετρικά του κτιρίου μας αλλά και μεταξύ των συστοιχιών για να είναι εύκολη η πρόσβαση με σκοπό τον περιοδικό έλεγχο και την συντήρηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Τα περιθώρια αυτά ορίζονται σε 0.50m ως ελάχιστη απόσταση για να μπορεί να κινηθεί με ευκολία ο συντηρητής της εγκατάστασης περιμετρικά του κτιρίου και μεταξύ των συστοιχιών θα υπάρχει απόσταση 1,0m.

Οι αποστάσεις αυτές αφήνονται για λόγους όπως η εύκολη πρόσβαση με σκοπό τον καθαρισμό των πλαισίων, ο περιοδικός έλεγχος καλής λειτουργίας, ο έλεγχος βλάβης και η αντικατάσταση κάποιου εξαρτήματος ή κάποιου πάνελ ακόμα και η αντικατάσταση των καλωδιώσεων.



### Εξωτερική κάτοψη της οροφής

Άρα έχουμε καθαρή επιφάνεια **62.9 m<sup>2</sup>** χωρίς τα περιμετρικά κενά δηλαδή 7.40m πλάτος και 8.50m μήκος ωφέλιμα, όμως επιπλέον θα πρέπει να υπολογίσουμε και την απόσταση που θα αφήσουμε μεταξύ των συστοιχιών. Η απόσταση μεταξύ των συστοιχιών είναι περίπου 1,0m.

## 5.6 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Ο μέγιστος αριθμός πλαίσίων που μπορεί να συνδεθεί σε σειρά, για θερμοκρασία λειτουργίας  $-10^{\circ}\text{C}$  φαίνεται στον παρακάτω πίνακα από το φυλλάδιο τεχνικών προδιαγραφών του κατασκευαστή:

Πίνακας 2	Ευρώπη	Β.Αμερική
Governing standards	IEC61730	UL / NEC
Μέγιστη Τάση Συστήματος (V)	1000	600
Μέγιστος αριθμός πλαισίων N° 72 κυψελών σε σειρά	20	11
Μεγ. N° 60 μονάδες κυψελών σε σειρά	22	13

Για σύνδεση σε σειρά χρησιμοποιούνται **μόνο** πλαίσια ίδιου μοντέλου.

Για τον καθορισμό του μέγιστου αριθμού των πλαισίων που μπορούν να συνδεθούν σε σειρά, διαιρούμε τη μέγιστη τάση του συστήματος όπως αναφέρεται στην πινακίδα του πλαισίου( ή την μέγιστη επιτρεπόμενη από τα τοπικά πρότυπα ή κανονισμούς , οποιαδήποτε είναι χαμηλότερη) διά της τάσης ανοικτού κυκλώματος του πλαισίου  $V_{oc}$  μετά από διόρθωση για τη θερμοκρασία όπως προβλέπεται από τους τοπικούς κανονισμούς ή πρότυπα.

Από το φυλλάδιο οδηγιών του κατασκευαστή αλλά και από την πινακίδα του πλαισίου βλέπουμε ότι ο μέγιστος αριθμός πλαισίων εν σειρά **N°72 κυψελών είναι 20 πλαίσια για την Ευρώπη και η μέγιστη τάση του συστήματος 1000V.**

Εδώ  $V_{oc}=43,6$  και η μέγιστη τάση του συστήματος **1000V**, άρα  $1000/43,6=22.93$  **δηλαδή 22 πλαίσια** αλλά από τον πίνακα προτύπων για την Ευρώπη βλέπουμε ότι δεν μπορεί να ξεπερνά τον αριθμό των 20 πλαισίων εν σειρά.

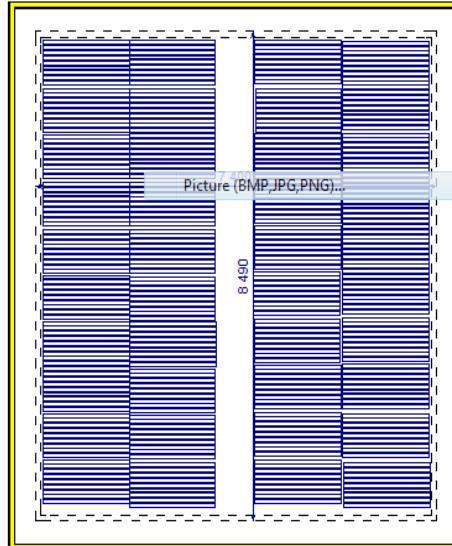
**Άρα ένα string μπορεί να αποτελείται μέχρι το πολύ 20 πλαίσια.**

Στην Φ/Β εγκατάσταση θα τοποθετήσουμε 2 συστοιχίες που θα περιλαμβάνουν από 1 string των 20 πλαισίων εν σειρά. Συνολικά θα εγκαταστήσουμε 40 πλαίσια ισχύς 180w το καθένα από αυτά και συνολικής ισχύς της εγκατάστασης  $7200w=7.2kw$ . Κάθε πλαίσιο έχει διαστάσεις  $1.59m*0.79m=1.2561m^2$  και καταλαμβάνει επιφάνεια ίση με  $1.2561m^2$ .

Τα 40 πλαίσια καταλαμβάνουν επιφάνεια **50.25 m<sup>2</sup>** και ο διάδρομος πρόσβασης-συντήρησης είναι **9 m<sup>2</sup>**.



## 5.7 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Φ/Β ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ



Εξωτερική κάτοψη οροφής με τις συστοιχίες

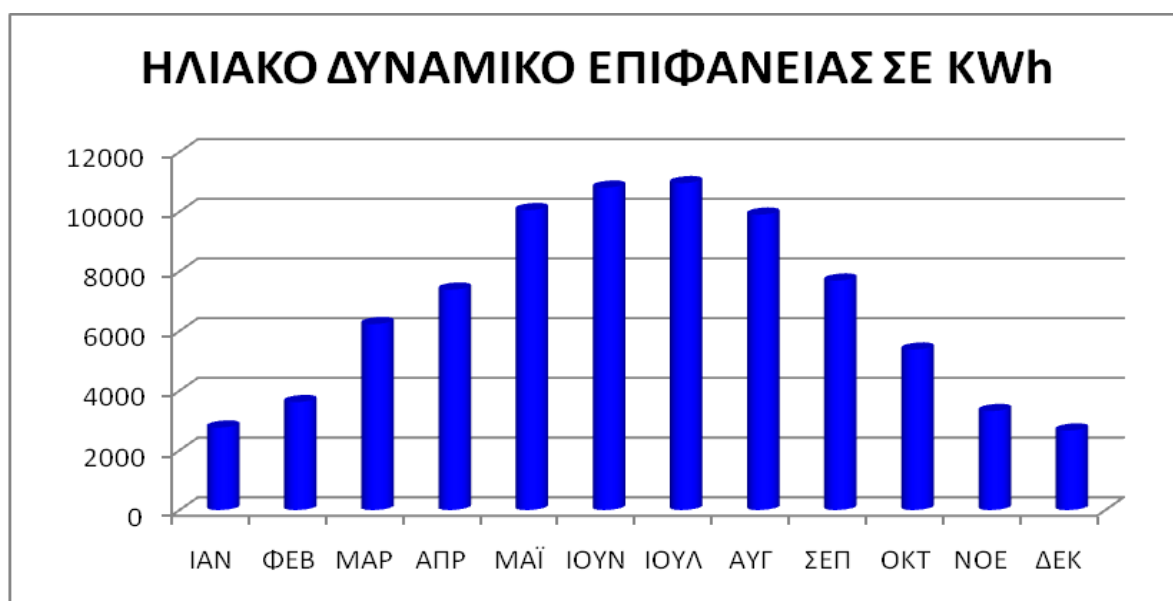
Τα περιθώρια περιμετρικά του κτιρίου είναι 0.50m και μεταξύ των συστοιχιών υπάρχει απόσταση 1,0m.

Βλέπουμε τις 2 συστοιχίες μας που αποτελούνται από 1 string η καθεμία των 20 φωτοβολταϊκών πλαισίων. Συνολικά φαίνονται και τα 40 πλαίσια.

## 5.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΜΒΑΔΟΝ ΤΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ

Για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας απαραίτητη ήταν η μέση ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο για όλους τους μήνες καθώς και το εμβαδόν της καλυπτόμενης συστοιχίας που καταλαμβάνουν τα πλαίσια μας. Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στο γεγονός ότι αυτή ηλιακή ακτινοβολία είναι η προσπίπτουσα στα πλαίσια μας και όχι η πραγματικά αποδιδόμενη καθώς δεν συμπεριλαμβάνονται οι απώλειες που υπάρχουν πάντα σε κάθε πραγματικό σύστημα.

Μήνας	ΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ σε οριζόντιο επίπεδο KWh/m <sup>2</sup>	ΕΜΒΑΔΟΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ m <sup>2</sup>	ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΕ KWh
ΙΑΝ	55	50,25	2763,75
ΦΕΒ	72	50,25	3618
ΜΑΡ	124	50,25	6231
ΑΠΡ	147	50,25	7386,75
ΜΑΪ	200	50,25	10050
ΙΟΥΝ	215	50,25	10803,75
ΙΟΥΛ	218	50,25	10954,5
ΑΥΓ	197	50,25	9899,25
ΣΕΠ	153	50,25	7688,25
ΟΚΤ	107	50,25	5376,75
ΝΟΕ	66	50,25	3316,5
ΔΕΚ	53	50,25	2663,25
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1607</b>	<b>50,25</b>	<b>80751,75</b>



Από τον πίνακα αλλά και από το διάγραμμα του ηλιακού δυναμικού βλέπουμε ότι οι μήνες με την μεγαλύτερη απόδοση είναι από τον Μάρτιο έως και τον Οκτώβριο και ιδιαίτερα οι μήνες από Απρίλιο έως Σεπτέμβριο είναι αυτοί που ξεχωρίζουν για την υψηλή τους απόδοση. Αυτό το ηλιακό δυναμικό δεν είναι το ωφέλιμο αλλά το ηλιακό δυναμικό που προσπίπτει στην επιφάνεια μας γιατί υπάρχουν και οι απώλειες τις οποίες και θα αναλύσουμε στην αμέσως επόμενη παράγραφο.

