

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Εκμετάλλευση Ηλιακής Ενέργειας μέσω εγκατάστασης  
Φωτοβολταϊκών Σταθμών.**



**Ο Εισηγητής**

**Καθ. Κων/νος Δαυίδ**

**Οι σπουδαστές**

**Καμαργιανάκης Χρήστος  
Φάτσης Δημήτριος**

**2010**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup></b> .....	<b>5</b>
1.1 Ενέργεια.....	5
1.1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα .....	7
1.1.2 Ορυκτά καύσιμα .....	7
1.1.3 Πυρηνική ενέργεια.....	9
1.1.4 Υδροηλεκτρική ενέργεια .....	9
1.1.5 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	9
1.2 Περιβάλλον .....	13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup></b> .....	<b>17</b>
2.1 Φ/Β Συστήματα.....	17
2.1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	18
2.1.2 Αρχές Λειτουργίας .....	19
2.1.3 Πως Λειτουργούν .....	22
2.1.4 Τύποι Φωτοβολταϊκών Συστημάτων .....	23
2.1.5 Ανεξάρτητα Φωτοβολταϊκά Συστήματα .....	24
2.1.6 Χαρακτηριστικά Φ/Β Συστημάτων .....	31
2.2 Εφαρμογές Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα .....	35
2.3 Παραδείγματα Εφαρμογών.....	36
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup></b> .....	<b>41</b>
3.1 Η δομή και τα μέρη του φωτοβολταϊκού συστήματος.....	41
3.2 Τύποι Φωτοβολταϊκών Υλικών .....	44
3.3 Φωτοβολταϊκά πλαίσια .....	46
3.4 Νέα υλικά για Φ/Β στοιχεία .....	47
3.5 Φωτοβολταϊκά Συστήματα Κινητής Βάσης.....	49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup></b> .....	<b>51</b>
4.1 Νομοθεσία Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	52
4.2 Ελληνική Νομοθεσία και ΑΠΕ.....	55
4.2.1 Θεσμικοί Φορείς .....	55
4.3 Νομοθεσία σχετικά με την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας .....	57

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°</b> .....	60
5.1 Παράγοντες που συντελούν στην ανάπτυξη των Φ/Β στην Ελλάδα .....	60
5.2 Μελέτη αγοράς στην Ευρώπη και στην Ελλάδα για την ανεύρεση της ιδανικότερης προσφοράς από τεχνική αλλά και οικονομική άποψη.....	61
5.3 Φωτοβολταϊκός σταθμός $\leq 100$ kWp .....	62
5.4 Προϋποθέσεις του χώρου εγκατάστασης.....	62
5.5 Κόστος φωτοβολταϊκού σταθμού .....	63
5.6 Απόδοση .....	63
5.7 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός Φ/Β συστήματος.....	64
5.8 Υπολογισμός αποδοσίας Φ/Β συστημάτων για κινητό και σταθερό σύστημα στήριξης.....	65
5.9 Υπολογισμός εσόδων από διασυνδεδεμένο σύστημα για κινητό και σταθερό σύστημα στήριξης.....	66
5.10 Συντήρηση.....	69
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	70

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραγωγή ενέργειας έχει άμεσες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Οι ορυκτοί ενεργειακοί πόροι εξαντλούνται και ταυτόχρονα έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στη φύση. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εμφανίζονται ως η μόνη λύση για να διατηρηθεί μελλοντικά η ζωή στον πλανήτη.

Το ενεργειακό πρόβλημα ήταν πάντα στην επικαιρότητα τις τελευταίες δεκαετίες που διανύουμε και πολλές φορές υπήρξε το αίτιο (ως διεκδικούμενος φυσικός πόρος ή ως πηγή ισχύος) για μεγάλες πολιτικοοικονομικές ανακατατάξεις στον παγκόσμιο χάρτη. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα και με δεδομένο ότι κάποιοι από τους φυσικούς πόρους είναι πεπερασμένοι (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) ο ανταγωνισμός για τον έλεγχο της αγοράς ενέργειας έχει γίνει ακόμα πιο έντονος. Οπότε λογικό ήταν τα βλέμματα όλων να στραφούν στην παραγωγή ενέργειας μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μια από αυτές είναι και τα *Φωτοβολταϊκά συστήματα* (Φ/Β Σ).

Η εργασία αναφέρεται στην εκτενή μελέτη των φωτοβολταϊκών συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια, στις τεχνολογίες, στις εφαρμογές όπως και στις νομοθεσίες που υπάρχουν για την παράγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω αυτών των συστημάτων. Επίσης παραθέεται μια οικονομοτεχνική μελέτη για τη δημιουργία ενός πάρκου φωτοβολταϊκών συστημάτων στο νομό Σερρών.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται γενικότερα τα στοιχεία των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια παγκοσμίως, όπως επίσης παρουσιάζονται και αναλύονται οι εννοιολογικοί όροι των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται τα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι αρχές λειτουργίας τους, το πώς λειτουργούν, οι τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων κ.τ.λ.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση ειδικά για την τεχνολογία κατασκευής των Φ/Β συστημάτων αναφέρονται οι υπάρχουσες τεχνολογίες, οι τεχνολογίες υλικών και οι έρευνες που γίνονται για νέα υλικά πάνω στα Φ/Β συστήματα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται οι νομοθεσίες που υπάρχουν σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε), τόσο στην Ελλάδα όσο και στην υπόλοιπη Ευρώπη.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά μια εφαρμογή μελέτης και εγκατάστασης Φ/Β σταθμού 100 KW στον νομό Σερρών με όλα τα τεχνικά και οικονομικά στοιχεία.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Περιβάλλον & Ενέργεια

Η παραγωγή ενέργειας έχει άμεσες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Οι ορυκτοί ενεργειακοί πόροι εξαντλούνται και ταυτόχρονα έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στη φύση.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εμφανίζονται ως η μόνη λύση για να διατηρηθεί μελλοντικά η ζωή στον πλανήτη.

### 1.1 Ενέργεια



#### *Τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας*

Ο πληθυσμός των ανθρώπων της γης έχει ξεπεράσει πια τα 6 δισεκατομμύρια. Οι άνθρωποι χρειάζονται ενέργεια για να βελτιώσουν το επίπεδο της διαβίωσης τους. Πολλοί επιστήμονες μάλιστα συσχετίζουν την ποιότητα διαβίωσης με την κατανάλωση ενέργειας. Πολλές αναπτυσσόμενες χώρες αυξάνουν ραγδαία την εγκατεστημένη ισχύ τους κάτι που είναι και αποτέλεσμα του αυξανόμενου βιοτικού επιπέδου τους. Στην Δημοκρατία της Κίνας το 1997 κατασκευάζονταν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ρυθμό 300MW / εβδομάδα. (Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα είναι περίπου 12.500MW)

Θα επικεντρωθούμε στην ηλεκτρική ενέργεια μιας και αυτή είναι η πιο άμεσα συνδεδεμένη μορφή ενέργειας με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η μονάδα ηλεκτρικής ενέργεια είναι η κιλοβατώρα ( kilowatt – hour ). Μία κιλοβατώρα θεωρητικά αντιστοιχεί στην ενέργεια που καταναλώθηκε από μια συσκευή ισχύος 1kilowatt (κιλοβάτ) που λειτούργησε για την διάρκεια της μιας ώρας (1hour).

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 1 \text{ kilowatt-hour} = 1 \text{ κιλοβατώρα}$$

Υποδιαιρέσεις μονάδας ενεργού ισχύος

$$1 \text{ kW (kilowatt)} = 1000 \text{ W (watt)}$$

$$1 \text{ MW (megawatt)} = 1000 \text{ kW (kilowatt)}$$

$$1 \text{ TW (terawatt)} = 1000 \text{ MW (megawatt)}$$

Στην πραγματικότητα η κιλοβατώρα είναι η μονάδα μέτρησης της κατανάλωσης ή παραγωγής ενεργού ισχύος. Στην πράξη οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας στην συνολική ενέργεια που «απορροφούν», «καταναλώνουν» ή «παράγουν» και ένα άλλο ποσοστό ενέργειας ανάλογα με τα ποιοτικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης (χωρητικά, επαγωγικά φορτία). Αυτή είναι η άεργος ισχύς (reactive power) ή οποία είναι ανεπιθύμητη αφού δεν παράγει κανένα έργο και ακόμα χειρότερα επιβαρύνει τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με μια επιπλέον ποσότητα ρεύματος που αναλογεί απλά σε αντίστοιχες θερμικές απώλειες ( $I^2R$ ) ενώ επίσης αλλοιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας. Η ΔΕΗ μάλιστα (σωστά) χρεώνει τους μεγάλους καταναλωτές όταν ξεπεράσουν κάποιο όριο «έγχυσης» ή «κατανάλωσης» ( συντελεστής ισχύος,  $\text{συνφ} \leq 0.85$  ) άεργου ισχύος στο δίκτυο. Βελτίωση του «συνημίτονου» μιας εγκατάστασης που καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να γίνει με την προσθήκη φορτίων πυκνωτών ή με την προσθήκη καταναλώσεων επαγωγικών ρευμάτων (πηνίων) ανάλογα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μιας εγκατάστασης (επαγωγική συμπεριφορά ή χωρητική αντιστοίχως).

Η μονάδα της άεργου ισχύος είναι το VoltAmpereReactive (VAR)

Η συνολική ισχύς λέγεται και «φαινόμενη» και έχει μονάδα το Volt-Ampere (VA)

Το μέτρο της φαινόμενης ισχύος είναι  $S=VI=(\text{τετραγωνική ρίζα του}(P^2+Q^2))$  Volt Ampere

### 1.1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα

Το ενεργειακό πρόβλημα ήταν πάντα στην επικαιρότητα τις τελευταίες δεκαετίες που διανύουμε και πολλές φορές υπήρξε το αίτιο (ως διεκδικούμενος φυσικός πόρος ή ως πηγή ισχύος) για μεγάλες πολιτικοοικονομικές ανακατατάξεις στον παγκόσμιο χάρτη.

Τα τελευταία χρόνια μάλιστα και με δεδομένο ότι κάποιοι από τους φυσικούς πόρους είναι πεπερασμένοι (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) ο ανταγωνισμός για τον έλεγχο της αγοράς ενέργειας έχει γίνει ακόμα πιο έντονος κατανάληση ενέργειας γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται παγκοσμίως προέρχεται κυρίως από γαιάνθρακες, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια και μεγάλα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι μόνο 2%.

### 1.1.2 Ορυκτά καύσιμα

Τα ορυκτά καύσιμα (fossil fuels) είναι ένας γενικός ορισμός που αποδίδεται σε καύσιμα που σχηματίζονται στην γη από υπολείμματα φυτικών ή ζωικών οργανισμών. Τα κυριότερα ορυκτά καύσιμα είναι υδρογονάνθρακες και είναι τα παρακάτω:

#### - Οι γαιάνθρακες

Υπάρχουν πολλές μορφές γαιανθράκων και κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες. Η περισσότερο γνωστή μορφή είναι ο λιγνίτης. Όσον αφορά την ηλεκτροπαραγωγή χαρακτηρίζονται από την χαμηλή απόδοση μετατροπής σε ηλεκτρική ενέργεια που φτάνει στην καλύτερη περίπτωση το 35%.



#### - Το πετρέλαιο

Το πετρέλαιο λόγω της μεγάλης ενεργειακής πυκνότητας, της εύκολης σχετικά μεταφοράς και των δεκάδων χρήσεων του είναι ή πιο σημαντική ενεργειακή πηγή από την δεκαετία του 1950 και μετά.

Σημαντικότερες χρήσεις του σαν υγρό καύσιμο στις μεταφορές και την θέρμανση.



## - Το φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο. Είναι το καθαρότερο από τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την εκπομπή αερίων θερμοκηπίου.

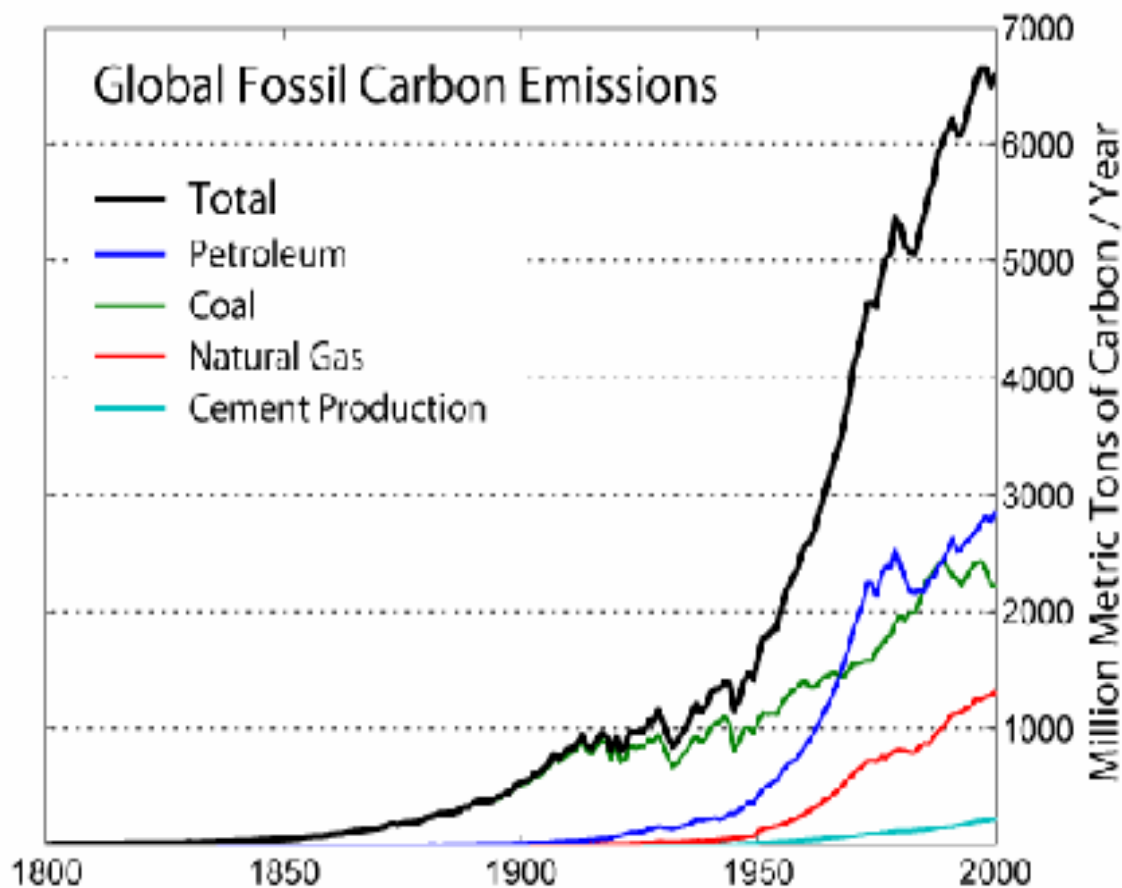
Οι μεγαλύτερες υπόγειες δεξαμενές φυσικού αερίου βρίσκονται στο Ιράν και την Ρωσία. Επιστήμονες εκτιμούν ότι τα αποθέματα του φυσικού αερίου θα εξαντληθούν το 2085.



Όλες οι παγκόσμιες οικονομίες εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα ενεργειακά από τα ορυκτά καύσιμα.

Εκτός από το μειονέκτημα της πεπερασμένης πρώτης ύλης τα ορυκτά καύσιμα ευθύνονται κατά πολύ για την ρύπανση του πλανήτη και για διάφορα περιβαλλοντολογικά προβλήματα.

Στο παρακάτω γράφημα φαίνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος για τα τελευταία 200 χρόνια και οι αντίστοιχες εκπομπές των ορυκτών καυσίμων.





### 1.1.3 Πυρηνική ενέργεια

Άλλη πολύ σημαντική πηγή ενέργειας είναι η πυρηνική. Παρόλα αυτά και η πυρηνική ενέργεια σχετίζεται με ορυκτό καύσιμο μιας και το ουράνιο που χρησιμοποιείται είναι ορυκτό και μάλιστα δυσεύρετο. Η πυρηνική ενέργεια είναι μια ιδιαίτερα αμφιλεγόμενη μορφή ενέργειας γιατί παρά το αρκετά χαμηλό κόστος παραγωγής, σε περίπτωση ατυχήματος τα αποτελέσματα θα είναι δραματικά. Ένα ακόμα πρόβλημα είναι ότι τα απόβλητα μιας τέτοιας παραγωγικής διαδικασίας είναι ιδιαίτερα ραδιενεργά με αποτέλεσμα να απαιτούνται ειδικές εγκαταστάσεις για την επ' αόριστων αποθήκευση των αποβλήτων. Τη μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια έχει η Γαλλία με 59 αντιδραστήρες και ποσοστό ενεργειακής κάλυψης 78%.



### 1.1.4 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Σε ποσοστό 16% της ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως παράγεται από μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Η εκμετάλλευση υδάτινου δυναμικού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτει μεγάλες ανάγκες ειδικά σε χώρες όπου υπάρχουν μεγάλα ποτάμια.



Έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν περισσότερα χρόνια από ότι ένας αντιδραστήρας καυσίμου ενώ υπάρχουν αρκετές εγκαταστάσεις στον κόσμο που λειτουργούν τα τελευταία 50 με 100 χρόνια. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παρουσιάζουν πολλά περιβαλλοντολογικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας αφού δεν υπάρχει εκπομπή καυσαερίων αλλά συνήθως δημιουργούν ανακατατάξεις στα οικοσυστήματα που εγκαθίστανται λόγω της μεγάλης ανθρώπινης παρέμβασης στην φύση. Υπάρχουν αρκετές χώρες που έχουν μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από τις υδροηλεκτρικές τους εγκαταστάσεις όπως ο Καναδάς και η Βραζιλία.

### 1.1.5 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Τέλος, υπάρχουν και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Διαθέτουν ένα ισχυρό πλεονέκτημα. Θα διαρκέσουν όσο θα υπάρχει και ο πλανήτης σε μορφή που να μπορούσε να ζει άνθρωπος.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επίσης εκπέμπουν περιορισμένα ή καθόλου αέρια που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Άλλα πλεονεκτήματα είναι η δυνατότητα που δίνουν οι ανανεώσιμες πηγές για την δημιουργία καταναμημένων δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Για τις περισσότερες ΑΠΕ δεν υπάρχει κόστος πρώτης ύλης ενώ και το κόστος συντήρησης είναι περιορισμένο.

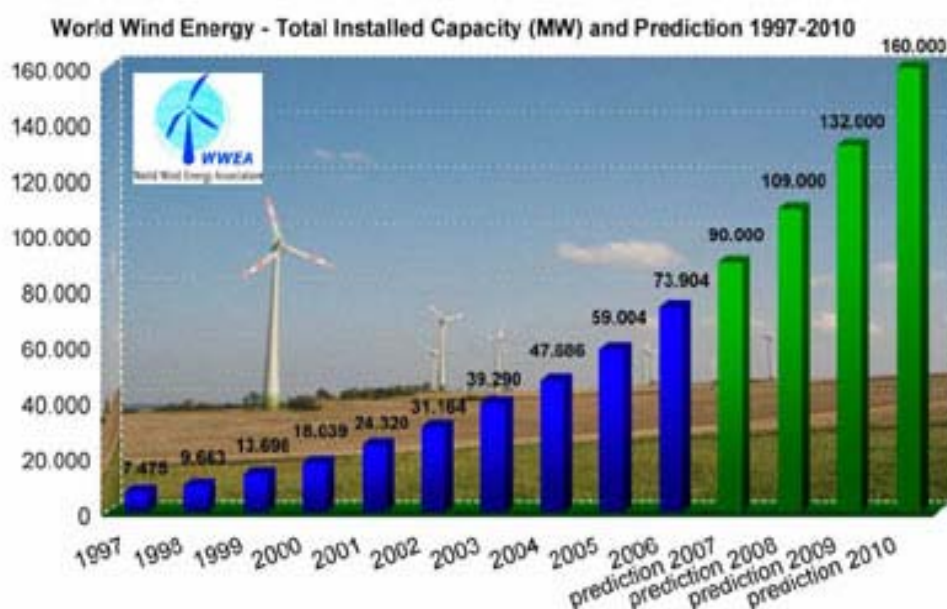
Η ενεργειακές ανάγκες εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τα ορυκτά καύσιμα και θα συνεχίσουν να εξαρτώνται από αυτά για αρκετές δεκαετίες ακόμα. Η ανάγκη όμως της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει γίνει αντιληπτή σε όλο τον

κόσμο και οι περισσότερες χώρες έχουν υπογράψει αντίστοιχες δεσμεύσεις για χρήση των ΑΠΕ.

Σε κάποιες χώρες ήδη υπάρχουν ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα από την χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ. Αυτές οι χώρες λειτούργησαν λίγο διαφορετικά και σαφώς πιο καινοτόμα και οδηγήθηκαν σε ερευνητικά προγράμματα εκμετάλλευσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας αρχικά και στην συνέχεια σε εντατικοποιημένη βιομηχανική παραγωγή μηχανισμών παραγωγής ανανεώσιμης, ηλεκτρικής κυρίως, ενέργειας. Για παράδειγμα η Γερμανία και η Ιαπωνία πρωτοπορούν στην εκμετάλλευση φωτοβολταϊκών συστημάτων ενέργειας είτε με τις εγκατεστημένες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είτε με την υψηλή τεχνογνωσία τους στον κλάδο των εξαρτημάτων και μηχανών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

*Οι περισσότερο γνωστές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι:*

- Η μετατροπή της **αιολικής ενέργειας** σε ηλεκτρισμό, της οποίας η εγκατεστημένη ισχύ ανεβαίνει με εκθετική πρόοδο. Οι χώρες με την μεγαλύτερη χρήση αιολικής ενέργειας είναι η Γερμανία, η Ισπανία και οι ΗΠΑ.



- Η **ηλιακή ενέργεια** της οποίας η χρήση διακρίνεται σε πολλές υποκατηγορίες. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι:

- Τα **φωτοβολταϊκά συστήματα** (photovoltaic) παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι μια τεχνολογία ημιαγωγών με τεράστια πλεονεκτήματα αλλά μεγάλο κόστος.



Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που αναπτύσσεται με ραγδαίο ρυθμό τα τελευταία χρόνια και η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος σε Φ/Β έχει ξεπεράσει και το πιο αισιόδοξο σενάριο.

- **Συστήματα συλλεκτών ηλιακής θέρμανσης ζεστού νερού (solar water heating)**

Στα συστήματα αυτά η Ελλάδα παρουσιάζει μια αρκετά μεγάλη αγορά. Για το έτος 2005 βρεθήκαμε στην 5η θέση μεταξύ των χωρών με τις περισσότερες εγκαταστάσεις συλλεκτών στον κόσμο με πρώτη την Κίνα.



- Στα **συγκεντρωτικά ηλιακά συστήματα (solar concentrators)** παραγωγής ενέργειας, τα οποία με την σειρά τους διακρίνονται σε αρκετές υποκατηγορίες και εκμεταλλεύονται την ανάκλαση του φωτός σε συνδυασμό με διάφορες τεχνικές.



- Οι μικρές **υδροηλεκτρικές μονάδες** παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι από τις παλαιότερες μορφές ενέργειας (νερόμυλοι, υδραυλικοί τροχοί κλπ) και έχουν κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα όπως η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης με το δίκτυο. Οι μεγάλες υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις δεν περιλαμβάνονται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας λόγω της ογκώδους παρέμβασης στο φυσικό περιβάλλον.

## - Τα βιοκαύσιμα .

Σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2003/30/EK βιοκαύσιμα θεωρούνται κάθε υγρό ή αέριο καύσιμο για τις μεταφορές το οποίο παράγεται από βιομάζα όπου βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων από γεωργικές (συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών), δασοκομικές και συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Τα βιοκαύσιμα χαρακτηρίζονται από μικρότερες εκπομπές ρύπων CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.

Στα βιοκαύσιμα συγκαταλέγονται

- Η βιοαιθανόλη
- Το βιοντίζελ
- Το βιοαέριο
- Η βιομεθανόλη
- Ο βιοδιμεθυλαιθέρας
- Τα συνθετικά βιοκαύσιμα
- Το βιοϋδρογόνο
- Τα καθαρά φυτικά έλαια

*Στο σύνολο τους οι ΑΠΕ υπόσχονται να δώσουν σπουδαίες εναλλακτικές τεχνικές στο ενεργειακό πρόβλημα αλλά και να δώσουν λύσεις στα τεράστια περιβαλλοντολογικά προβλήματα του πλανήτη.*

## 1.2 Περιβάλλον



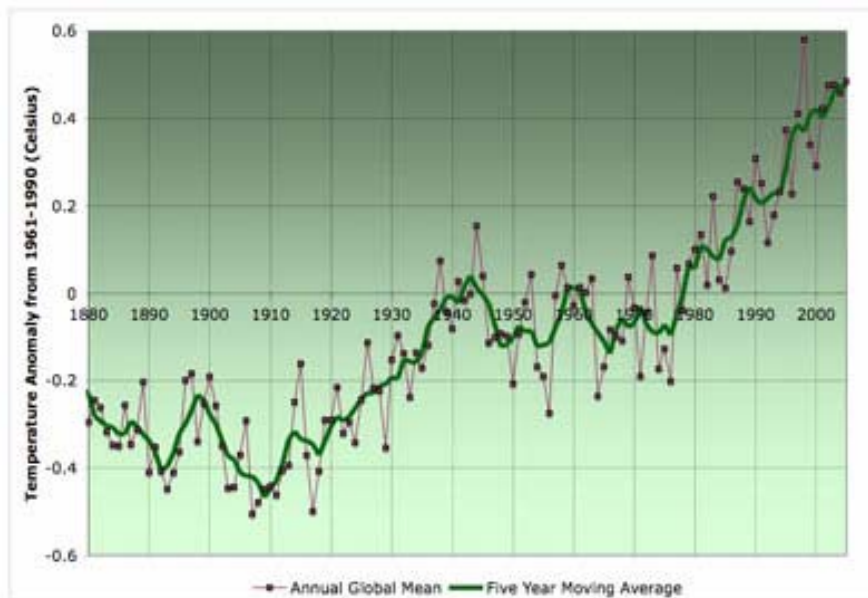
Το περιβαλλοντολογικό πρόβλημα έχει γίνει εδώ και αρκετά χρόνια αντιληπτό από την ανθρωπότητα. Ιστορικά η απαρχή της ολοκληρωτικής παρέμβασης του ανθρώπου έγινε πριν από δύο περίπου αιώνες κατά την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης. Από εκείνο το σημείο και έπειτα ο άνθρωπος καταναλώνει ακατάπαυτα φυσικούς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

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

### - Παγκόσμια (υπερ)θέρμανση (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 ή μέση θερμοκρασία του πλανήτη τον τελευταίο αιώνα έχει αυξηθεί κατά 0,6 βαθμούς 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 βαθμούς C.



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

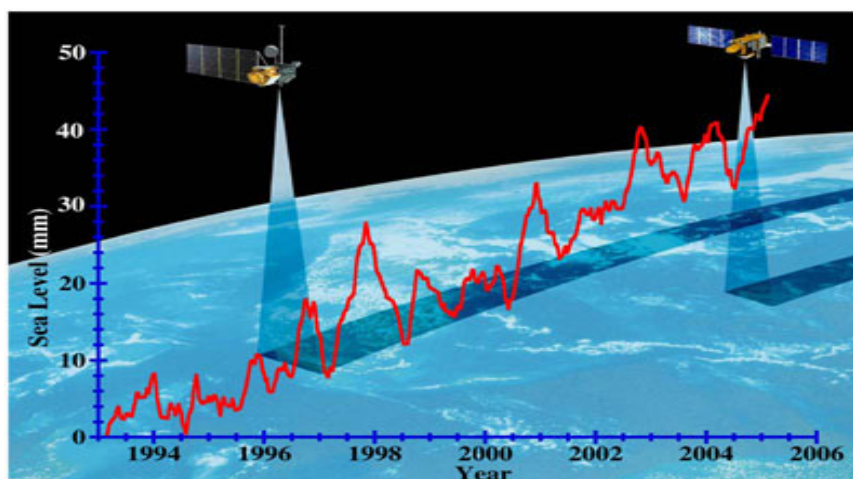
Τα αποτελέσματα αυτής της αύξησης έχουν γίνει πλέον αισθητά.

Στους πόλους της γης ήδη παρατηρείται λιώσιμο τεράστιων παγόβουνων με γρήγορο ρυθμό. Το επίπεδο της θάλασσας συνεπακόλουθα αναμένεται να ανεβεί 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/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.



## - Αέρια θερμοκηπίου (greenhouse gases)

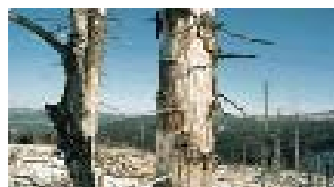
Όπως προαναφέρθηκε τα αέρια του θερμοκηπίου είναι κυρίως υπεύθυνα για την παγκόσμια υπερθέρμανση. Τα αέρια αυτά απορροφούν (εγκλωβίζουν) ουσιαστικά ακτινοβολία την οποία κατά ένα ποσοστό την εκπέμπουν προς την γη, θερμαίνοντας έτσι την επιφάνεια τους.

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 οξειδίο του νατρίου (NO<sub>2</sub>) 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.

## - Όξινη βροχή

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 στερεά σωματίδια).



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

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

## Συγκριτικός πίνακας περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων διαφόρων πηγών ενέργειας

Επίπτωση Ανύπαρκτη = 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	Αιωρούμενα σωματίδια	Βαφιά μέταλλα	Καταστροφές	Απόβλητα	Αισθητικό πρόβλημα	Ηχορύπανση	Απαιτήσεις σε γη
Παθητικά 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

[Bauznan, 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 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 η τουλάχιστον για την επιβράδυνση του ρυθμού αύξησης των.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Φωτοβολταϊκά

*Η κύρια και πρωταρχική πηγή ενέργειας για τη Γη είναι ο Ήλιος. Η ακτινοβολία του Ήλιου έχει τροφοδοτήσει και εξακολουθεί να τροφοδοτεί με ενέργεια όλες σχεδόν τις ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.*

*Είναι γνωστό ότι η ηλιακή ακτινοβολία, όχι μόνο δίνει φως αλλά επίσης, θερμαίνει τα σώματα στα οποία προσπίπτει. Λιγότερο γνωστό είναι ότι η ηλιακή ακτινοβολία αλλάζει και τις ιδιότητες κάποιων υλικών (των ημιαγωγών) που παράγουν έτσι ηλεκτρικό ρεύμα.*

*Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς μέσω των: θερμικών ηλιακών, παθητικών ηλιακών και φωτοβολταϊκών συστημάτων*

#### **Φωτοβολταϊκά Συστήματα**

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β) μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, λύνοντας έτσι το πρόβλημα της ηλεκτροδότησης περιοχών που είναι δύσκολο να πάρουν ρεύμα από το ηλεκτρικό δίκτυο (απομονωμένα σπίτια, φάρoi, κ.α.). Μικροί υπολογιστές και ρολόγια χρησιμοποιούν τα Φ/Β για την λειτουργία τους.

Στην Ελλάδα υπάρχουν προϋποθέσεις για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Παρ' όλα αυτά στη χώρα μας υπάρχει ένας μικρός αριθμός εγκατεστημένων Φ/Β συστημάτων, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της τάξης των 1000 kWp. Οι κυριότερες εφαρμογές αφορούν σε μικρά αυτόνομα συστήματα για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων περιοχών.

### 2.1.1 Ιστορική Αναδρομή

Ζούμε μια περίοδο όπου η διόγκωση των περιβαλλοντολογικών προβλημάτων σε συνδυασμό με την εξάντληση των ορυκτών ενεργειακών πόρων και τα τεράστια βήματα στην τεχνολογία των Φωτοβολταϊκών κάνουν πλέον εφικτή την χρήση τους. Πώς φτάσαμε όμως ως εδώ;

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.

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.

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.

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.

Τέσσερα χρόνια μετά το 1958 η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών προσαρτάται στον

χώρο των διαστημικών εφαρμογών όταν τοποθετήθηκε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στον δορυφόρο **Vanguard I**. Το σύστημα αυτό λειτούργησε επιτυχώς για 8 ολόκληρα χρόνια.

Από το χρονικό αυτό σημείο και μετά τα φωτοβολταϊκά συστήματα άρχισαν να ενσωματώνονται σταδιακά σε διάφορες τεχνολογικές εφαρμογές και η τεχνολογία να βελτιώνεται συνεχώς. Σήμερα με 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 αυτές οι χώρες έχουν αρχίσει και απολαμβάνουν τους καρπούς της εξελιγμένης τεχνογνωσίας τους.

Πολλοί παρόλα αυτά κρίνουν ότι η διεύθυνση των φωτοβολταϊκών έγινε με πολύ αργό ρυθμό παίρνοντας μάλιστα αφορμή από τον εκρηκτικό τρόπο που εξελίχθηκε μια άλλη βιομηχανία ημιαγωγών υλικών, αυτή των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Αυτό οφείλεται κυρίως στις τεχνικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι κατασκευαστές στην παραγωγική διαδικασία κατά την προσπάθειά τους να δημιουργήσουν καθαρά ημιαγωγά υλικά.

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα ο όγκος του απαιτούμενου υλικού είναι πολύ μεγάλος για αυτό μάλιστα και η τάση που φαίνεται ότι θα κυριαρχήσει μετά από κάποια χρόνια είναι αυτή των τεχνολογιών λεπτού υποστρώματος (thin film) με σκοπό την ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου όγκου πυριτίου.



## 2.1.2 Αρχές Λειτουργίας

### Κατηγορίες υλικών

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η εκμετάλλευση του στηρίζονται 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 απορροφάτε 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 προσπίπτοντων 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 και τους ημιαγωγούς. Ένας ημιαγωγός έχει την ιδιότητα να μπορεί να ελεγχθεί η ηλεκτρική του αγωγιμότητα είτε μόνιμα είτε δυναμικά.