## 5.9 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Σε αυτή την παράγραφο θα υπολογίσουμε το ωφέλιμο ηλιακό δυναμικό που προκύπτει ύστερα από τις απώλειες.

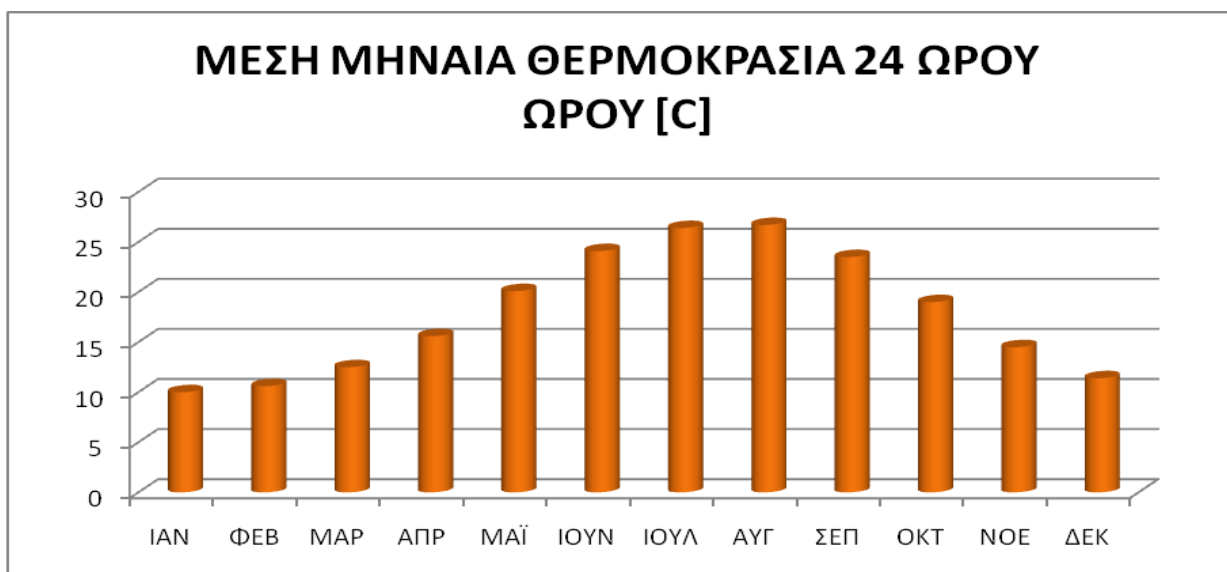
Οι απώλειες όπως αναφέρθηκε στην θεωρητική ανάλυση της μελέτης μας είναι οι εξής: η γήρανση των φωτοβολταϊκών πλαίσιων κατά έτος  $n_v=0,994$ , ρύπανση επιφάνειας  $n_p=0,95$  κάνοντας την εξής παραδοχή ότι τα πλαίσια μας θα καθαρίζονται συχνά, απώλειες διόδου αντεπιστροφής  $n_s=0,99$ , απώλειες από την αύξηση της θερμοκρασίας για τον υπολογισμό της θα χρησιμοποιήσουμε τον τύπο:

$N_{\theta} = 1 - [(t_a + 30) - 25] * 0,004$  όπου:  $T_a$  [°C]: μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα.

Πηγή: από το βιβλίο Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις Σταμάτης Δ. Περγίος.

ΠΑΤΡΑ	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 24 ΩΡΟΥ [°C]
ΙΑΝ	10,0
ΦΕΒ	10,6
ΜΑΡ	12,5
ΑΠΡ	15,6
ΜΑΪ	20,1
ΙΟΥΝ	24,1
ΙΟΥΛ	26,4
ΑΥΓ	26,7
ΣΕΠ	23,5
ΟΚΤ	19,0
ΝΟΕ	14,5
ΔΕΚ	11,4
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>214,4</b>

Άρα προκύπτει  $t_a = 214,4 / 12 = 17,86$  [°C] που είναι η μέση ετήσια θερμοκρασία για την περιοχή της Πάτρας.



Η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει σαφώς την απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Αντικαθιστούμε στον τύπο  $\eta_{\theta}=1-[(17,86+30)-25] \cdot 0,004$  το ισοδύναμο του  $t_a[^{\circ}\text{C}]=17,86$  και προκύπτει ότι το  $\eta_{\theta}=\mathbf{0,908}$ .

Τελικά προκύπτει ότι η απόδοση του πλαισίου είναι  $n_{\pi}=n_{\text{STC}} \cdot n_{\gamma} \cdot n_{\rho} \cdot n_{\theta} \cdot n_{\delta}$  δηλαδή  $n_{\pi}=0,144 \cdot 0,994 \cdot 0,95 \cdot 0,908 \cdot 0,99=0,1222=\mathbf{12,22\%}$

Όπου  $n_{\text{STC}}=\mathbf{14,4\%}$ , το οποίο προκύπτει από το φυλλάδιο τεχνικών προδιαγραφών του πλαισίου, είναι η απόδοση του πλαισίου.

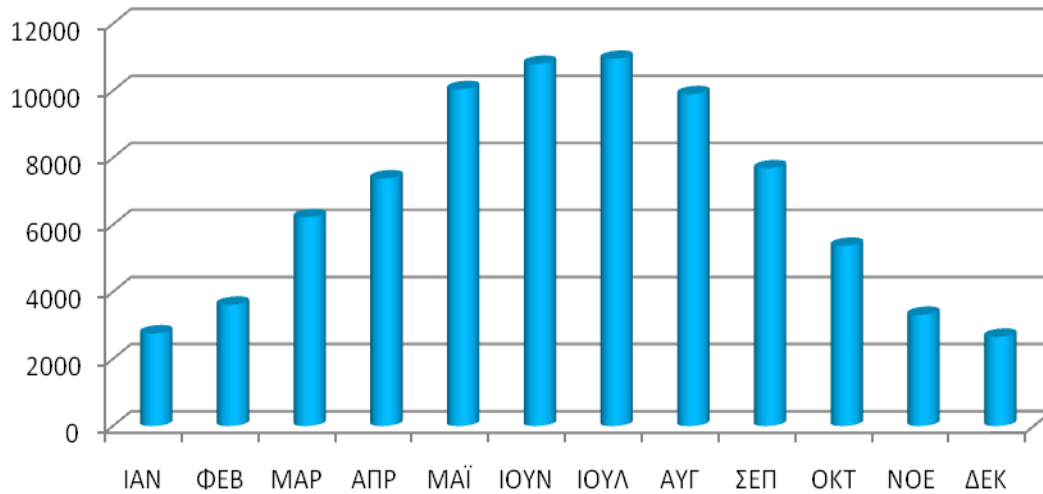
## 5.10 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ

Τώρα πρέπει να υπολογίσουμε και την απόδοση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας από τον τύπο  $N_{\Sigma}=n_{\pi} \cdot n_{\alpha} \cdot n_{\kappa} \cdot n_{\mu}$  όπου  $n_{\pi}=\mathbf{0,1222}$ ,  $n_{\alpha}=\mathbf{0,98}$ ,  $n_{\kappa}=\mathbf{0,98}$  και  $n_{\mu}=\mathbf{0,973}$  δηλαδή η απόδοση της συστοιχίας είναι  $N_{\Sigma}=0,1222 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,973=0,1142=\mathbf{11,42\%}$  είναι η απόδοση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας μας.

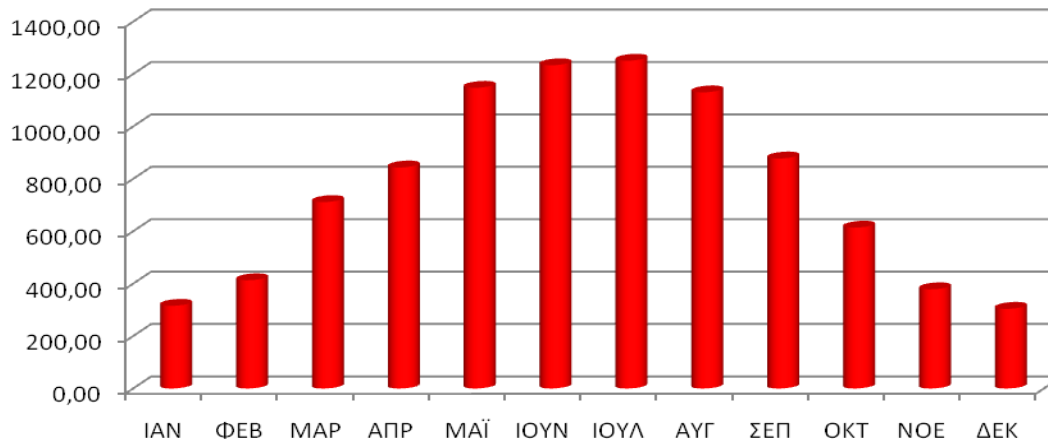
ΜΗΝΑΣ	ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΕ ΚWh ΧΩΡΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ ΣΕ ΚWh ΜΕ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ 11,42% (ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ)
ΙΑΝ	2763,75	315,62
ΦΕΒ	3618	413,18
ΜΑΡ	6231	711,58
ΑΠΡ	7386,75	843,57
ΜΑΪ	10050	1147,71
ΙΟΥΝ	10803,75	1233,79
ΙΟΥΛ	10954,5	1251,00
ΑΥΓ	9899,25	1130,49
ΣΕΠ	7688,25	878,00
ΟΚΤ	5376,75	614,02
ΝΟΕ	3316,5	378,74
ΔΕΚ	2663,25	304,14
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>80751,75</b>	<b>9221,85</b>

Η ετήσια απόδοση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας για την πρώτη χρονιά λειτουργίας είναι **9221,85KWh**. Για τα επόμενα έτη θα ακολουθήσει σχετικός πίνακας στην ανάλυση της τεχνοοικονομικής μελέτης.

## ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΧΩΡΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΕ KWh



## ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΕ ΑΠΩΛΕΙΕΣ 11.42% ΣΕ KWh



Από τους πίνακες και τα ραβδοδιαγράμματα παρατηρούμε ότι το ηλιακό δυναμικό της επιφάνειας της συστοιχίας σε KWh χωρίς απώλειες είναι σχεδόν 9 φορές μεγαλύτερο από το ηλιακό δυναμικό της επιφάνειας της συστοιχίας σε KWh με απώλειες. Επίσης φαίνεται ότι την περίοδο από Απρίλιο έως και τον Σεπτέμβριο έχουμε την μέγιστη ωφέλιμη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

## 5.11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Λόγω της έκδοσης ενιαίου τιμολογίου της ΔΕΗ για την μέση και την χαμηλή τάση, ο υπολογισμός της μηνιαίας κατανάλωσης του κτιρίου ήταν αδύνατο να γίνει από τον λογαριασμό της ΔΕΗ και γι' αυτό έγινε με την μέθοδο της καταγραφής των συσκευών που απαρτίζουν τα γραφεία της τεχνικής εταιρείας αλλά και αντίστοιχα με την ωριαία αλλά και την μηνιαία χρήση τους. Για τον **υπολογισμό της μηνιαίας** κατανάλωσης κάναμε την εξής παραδοχή: ο κάθε μήνας αποτελείται από 25 εργάσιμες μέρες κατά μέσο όρο και συνυπολογίζοντας τις αργίες, τις ημέρες του Πάσχα, τις ημέρες των εορτών των Χριστουγέννων και 5 ημέρες την περίοδο του Δεκαπενταύγουστου κατά τις οποίες τα γραφεία της τεχνικής εταιρείας παραμένουν κλειστά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μόνη συσκευή που λειτουργεί κατά την διάρκεια όλου του έτους είναι το ηλεκτρικό ψυγείο με αδιάκοπη λειτουργία όλες τις ώρες, ημέρες, εβδομάδες και μήνες του έτους.

## 5.12 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΑΓΚΑΙΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΓΡΑΦΕΙΟΥ

Λαμβάνοντας υπόψη τον ενεργειακό κανονισμό, όλες οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη μας είναι ενεργειακής κλάσης A που σημαίνει ότι είναι οι πιο ενεργειακά αποδοτικές. Λόγω της ιδιαιτερότητας του κτιρίου μας, όσον αφορά το περιορισμένο του ύψος 2,28m, χρησιμοποιήθηκαν ειδικές λάμπες για εφαρμογές με λεπτό σχήμα για χαμηλοτάβανα σημεία.

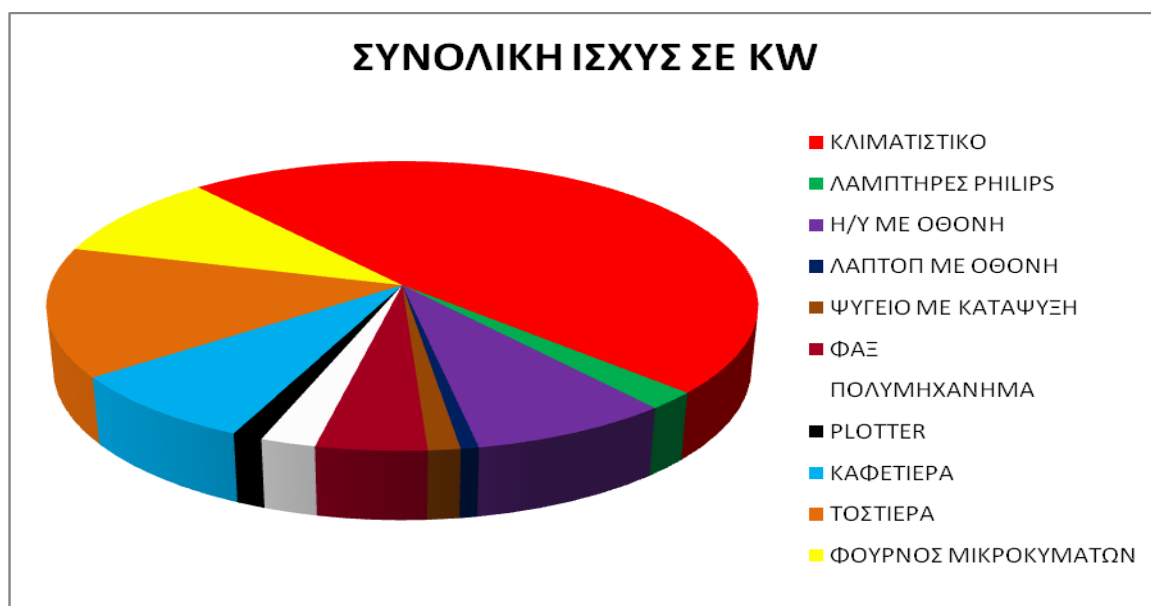


Τύπος Philips Circular λαμπτήρας εξοικονόμησης ενέργειας, χρώματος ψυχρού λευκού, ισχύος 25W που ισοδυναμεί με τα 125 W μίας συμβατικής λάμπας.

Τα γραφεία της τεχνικής εταιρείας αποτελούνται από τις ακόλουθες συσκευές:

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (KW)
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ	1200	5	6,0
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ PHILIPS	25	10	0,25
Η/Υ ΜΕ ΟΘΟΝΗ	200	5	1,0
ΛΑΠΤΟΠ ΜΕ ΟΘΟΝΗ	30	3	0,09
ΨΥΓΕΙΟ ΜΕ ΚΑΤΑΨΥΞΗ	160	1	0,16
ΦΑΞ	550	1	0,55
ΠΟΛΥΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	55	5	0,275
PLOTTER	150	1	0,15
ΚΑΦΕΤΙΕΡΑ	1000	1	1,0
ΤΟΣΤΙΕΡΑ	1800	1	1,8
ΦΟΥΡΝΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ	1200	1	1,2
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>6370</b>	<b>-</b>	<b>12,475</b>

Συνολική ισχύς των συσκευών ανέρχεται σε 12,475 Kw.



Από το διάγραμμα διακρίνουμε τις συσκευές με την μεγαλύτερη ισχύ σε **KW** , οι οποίες είναι τα κλιματιστικά, η τοστιέρα, οι σταθεροί υπολογιστές με οθόνη, ο φούρνος μικροκυμάτων και η καφετιέρα, τα οποία όμως δεν είναι αντιπροσωπευτικά για την κατανάλωση των συσκευών μας λόγω της διαφορετικής ωριαίας αλλά και της μηνιαίας χρήσης τους.



### 5.13 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Η μηνιαία κατανάλωση υπολογίσθηκε για ένα μήνα με την μέθοδο της καταγραφής. Τα κλιματιστικά χρησιμοποιούνται τόσο για θέρμανση την χειμερινή περίοδο όσο και για ψύξη την θερινή περίοδο και η λειτουργία τους είναι κατά μέσο όρο 10 ώρες την ημέρα είτε πρόκειται για ψύξη είτε για θέρμανση. Κάθε μήνας αποτελείται από 25 εργάσιμες ημέρες. Ακολουθεί ο πίνακας που αναφέρεται στην διάρκεια ενός μήνα. Για ευκολία στον υπολογισμό της **ετήσιας κατανάλωσης** ηλεκτρικής ενέργειας κάναμε την εξής παραδοχή ότι η κατανάλωση από μήνα σε μήνα δεν ενδιαφέρει, γι' αυτό και την υπολογίσαμε σταθερή όλους τους μήνες. Στην μηνιαία κατανάλωση ο υπολογισμός του ψυγείου έγινε για 30 ημέρες. Υποθέσαμε ότι όλες οι συσκευές έχουν όλους τους μήνες την ίδια ημερήσια αλλά και μηνιαία χρήση.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΚΑΙ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

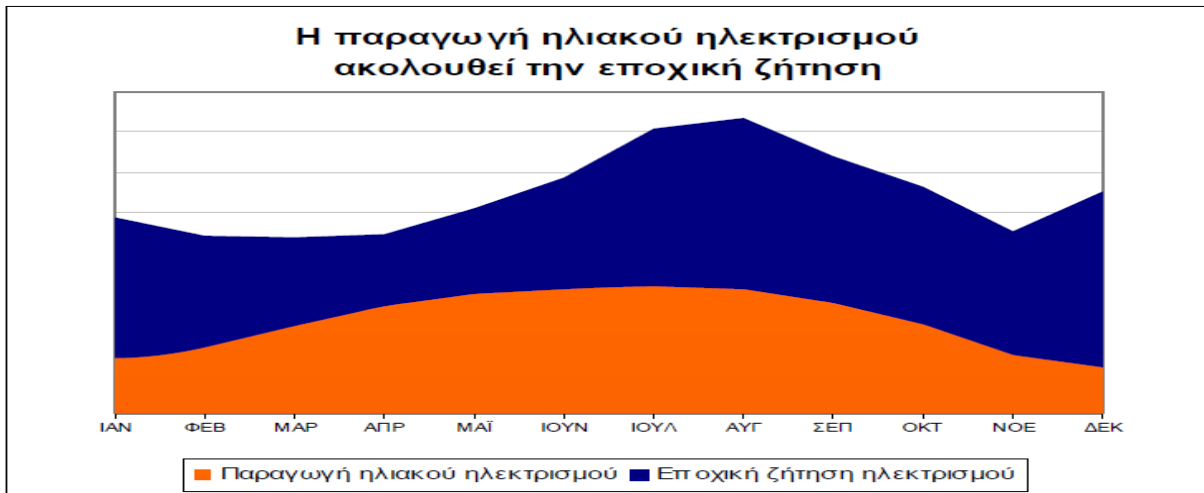
ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ KW	ΧΡΗΣΗ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ(h)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ KWh/d	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ KWh/Month
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ	6	10	60	1500
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ PHILIPS	0,25	12	3	75
Η/Υ ΜΕ ΟΘΟΝΗ	1	12	12	300
ΛΑΠΤΟΠ ΜΕ ΟΘΟΝΗ	0,09	12	1,08	27
ΨΥΓΕΙΟ ΜΕ ΚΑΤΑΨΥΞΗ	0,16	24	3,84	115,2
ΦΑΞ	0,55	3	1,65	41,25
ΠΟΛΥΜΗΧΑΝΗΜΑ	0,275	4	1,1	27,5
PLOTTER	0,15	2	0,3	7,5
ΚΑΦΕΤΙΕΡΑ	1	1	1	25
ΤΟΣΤΙΕΡΑ	1,8	0,3	0,9	22,5
ΦΟΥΡΝΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ	1,2	1	1,2	30
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>12,475</b>	-	<b>86,07</b>	<b>2170,95</b>

Η συνολική μηνιαία κατανάλωση για την διάρκεια ενός μήνα είναι **2170,95KWh**, άρα για το σύνολο των 12 μηνών **κατ' εκτίμηση** και θεωρώντας την **κατανάλωση σταθερή** για όλους τους μήνες ανέρχεται περίπου σε **26051,4KWh**.