### **Χαρακτηριστικά Ημιαγωγών**

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.

Το πυρίτιο έχει ατομικό αριθμό 14 και έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 4 ηλεκτρόνια.

Όλα τα άτομα που έχουν λιγότερα η 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.

### Δημιουργία ηλεκτρικά φορτισμένων ημιαγωγών

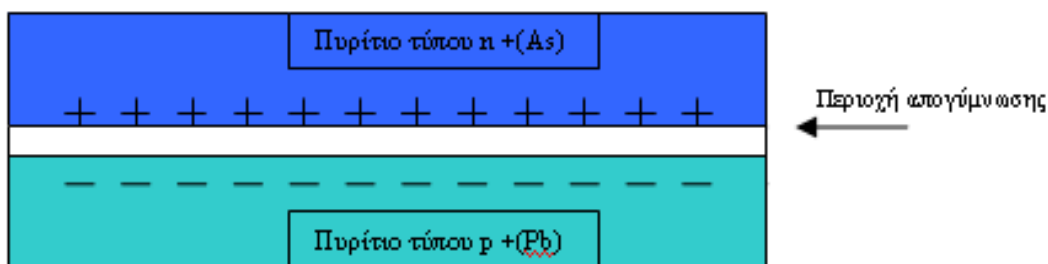
Τις ημιαγωγές ιδιότητες του το πυρίτιο τις αποκτά με τεχνικό τρόπο. Αυτό πρακτικά γίνεται με την πρόσμειξη με άλλα στοιχεία τα οποία είτε έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο είτε ένα λιγότερο στην στοιβάδα σθένους των. Αυτή η πρόσμειξη τελικά κάνει τον κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά φορτία (υλικό **τύπου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

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

### Δημιουργία της επαφής (του ηλεκτρικού πεδίου)

Εάν φέρουμε σε επαφή δύο κομμάτια πυριτίου **τύπου n** και **τύπου p** το ένα απέναντι από το άλλο δημιουργείται μια δίοδος η 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» τις επαφής **p**. Αυτό το ζευγάρι των δύο υλικών είναι το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού και η βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

### Η επίδραση της Ηλιακής ακτινοβολίας

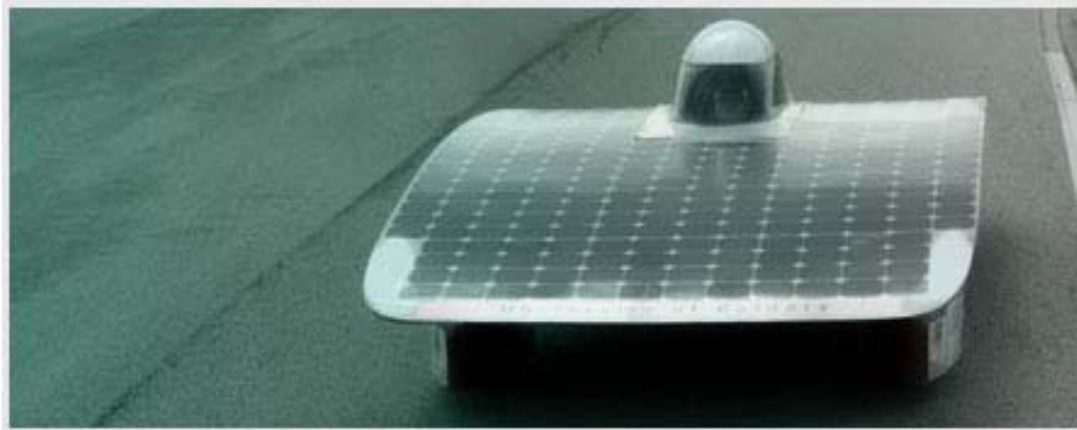
Η ηλιακή ακτινοβολία έρχεται με την μορφή πακέτων ενέργειας ή φωτονίων. Τα φωτόνια όταν προσπίπτουν σε μια διάταξη φ/β κελιού περνούν αδιάταραχτα την επαφή **τύπου n** και χτυπούν τα άτομα της περιοχής **τύπου p**. Τα ηλεκτρόνια της περιοχής **τύπου p** αρχίζουν και κινούνται μεταξύ των οπών ώσπου τελικά 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.

### **Περιορισμοί στην Φ/Β απόδοση**

Γιατί όμως δεν μπορούμε να εκμεταλλευτούμε όλη την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια;

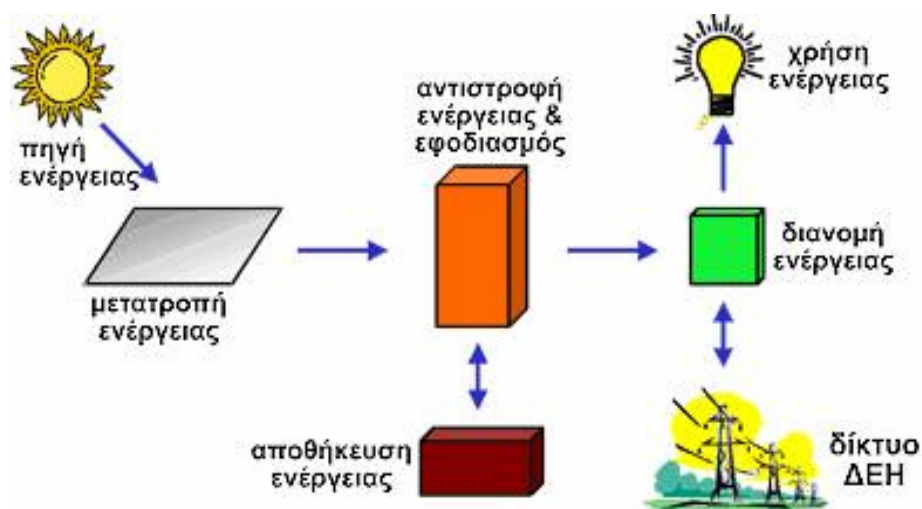
Το κάθε ημιαγωγό υλικό αντιδρά σε διαφορετικά μήκη κύματος της ακτινοβολίας. Κάποια υλικά αντιδρούν σε ευρύτερα φάσματα ακτινοβολίας από κάποια άλλα. Έτσι ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιούμε μπορούμε να εκμεταλλευτούμε μόνο εκείνο το φάσμα της ακτινοβολίας που αντιδρά με το συγκεκριμένο υλικό. Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε σχέση με την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια συμβολίζει τον συντελεστή απόδοσης του υλικού. Οι δύο βασικοί παράγοντες για την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού υλικού είναι το ενεργειακό φάσμα του υλικού και ο συντελεστής μετατροπής.



### 2.1.3 Πως λειτουργεί ένα φωτοβολταϊκό σύστημα

Με απλά λόγια, τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι παρόμοια με οποιαδήποτε άλλα συστήματα παραγωγής ενέργειας, απλά ο εξοπλισμός διαφέρει. Ωστόσο, οι αρχές λειτουργίας και διασύνδεσης με άλλα ηλεκτρικά συστήματα παραμένουν οι ίδιες.

Παρόλο που μια μονάδα PV παράγει ρεύμα όταν εκτίθεται σε ηλιακό φως, μια σειρά από άλλα στοιχεία είναι απαραίτητα ώστε να γίνουν σωστά ο έλεγχος, η μετατροπή, η διανομή και η αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από τη μονάδα. Αναλόγως με τις λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος, τα απαραίτητα συστατικά του μπορεί να περιέχουν μετατροπείς DC-AC (συνεχούς/εναλλασσόμενου), συστοιχία μπαταριών, ρυθμιστές συστήματος και μπαταρίας, βοηθητικές πηγές ενέργειας κ.ο.κ. Επιπλέον μπορεί να είναι απαραίτητες μονάδες για την ασφάλεια του συστήματος όπως ειδική καλωδίωση, προστασία από υπερβολική τάση και άλλος εξοπλισμός επεξεργασίας ρεύματος. Το σχήμα 3 δείχνει ένα βασικό διάγραμμα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και τη σχέση των ξεχωριστών μονάδων.



Σχήμα (3). Τα κυριότερα μέρη ενός Φωτοβολταϊκού συστήματος.

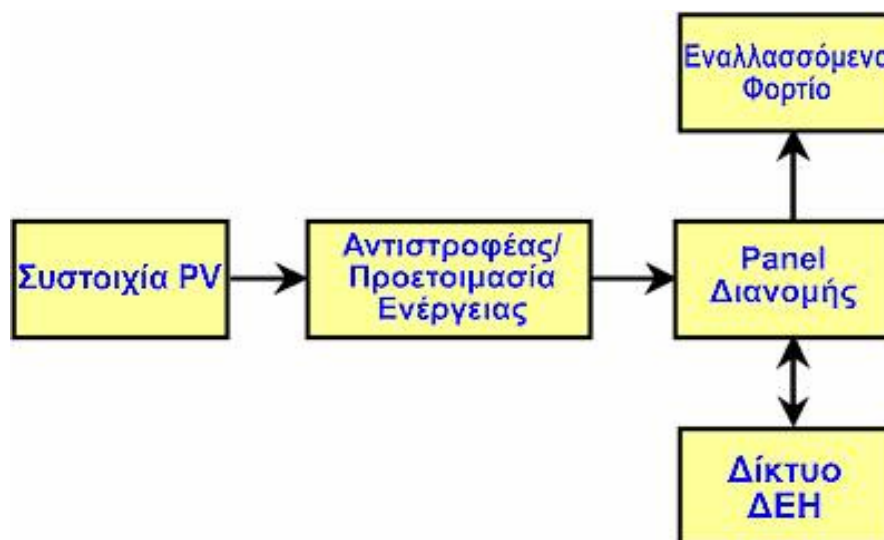
#### **Γιατί σε ορισμένα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται μπαταρίες;**

Οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται συχνά σε φωτοβολταϊκά συστήματα με σκοπό την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται την ημέρα, ώστε να παρέχουν ενέργεια στα ηλεκτρικά φορτία κατά τη διάρκεια της νύχτας και σε περιόδους συννεφιάς. Άλλοι λόγοι περιλαμβάνουν τη λειτουργία της φωτοβολταϊκής συστοιχίας στην μέγιστή της ισχύ, την παροχή σταθερών τάσεων στα ηλεκτρικά φορτία και την παροχή σταθερών ρευμάτων στους μετατροπείς. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιείται ένας ρυθμιστής φόρτισης σε τέτοια συστήματα ώστε να προστατεύεται η μπαταρία από υπερφόρτιση και πλήρη εκφόρτιση (σχήμα 6).

## 2.1.4 Τύποι Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

*Πώς κατηγοριοποιούνται τα φωτοβολταϊκά συστήματα;*

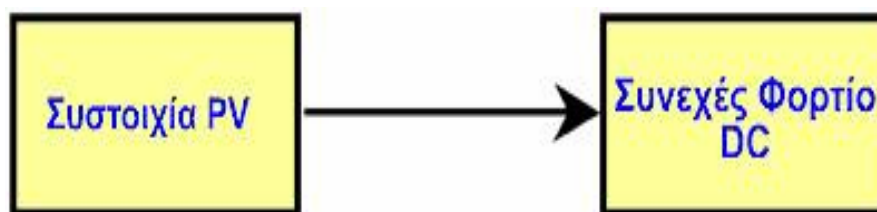
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα γενικά κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τις λειτουργικές απαιτήσεις τους, τη διαμόρφωση των συστατικών τους μονάδων και τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται σε άλλες πηγές ενέργειας και ηλεκτρικά φορτία. Οι δύο βασικές κατηγορίες είναι τα συνδεδεμένα στο δίκτυο ρεύματος της ΔΕΗ και τα ανεξάρτητα συστήματα. Τα συστήματα PV μπορούν να παρέχουν συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα, να λειτουργούν διασυνδεδεμένα ή ανεξάρτητα από το δίκτυο παροχής ρεύματος της ΔΕΗ και να συνδέονται με άλλες ενεργειακές πηγές και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας. Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν παράλληλα και διασυνδεδεμένα με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Το βασικό συστατικό ενός τέτοιου συστήματος είναι ο μετατροπέας. Η μονάδα αυτή μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) που παράγεται από το σύστημα σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) με προδιαγραφές ίδιες με αυτές του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ. Το φωτοβολταϊκό σύστημα συνδέεται με το δίκτυο με ένα ειδικό τρόπο, και παρέχει ενέργεια για την τροφοδότηση των ηλεκτρικών φορτίων, μειώνοντας ή μηδενίζοντας έτσι την ενέργεια που χρειάζεται να αντλούμε από το δίκτυο της ΔΕΗ. Τη νύχτα και σε περιόδους που τα ηλεκτρικά φορτία είναι μεγαλύτερα από την ισχύ που παράγει το σύστημα, αντλείται ισχύς από το δίκτυο της ΔΕΗ.



**Σχήμα (4).** Διάγραμμα φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένο με το δίκτυο της ΔΕΗ.

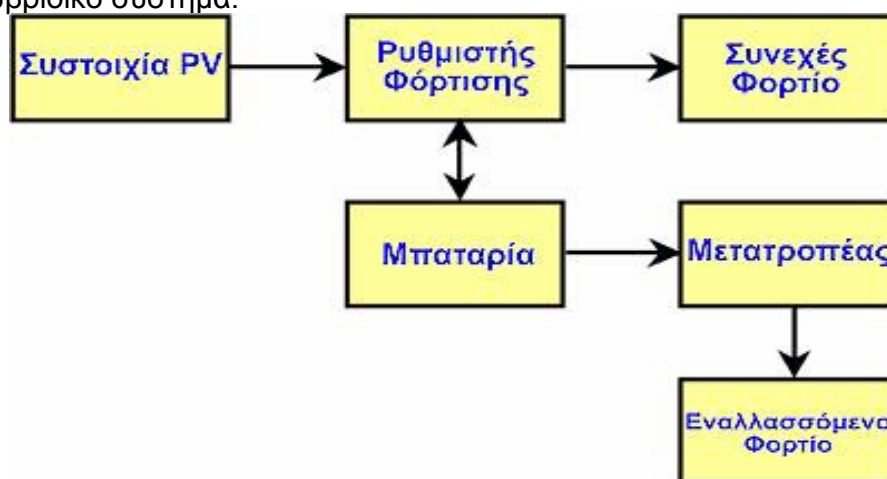
## 2.1.5 Ανεξάρτητα Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα ανεξάρτητα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν ανεξάρτητα από το δίκτυο παροχής ρεύματος της ΔΕΗ και είναι γενικά κατασκευασμένα ώστε να τροφοδοτούν φορτία συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος. Αυτοί οι τύποι συστημάτων μπορεί να τροφοδοτούνται μόνο από μια συστοιχία φωτοβολταϊκών ή μπορεί να χρησιμοποιούν τον άνεμο ή ηλεκτρογεννήτριες σαν βοηθητική πηγή ενέργειας, οπότε και ονομάζονται Υβριδικά Φωτοβολταϊκά συστήματα. Ο πιο απλός τύπος ανεξάρτητου συστήματος είναι τα συστήματα άμεσης ζεύξης, όπου το συνεχές ρεύμα της εξόδου του φωτοβολταϊκού οδηγείται απευθείας σε ένα φορτίο συνεχούς ρεύματος (σχήμα 5). Επειδή δεν υπάρχει αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας στα συστήματα αυτά, το φορτίο λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια της ηλιοφάνειας, κάνοντας το σύστημα αυτό ιδανικό για εφαρμογές όπως ανεμιστήρες εξαερισμού, αντλίες νερού, και μικρούς κυκλοφορητές για ηλιακούς θερμοσίφωνες. Το ακριβές ταίριασμα της ωμικής αντίστασης του ηλεκτρικού φορτίου με την μέγιστη ισχύ εξόδου της φωτοβολταϊκής συστοιχίας είναι ένα κρίσιμο βήμα στο σχεδιασμό συστημάτων άμεσης ζεύξης με ικανοποιητική απόδοση.



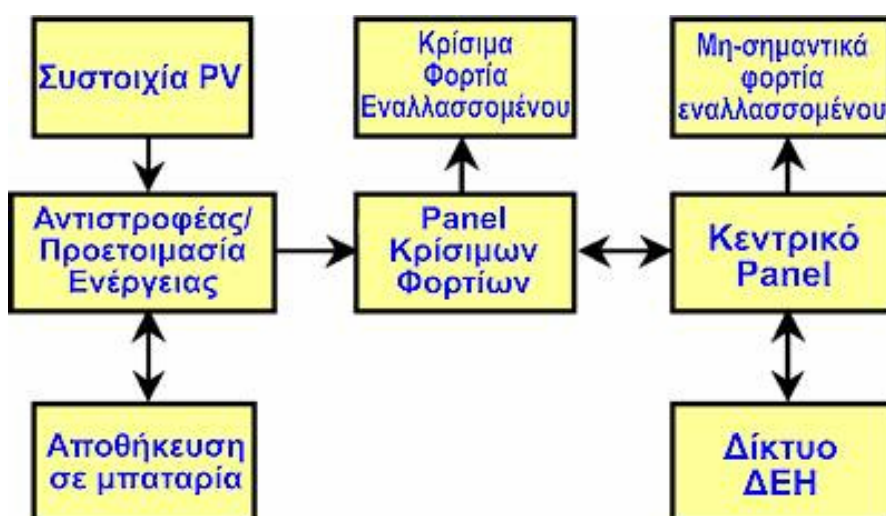
Σχήμα (5). Διάγραμμα συνεχούς ζεύξης.