Από τον πίνακα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας βλέπουμε ότι ακόμα και τον μήνα Ιούλιο ο οποίος έχει την υψηλότερη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια 1251,00

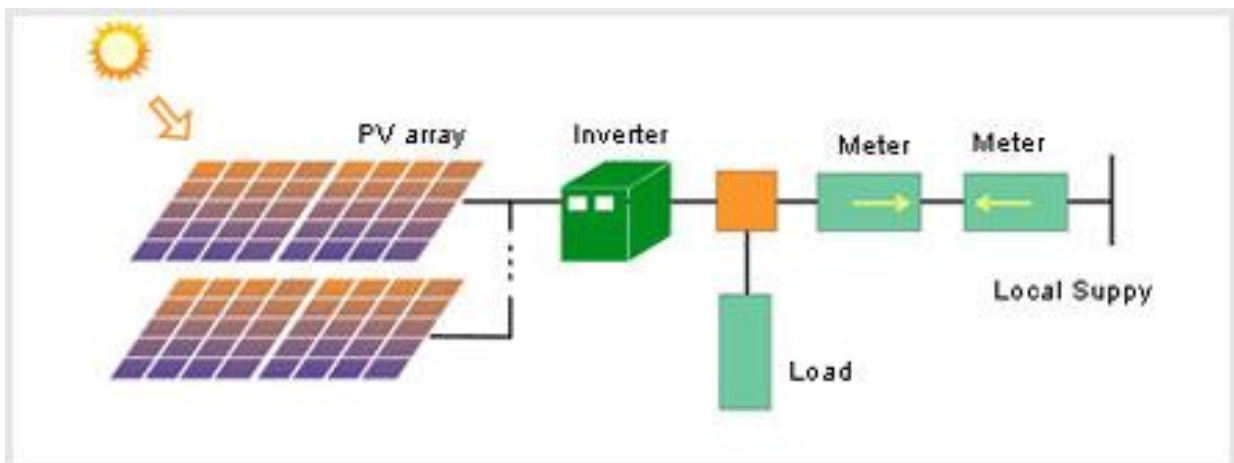
KWh δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες μας διότι η κατανάλωση μας για την διάρκεια ενός μήνα ανέρχεται κατά μέσο όρο σε **2170,95KWh**.

Εξάλλου η παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού ακολουθεί την εποχική ζήτηση όπως φαίνεται και από το διάγραμμα που ακολουθεί, που σημαίνει ότι το μήνα με την μεγαλύτερη παραγωγή θα έχουμε και την μεγαλύτερη κατανάλωση.



Εξαιτίας της ανεπάρκειας της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μας, το σύστημα μας πρέπει να είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο για να μπορούμε να καλύψουμε τις ενεργειακές μας απαιτήσεις.

Τα διασυνδεδεμένα συστήματα ή φωτοβολταϊκά πάρκα έχουν ως βασικό χαρακτηριστικό το γεγονός ότι υπάρχει φυσική ένωση με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (για την Ελλάδα με την ΔΕΗ). Η σχέση μιας εγκατεστημένης μονάδας με το δημόσιο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι αμφίδρομη. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να απορροφά ενέργεια αλλά και να διαχέει ενέργεια προς το δίκτυο.



Μια εγκατάσταση χρησιμοποιεί το δίκτυο ως εναλλακτική πηγή τροφοδότησης

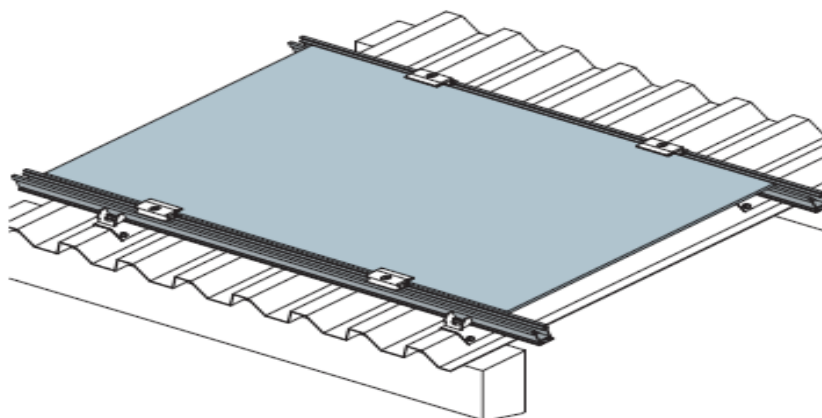
ηλεκτρικής ενέργειας, σε περίπτωση που η παραγωγή του τοπικού Φ/Β σταθμού δεν επαρκεί κάποιες ώρες της ημέρας (ή γενικότερα δεν επαρκεί) για να τροφοδοτήσει τις ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης. Στις πιο πάνω περιπτώσεις η εγκατάσταση μπορεί να απορροφά ενέργεια από το δίκτυο για να πληρώσει τις ενεργειακές τις ανάγκες. Επίσης μπορεί να συμβαίνει και το αντίστροφο. Δηλαδή όταν η ενέργεια που παράγεται από την μονάδα είναι περισσότερη από αυτήν που καταναλώνεται, η περίσσεια της ενέργειας μπορεί να διοχετεύεται (πωλείται) στο δίκτυο, για παράδειγμα τις ημέρες κατά τις οποίες τα γραφεία της τεχνικής εταιρείας παραμένουν κλειστά δηλαδή αργίες, Κυριακές και στις διάφορες εορτές.

Ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να διαθέτει δύο μετρητικά συστήματα, το ένα από τα οποία θα μετρά την εξερχόμενη ενέργεια και το άλλο την εισερχόμενη. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται και grid interactive.

Στο διασυνδεδεμένο σύστημα δεν χρειάζονται συσσωρευτές και η διαστασιολόγηση είναι ανεξάρτητη των αναγκών ή των συνθηκών εφόσον ανά πάσα στιγμή η επιπλέον ζήτηση μπορεί να καλυφθεί από το δίκτυο.

Επιπλέον, η επεκτασιμότητα των Φ/Β συστημάτων παρέχει τη δυνατότητα αύξησης της παραγωγής της ηλιακής ενέργειας, εύκολα οποιαδήποτε στιγμή στο μέλλον. Προϋποθέτει όμως σύνδεση με κάποιο υπάρχον δίκτυο διανομής ηλεκτρισμού, το οποίο είναι και **το μόνο μειονέκτημα** του διότι σε περίπτωση διακοπής της παροχής του δικτύου, το παραγόμενο από τον ήλιο ρεύμα μένει ανεκμετάλλευτο.

## 5.14 ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ



Για την στήριξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων χρειαζόμαστε βάσεις στήριξης.

Οι κατασκευές στήριξης των Φ/Β πλαισίων είναι σταθερές στην εφαρμογή μας. Βάσεις φωτοβολταϊκών πλαισίων κατάλληλες για επίπεδη οροφή κτιρίου. Η στήριξη γίνεται με την πάκτωση των βάσεων στην οροφή του κτιρίου. Οι βάσεις στήριξης είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο.

Κόστος σταθερών βάσεων φωτοβολταϊκών πλαισίων ανά 1KW εγκατεστημένης ισχύος είναι 351,00 € συμπεριλαμβανομένου και ΦΠΑ 23%.

## 5.15 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΤΥΠΟΥ INVERTER

Για την φωτοβολταϊκή μας εγκατάσταση θα χρειαστούμε Inverter για διασυνδεδεμένο σύστημα (Inverter for grid-connected photovoltaic system).

Έχουμε 2 φωτοβολταϊκές συστοιχίες που αποτελούνται από 1 string η κάθε μία. **Για κάθε συστοιχία** θα χρησιμοποιήσουμε **ξεχωριστό Inverter** αλλά με τα ίδια στοιχεία. Οι υπολογισμοί θα γίνουν για μία συστοιχία για καλύτερο έλεγχο του κυκλώματος της εγκατάστασης.

Το κάθε ένα από τα string αποτελείται από 20 πλαίσια ισχύος των 180Wr τα οποία είναι συνδεδεμένα εν σειρά μεταξύ τους, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ για το κάθε string 3,6 KWp. Πρέπει να βρούμε τα όρια τα οποία πρέπει να πληρεί ο Inverter μας, δηλαδή την τάση εισόδου την οποία μπορεί να δεχτεί ο μετατροπέας μας η οποία από ότι βλέπουμε από το φυλλάδιο των τεχνικών προδιαγραφών του Inverter είναι μέγιστη τάση εισόδου  $U_{dc\ max}=850V$  και το μέγιστο ρεύμα εισόδου  $I_{dc\ max} =11,8 A$ , ενώ η κάθε συστοιχία μας έχει μέγιστη τάση εισόδου 716V (20 πλαίσια επί την μέγιστη τάση του κάθε πλαισίου η οποία από τι βλέπουμε από το φυλλάδιο των τεχνικών περιγραφών του πλαισίου ανέρχεται στην τιμή των 35,8V) και 5,03 A μέγιστο ρεύμα εισόδου.