Σε πολλά ανεξάρτητα φωτοβολταϊκά συστήματα, χρησιμοποιούνται μπαταρίες για αποθήκευση ενέργειας. Το σχήμα 6 δείχνει ένα διάγραμμα ενός τυπικού ανεξάρτητου συστήματος με μπαταρίες, το οποίο τροφοδοτεί φορτία συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος. Το σχήμα 7 δείχνει πως μπορεί να σχεδιαστεί ένα τυπικό υβριδικό σύστημα.





Σχήμα (6). Ανεξάρτητο φωτοβολταϊκό σύστημα με αποθήκευση σε μπαταρία η οποία τροφοδοτεί καταναλωτές συνεχούς και εναλλασσομένου ρεύματος.



Σχήμα (7). Διάγραμμα φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένο με το δίκτυο της ΔΕΗ με δυνατότητα τροφοδοσίας κρίσιμων μονάδων.

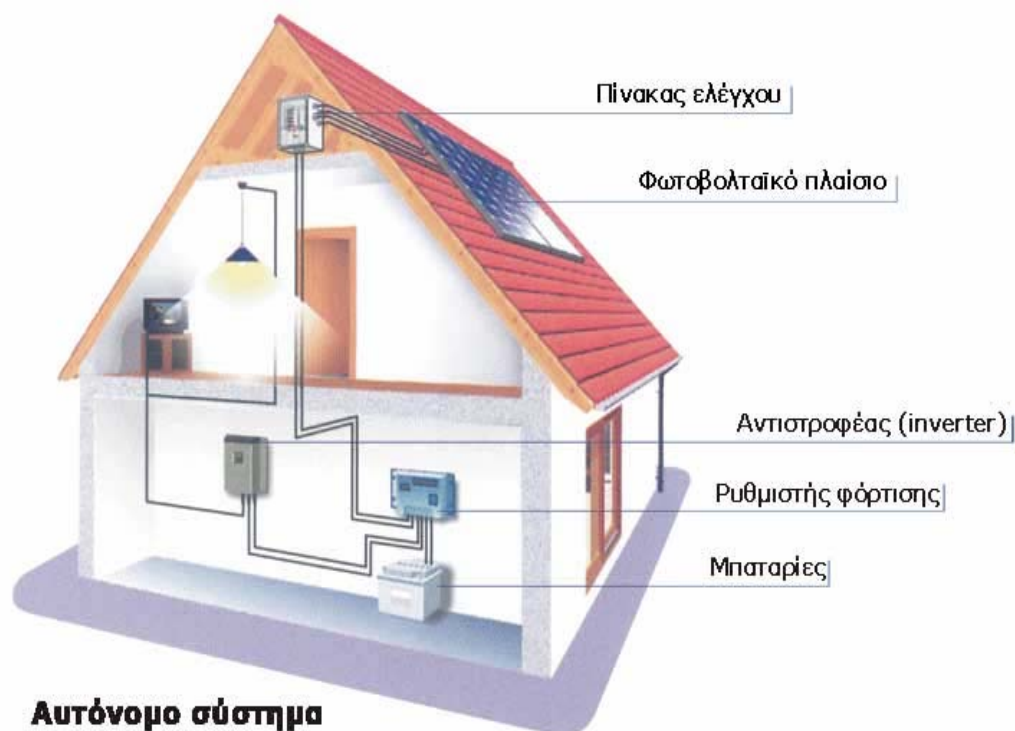
Το σχήμα 7 δείχνει πώς ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να σχεδιαστεί ώστε να λειτουργεί σαν διασυνδεδεμένο στο δίκτυο και επίσης να τροφοδοτεί κρίσιμα φορτία/καταναλωτές όταν το δίκτυο απενεργοποιηθεί.

#### Διασυνδεδεμένα φ/β συστήματα

Με την εφαρμογή των νέων μέτρων επιχορήγησης της παραγόμενης kWh από φ/β η απάντηση είναι ότι συμφέρει για φ/β συστήματα οικιακής χρήσης λίγων kWp ως και για μεγάλες φ/β εγκαταστάσεις αρκετών MWp! Μετά από 6-7 έτη η επένδυση αποσβένεται και συσσωρεύει κέρδη από την πώληση της kWh στο δίκτυο της ΔΕΗ (20 χρόνια εγγυημένη τιμή πώλησης 0,4-0,5 €/kWh αντί των 0,07 € της τιμής αγοράς)

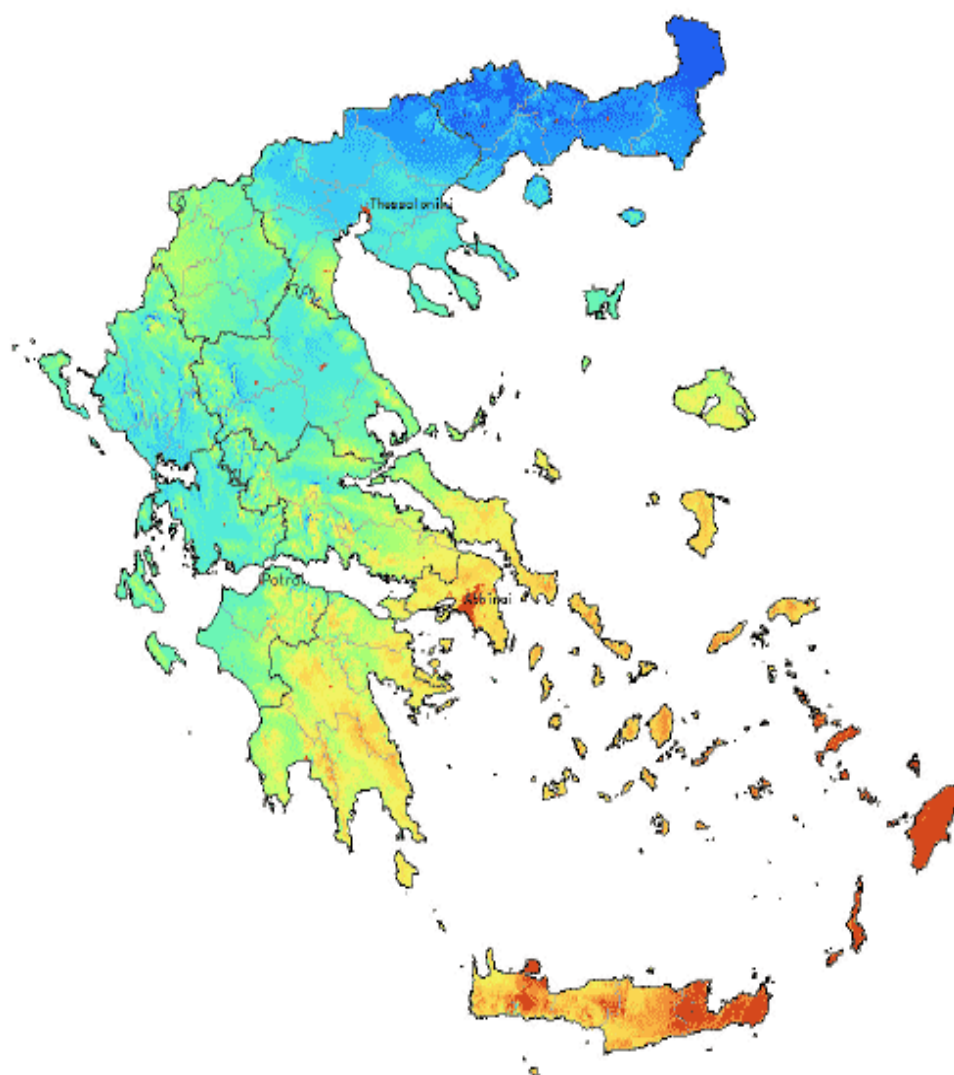



Εναλλακτικά, μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί ένα **αυτόνομο σύστημα** που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας.



Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για **παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εφεδρείας (δηλαδή ως συστήματα αδιάλειπτης παροχής - UPS)**. Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και μπαταρίες (συν όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά) για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι εξαιρετικά προβλέψιμη. Αυτό που ενδιαφέρει, είναι πόσες κιλοβατώρες θα μας δώσει το σύστημά μας σε ετήσια βάση. Σε γενικές γραμμές, **ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει κατά μέσο όρο ετησίως περί τις 1.300 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (KWh/έτος/KW)**. Προφανώς στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα φωτοβολταϊκό παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Αθήνα αποδίδει 1.250-1.450 KWh/έτος/KW, στη Θεσσαλονίκη 1.150-1.275 KWh/έτος/KW και στην Κρήτη ή στη Ρόδο 1.400-1.500 KWh/έτος/KW.



Χαμηλότερη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού  Υψηλότερη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού

**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 φωτοβολταϊκά εγγυώνται:

- μηδενική ρύπανση
- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση

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

Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τον **απόλυτο έλεγχο** στον καταναλωτή και **άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια**. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν μ' αυτό τον τρόπο στην **ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας**. Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου.

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν **αθόρυβη λειτουργία, αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής, δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες, δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας** (στο δίκτυο ή σε συσσωρευτές) και απαιτούν **ελάχιστη συντήρηση**.

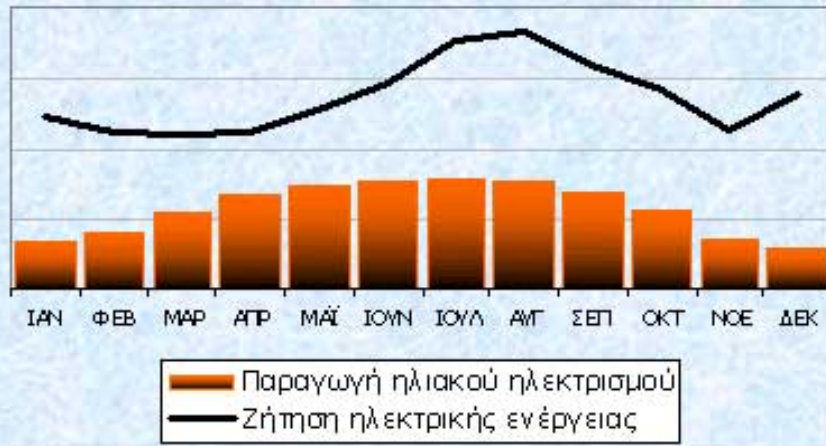
Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. **Κάθε κιλοβάτώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα** (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). **Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους**. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

Η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να καλυφθεί με μεγάλες επενδύσεις για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος μιας νέας γραμμής μεταφοράς είναι πολύ υψηλό, αν λάβουμε υπόψη μας πέρα από τον τεχνολογικό εξοπλισμό και θέματα που σχετίζονται με την εξάντληση των φυσικών πόρων και τις αλλαγές στις χρήσεις γης.

Οι διάφοροι μικροί παραγωγοί "πράσινης" ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ιδανική λύση για τη μελλοντική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις όπου αμφισβητείται η ασφάλεια της παροχής. Η τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν δοκιμάζεται από δαπανηρές ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το ηλεκτρικό δίκτυο (απώλειες, οι οποίες στην Ελλάδα ανέρχονται σε 10,6% κατά μέσο όρο). Από την άλλη, η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, στην αποφυγή black-out και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Σημειωτέον ότι, κάθε ώρα black-out κοστίζει στην εθνική οικονομία 25-40 εκατ. ευρώ.



### Η παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού ακολουθεί την εποχική ζήτηση



## 2.1.6 Χαρακτηριστικά Φ/Β Συστημάτων

Τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, που τα διαφοροποιούν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι:

- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ. σε επίπεδο μερικών δεκάδων W ή και mW.
- Είναι εύχρηστα. Τα μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις, ενσωματωμένα σε κτίρια και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Είναι βαθμωτά συστήματα, δηλ. μπορούν να επεκταθούν σε μεταγενέστερη φάση για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών, χωρίς μετατροπή του αρχικού συστήματος.
- Λειτουργούν αθόρυβα, εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία. Οι εγγυήσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές για τις Φ/Β γεννήτριες είναι περισσότερο από 25 χρόνια καλής λειτουργίας.

Η ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των Φ/Β συστημάτων. Το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα είναι σήμερα συγκρίσιμο με το κόστος αιχμής ισχύος, που χρεώνει η εταιρεία ηλεκτρισμού τους πελάτες της.

Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη λεγόμενη «Διάσπαρτη Παραγωγή Ενέργειας» ( Distributed Power Generation), η οποία αποτελεί το νέο μοντέλο ανάπτυξης σύγχρονων ενεργειακών συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαφοροποίηση στην παραγωγή ενέργειας, που προσφέρεται από τα Φ/Β συστήματα, σε συνδυασμό με την κατά μεγάλο ποσοστό απεξάρτηση από το πετρέλαιο και την αποφυγή περαιτέρω ρύπανσης του περιβάλλοντος, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες οικονομικής ανάπτυξης σε ένα νέο ενεργειακό τοπίο που αυτή τη στιγμή διαμορφώνεται στις αναπτυσσόμενες χώρες.

### **Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών;**

Όταν τα φωτοβολταϊκά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ένα 5-17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το πόσο ακριβώς είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε. Υπάρχουν π.χ. τα λεγόμενα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, και τα άμορφα. Τα τελευταία έχουν χαμηλότερη απόδοση είναι όμως σημαντικά φθηνότερα. Η επιλογή του είδους των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου ή ακόμα και της οικονομικής ευχέρειας του καθενός. Όλα τα φωτοβολταϊκά πάντως μοιράζονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- μηδενική ρύπανση
- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση

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 φωτοβολταϊκά είναι μία από τις πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες της νέας εποχής που ανατέλλει στο χώρο της ενέργειας. Μιας νέας εποχής που θα χαρακτηρίζεται ολοένα και περισσότερο από τις μικρές αποκεντρωμένες εφαρμογές σε ένα περιβάλλον απελευθερωμένης αγοράς. Τα μικρά, ευέλικτα συστήματα που μπορούν να εφαρμοστούν σε επίπεδο κατοικίας, εμπορικού κτιρίου ή μικρού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής (όπως π.χ. τα φωτοβολταϊκά, τα μικρά συστήματα συμπαραγωγής, οι μικροτουρμπίνες και οι κυψέλες καυσίμου) αναμένεται να κατακτήσουν ένα σημαντικό μερίδιο της ενεργειακής αγοράς στα χρόνια που έρχονται. Ένα επιπλέον κοινό αυτών των νέων τεχνολογιών είναι η φιλικότητά τους προς το περιβάλλον.

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.

Τα φωτοβολταϊκά είναι λειτουργικά καθώς προσφέρουν επεκτασιμότητα της ισχύος τους και δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (στο δίκτυο ή σε συσσωρευτές) αναιρώντας έτσι το μειονέκτημα της ασυνεχούς παραγωγής ενέργειας. Δίνοντας τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή, και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια, τον καθιστούν πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν έτσι στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας. Η εμπειρία της Δανίας π.χ. έδειξε μείωση της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού από χρήστες φωτοβολταϊκών, της τάξης του 5-10%.



Για τις επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρισμού, υπάρχουν ευδιάκριτα τεχνικά και εμπορικά πλεονεκτήματα από την εγκατάσταση μικρών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Όσο περισσότερα συστήματα παραγωγής ενέργειας εγκατασταθούν και συνδεθούν με το δίκτυο ηλεκτροδότησης, τόσο περισσότερα είναι τα οφέλη για τις επιχειρήσεις, όπως π.χ. η βελτίωση της ποιότητας της ηλεκτρικής ισχύος, η σταθερότητα της ηλεκτρικής τάσης και η μείωση των επενδύσεων για νέες γραμμές μεταφοράς.

Η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να καλυφθεί με μεγάλες επενδύσεις για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος μιας νέας γραμμής μεταφοράς είναι πολύ υψηλό, αν λάβουμε υπόψη μας πέρα από τον τεχνολογικό εξοπλισμό και θέματα που σχετίζονται με την εξάντληση των φυσικών πόρων και τις αλλαγές στις χρήσεις γης.

Οι διάφοροι μικροί παραγωγοί "πράσινης" ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ιδανική λύση για τη μελλοντική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις όπου αμφισβητείται η ασφάλεια της παροχής. Η τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν δοκιμάζεται από δαπανηρές ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το ηλεκτρικό δίκτυο (απώλειες, οι οποίες στην Ελλάδα ανέρχονται σε 12% κατά μέσο όρο). Από την άλλη, η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή.