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι για μία συστοιχία και 1 Inverter, βλέπουμε ότι ο Inverter καλύπτει τις ανάγκες της φωτοβολταϊκής συστοιχίας μας.

ΟΡΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	INVERTER	ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ( $U_{dc\ max}$ )	850V	716V
ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ ( $I_{dc\ max}$ )	11,8A	5,03A

Άρα οι Inverter καλύπτουν τις προϋποθέσεις των ορίων ασφαλείας των συστοιχιών που έχουμε στην εγκατάσταση μας σαν μέγιστη τάση εισόδου και μέγιστο ρεύμα εισόδου. **Θα χρειαστούμε 1Inverter για κάθε μία συστοιχία.**

Συνολικά έχουμε 2 συστοιχίες άρα ανάλογα θέλουμε και 2 Inverter.

**Ακολουθεί το τεχνικό φυλλάδιο με τις προδιαγραφές του Inverter.**



Fronius IG TL 4,0

#### **ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

<b>ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ</b>	Fronius IG TL 4,0
DC μέγιστη ισχύ	4190 W
Μέγιστο ρεύμα εισόδου ( $I_{dc \max}$ )	11,8 A
Μέγιστη τάση εισόδου ( $U_{dc \max}$ )	850 V
Εύρος τάσης σημείου μέγιστης ισχύος MPP	350 - 700 V
<b>ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ</b>	
Ονομαστική AC έξοδος $P_{ac, r}$	4000 W
Μέγιστη ισχύς εξόδου $I_{ac \max}$	4000 W
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	17,4 A
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	97,7%
Ευρωπ. βαθμός απόδοσης	97,3%
Βαθμός απόδοσης με προσαρμογή στο MPP	> 99,9%
Ηλεκτρική σύνδεση	1 NPE ~ 230 V
Συχνότητα $f_r$	50 Hz / 60 Hz
Συντελεστής παραμόρφωσης	<3%
Συντελεστής ισχύος	1
Νυκτερινή κατανάλωση	<1 W
<b>ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	
Διαστάσεις (Π x Υ x Β)	597 x 413 x 195 χιλιοστά(mm)

Βάρος	19,1 kg
Βαθμός προστασίας	IP 55
Σύστημα μετατροπέα	χωρίς Μετασχηματιστή
Ψύξη	Ελεγχόμενη ψύξη αέρα
Εγκατάσταση	Εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους
Ψυγείου Θερμοκρασία	-20 ° C έως +55 ° C
Επιτρεπόμενη υγρασία	0% έως 95%
<b>ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ</b>	
Δοκιμή μόνωσης DC	Επιτήρηση ρεύματος διαρροής ευαίσθητη σε όλους τους τύπους ρεύματος
Συμπεριφορά σε περίπτωση Υπερφόρτωσης.	Μετάθεση σημείων λειτουργίας, περιορισμός ισχύος
Αποζεύκτης DC	Ενσωματωμένος
<b>ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΙΣ</b>	
Υποδοχή USB A	Για USB sticks * όχι μεγαλύτερο από 80 x 33 x 20 mm (Μ x Π x Υ)
Έξοδος (NO επαφή)	2-pin κοχλίωσης, 12V έως 300 mA
2x υποδοχές RJ45 (RS485)	Ηλιακή δικτυακή διεπαφή, πρωτόκολλο διεπαφής

Ο Fronius IG TL 4,0 συνδυάζει όλα τα πλεονεκτήματα ενός μετατροπέα χωρίς μετασχηματιστή με τις υψηλές απαιτήσεις καινοτομίας και ποιότητας. Είναι ιδανικός για εγκαταστάσεις από το μέγεθος μιας μονοκατοικίας έως μιας γεωργικής ή βιομηχανικής επιχείρησης. Μοναδική στην κατηγορία της είναι η διάταξη επιτήρησης, με την οποία γίνονται αμέσως αντιληπτές ενδεχόμενες βλάβες και εξασφαλίζεται μακροπρόθεσμα η απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Το σύστημα επιτήρησης των string (αλυσίδες ηλιακών κυψελών) μπορεί να ελέγχει το



ρεύμα έως και 6 string.

Ο μετατροπέας συγκρίνει αδιάλειπτα τα ρεύματα μεταξύ των συνδεδεμένων string. Με τον τρόπο αυτό έχει την δυνατότητα να αναγνωρίζει έγκαιρα σφάλματα στο συνολικό σύστημα (για παράδειγμα δαγκώματα τρωκτικών σε καλώδια, βλάβη Φ/Β πλαισίων

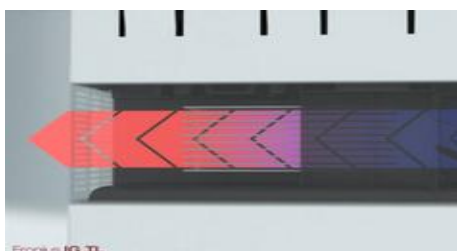
κα..)και να αποφεύγονται οι μη εμφανείς απώλειες απόδοσης.

Σε περίπτωση εμφάνισης προβλημάτων στην εγκατάσταση, εκδίδονται εκτενείς και ακριβείς κωδικοί σέρβις. Αυτό καθιστά δυνατό τον ακριβή εντοπισμό της πηγής του σφάλματος ενώ ταυτόχρονα εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος κατά την αναζήτηση και την αποκατάσταση του. Τυχόν βλάβες αναγγέλλονται αμέσως, σε περίπτωση που παρατηρηθεί αλλαγή κατάστασης στο μετατροπέα μέσω ενός ηχητικού ή οπτικού προειδοποιητικού σήματος(π.χ. λυχνία ή κόρνα).Νυχτερινή οθόνη στην οποία προβάλλονται πληροφορίες για την εγκατάσταση όλο το εικοσιτετράωρο. Στην οθόνη προβάλλονται οι σημαντικότερες πληροφορίες ανεξάρτητα από το αν ο μετατροπέας βρίσκεται σε λειτουργία ή όχι.



Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της τροφοδοσίας εναλλασσόμενου ρεύματος, επομένως ακόμα και μετά την δύση του ηλίου είναι δυνατή η ανάκληση στην οθόνη των ημερήσιων δεδομένων της εγκατάστασης καθώς και ενδεχόμενων μηνυμάτων κατάστασης.

Αναφορά αξίζει να γίνει και στο σύστημα αερισμού, το οποίο έχει μελετηθεί σωστά έτσι ώστε να αποκλείεται η περίπτωση υπερθέρμανσης ή επικάλυψης βρωμιάς. Το σώμα της συσκευής είναι ερμητικά απομονωμένο, μόνο τα πτερύγια ψύξης του ηλεκτρονικού συστήματος είναι εξωτερικά εγκατεστημένα. Ψύχονται δε από ένα ρεύμα αέρα το οποίο αναρροφάται εφόσον χρειάζεται από τον ανεμιστήρα που είναι εγκατεστημένος στην εξωτερική πλευρά και ελέγχεται από την θερμοκρασία. Έτσι το εσωτερικό της συσκευής παραμένει αισθητά πιο δροσερό και δεν παρατηρείται η παραμικρή ανταλλαγή μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα.



Με ένα USB Stick το οποίο μπορούμε να συνδέσουμε στον μετατροπέα, είναι δυνατό να συλλέξουμε τα δεδομένα της εγκατάστασης κατά την διάρκεια της λειτουργίας και



έπειτα να το συνδέσουμε σε ένα υπολογιστή με σκοπό την διεξαγωγή συμπερασμάτων και την αξιολόγηση των στοιχείων.

Η τιμή κάθε τεμαχίου ανέρχεται σε 1993,83 € συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ 23%.

## **6° ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

### **ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ Φ/Β ΜΕΛΕΤΗΣ**

#### **6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η οικονομική ανάλυση της φωτοβολταϊκής μας εγκατάστασης. Απαραίτητο για την ανάλυση αυτή είναι το κόστος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και ο υπολογισμός των εσόδων στην διάρκεια λειτουργίας της εγκατάστασης μας η οποία ορίζεται σε 25 έτη. Για να υπολογίσουμε τα έσοδα μας θα πρέπει να βρούμε και τις ετήσιες αποδόσεις της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για τα 25 έτη, κάτι το οποίο και θα πραγματοποιήσουμε στην συνέχεια, αρχικά βρίσκοντας την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τα 25 έτη και έπειτα τα έσοδα μας για την ίδια περίοδο.

#### **6.2 ΣΥΜΒΑΣΗ ΣΥΜΨΗΦΙΣΜΟΥ**

Η σύμβαση συμψηφισμού που υπογράφεται μεταξύ του προμηθευτή και του κυρίου του Φ/Β συστήματος έχει διάρκεια ισχύος 25 έτη, με έναρξη ισχύος την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του Φ/Β συστήματος. Σαν χρονιά ενεργοποίησης της σύνδεσης του Φ/Β συστήματος, ορίζουμε το 2011.

Η τιμή της παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα ορίζεται σε **0,55 €/kWh** τιμή που είναι εγγυημένη για 25 χρόνια για τις συμβάσεις συμψηφισμού που συνάπτονται τα έτη 2009, 2010 και 2011. Όλη η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο. Ενώ εμείς συνεχίζουμε να αγοράζουμε ρεύμα από τη ΔΕΗ και να το πληρώνουμε στην τιμή περίπου 10 έως 12 λεπτά την κιλοβατώρα. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι η ΔΕΗ θα εγκαταστήσει ένα νέο μετρητή για να καταγράψει την παραγόμενη ενέργεια. Στην εγκατάσταση μας θα τοποθετηθεί ένα νέο ρολόι με διπλό μετρητή για μέτρηση της παραγόμενης από τη Φ/Β εγκατάσταση ενέργειας και τις ιδιοκαταναλώσεις της Φ/Β εγκατάστασης, όπως είναι ο inverter κατά την διάρκεια της νύχτας, οι οποίες είναι μικρής κλίμακας της τάξης του 1W και τυχόν συνοδευτικό εξοπλισμό (π.χ. κάμερα παρακολούθησης και συναγερμό). Το κόστος για το ρολόι

βαρύνει τον παραγωγό της Φ/Β εγκατάστασης όπως συμβαίνει σε όλες τις περιπτώσεις σύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ. Αναφέρουμε **ενδεικτικά** ότι το κόστος σύνδεσης στις περισσότερες περιπτώσεις **δεν ξεπερνά τα 500 €** και άρα είναι πολύ μικρό σε σχέση με το κόστος εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος.