Τα φωτοβολταϊκά, εκτός από καθαρή ενέργεια, παρέχουν ακόμη προσέλευση πελατών και αξιοπιστία σε ένα απελευθερωμένο περιβάλλον. Σε ένα υψηλά ανταγωνιστικό περιβάλλον, οι επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρισμού χρειάζονται κίνητρα για να προσελκύσουν και να διατηρήσουν τους πελάτες τους. Τα προγράμματα καθαρής ενέργειας μπορούν να είναι ελκυστικά σε αρκετά μεγάλο αριθμό καταναλωτών που ενδιαφέρονται γενικά για το περιβάλλον και ειδικότερα για τις κλιματικές αλλαγές.

Σήμερα οι καταναλωτές στις απελευθερωμένες ενεργειακές αγορές δεν αγοράζουν απλά τη φθηνότερη ηλεκτρική ενέργεια, καθώς υπάρχει πλέον θέμα τόσο ποιότητας όσο και υπηρεσιών. Όσον αφορά στην ποιότητα του ηλεκτρισμού, τα θέματα είναι ξεκάθαρα:

η ενέργεια που χρησιμοποιώ προέρχεται από θερμοηλεκτρικό σταθμό που χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα και καταστρέφει το περιβάλλον, ενώ μπορεί να προέλθει από μια μονάδα που δεν ρυπαίνει το περιβάλλον; Ποιά ηλεκτρική ενέργεια πρέπει να αγοράσω; Μπορώ, τουλάχιστον, να αγοράσω μικρές ποσότητες καθαρής ενέργειας για να ενθαρρύνω τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας; Αυτά αποτελούν θέματα που απασχολούν οπωσδήποτε τις "έξυπνες" επιχειρήσεις παραγωγής ενέργειας.

Η επιχείρηση που αποδέχεται τα φωτοβολταϊκά συστήματα θα προσελκύσει πελάτες-παραγωγούς που θα χρησιμοποιούν φωτοβολταϊκά και θα πωλούν στη συνέχεια σε αυτή καθαρή ενέργεια. Σε ένα περιβάλλον απελευθερωμένης αγοράς, τέτοιοι πελάτες- παραγωγοί μπορεί να βρίσκονται οπουδήποτε.

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά παρέχοντας τη δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς, καθώς διατίθενται σε ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη φόρμα, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορικής διαπερατότητας του φωτός ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού. Αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά συμβάλλουν στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής (ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση των ηλιακών προσόψεων σε εμπορικά κτίρια).

### ***Και τα μειονεκτήματα;***

Το σχετικά υψηλό κόστος αγοράς και η έλλειψη επιδοτήσεων ήταν ως πρίν λίγο ο κυριότερος λόγος για την στασιμότητα της ελληνικής αγοράς φ/β. (π.χ. η έλλειψη επιχορήγησης για τον οικιακό καταναλωτή, έλλειψη επιχορήγησης της παραγόμενης φ/β kWh)

Τα φωτοβολταϊκά, όπως άλλωστε και όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), έχουν υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και ασήμαντο λειτουργικό κόστος, αντίθετα με τις συμβατικές ενεργειακές τεχνολογίες που συνήθως έχουν σχετικά μικρότερο αρχικό επενδυτικό κόστος και υψηλά λειτουργικά κόστη.

Το κλίμα αυτό όμως τώρα αλλάζει δραματικά. Πολλές χώρες έχουν ξεκινήσει τα τελευταία χρόνια σημαντικά προγράμματα ενίσχυσης των φωτοβολταϊκών, με γενναίες επιδοτήσεις τόσο της αγοράς και εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, όσο και της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας.

### ***Τι ενεργειακές ανάγκες μπορώ να καλύψω με ένα φωτοβολταϊκό;***

Φωτισμός, τηλεπικοινωνίες, ψύξη, ηχητική κάλυψη... οποιαδήποτε ουσιαστικά ενεργειακή ανάγκη μπορεί να καλυφθεί από ένα κατάλληλα σχεδιασμένο φωτοβολταϊκό σύστημα.

Το πρώτο πράγμα που πρέπει να ξέρει κανείς για τα φωτοβολταϊκά είναι ότι παράγουν συνεχές ρεύμα. Αυτό σημαίνει είτε ότι τα χρησιμοποιούμε με συσκευές συνεχούς ρεύματος είτε μετατρέπουμε αυτό το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο 230 V (σε ρεύμα ίδιο με της ΔΕΗ δηλαδή) με τη βοήθεια κάποιων ηλεκτρονικών συσκευών.

Για λόγους απόδοσης και οικονομίας πάντως, δεν συνιστάται η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την τροφοδότηση θερμικών ηλεκτρικών συσκευών, όπως κουζίνες, θερμοσίφωνες, ηλεκτρικά καλοριφέρ ή θερμοσυσσωρευτές. Για τις χρήσεις αυτές υπάρχουν πολύ οικονομικότερες λύσεις που δεν στηρίζονται καθόλου στον ηλεκτρισμό, όπως οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, ο ηλιακός κλιματισμός, οι κουζίνες ή τα συστήματα θέρμανσης φυσικού αερίου, υγραερίου κ.λπ.

Ας πάρουμε το παράδειγμα της θέρμανσης νερού: αν χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρικό θερμοσίφωνα που τροφοδοτείται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, το ηλιακό φως μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό και κατόπιν από το θερμοσίφωνα σε θερμότητα. Το συνολικό κόστος των δύο αυτών συστημάτων είναι πολύ μεγαλύτερο από έναν ηλιακό θερμοσίφωνα που μετατρέπει απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.

Από την άλλη μεριά, ο φωτισμός με λάμπες εξοικονόμησης και η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών (υπολογιστές, ηχητικά συστήματα, ψυγεία, τηλεοράσεις,

τηλεπικοινωνίες κ.λπ) αποτελούν ανάγκες που μπορούν να καλυφθούν εύκολα και οικονομικά με φωτοβολταϊκά.

## **2.2 Εφαρμογές Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα**



Οι κύριες εφαρμογές Φ/Β συστημάτων στον Ελλαδικό χώρο είναι οι εγκαταστάσεις της ΔΕΗ στα νησιά (Κύθνος, Αρκοί, Αντικύθηρα, Γαύδος, Σίφνος κλπ.), οι ηλεκτροδότηση του συνόλου του φαρικού δικτύου από την αντίστοιχη υπηρεσία του Πολεμικού Ναυτικού, αναμεταδότες σταθερής και κινητής τηλεφωνίας, καθώς και διάφορες εγκαταστάσεις στα πλαίσια πιλοτικών εφαρμογών μέσω επιδοτούμενων έργων της Ε.Ε , αλλά και του ΕΠΑΝ.

Η εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα εκτιμάται σε 2,2ΜWp στο τέλος του έτους 2003, το 50% των οποίων είναι Φ/Β εγκαταστάσεις διασυνδεδεμένες στο δίκτυο. Η ετήσια παραγωγή ενέργειας από Φ/Β κατά το 2002 και 2003, ήταν 2,3GWh και 2,7 G Whαντίστοιχα. Το εκτιμώμενο δυναμικό της βιομηχανίας Φ/Β στην Ελλάδα είναι 60–70 άτομα και ο ετήσιος κύκλος εργασιών είναι της τάξης των €3 εκατομμυρίων. Αντίστοιχα, ο ετήσιος εθνικός προϋπολογισμός για Ε&Α σε Φ/Β τεχνολογίες εκτιμάται σε €2,2 εκατομμύρια.

Η δυνητική αγορά των Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα αλλά και η παραγωγική δραστηριότητα είναι αντίστοιχη της αγοράς των ηλιακών συλλεκτών ζεστού νερού. Η ανάπτυξη της αγοράς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την προώθηση βέλτιστων μέτρων και κινήτρων εκ μέρους της πολιτείας.

## 2.3 Παραδείγματα Εφαρμογών

### Στήριξη στο Έδαφος

Σύστημα σταθερού προσανατολισμού



Σύστημα παρακολούθησης τροχιάς δύο αξόνων



## Στήριξη σε οροφή κτηρίου

Σύστημα εγκατεστημένο σε επικλινή στέγη



Σύστημα εγκατεστημένο σε επίπεδη στέγη



**BIPV (Ενσωμάτωση στο κέλυφος του κτηρίου)**

Συστήματα ενσωματωμένα στο κέλυφος κτηρίου



## Ειδικές εφαρμογές



Σύστημα πλήρωσης δεξαμενής



Αντλητικό σύστημα



Ηλεκτροδότηση  
σε απομακρυσμένες περιοχές



Αυτόνομο πλωτό σκάφος



Αυτόνομο φωτιστικό οδού

Ακόμη χρησιμοποιούνται για:

- Ηλεκτροδότηση Ιερών Μονών.
- Αφαλάτωση / άντληση / καθαρισμό νερού.
- Συστήματα εξωτερικού φωτισμού δρόμων, πάρκων, αεροδρομίων κλπ.
- Συστήματα τηλεπικοινωνιών, τηλεμετρήσεων και συναγερμού.
- Συστήματα σηματοδότησης οδικής κυκλοφορίας, ναυτιλίας, αεροναυτιλίας κλπ.
- Αγροτικές εφαρμογές όπως άντληση νερού, ιχθυοκαλλιέργειες, ψύξη αγροτικών προϊόντων, φαρμάκων κλπ.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Τεχνολογίες Φ/Β

#### 3.1 Η δομή και τα μέρη του φωτοβολταϊκού συστήματος

**Φωτοβολταϊκό στοιχείο:** 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).

**Πανέλο:** Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε Φ/Β εγκατάσταση (PV panel).

**Φωτοβολταϊκή συστοιχία:** Μια ομάδα από Φ/Β πλαίσια ή πανέλα με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (PV array).

**Φωτοβολταϊκή γεννήτρια:** Τα Φ/Β πλαίσια από (συνήθως 30 έως 36) ερμητικά σφραγισμένα Φ/Β στοιχεία μέσα σε ειδική διαφανή πλαστική ύλη, των οποίων η μπροστινή όψη προστατεύεται από ανθεκτικό γυαλί. Η κατασκευή αυτή που δεν ξεπερνά σε πάχος τα 4 με 5 χιλιοστά, τοποθετείται συνήθως σε πλαίσιο αλουμινίου. Τα στοιχεία εσωτερικά είναι συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα ανάλογα με την εφαρμογή.

**Κατασκευή στήριξης:** Τα Φ/Β πλαίσια προκειμένου να τοποθετηθούν / προσαρμοστούν στο σημείο εγκατάστασής τους εφοδιάζονται με ειδικές κατασκευές. Οι κατασκευές αυτές στήριξης πρέπει να πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια, όπως αντοχή στα φορτία που προέρχονται από το βάρος των πλαισίων και τους τοπικούς ανέμους, να μην προκαλούν σκιασμό στα πλαίσια, να επιτρέπουν την προσέγγιση στα πλαίσια, αλλά ταυτόχρονα να διασφαλίζουν την ασφάλειά τους.

**Συστήματα μετατροπής ισχύος (inverters):** Τα Φ/Β πλαίσια παράγουν συνεχές ρεύμα ενώ τα φορτία καταναλώνουν εναλλασσόμενο ρεύμα. Για την μετατροπή της ισχύος στα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούνται αντιστροφείς (inverters) συνεχούς σε εναλλασσόμενο (DC/AC). Σκοπός των συστημάτων μετατροπής ισχύος είναι η κατάλληλη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του παραγόμενου ρεύματος, ώστε να καταστεί δυνατή η τροφοδοσία των διάφορων καταναλώσεων. Τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή του αντιστροφέα είναι η αξιοπιστία η ενεργειακή απόδοση οι αρμονικές

παραμορφώσεις το κόστος ή συμβατότητα με τις τεχνικές απαιτήσεις της ΔΕΗ. Σε ένα τυπικό Φ/Β σύστημα ο αντιστροφέας (ή αντιστροφείς) τοποθετείται σε απόσταση από τα Φ/Β πλαίσια σε στεγασμένο χώρο. Στις περιπτώσεις αυτές οι καλωδιώσεις είναι συνεχούς ρεύματος.

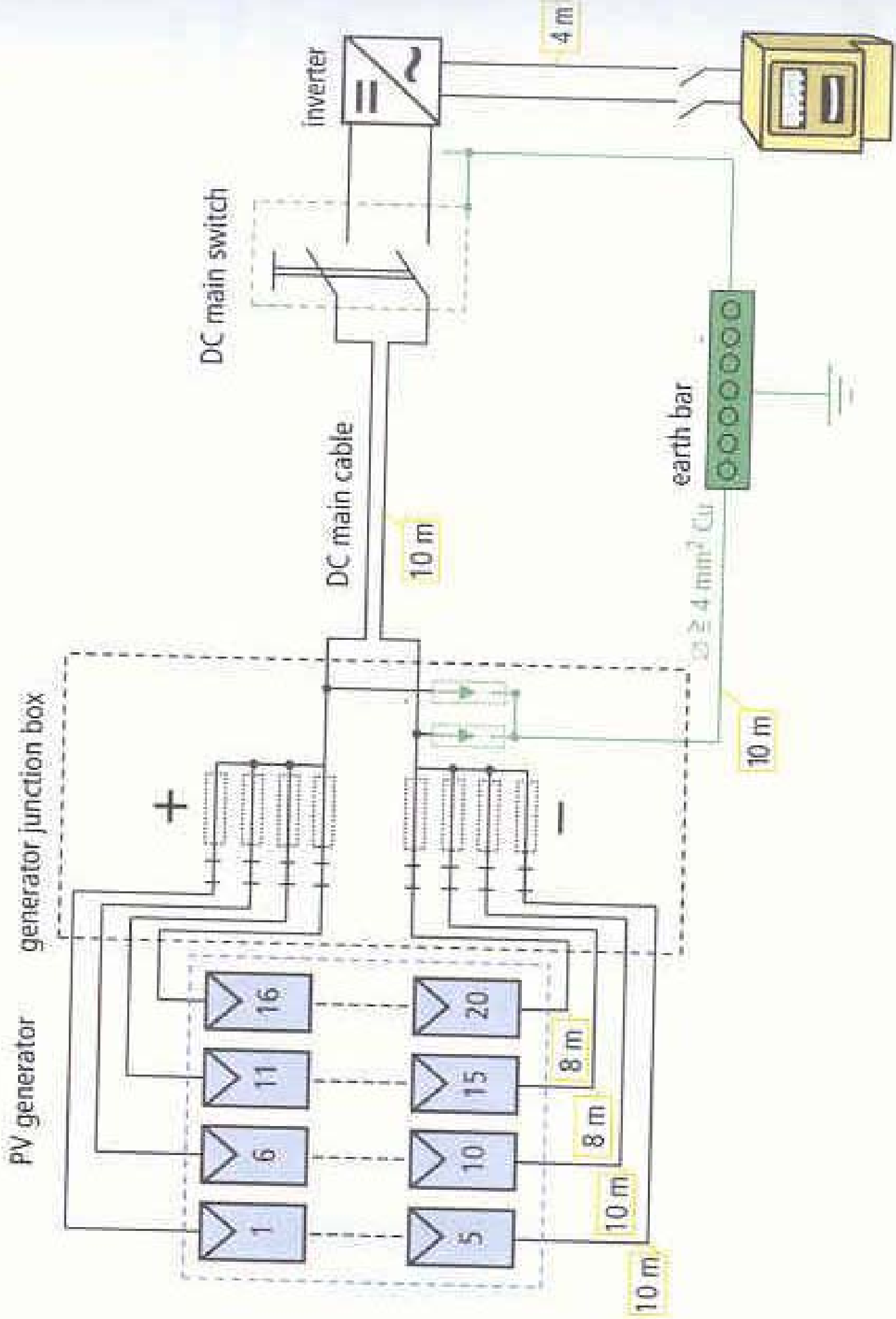
**Μετρητής:** (ΑΗΚ- για ενωμένα συστήματα ) για την καταμέτρηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

**Ρυθμιστής φόρτισης:** χρησιμοποιείται στα αυτόνομα Φ/Β συστήματα για τη ρύθμιση της φόρτισης των μπαταριών.

**Μπαταρίες:** χρησιμοποιούνται στα αυτόνομα Φ/Β για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα για τις ανάγκες του υποστατικού.

**Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου προστασίας και λοιπά στοιχεία:**

Το Φ/Β σύστημα συμπληρώνουν οι ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου, η γείωση, οι καλωδιώσεις (συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος) και σχετικό ηλεκτρολογικό υλικό, οι διατάξεις ασφαλείας, ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας και σύστημα παρακολούθησης της λειτουργίας του Φ/Β συστήματος. Η ΔΕΗ απαιτεί την ύπαρξη προστασίας απόζευξης του σταθμού μέσω διατάξεων του αντιστροφέα, ώστε ο σταθμός να αποσυνδέεται τόσο σε περίπτωση έλλειψης τάσης από το δίκτυο της ΔΕΗ, όσο και στην περίπτωση που η τάση και η συχνότητα αποκλίνουν από τις υποδείξεις ορίων που έχει θέσει η ΔΕΗ.



## 3.2 Τύποι Φωτοβολταϊκών Υλικών

### *Φωτοβολταϊκά στοιχεία Πυριτίου (Si)*

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο στην φωτοβολταϊκή βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό που παράγεται με μαζικό τρόπο. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά του είναι:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Το οξείδιο του πυριτίου (ή κοινώς η άμμος) και ο χαλαζίτης αποτελούν το 28% του φλοιού της γης. Είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον.
- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή. Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 125C κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες .
- Μια κατηγοριοποίηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων θα μπορούσε να γίνει με βάση το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται.

### *Τύποι στοιχείων πυριτίου «μεγάλου πάχους»*

1. Φ/Β στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Monocrystalline Silicon, sc-Si)  
Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοσή τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Το μονοκρυσταλλικό στοιχείο χαρακτηρίζεται από καλύτερη σχέση απόδοσης / επιφάνειας. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) καθώς και η μέθοδος FZ (float zone) και οι δύο πάντως βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου.

2. Φ/Β στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Polycrystalline Silicon, mc-Si)  
Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση των πολυκρυσταλλικών στοιχείων. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για το ΦΒ πλαίσιο. Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι η ανάπτυξη φύλλων πολυκρυσταλλικού υλικού και η μέθοδος εναπόθεσης.

3. Φ/Β στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)  
Πρόκειται ουσιαστικά για μια ταινία πολυκρυσταλλικού υλικού. Δεν υπάρχει προς το παρόν εμπορική εκμετάλλευση λόγω του εξαιρετικά υψηλού κόστους παραγωγής του. Η απόδοσή του είναι γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά.

### **Φωτοβολταϊκά υλικά λεπτών επιστρώσεων**

1. Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe<sub>2</sub> ή CIS με προσθήκη γαλλίου CIGS)  
Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοσή του με τις σύγχρονες τεχνικές

κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο). Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γαλλίου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

## 2. Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si)

Τα στοιχεία αυτά 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. Η λέξη άμορφο προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με την χρήση των thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό της τεχνολογίας αυτής είναι η αρκετά μικρότερη διάρκεια ζωής. 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 φωτοβολταϊκών στοιχείων 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. Επίσης προβληματίζει η έλλειψη του Τελουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι η 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 είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση του σε εφαρμογές ηλιακών concentrators. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι αντέχει 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.

### 3.3 Φωτοβολταϊκά πλαίσια

- Μονοκρυσταλλικά
- Πολυκρυσταλλικά
- Λεπτού υμενίου (Thin film)

#### Μονοκρυσταλλικά πλαίσια

Τα μονοκρυσταλλικά πλαίσια από πυρίτιο πετυχαίνουν υψηλή απόδοση, μέχρι και 20%. Για την παραγωγή τους όμως απαιτούνται μεγάλες ποσότητες ενέργειας με αποτέλεσμα η υψηλή τιμή τους να τα καθιστά απαγορευτικά για τη χρήση τους σε φωτοβολταϊκά πάρκα.

#### Πολυκρυσταλλικά πλαίσια

Τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια πετυχαίνουν απόδοση περίπου 16% , τιμή εξαιρετικά ικανοποιητική και το κόστος κατασκευής τους είναι πολύ μικρότερο από εκείνο των μονοκρυσταλλικών πλαισίων και για αυτό χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

#### Λεπτού υμενίου (Thin film)

Η τεχνολογία των πλαισίων λεπτού υμενίου αναπτύχθηκε ως οικονομική λύση για φωτοβολταϊκά συστήματα λόγω του χαμηλού ενεργειακού κόστους και κόστους παρασκευής. Έχουν σχετικά χαμηλή απόδοση (6 έως 8 %) αλλά λόγω της εξαιρετικά καλής συμπεριφοράς τους στις υψηλές θερμοκρασίες (θερμά κλίματα) και στο διάχυτο φως χρησιμοποιούνται συχνά σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών.

### 3.4 Νέα υλικά για Φ/Β στοιχεία

Τα πολυμερή με τις ιδιότητες που έχουν μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο ακόμα και στην ένταξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσα στη ζωή μας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συμμετοχή τους στη κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων με πρώτη ύλη βέβαια πολυμερή και κάποιες άλλες ενώσεις. Παρόλο το μεγάλο κόστος που συνοδεύεται με αυτό το εγχείρημα μπορούμε κάποια στιγμή στο μέλλον να ελπίζουμε ότι όλοι μας θα έχουμε στα σπίτια μας ένα ηλιακό κάτοπτρο φτιαγμένο από πολυμερή το οποίο θα μας βοηθάει να συγκεντρώνουμε την ηλιακή ενέργεια προς όφελος φυσικά της καθημερινής άνεσής μας.

Τα φωτοβολταϊκά πολυμερή παρουσιάζουν την δυνατότητα να απορροφούν τα χρώματα του φωτός του ήλιου που χρησιμοποιούνται ως επιστρώματα στις στέγες ή ακόμα και ως αναπόσπαστο τμήμα ινών για να παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια από το φως του ήλιου. Οι επιστήμονες MacDiarmid, Shirakawa, και Heeger έφεραν στο προσκήνιο τις μοναδικές ιδιότητες των conjugated πολυμερών σωμάτων το 1977 όταν ανακάλυψαν ότι η χημική νάρκωση αυτών των υλικών οδήγησε στις αυξήσεις στην ηλεκτρονική αγωγιμότητα πέρα από διάφορα μεγέθη. Από τότε, η ηλεκτρονική κατεύθυνση των υλικών βασίζεται στα conjugated πολυμερή σώματα που έχουν εφαρμοστεί σε διαφορετικά στοιχεία όπως οι αισθητήρες, βιολικά, δίοδοι που εκπέμπουν φως, ενεργοποιητές πολυμερών, και παράγωγα προστασίας διάβρωσης. Παρακάτω θα γίνει μια εκτενής αναφορά στην επίδραση των φωτοβολταϊκών στα conjugated πολυμερή ενώ παράλληλα θα γίνει και μια προσπάθεια να εξετάσουμε το σημερινό καθεστώς το οποίο επικρατεί αυτή τη στιγμή αλλά βέβαια και τις εφαρμογές τους.

Τα conjugated πολυμερή σώματα έχουν ένα πλαίσιο εναλλασσόμενων απλών και διπλών δεσμών άνθρακα-άνθρακα και μερικές φορές άνθρακα-άζωτο. Οι απλοί δεσμοί αναφέρονται ως π-δεσμοί, και οι διπλοί δεσμοί περιέχουν ένα σ-δεσμό και ένα π-δεσμό.

Όλα τα conjugated πολυμερή έχουν μια σπονδυλική στήλη σ-δεσμών που επικαλύπτεται με υβριδικά τροχιακά SP<sup>2</sup>. Η συμπεριφορά των conjugated πολυμερών αλλάζει εντυπωσιακά με τη χημική νάρκωση (chemical doping). Γενικά, πολυμερή σώματα όπως το polypyrrole (PPy) είναι μερικώς οξειδωμένα για να παράγουν τα π-doping υλικά. Τα p-doped πολυμερή έχουν πολλές εφαρμογές για παράδειγμα ηλεκτροχρωμικές συσκευές, επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, πυκνωτές, μεμβράνες, και ηλεκτρομαγνητικά προστατευτικά καλύμματα. Σήμερα μόνο τρία conjugated πολυμερή έχουν τραβήξει ιδιαίτερα την προσοχή για χρησιμοποίησή τους σε φωτοβολταϊκά στοιχεία. Αυτά τα πολυμερή είναι τα εξής: το **Poly(p-phenylenevinylenes)**, **Polyanilines**, **Polythiophenes**.

Οι μελλοντικές εφαρμογές του είναι αρκετά αισιόδοξες και ιδιαίτερα στον τομέα των φωτοβολταϊκών. Μάλιστα τα φωτοβολταϊκά πολυμερή υπόσχονται πολλά στο μέλλον αφού γίνονται πολλές προσπάθειες προκειμένου να βρεθεί ένα υλικό για την μαζική παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων με πολύ μικρό κόστος παραγωγής και μεγάλης απόδοσης.

Έτσι θα γίνει εφικτή η φτηνή ηλιακή ενέργεια που είναι η βασικότερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στον πλανήτη και που ουσιαστικά μένει ανεκμετάλλευτη, αφού το κόστος παραγωγής της είναι τεράστιο σε σχέση πάντα με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Τα conjugated πολυμερή μπορούν να εκθέσουν διεξαγωγή ηλεκτρονίων παρόμοια με τους συμβατικούς ημιαγωγούς, μια επίδραση που ενισχύεται κοντά στο χημικό doping.

Τα ηλεκτρικά ρεύματα παράγονται με το χωρισμό των ζευγαριών ηλεκτρονίων. Αυτό γίνεται με τη διαμόρφωση των διεπαφών μεταξύ των υλικών που έχουν τις διαφορετικές δυνατότητες ιονισμού και τις συγγένειες ηλεκτρονίων.

Οι διεπαφές δημιουργούνται με την επαφή των στρωμάτων των μετάλλων, των ανόργανων οξειδίων, και των πολυμερών σωμάτων, ή με τη δημιουργία των πολυμερών δικτύων. Αν και τα καλύτερα φωτοβολταϊκά πολυμερή σώματα που έχουν παραχθεί μέχρι τώρα είναι λιγότερο αποδοτικά από τα αντίστοιχα πυριτίου παράγουν τις υψηλότερες ανοιχτές τάσεις. Τα πολυμερή σώματα αναπτύσσονται με χρήση χρωστικών ουσιών για να αυξήσουν την ελαφριά αποδοτικότητα συλλογής.

Οι μέθοδοι πολυμερισμού αναπτύσσονται για να αυξήσουν τη δομή τους παράγοντας εκείνες τις μεταφορικές ιδιότητες που θα τα κάνουν να γίνουν καλύτερα για τις αντίστοιχες χρήσεις.



### 3.5 Φωτοβολταϊκά Συστήματα Κινητής Βάσης



Το **Σύστημα Κινούμενης Βάσης - Ηλιοτρόπιο** είναι ένα μονοαξονικό σύστημα το οποίο παρακολουθεί την πορεία του ήλιου στον ορίζοντα.

Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες τοποθετούνται πάνω στην κινούμενη βάση έτσι ώστε να έχουν κατεύθυνση πάντα προς τον ήλιο, και έτσι να αυξάνεται η απόδοσή τους κατά 25% έως 50% όλο τον χρόνο όπως εκτιμάται για την Ελλάδα.

Η σχεδίαση και κατασκευή του Ηλιοτροπίου έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχει στις χειρότερες κλιματικές συνθήκες, η συντήρησή του να είναι ελάχιστη μία φορά τον χρόνο και οι αντοχές των υλικών κατασκευής είναι δοκιμασμένες σε ακραίες καταστάσεις.

Η πορεία της κινούμενης βάσης είναι από Ανατολικά (E) προς Δυτικά (W) κατά την διάρκεια της ημέρας και ο προσανατολισμός της βάσης είναι Νότιος (S).

Η γωνία κλίσης  $\theta$  των Φ/Β συλλεκτών ως προς τον οριζόντιο άξονα μεταβάλετε χειροκίνητα από 20° έως 65° έτσι ώστε να προσαρμόζεται σύμφωνα με την μετατόπιση του ήλιου τις τέσσερις εποχές του χρόνου.

Κάθε πρωί το σύστημα προσανατολίζεται Ανατολικά (E) και παρακολουθεί την πορεία του ήλιου ξεκινώντας την ώρα ανατολής του ήλιου. Ως ώρα εκκίνησης της πορείας λαμβάνεται η ώρα Ανατολής του ήλιου κατά την Εαρινή Ισημερία του τόπου εγκατάστασης του συστήματος.

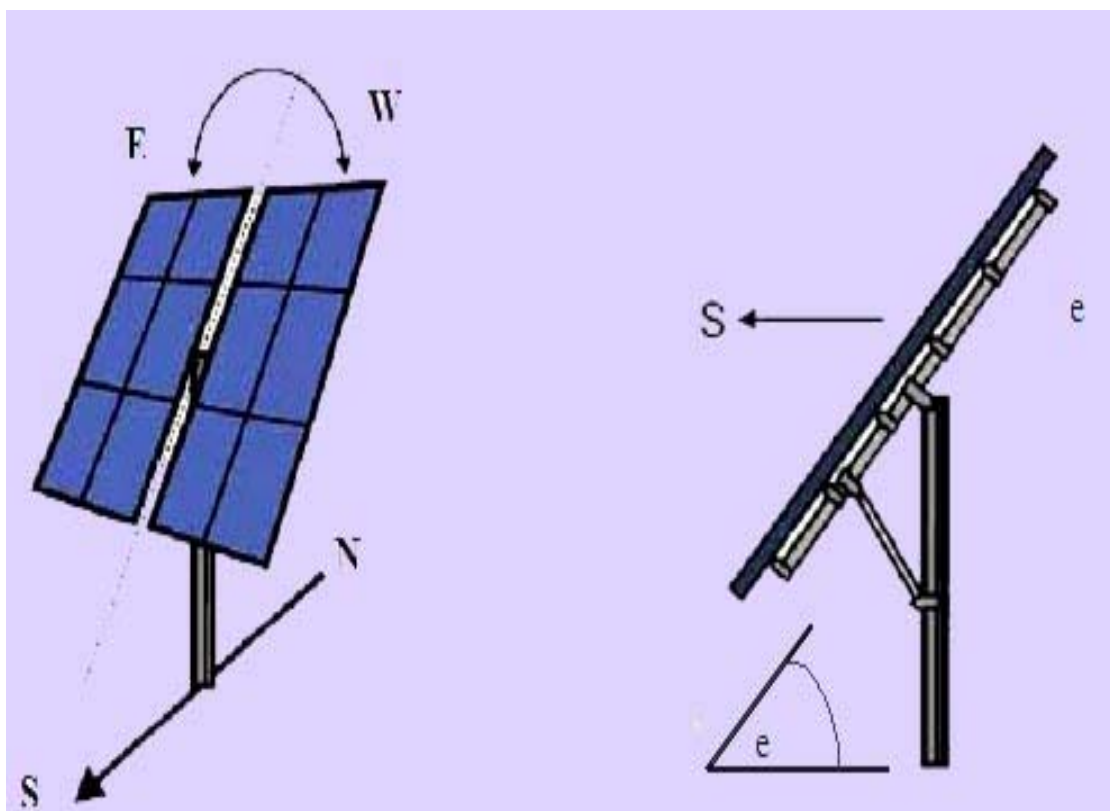
Η παρακολούθηση του ορίζοντα από το σύστημα γίνεται ανεξάρτητα εάν υπάρχει ηλιοφάνεια ή συννεφιά, έτσι ώστε να γίνεται εκμετάλλευση και της παραμικρής ηλιαχτίδας του ήλιου για την παραγωγή ενέργειας.

Η πορεία του ήλιου στον ορίζοντα παρακολουθείτε από την Ανατολή μέχρι την Δύση, μετατοπίζοντας τον άξονα του συστήματος κατά 9° σε είκοσι κινήσεις (βήματα). Τα βήματα μετατόπισης του άξονα μπορούν να μεταβληθούν έτσι ώστε η πορεία παρακολούθησης του ήλιου στον ορίζοντα να αλλάζει σύμφωνα με τον τόπο εγκατάστασης του συστήματος.

Κατά την διάρκεια της νύκτας το σύστημα επανέρχεται στην θέση που βλέπει προς την Ανατολή και είναι έτοιμο για την εκκίνησή την ώρα της Ανατολής του ήλιου.

Τα κινητά μέρη είναι στεγανά και αντέχουν σε συνθήκες θερμοκρασίας από -30. έως 50 °C. Η διάρκεια κίνησης του κινητήρα σε ένα εικοσιτετράωρο είναι είκοσι λεπτά (20min) και έτσι οι φθορές είναι ελάχιστες. Η ετήσια κατανάλωση σε ηλεκτρισμό είναι 5KWh.