### **6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ 25 ΕΤΗ**

Σύμφωνα με τους **υπολογισμούς μας** η ετήσια απόδοση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας για την πρώτη χρονιά λειτουργίας είναι 9221,85KWh, για τα επόμενα έτη θα ακολουθήσει σχετικός πίνακας και το αντίστοιχο διάγραμμα. Όσον αφορά τον συντελεστή ετήσιας μείωσης της απόδοσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι  $n_{\gamma}=0.994$

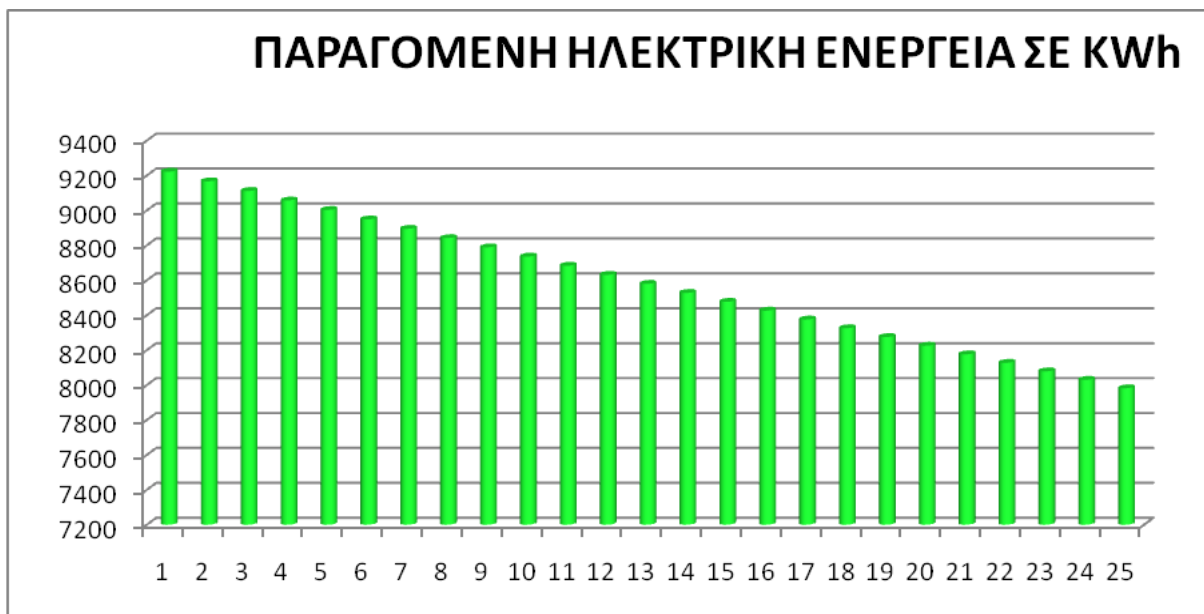
#### **ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ 25 ΕΤΗ**

Ο πίνακας προκύπτει από την ετήσια απόδοση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας για το 1<sup>ο</sup> έτος λειτουργίας που ισούται με 9221,85KWh πολλαπλασιάζοντας με τον ετήσιο συντελεστή μείωσης της απόδοσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης που είναι  **$n_{\gamma}=0.994$**  για κάθε έτος.

<b>ΕΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>	<b>ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΕ KWh</b>
1	9221,85
2	9166,52
3	9111,52
4	9056,85
5	9002,51
6	8948,49
7	8894,80
8	8841,43
9	8788,39
10	8735,66
11	8683,24
12	8631,14
13	8579,36
14	8527,88
15	8476,71
16	8425,85
17	8375,30
18	8325,04
19	8275,09

20	8225,44
21	8176,09
22	8127,03
23	8078,27
24	8029,80
25	7981,62
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>214685,91KWh</b>

Ο πίνακας μας δείχνει με μεγέθη την ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το 1<sup>ο</sup> έτος μέχρι το 25<sup>ο</sup> έτος αλλά ακόμα και την συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τα 25 έτη, ενώ με το γράφημα έχουμε την ποσοτική απεικόνιση των μεγεθών. Για το 1<sup>ο</sup> έτος η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ισοδυναμεί με 9221,85 KWh και για το 25<sup>ο</sup> έτος σε 7981,62 KWh. Το σύνολο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην διάρκεια των 25 χρόνων ανέρχεται σε 214685,91KWh.



Η παραγόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια είναι πτωτική από το 1<sup>ο</sup> έτος μέχρι το 25<sup>ο</sup> λόγω του συντελεστή ετήσιας μείωσης της απόδοσης που οφείλεται στην γήρανση των φωτοβολταϊκών πλαισίων τιμή ίση με  $\eta_{\gamma}=0.994$  για κάθε έτος.

#### 6.4 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Ο πίνακας κόστους της επένδυσης που ακολουθεί είναι σύμφωνα με την έρευνα αγοράς που πραγματοποιήσαμε το κόστος για την υλοποίηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασής μας. Οι τιμές που αναφέρονται συμπεριλαμβάνουν Φ.Π.Α 23%. Στο κόστος των Φ/Β έχουμε ενσωματώσει και την τιμή των μεταφορικών από την Γερμανία στην Ελλάδα περίπου 25 € ανά πάνελ.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ/ΠΟΣΟΤΗΤΑ σε ΕΥΡΩ	ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΑ(ΤΕΜ)	40	456,39	18255,6
ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ(ΚW)	7,2	351	2527,2
ΙΝΒΕΡΤΕΡ(ΤΕΜ)	2	1993,89	3987,78
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑC(ΤΕΜ)	1	650	650
ΠΙΝΑΚΑΣ DC(ΤΕΜ)	1	400	400
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ(ΚW)	7,2	200	1440
ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΤΕΜ)	1	500	500
ΚΑΛΩΔΙΑac- dc,ΓΕΙΩΣΕΙΣ,ΥΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ(ΚW)	7,2	210	1512
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	-	-	<b>29272,58 €</b>



Από το γράφημα, αλλά και από τον πίνακα, βλέπουμε την κατανομή του κόστους της επένδυσης. Βλέπουμε ότι τα Φ/Β πλαίσια απαιτούν το μεγαλύτερο κόστος της εγκατάστασης. Ακολουθούν οι Inverter σαν το δεύτερο πιο μεγάλο κόστος και εν συνεχεία οι βάσεις στήριξης.

Στην τιμή των **29272,58 € συμπεριλαμβάνεται Φ.Π.Α 23%**. Βάσει του φορολογικού νόμου η εταιρεία στην οποία ανήκουν τα γραφεία, με την υποβολή της περιοδικής δήλωσης Φ.Π.Α θα έχει επιστροφή φόρου. Δηλαδή έχουμε επιστροφή 6732,69 € οπότε το κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε 22539,88 €.

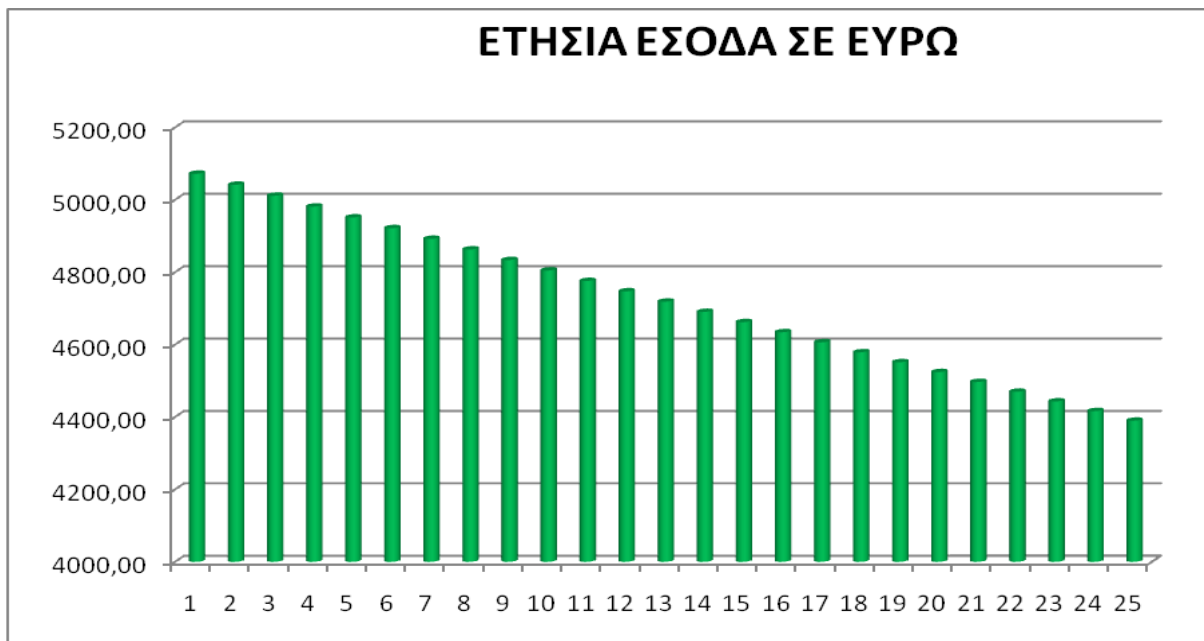
Κατά την διάρκεια των 5 πρώτων ετών θα πραγματοποιηθεί η απόσβεση της αρχικής μας επένδυσης. Με αυτά τα δεδομένα η επένδυση μας χρειάζεται μόνο 5 έτη για την απόσβεση των δαπανούμενων κεφαλαίων που απαιτήθηκαν για την υλοποίηση της

φωτοβολταϊκής εγκατάσταση μας. Από το 6<sup>ο</sup> έτος περίπου αρχίζουμε να έχουμε κέρδος για την επιχείρηση μας.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ WATT ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Η τιμή για κάθε εγκατεστημένο watt προκύπτει από την συνολική εγκατεστημένη ισχύ η οποία ισούται με 7200watt και με συνολικό κόστος 29272,58 € συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ 23%. Άρα προκύπτει ότι το κόστος ανά εγκατεστημένο Wp ανέρχεται σε 4,06 € με ΦΠΑ ενώ η τιμή χωρίς ΦΠΑ 23% είναι 3,13 € ανά εγκατεστημένο Wp.