Η συντήρηση του ΣΚΒ είναι ελάχιστη γιατί όλα τα κινούμενα μέρη είναι στεγανά και τα υλικά κατασκευής του μεταλλικού μέρους του ΣΚΒ είναι ανοξειδωτά. Η λίπανση του κοχλία γίνεται μία φορά το έτος και υπάρχει πρόβλεψη και για χειροκίνητη κίνηση σε περίπτωση βλάβης. Η όλη κατασκευή είναι υπολογισμένη ώστε να αντέχει σε ανέμους με ταχύτητα άνω των 150 Km/h.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ Α.Π.Ε

#### Νομοθεσία



Τα τελευταία χρόνια έχει διαμορφωθεί ένα νέο νομοθετικό περιβάλλον στην Ελλάδα που αφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και γενικότερα την αγορά της ενέργειας το οποίο σε γενικές γραμμές είναι εναρμονισμένο με το αντίστοιχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

## 4.1 Νομοθεσία Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας



Σε αυτήν την σελίδα θα παρατίθενται οι νομοθεσίες, αποφάσεις, οδηγίες κλπ που σχετίζονται με διαδικασίες αδειοδότησης, εγκατάστασης, λειτουργίας, επιδότησης σταθμών παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

### Ελληνική Νομοθεσία ενέργειας και ΑΠΕ

<a href="#">Ν.3851/2010</a>	Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
<a href="#">ΚΥΑ Φωτοβολταϊκά στις στέγες</a>	Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων.( <b>ΝΕΟ</b> )
<a href="#">Ν.3734/2009</a>	Νέος νόμος και ρυθμίσεις για φωτοβολταϊκά και ΑΠΕ 2009.( <b>ΝΕΟ</b> )
<a href="#">ΥΑ 06/2007</a>	Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ΗΕ από ΑΠΕ
<a href="#">Οικ.5707/2007</a>	Κανονισμός αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ
<a href="#">Οικ.21691/2006</a>	Οδηγίες εφαρμογής του Ν.3468
<a href="#">Οικ.18359/2006</a>	Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα
<a href="#">Ν.3468/2006</a>	Παραγωγή Ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και ΣΗΘΥΑ

<a href="#">Οικ.8311/2005</a>	Έγκριση του Κώδικα Διαχείρισης του συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής ενέργειας
<a href="#">Ν.2941/2001</a>	Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών αδειοδότησης ΑΠΕ (άρθρο 2)
<a href="#">24/4/2001</a>	Χορήγηση άδειας διαχείρισης του συστήματος στον ΔΕΣΜΗΕ
<a href="#">Οικ.6296/2001</a>	Κανονισμός Άδειας διαχείρισης και εκμετάλλευσης του συστήματος
<a href="#">Οικ.7890/2000</a>	Έγκριση κανονισμού προμηθειών της ΔΕΗ
<a href="#">ΠΔ328/2000</a>	Σύσταση και καταστατικό της ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.
<a href="#">Οικ.17951/2000</a>	Κανονισμός Αδειών παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας
<a href="#">Οικ.12160/1999</a>	Διαδικασία επιλογής υποψήφιων ηλεκτροπαραγωγών από μικρά υδροηλεκτρικά
<a href="#">Ν.2773/1999</a>	Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής
<a href="#">Ν.2244/1994</a>	Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και συμβατικά καύσιμα

#### Αναπτυξιακός

<a href="#">Αποφάσεις 7/2007</a>	Το σύνολο των «τελικών» αποφάσεων (Ποσοστά, δικαιολογητικά, προϋποθέσεις κλπ)
<a href="#">Τροπολογία/2006</a>	Τροπολογία στα «Μεταβολές στη φορολογία εισοδήματος, απλουστεύσεις στον κώδικα βιβλίων»
<a href="#">Τροπολογία/2006</a>	Μεταβολές στη φορολογία κτλπ
<a href="#">Ν.3299/2004</a>	Αναπτυξιακός νόμος

#### Κοινοτικές οδηγίες ενέργειας και ΑΠΕ

<a href="#">Κανονισμός 1228/03ΕΚ</a>	Όροι πρόσβασης στο δίκτυο για τις διασυνοριακές ανταλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας
<a href="#">Οδηγία 54/03ΕΚ</a>	Κοινοί κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας κατάργηση 96/92
<a href="#">Directive 77/01EC</a>	Promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market
<a href="#">Οδηγία 96/92ΕΚ</a>	Κοινοί κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

## Αποφάσεις ΡΑΕ

<a href="#">02/2007</a>	Κώδικας διαχείρισης του συστήματος και συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας
<a href="#">76/2007</a>	Δημοσίευση στοιχείων συστήματος συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας
<a href="#">75/2007</a>	Α' Φάση προγράμματος ανάπτυξης ΦΒ κατά άρθρο 14 παρ 1. του 3468/2007
<a href="#">136/2006</a>	Αιτήσεις για άδειες παραγωγής
<a href="#">66/2006</a>	Διαδικασία παραλαβής και εξειδίκευση περιεχομένων αίτησης για χορήγηση άδειας παραγωγής ΗΕ
<a href="#">Οδηγός/2001</a>	Οδηγός αξιολόγησης αιτήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ

---

## Περιβαλλοντικά

<a href="#">Οικ.107100/29-08-2007</a>	Διευκρινήσεις σχετικά με την διαδικασία Περιβαλλοντικής αδειοδότησης έργων ΑΠΕ
<a href="#">Οικ.104247/26-05-2006</a>	Διαδικασία ΠΠΕΑ και ΕΠΟ για έργα ΑΠΕ

---

## Χωροταξικό

<a href="#">01-02-2007</a>	Ειδικό χωροταξικό πλαίσιο ΑΠΕ (Συνέντευξη τύπου Σουφλιάς)
<a href="#">Ειδικό πλαίσιο</a>	Χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

## **4.2 Ελληνική Νομοθεσία και ΑΠΕ**

### **4.2.1 Θεσμικοί φορείς ΡΑΕ**

#### **Η ΡΑΕ**

Η ΡΑΕ είναι η ανεξάρτητη διοικητική αρχή (ελέγχεται μόνο από τον Υπουργό Ανάπτυξης) που έχει ως σκοπό να ελέγχει την λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η ΡΑΕ γνωμοδοτεί για την χορήγηση αδειών για δραστηριότητες στον χώρο της Ηλεκτρικής Ενέργειας, για τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, τον τρόπο λειτουργίας της αγοράς και γενικότερα έχει ουσιαστικό ρόλο στην δημιουργία μιας υγιούς και ελεύθερης αγοράς με σκοπό την παροχή των βέλτιστων υπηρεσιών στον τελικό αποδέκτη που είναι ο καταναλωτής.

Η σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας επιβλήθηκε ουσιαστικά από την ανάγκη εναρμόνισης της Ελληνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία 96/92ΕΚ (Σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας) και συστήθηκε με τον νόμο Ν.2773/22-12-99 (Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις).

#### **Ο ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.**

Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι Ανώνυμη Εταιρεία της οποίας η ύπαρξη υποδείχθηκε επίσης με τον νόμο Ν.2773/22-12-99 και συστήθηκε με το ΠΔ328/2000. Ασκεί δύο βασικές δραστηριότητες.

Η πρώτη είναι να φροντίζει ώστε να διατηρείτε σταθερή η ισορροπία παραγωγής - κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με τρόπο όσο το δυνατόν οικονομικά αποδοτικότερο, αξιόπιστο, ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτό. Ο άλλος είναι να λειτουργεί ως ένα είδος χρηματιστηρίου που υπολογίζει κάθε μέρα, σε επίπεδο διμερών συναλλακτικών σχέσεων (παραγωγός/προμηθευτής - πελάτης) ποιος οφείλει σε ποιόν.

Ανήκει κατά 51% στο Ελληνικό Δημόσιο και κατά 49% στις Ελληνικές εταιρείες παραγωγής ενέργειας.

## Η ΔΕΗ Α.Ε.

Η ΔΕΗ είναι ο συντριπτικά μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας στην χώρα και ο ρόλος της στο πεδίο ήταν καταλυτικός στα 50 χρόνια της ύπαρξης της.

Με τις νομοθετικές ρυθμίσεις των τελευταίων ετών και την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας έγινε ανώνυμος εταιρεία με το ΠΔ333/2000. Οι κύριοι σκοποί της εταιρείας σύμφωνα με το καταστατικό της είναι:

- Η άσκηση εμπορικής και βιομηχανικής δραστηριότητας στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.
- Η μελέτη, η επίβλεψη, η κατασκευή, η εκμετάλλευση, η συντήρηση και η λειτουργία εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως και δικτύων μεταφοράς και διανομής.
- Η προμήθεια καθώς και η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η εξόρυξη, η παραγωγή και η προμήθεια ενεργειακών πρώτων υλών και γενικότερα η δραστηριοποίηση στον ευρύτερο τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας με την μορφή συνεργασιών, επενδύσεων κτλ.

Από την 1.1.2001 λειτουργεί ως ανώνυμη εταιρία ενώ από τις 12.12.2001 έχει εισαχθεί στα Χρηματιστήρια Αξιών Αθηνών και Λονδίνου.

Κατέχει περίπου το 96% της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στην Ελλάδα (12.695 MW) η οποία προέρχεται από λιγνιτικές, υδροηλεκτρικές, πετρελαϊκές μονάδες, μονάδες φυσικού αερίου καθώς και από αιολικά και ηλιακά πάρκα. Παράγει από λιγνίτη το 61% περίπου της ηλεκτρικής της παραγωγής (2ος μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση).

Έχει στην ιδιοκτησία της το εθνικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μήκους 11.400 χλμ. καθώς και το δίκτυο διανομής συνολικού μήκους 208.000 χλμ. Είναι η μοναδική εταιρία διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, την οποία παρέχει σε 7,1 εκατομμύρια πελάτες μέσω ενός δικτύου των 277 καταστημάτων.



### **4.3 Νομοθεσία σχετικά με την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας**

Ο νόμος που άλλαξε άρδην το σκηνικό της αγοράς των ανανεώσιμων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ο Ν.3468/06. Ο σκοπός αυτού του νόμου είναι η εναρμόνιση ουσιαστικά της Ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία της ευρωπαϊκής κοινότητας 2001/77/ΕΚ. Με αυτόν τον νόμο θεσπίζονται επιτέλους σοβαρά κίνητρα στους ιδιώτες για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κυρίως με σκοπό την οικονομική επένδυση.

#### **ΒΑΣΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΥ Ν.3468/06**

##### **ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ**

Το κυριότερο του σημείο είναι η κρατική δέσμευση για αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η έκδοση του σχετικού τιμοκαταλόγου με τον οποίο καθορίζονται τιμές πώλησης της ενέργειας για κάθε πιθανή δραστηριότητα στον χώρο των ΑΠΕ.

#### **ΕΚΔΟΣΗ ΑΔΕΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ - ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΞΑΙΡΕΣΕΩΝ ΑΠΟ ΑΥΤΗΝ**

##### **ΕΞΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟ ΛΗΨΗ ΑΔΕΙΑΣ**

Τροχοπέδη μέχρι σήμερα για την συμμετοχή ιδιωτικών επενδύσεων στον χώρο της ενέργειας αποτελούσαν οι δαιδαλώδεις διαδικασίες σχετικά με την έκδοση Άδειας Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο νέος νόμος έχει καλύψει πλέον κάποιες ασάφειες που υπήρχαν στο πρόσφατο νομικό καθεστώς και μάλιστα απλοποιεί εξαιρετικά τις διαδικασίες αδειοδότησης «μικρών» εγκαταστάσεων ΑΠΕ.

Συγκεκριμένα στο άρθρο 4 του νόμου, θεσπίζονται τα όρια της εγκατεστημένης ισχύος για κάθε τύπο ΑΠΕ, κάτω από τα οποία απλοποιείται η διαδικασία έκδοσης άδειας παραγωγής.

Για τις άνω περιπτώσεις η εξαιρέση δίνεται από την ΡΑΕ κατόπιν αίτησης και υποβολής των σχετικών δικαιολογητικών.

**Για περιπτώσεις σταθμών παραγωγής από ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ με  
εγκατεστημένη ισχύ :  $\leq 20\text{KWe}$   
Δεν απαιτείται η γνωμοδότηση της ΡΑΕ  
(εκτός τις περιπτώσεις των μη διασυνδεδεμένων νήσων)**

Επίσης σύμφωνα με το άρθρο 8 για όλες τις παραπάνω περιπτώσεις εξαιρέσεων, ΔΕΝ απαιτείται άδεια εγκατάστασης και άδεια λειτουργίας ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ όμως η περιβαλλοντολογική αδειοδότηση.

Για την περιβαλλοντολογική αδειοδότηση υποβάλλονται ή εξαιρείται από άδεια παραγωγής καθώς και Μελέτη Περιβαλλοντολογικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) στην αρμόδια υπηρεσία της οικίας νομαρχίας.

## **ΕΚΔΟΣΗ ΑΔΕΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ - ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ**

Στις περιπτώσεις σταθμών που δεν εμπίπτουν στην κατηγορία της «εξαιρέσεως» η διαδικασία έκδοσης άδειας παραγωγής είναι σαφώς περισσότερο πολύπλοκη. Χωρίς να εισέλθουμε σε πολύ μεγάλη ανάλυση περιληπτικά τα βασικά σημεία της αδειοδότησης είναι τα ακόλουθα. Χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης κατόπιν γνωμοδότησης της ΡΑΕ. Αναφορικά τα βασικά κριτήρια έκδοσης άδειας και η σχετική διαδικασία αδειοδότησης έχει ως εξής:

### **ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

- Εθνική ασφάλεια
- Προστασία δημόσιας υγείας
- Ασφάλεια εγκαταστάσεων συστήματος - Δικτύου
- Ενεργειακή αποδοτικότητα του έργου
- Ωριμότητα διαδικασίας υλοποίησης
- Δικαίωμα χρήσης θέσης εγκατάστασης
- Επιστημονική - οικονομική - τεχνική επάρκεια αιτούντος για υλοποίησης της επένδυσης
- Διασφάλιση παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας
- Προστασία του περιβάλλοντος

### **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ ΑΔΕΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Η ΡΑΕ εξετάζει το κατά πόσο πληρούνται τα παραπάνω κριτήρια στον φάκελο του αιτούντος και

- συνυπολογίζει την αξιολόγηση της Προμελέτης Περιβαλλοντολογικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) από την αρμόδια αρχή (60 ημέρες από κατάθεση ΠΠΕ)
- Σε διάστημα εντός 4μηνών από την γνωστοποίηση σε αυτήν της αίτησης γνωμοδοτεί στον Υπουργό Ανάπτυξης
- Ο Υπουργός Ανάπτυξης αποφασίζει για την έκδοση άδειας σε διάστημα 15 ημερών από την γνωμοδότηση της ΡΑΕ

Διάρκεια άδειας παραγωγής : 25 χρόνια με δυνατότητα ανανέωσης για ακόμα 25.

Χρονικό περιθώριο για έκδοση άδειας εγκατάστασης : 2 χρόνια ( +1 υπό προϋποθέσεις)

## **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ ΑΔΕΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Η άδεια εγκατάστασης για τα έργα που κατατάσσονται στην 2η υποκατηγορία της Α' Κατηγορίας και στην 3η ή 4η υποκατηγορία της Β' Κατηγορίας εκδίδεται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας, στα όρια της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός. Σε περίπτωση που δεν καθίσταται δυνατό αρμόδιος για την έκδοση της άδειας θα είναι ο Υπουργός Ανάπτυξης.

Για τα έργα που κατατάσσονται στην 1η υποκατηγορία της Α' Κατηγορίας καθώς και για έργα σε προστατευμένες περιοχές ή άδεια εκδίδεται με κοινή απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης και του κατά περίπτωση αρμόδιου Υπουργού.

- Η άδεια εγκατάστασης ισχύει για δύο (2) έτη και μπορεί να παρατείνεται για ακόμα (2) σε ειδικές περιπτώσεις

## **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ ΑΔΕΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Αρμόδια αρχή για την έκδοση της άδειας λειτουργίας είναι αυτή που έκδωσε την άδεια εγκατάστασης. Εκδίδεται μετά από δοκιμαστικές διαδικασίες ελέγχων των ποιοτικών χαρακτηριστικών της εγκατάστασης και της παραγόμενης ενέργειας.

- Ισχύει για είκοσι (20) έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

## ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

### 5.1 Παράγοντες που συντελούν στην ανάπτυξη των Φ/Β στην Ελλάδα

Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων. Οι λόγοι για την προώθηση της Φ/Β τεχνολογίας, της έρευνας και των εφαρμογών στην Ελλάδα συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Αξιοποίηση μιας εγχώριας και ανανεώσιμης πηγής ενέργειας που είναι σε αφθονία, με συμβολή στην ασφάλεια παροχής ενέργειας.
- Υποστήριξη του τουριστικού τομέα για ανάπτυξη φιλική προς το περιβάλλον και οικολογικό τουρισμό, ιδιαίτερα στα νησιά. Η ενεργειακή εξάρτηση των νησιωτικών σταθμών παραγωγής ενέργειας από το πετρέλαιο και το τεράστιο κόστος μεταφοράς της, έχουν άμεσο αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής των κατοίκων, στην τουριστική ανάπτυξη και στο κόστος παραγωγής ενέργειας, το οποίο τελικώς χρεώνεται η ΔΕΗ.
- Ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου τις ώρες των μεσημβρινών αιχμών, όπου τα Φ/Β παράγουν το μεγάλο μέρος ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο που παρατηρείται έλλειψη ή πολύ υψηλό κόστος ενέργειας.
- Μείωση των απωλειών του δικτύου, με την παραγωγή ενέργειας στον τόπο της κατανάλωσης, ελάφρυνση των γραμμών και χρονική μετάθεση των επενδύσεων στο δίκτυο.
- Περιορισμός του ρυθμού ανάπτυξης νέων κεντρικών σταθμών ισχύος συμβατικής τεχνολογίας. Συμβολή στη μείωση των διακοπών ηλεκτροδότησης λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου ΔΕΗ.
- Σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο και κάθε μορφής εισαγόμενη ενέργεια και εξασφάλιση της παροχής ενέργειας μέσω αποκεντρωμένης παραγωγής.
- Κοινωνική προσφορά του παραγωγού / καταναλωτή και συμβολή στην αειφόρο ανάπτυξη, την ποιότητα ζωής και προστασία του περιβάλλοντος στα αστικά κέντρα και στην περιφέρεια.
- Ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων με σημαντική συμβολή σε αναπτυξιακούς και κοινωνικούς στόχους.
- Ανάπτυξη της Ελληνικής Βιομηχανίας Φ/Β Συστημάτων με άριστες προοπτικές για πλήρη κάλυψη της Ελληνικής αγοράς και εξαγωγικές δραστηριότητες. Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και ανάπτυξη Ελληνικής τεχνογνωσίας. Εκτίμηση 2004: 2 βιομηχανίες για κατασκευή Φ/Β, 3 ΜΜΕ για ανάπτυξη ηλεκτρονικών ισχύος και 3 μονάδες παραγωγής μπαταριών για Φ/Β εφαρμογές.
- Προώθηση των στόχων της ΕΕ και του Kyoto σχετικά με τη μείωση των αερίων ρύπων και τη διεύθυνση των ΑΠΕ στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή, σε ποσοστό 20% έως το 2010.

## **5.2 Μελέτη αγοράς στην Ευρώπη και στην Ελλάδα για την ανεύρεση της ιδανικότερης προσφοράς από τεχνική αλλά και οικονομική άποψη**

### **- Εξειδικευμένη οικονομική μελέτη**

- Χρηματοδότηση (ίδια συμμετοχή, επιδότηση, δάνειο)
- Υπολογισμός και ανάλυση του κόστους της αρχικής επένδυσης
- Υπολογισμός και ανάλυση της απόδοσης για 1-3-5-10-20 χρόνια
- Υπολογισμός και ανάλυση λειτουργικών δαπανών (συντήρηση, ασφάλιση, φύλαξη, λογιστήριο, αποπληρωμή δανείου κλπ..)
- Αναζήτηση μεγιστοποίησης του κέρδους και παράλληλα ελαχιστοποίηση των δαπανών.
- Απόδοση επενδύσεως
- Πράσινα Πιστοποιητικά (στα πλαίσια των συμφωνιών του Κιότο)

### **- Τεχνική μελέτη**

- Κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής της επένδυσης (ώρες ηλιοφάνειας...)
- Τεχνικά στοιχεία φωτοβολταϊκών, μετατροπών (εγγυήσεις αποδόσεων)
- Ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου και απόδοση σε KW/h ανά μέρα, ανά έτος και ανά τετραγωνικό μέτρο
- Υπολογισμός της απαραίτητης έκτασης προς εγκατάσταση του συστήματος
- Εξοπλισμός με tracker system (αύξηση της απόδοσης από 28%-40%)

### **- Νομικό πλαίσιο σε θέματα ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα για Φ/Β συστήματα**

### **- Παροχή πρόσθετων συμβουλών (παράδειγμα: αναγκαιότητα ασφάλισης)**

### **- Διαδικαστικά θέματα: Υποβολή και διαχείριση του φακέλου στους αρμόδιους φορείς, παρακολούθηση και ενημέρωση του πελάτη**

### 5.3 Φωτοβολταϊκός σταθμός <=100 kWp

Σύμφωνα με το νόμο 3468/06, η τιμολόγηση της παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα είναι η εξής:

Μέγεθος σταθμού	Διασυνδεδεμένο σύστημα	Μη διασυνδεδεμένα νησιά
<=100 kWp	0,45 €/kWh	0,50 €/kWh
>100 kWp	0,4 €/kWh	0,45 €/kWh

### 5.4 Προϋποθέσεις του χώρου εγκατάστασης

- Για μια εγκατάσταση 100 kWp απαιτούνται 1,5-2 στρέμματα γης περίπου ή 1000τ.μ. κεκλιμένης οροφής (π.χ. βιομηχανικού κτιρίου) με νότιο προσανατολισμό.
- Ο χώρος εγκατάστασης πρέπει να είναι ασκίαστος καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.
- Σε κάθε περίπτωση συνίσταται να **αποφεύγεται** η χωροθέτηση σε:
  - Περιοχές Natura, Ramsar, αισθητικά δάση ή ακόμα και περιοχές χαρακτηρισμένες ως δάση -προς αποφυγή της ανάγκης έκδοσης έγκρισης δασικής επέμβασης-, χαρακτηρισμένους παραδοσιακούς οικισμούς κλπ.
  - Σε αρχαιολογικού ενδιαφέροντος περιοχές.
  - Κοντά σε στρατιωτικές περιοχές.
  - Μακριά από το δίκτυο (χαμηλή τάση για μέχρι 100 kWp) δεδομένου ότι η διασύνδεση μπορεί να καταστεί μια χρονοβόρα, δαπανηρή και με απρόβλεπτες δυσκολίες διαδικασία.
  - Αγροτική γη χαρακτηρισμένη ως «υψηλής παραγωγικότητας»
  - Περιοχές ιδιαίτερα τουριστικές.

Ως πρώτο βήμα, πριν την έναρξη των μελετών, προτείνεται μια άτυπη επίσκεψη στην τοπική Πολεοδομία ή σε άλλο σχετική διεύθυνση της τοπικής αυτοδιοίκησης (π.χ. Διεύθυνση Περιβάλλοντος Νομαρχίας) για να ελεγχθεί αν ο χώρος εγκατάστασης βρίσκεται σε κάποια από τις παραπάνω περιοχές.

## 5.5 Κόστος φωτοβολταϊκού σταθμού

Ενδεικτικά, το κόστος ενός φωτοβολταϊκού σταθμού είναι 6.000€ + ΦΠΑ/ kWp και περιλαμβάνει ό,τι απαιτείται, δηλαδή:

- Βασικό εξοπλισμό (Φ/Β γεννήτριες, αντιστροφείς, βάσεις, καλώδια κλπ.)
- Μεταφορικά,
- Διαμόρφωση χώρου, περίφραξη κλπ.
- Κόστος σύνδεσης (σε μια απόσταση από το δίκτυο της τάξεως των 50-100m).
- Απαιτούμενες μελέτες

Επομένως, για κάποιους πρώτους υπολογισμούς, ως ενδεικτικό κόστος κατασκευής σταθμού ισχύος 100kWp, θεωρούμε περίπου **600.000€ +ΦΠΑ**.

## 5.6 Απόδοση

Η μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι για την Ελλάδα 1300kWh/kWp, +/- 10% ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.

Επομένως η ετήσια παραγωγή ενέργειας θα είναι:

$$100 \text{ kWp} * 1350 \text{ kWh/kWp} = 135.000 \text{ kWh}$$

Με τιμή πώλησης 0,45€/kWh για το διασυνδεδεμένο δίκτυο (0,50€/kWh για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά), τα έσοδα που προκύπτουν ανά έτος είναι:

**60.750€ (67.500€) + ΦΠΑ, προ φόρων και αποσβέσεων.**

## 5.7 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ο βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού (Φ/Β) επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, οι βασικότεροι από αυτούς είναι οι ακόλουθοι:

- i. **Γήρανση**  
Η απόδοση ενός Φ/Β στοιχείου μειώνεται σταδιακά με το πέρασμα του χρόνου, λόγω της αλλοίωσης των υλικών κατασκευής του. Παρόλα αυτά οι πλείστοι κατασκευαστές προσφέρουν εγγυήσεις που καθορίζουν το μέγιστο ποσοστό μείωσης της απόδοσης των Φ/Β πλαισίων τους, μετά από 20 ή 25 χρόνια λειτουργίας.
- ii. **Σκίαση των πλαισίων**  
Η σκίαση επηρεάζει σημαντικά την απόδοση των Φ/Β πλαισίων, γι' αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του χώρου εγκατάστασης τους και στον τρόπο τοποθέτησης τους, έτσι ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε σκίαση, κυρίως κατά τις ώρες 9.00 π.μ. με 3.00 μ.μ. Ανεπιθύμητη σκίαση μπορούμε να έχουμε από γειτονικά κτίρια, δέντρα, περιτοιχίσματα κ.τ.λ. αλλά και από την μπροστινή σειρά Φ/Β πλαισίων όταν τα πλαίσια τοποθετηθούν σε οριζόντιο επίπεδο σε παράλληλες σειρές.
- iii. **Αύξηση της θερμοκρασίας**  
Η αύξηση της θερμοκρασίας των Φ/Β πλαισίων αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα μείωσης της απόδοσης του συστήματος. Η μείωση αυτή καθορίζεται από τον συντελεστή θερμοκρασίας των Φ/Β πλαισίων που αναφέρεται στις τεχνικές προδιαγραφές του κάθε κατασκευαστή. Στα περισσότερα πλαίσια η απόδοση τους μειώνεται γύρω στα 0.4-0.45%, από την κανονική τιμή, για κάθε 1°C αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από τους 25 °C.
- iv. **Ρύπανση της επιφάνειας των πλαισίων**  
Η επικάλυψη σκόνης, φύλλων, απορριμμάτων πουλιών και άλλων ακαθαρσιών στην επιφάνεια ενός Φ/Β πλαισίου προκαλεί ορισμένη μείωση στην απόδοση του γιαυτό χρειάζεται ένας περιοδικός καθαρισμός των επιφανειών των πλαισίων.



## 5.8 Υπολογισμός απόδοσης φωτοβολταϊκών συστημάτων για κινητό και σταθερό σύστημα στήριξης

### -ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τοποθεσία εγκατάστασης:	<b>ΣΕΡΡΕΣ (Ν.Σερρών)</b>
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πάνελ :	<b>100 kW (κιλοβάτ)</b>
Σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών:	<b>Σταθερό</b>
Οι συνολικές απώλειες(ανακλάσεων, θερμοκρασίας, πτώση τάσης κλπ) που λαμβάνονται υπ' όψιν για τον υπολογισμό είναι:	<b>24.4%</b>
Η μέση ετήσια αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι:	<b>115.140,00kWh (κιλοβατώρες)</b>

### -ΜΕ ΚΙΝΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τοποθεσία εγκατάστασης:	<b>ΣΕΡΡΕΣ (Ν.Σερρών)</b>
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πάνελ :	<b>100 kW (κιλοβάτ)</b>
Σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών:	<b>Κινητό</b>
Οι συνολικές απώλειες(ανακλάσεων, θερμοκρασίας, πτώση τάσης κλπ) που λαμβάνονται υπ' όψιν για τον υπολογισμό είναι:	<b>24.4%</b>
Η μέση ετήσια αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι:	<b>146.120,00 kWh (κιλοβατώρες)</b>

## 5.9 Υπολογισμός εσόδων από διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα για κινητό και σταθερό σύστημα στήριξης

### -ΜΕ ΚΙΝΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τοποθεσία εγκατάστασης:	<b>ΣΕΡΡΕΣ</b>
Η περιοχή ανήκει στο	<b>Διασυνδεδεμένο σύστημα</b>
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πάνελ:	<b>100 kWp</b>
Σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών:	<b>Κινητό</b>
Έναρξη λειτουργίας πριν από :	<b>Φεβρουάριος 2010</b>
Αρχική τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας :	<b>0.450 €/kWh</b>
Μέση ετήσια μείωση απόδοσης φωτοβολταϊκών στοιχείων:	<b>0.85 %</b>
Μέση τιμή Δείκτη Τιμών Καταναλωτή 20 ετίας:	<b>1.90 %</b>
Συνολικές απώλειες (θερμοκρασία, πτώσεις τάσης καλωδίων, ανακλάσεις κλπ)	<b>24.4%</b>

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η μέση ετήσια αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του 1ου έτους θα είναι:	<b>146.120,00kWh (κιλοβατώρες)</b>
Έσοδα 1ου έτους	<b>65.754,00 €</b>
Έσοδα 2ου έτους	<b>65.504,77 €</b>
Έσοδα 3ου έτους	<b>65.256,48 €</b>
Έσοδα 4ου έτους	<b>65.009,13 €</b>
Έσοδα 5ου έτους	<b>64.762,72 €</b>

<b>Έσοδα 6ου έτους</b>	<b>64.517,25 €</b>
<b>Έσοδα 7ου έτους</b>	<b>64.272,70 €</b>
<b>Έσοδα 8ου έτους</b>	<b>64.029,09 €</b>
<b>Έσοδα 9ου έτους</b>	<b>63.786,39 €</b>
<b>Έσοδα 10ου έτους</b>	<b>63.544,62 €</b>
<b>Έσοδα 11ου έτους</b>	<b>63.303,76 €</b>
<b>Έσοδα 12ου έτους</b>	<b>63.063,82 €</b>
<b>Έσοδα 13ου έτους</b>	<b>62.824,78 €</b>
<b>Έσοδα 14ου έτους</b>	<b>62.586,65 €</b>
<b>Έσοδα 15ου έτους</b>	<b>62.349,42€</b>
<b>Έσοδα 16ου έτους</b>	<b>62.113,10 €</b>
<b>Έσοδα 17ου έτους</b>	<b>61.877,66 €</b>
<b>Έσοδα 18ου έτους</b>	<b>61.643,12 €</b>
<b>Έσοδα 19ου έτους</b>	<b>61.409,47 €</b>
<b>Έσοδα 20ου έτους</b>	<b>61.176,71 €</b>
<b>Συνολικά έσοδα 20 ετίας</b>	<b>1.268.785,66 €</b>

-ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τοποθεσία εγκατάστασης:	<b>ΣΕΡΡΕΣ</b>
Η περιοχή ανήκει στο:	<b>Διασυνδεδεμένο σύστημα</b>
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πάνελ:	<b>100 kWp</b>
Σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών:	<b>Σταθερό</b>
Έναρξη λειτουργίας πριν από :	<b>Φεβρουάριος 2010</b>
Αρχική τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας :	<b>0.450 €/kWh</b>
Μέση ετήσια μείωση απόδοσης φωτοβολταϊκών στοιχείων:	<b>0.85 %</b>
Μέση τιμή Δείκτη Τιμών Καταναλωτή 20 ετίας:	<b>1.90 %</b>
Συνολικές απώλειες (θερμοκρασία, πτώσεις τάσης καλωδίων, ανακλάσεις κλπ)	<b>24.4%</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

Η μέση ετήσια αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του <b>1ου</b> έτους θα είναι:	<b>115.140,00kWh</b>
<b>Έσοδα 1ου έτους</b>	<b>51.813,00 €</b>
<b>Έσοδα 2ου έτους</b>	<b>51.616,61 €</b>
<b>Έσοδα 3ου έτους</b>	<b>51.420,96 €</b>
<b>Έσοδα 4ου έτους</b>	<b>51.226,06 €</b>
<b>Έσοδα 5ου έτους</b>	<b>51.031,89 €</b>
<b>Έσοδα 6ου έτους</b>	<b>50.838,46 €</b>
<b>Έσοδα 7ου έτους</b>	<b>50.645,77 €</b>
<b>Έσοδα 8ου έτους</b>	<b>50.453,80 €</b>

<b>Έσοδα 9ου έτους</b>	<b>50.262,56 €</b>
<b>Έσοδα 10ου έτους</b>	<b>50.072,05 €</b>
<b>Έσοδα 11ου έτους</b>	<b>49.882,25 €</b>
<b>Έσοδα 12ου έτους</b>	<b>49.693,18 €</b>
<b>Έσοδα 13ου έτους</b>	<b>49.504,83 €</b>
<b>Έσοδα 14ου έτους</b>	<b>49.317,18 €</b>
<b>Έσοδα 15ου έτους</b>	<b>49.130,25 €</b>
<b>Έσοδα 16ου έτους</b>	<b>48.944,03 €</b>
<b>Έσοδα 17ου έτους</b>	<b>48.758,52 €</b>
<b>Έσοδα 18ου έτους</b>	<b>48.573,70 €</b>
<b>Έσοδα 19ου έτους</b>	<b>48.389,59 €</b>
<b>Έσοδα 20ου έτους</b>	<b>48.206,18 €</b>
<b>Συνολικά έσοδα 20 ετίας</b>	<b>999.780,87 €</b>

## **5.10 Συντήρηση**

Τα περισσότερα ΦΒ συστήματα δεν έχουν κινούμενα μέρη και συνεπώς χρειάζονται μηδαμινή συντήρηση. Ένας περιοδικός καθαρισμός των επιφανειών των πλαισίων και ένας έλεγχος των καλωδίων και των άλλων ηλεκτρικών μερών του συστήματος είναι αρκετά για να τα διατηρηθεί το σύστημα σε λειτουργική και αποδοτική κατάσταση για πολλά χρόνια.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://www.nationmaster.com>

[www.rae.gr](http://www.rae.gr)

[www.selasenergy.gr](http://www.selasenergy.gr)

[www.prosolar.gr](http://www.prosolar.gr)

[www.cres.gr](http://www.cres.gr)

[www.npt.gr](http://www.npt.gr)

[www.elvityl.gr](http://www.elvityl.gr)

[www.erymanthos.gr](http://www.erymanthos.gr)

<http://www.elyros.com/greek/ape.asp>