### 6.5 ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ 25 ΕΤΩΝ

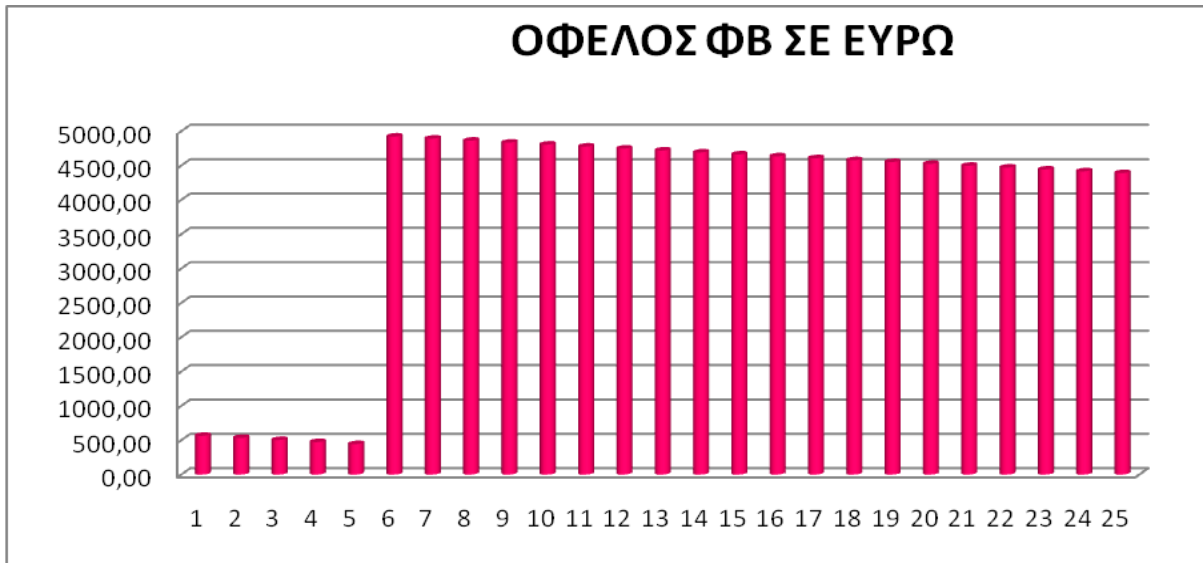


Η μείωση των οικονομικών εισροών οφείλεται στην ετήσια πτώση του βαθμού απόδοσης των φωτοβολταϊκών που έχει σαν επακόλουθο και την μείωση σε KWh όπως φαίνεται και από το προηγούμενο γράφημα αλλά και από τον πίνακα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συνολικά ετήσια έσοδα των Φ/Β είναι 118077,25 € συμπεριλαμβανομένου και του αρχικού κόστους της επένδυσης μας.

## 6.6 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΓΙΑ 25 ΕΤΗ

ΕΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΩΗ	ΕΤΗΣΙΟ ΕΣΟΔΟ	ΕΤΗΣΙΟ ΟΦΕΛΟΣ Φ/Β	ΕΤΗΣΙΕΣ ΣΩΡΕΥΤΙΚΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΡΟΕΣ
1	9221,85	5072,02	564,05	564,05
2	9166,52	5041,59	533,62	1097,66
3	9111,52	5011,34	503,37	1601,03
4	9056,85	4981,27	473,30	2074,33
5	9002,51	4951,38	443,41	2517,74
6	8948,49	4921,67	4921,67	7439,41
7	8894,80	4892,14	4892,14	12331,55
8	8841,43	4862,79	4862,79	17194,34
9	8788,39	4833,61	4833,61	22027,95
10	8735,66	4804,61	4804,61	26832,56
11	8683,24	4775,78	4775,78	31608,34
12	8631,14	4747,13	4747,13	36355,47
13	8579,36	4718,65	4718,65	41074,12
14	8527,88	4690,33	4690,33	45764,45
15	8476,71	4662,19	4662,19	50426,64
16	8425,85	4634,22	4634,22	55060,86
17	8375,30	4606,41	4606,41	59667,27
18	8325,04	4578,77	4578,77	64246,04
19	8275,09	4551,30	4551,3	68797,34
20	8225,44	4523,99	4523,99	73321,33
21	8176,09	4496,85	4496,85	77818,18
22	8127,03	4469,87	4469,87	82288,05
23	8078,27	4443,05	4443,05	86731,10
24	8029,80	4416,39	4416,39	91147,49
25	7981,62	4389,89	4389,89	95537,38
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>214685,91</b>	<b>118077,25</b>	<b>95537,38</b>	-

## 6.7 ΟΦΕΛΟΣ Φ/Β ΣΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ 25 ΕΤΩΝ



Από τον πίνακα αλλά και από το διάγραμμα βλέπουμε ότι κατά τα 5 πρώτα χρόνια, χρονική περίοδος κατά την οποία γίνεται η απόσβεση της φωτοβολταϊκής μας εγκατάστασης, το όφελος των Φ/Β είναι μικρό και κυμαίνεται από 450,00 € έως 560,00 € περίπου. Από τον 6<sup>ο</sup> χρόνο μέχρι τον 25<sup>ο</sup> έχουμε καθαρό κέρδος για την επιχείρησή μας **χωρίς να υπολογίσουμε τυχόν αντικατάσταση** κάποιων εξαρτημάτων λόγω φυσιολογικής φθοράς. Το καθαρό συνολικό όφελος στην διάρκεια των 25 ετών είναι 95537,38 €. Στα 95537,38 € δεν συμπεριλαμβάνεται το αρχικό κόστος για την απόσβεση της εγκατάστασής μας.

## 6.8. ΕΤΗΣΙΕΣ ΚΑΘΑΡΕΣ ΣΩΡΕΥΤΙΚΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΡΟΕΣ





Όσον αφορά τώρα τις σωρευτικές χρηματοροές, σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα το οποίο έχει προκύψει από τον προηγούμενο πίνακα, βλέπουμε τα κέρδη της κάθε χρονιάς προσθέτοντας πάντα τα έσοδα της προηγούμενης χρονιάς και έτσι βλέπουμε στο κάθε έτος το σύνολο που προκύπτει αθροιστικά από την προηγούμενη χρονιά. Στο 25<sup>ο</sup> έτος έχουμε σωρευτικές χρηματοροές 95537,38 €.

## 7<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

#### 7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το περιβαλλοντικό όφελος προκύπτει από την μη έκλυση εκπομπών του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Η τιμή του συντελεστή μετατροπής της κιλοβατώρας σε εκπομπές CO<sub>2</sub> που χρησιμοποιήθηκε ισούται με 0,814 κιλά CO<sub>2</sub> ανά KWh. Πηγή :WWF μεθοδολογία ενεργειακού αποτυπώματος.

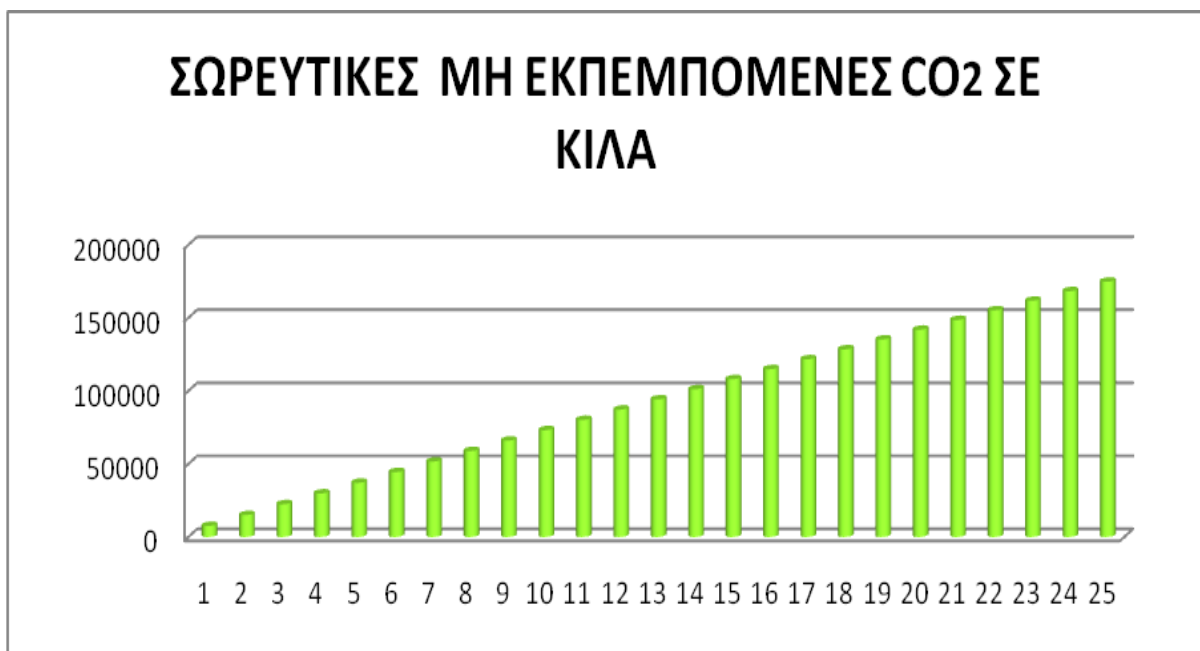
Ακολουθεί ο σχετικός πίνακας και το αντίστοιχο διάγραμμα.

#### 7.2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΓΙΑ 25 ΕΤΗ

ΕΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ Σ	ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΚΩΗ	CO <sub>2</sub> ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΣΕ ΚΙΛΑ	ΣΩΡΕΥΤΙΚΕ Σ CO <sub>2</sub> ΣΕ ΚΙΛΑ
1	9221,85	7506,59	7506,59
2	9166,52	7461,55	14968,14
3	9111,52	7416,78	22384,91
4	9056,85	7372,28	29757,19
5	9002,51	7328,04	37085,23
6	8948,49	7284,07	44369,31
7	8894,80	7240,37	51609,68
8	8841,43	7196,93	58806,61
9	8788,39	7153,75	65960,35
10	8735,66	7110,82	73071,18
11	8683,24	7068,16	80139,33
12	8631,14	7025,75	87165,08
13	8579,36	6983,60	94148,68
14	8527,88	6941,69	101090,37
15	8476,71	6900,04	107990,42
16	8425,85	6858,64	114849,06
17	8375,30	6817,49	121666,55

18	8325,04	6776,59	128443,14
19	8275,09	6735,93	135179,07
20	8225,44	6695,51	141874,58
21	8176,09	6655,34	148529,92
22	8127,03	6615,41	155145,32
23	8078,27	6575,71	161721,04
24	8029,80	6536,26	168257,30
25	7981,62	6497,04	174754,34
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>214685,91</b>	<b>174754,34</b>	<b>-</b>

### 7.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΩΡΕΥΤΙΚΩΝ ΜΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ CO<sub>2</sub>



Λόγω της χρησιμοποίησης της φωτοβολταϊκής συστοιχίας μας όπως φαίνεται από τον πίνακα αλλά και από το αντίστοιχο ραβδόγραμμα, το όφελος στην διάρκεια των 25 ετών ανέρχεται σε **174754,34 κιλά CO<sub>2</sub>** που θα είχε απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα από την χρήση συμβατικών ρυπογόνων πηγών ενέργειας. Εκτός από το οικονομικό όφελος που έχουμε για την επιχείρησή μας, έχουμε και περιβαλλοντικό κάτι το οποίο πρέπει να προσμετράται πάντα σε κάθε τέτοια επένδυση εξαιτίας της τεράστιας περιβαλλοντικής καταστροφής που συντελείται στις μέρες μας στην χώρα μας. Είναι ένας τρόπος συνεισφοράς στην σωτηρία του περιβάλλοντος και του κλίματος.

## 8<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

#### 8.1 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια **καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή**. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει **ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία**.

Με την ραγδαία εξέλιξη που συντελείται σήμερα στην τεχνολογία των Φ/Β συστημάτων το κόστος τους είναι διαρκώς μειούμενο ενώ η απόδοση τους είναι συνεχώς αυξανόμενη. Στην διάρκεια λειτουργίας της εγκατάσταση μας η οποία αποτιμάται στα 25 έτη βάση της σύμβασης συμψηφισμού έχουμε εξοικονόμηση των συμβατικών πηγών ενέργειας και αποτροπή εκπομπής 174754,34 κιλών CO<sub>2</sub> στην ήδη επιβεβαρυμμένη ατμόσφαιρα του **Ελληνικού οικοσυστήματος λόγω των συμβατικών πηγών ενέργειας** και της μη ορθής χρήσης τους. Από την τεχνοοικονομική ανάλυση προκύπτει ότι η Φ/Β εγκατάσταση μας είναι μία συμφέρουσα επένδυση, η οποία εφόσον ο ΦΠΑ δεν συμπεριλαμβάνεται στην αρχική τιμή μιας και πρόκειται για επιχείρηση, έχουμε απόσβεση στα 6 πρώτα έτη ενώ αν το ίδιο σύστημα **προοριζόταν για οικιακή χρήση** θα απαιτούνταν περίπου **2 έτη επιπλέον** που είναι και ο μέσος χρόνος απόσβεσης μιας τέτοιας εγκατάστασης. Τα συνολικά ετήσια έσοδα των Φ/Β είναι 118077,25 € συμπεριλαμβανομένου και του αρχικού κόστους της επένδυσης μας, ενώ οι ετήσιες καθαρές σωρευτικές χρηματοροές ανέρχονται σε 95537,38 € που είναι και το όφελος της επένδυσης μας, πέρα από την περιβαλλοντική συνεισφορά. Η τιμή ανά εγκατεστημένο Wp ανέρχεται σε 3,13 € χωρίς ΦΠΑ ενώ συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ σε 4,06 €.

**Τα φωτοβολταϊκά συνεπάγονται σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία. Οφέλη για τον καταναλωτή, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Τα οφέλη από τη χρήση ηλιακής ενέργειας θα είναι πολύ πιο εμφανή αν εφαρμόζουμε παράλληλα και μεθόδους εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας.**

**Τα φωτοβολταϊκά είναι μία από τις πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες της νέας εποχής που ανατέλλει στο χώρο της ενέργειας.**

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ✓ Σταμάτης Δ. Περδίας ,Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις ,Τεχνική Εκδοτική
- ✓ Σωκράτης Ν. Καπλάνης, Μηχανική Των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων ,Εκδόσεις Ίων
- ✓ Paul A. Lynn , Electricity From Sunlight: An Introduction to Photovoltaics , A John Wiley & Sons, Ltd., Publication
- ✓ Frank Jackson, Planning & Installing Photovoltaic Systems, Earthscan
- ✓ Bruno Gaiddon, Henk Kaan and Donna Munro , Photovoltaics in the Urban Environment , Earthscan
- ✓ Σχετικά άρθρα και ιστότοποι στο διαδίκτυο
- ✓ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ <http://www.helapco.gr/>
- ✓ ΚΑΠΕ [http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf)
- ✓ BP SOLAR  
<http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9029323&contentId=7053562>
- ✓ World Wide Fund for Nature <http://www.wwf.gr/footprint/methodology.html>
- ✓ Geyer ενεργειακή <http://www.geyer-energy.gr/home.html>
- ✓ ΡΑΕ <http://www.rae.gr> ,  
[http://www.rae.gr/site/categories\\_new/consumers/know\\_about/electricity/production.csp](http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/production.csp)
- ✓ Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών ΤΟΤΕΕ  
<http://www.helapco.gr/ims/file/installers/totee-klimatika.pdf>
- ✓ ΘΕΣΠΡΩΤΙΑ SOLAR <http://thesprotiasolar.papakishop.gr/p.Vaseis-fotovolta%CF%8Akon-gia-doma-timi-ana-kw.212907.html> ,  
<http://thesprotiasolar.papakishop.gr/p.Fronius-IG-TL-4-0.204394.html>
- ✓ ΔΕΗ ΑΕ  
<http://www.dei.gr/Documents/%CE%95%CE%A1%CE%A9%CE%A4%CE%97%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3-%CE%91%CE%A0%CE%91%CE%9D%CE%A4%CE%97%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3%2017.12.10.pdf>
- ✓ Ευropa Σύνοψη της νομοθεσίας της Ε.Ε.  
[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/index\\_el.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/index_el.htm)

- ✓ Επισήμανση ενεργειακά αποδοτικού γραφειακού εξοπλισμού EE energy star  
[http://www.eu-energystar.org/el/el\\_009.shtml](http://www.eu-energystar.org/el/el_009.shtml)
- ✓ Βικιπαίδεια ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια <http://el.wikipedia.org>
- ✓ HELIOSYSTEMS εταιρεία φωτοβολταϊκών συστημάτων  
<http://www.selasenergy.gr>
- ✓ [http://www.smart-powershop.com/Solarmodule/BP-Solar:::1\\_23.html](http://www.smart-powershop.com/Solarmodule/BP-Solar:::1_23.html)
- ✓ [http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-ED4F1D76-57095D56/fronius\\_international/hs.xsl/83\\_15764\\_ENG\\_HTML.htm](http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-ED4F1D76-57095D56/fronius_international/hs.xsl/83_15764_ENG_HTML.htm)
- ✓ <http://www.philips.gr/>
- ✓ HP <http://h10010.www1.hp.com/wwpc/gr/el/ho/WF02d/18972-18972-238444.html>
- ✓ <http://www.aveco.gr/>
- ✓ <http://www.usa.canon.com/cusa/professional/products/printers>
- ✓ <http://www.solar-systems.gr>
- ✓ <http://www.hilti.gr/holgr/>
- ✓ <http://www.lexmark.com>
- ✓ <http://www.fotovoltaikanea.com/>
- ✓ [http://www.kshop.gr/view\\_cat.php?idcat=91&key=0c6ed05a152e0f8007f1aa92846ad439](http://www.kshop.gr/view_cat.php?idcat=91&key=0c6ed05a152e0f8007f1aa92846ad439)
- ✓ Γενικό Λύκειο Βαθέως Αυλίδος [http://lyk-vatheos.eyv.sch.gr/Ergasies/2006-2007/tech\\_plir\\_A/EnalPE07.htm](http://lyk-vatheos.eyv.sch.gr/Ergasies/2006-2007/tech_plir_A/EnalPE07.htm)
- ✓ <http://www.eshop.com.gr/>
- ✓ <http://www.bosch-home.gr/>
- ✓ [http://www.samsung.com/gr/consumer/pc-peripherals-printers/printers/index.idx?pagetype=type\\_p2&](http://www.samsung.com/gr/consumer/pc-peripherals-printers/printers/index.idx?pagetype=type_p2&)
- ✓ [http://users.sch.gr/kpara/ape2009\\_10/wave\\_energy.html](http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/wave_energy.html)
- ✓ <http://www.renapps.com/default.asp?pid=17&la=1>
- ✓ [www.solarwind.gr/greenpeace.doc](http://www.solarwind.gr/greenpeace.doc)
- ✓ [www.google.com](http://www.google.com)