

#1/y  
503  
A4T

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ) ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ

ΜΠΑΚΟΠΑΝΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## Πίνακας περιεχομένων

1.Περίληψη .....	3
2.Σκοπος Εργασίας.....	4
3. Εισαγωγή.....	5
3.1 Γενικά για τις ΑΠΕ .....	5
3.2 Ενεργειακός σχεδιασμός οικισμών με ενσωμάτωση ΑΠΕ.....	8
3.3 Τεχνολογίες ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται σε κατοικίες .....	8
4. Φωτοβολταικά Συστήματα Φ/β (PV) .....	9
4.1 Αρχές λειτουργίας φωτοβολταικών συστημάτων.....	9
4.2 Κατηγορίες ηλιακών Solar Panel .....	11
4.3 Τύποι φωτοβολταικών συστημάτων .....	13
4.4 Διατάξεις φωτοβολταικών κυττάρων-πλαισίων .....	16
4.5 εγκατάσταση φωτοβολταικών στις στέγες .....	17
4.6 Προσανατολισμός του συλλέκτη.....	21
4.7 Απόδοση φωτοβολταικού πλαισίου .....	21
4.8 Εκτίμηση ισχύος εξόδου .....	22
4.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός Φ/β συστήματος.....	23
5. Ανεμογεννήτριες (α/γ) .....	24
5.1 Γενικά περί ανεμογεννητριών .....	24
5.2 Περιγραφή ανεμογεννήτριας .....	24
5.3 Κυριότερες κατηγορίες ανεμογεννητριών .....	27
5.4 Στοιχεία ανεμογεννητριών του εμπορίου .....	30
5.5 Καταστάσεις λειτουργίας ανεμογεννήτριας .....	33
5.6 Είδος χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής γεννήτριας σε (α/γ).....	35
5.7 Τύπος των πτερυγίων .....	38
5.8 Εγκατάσταση α/γ σε σπίτια .....	38
6. Ηλιακοί συλλέκτες .....	42
6.1 Γενικά περί ηλιακών συλλεκτών .....	42
6.2 Γενικές αρχές λειτουργίας – θερμική μετατροπή.....	42
6.3 Συμβατικοί ηλιακοί θερμοσίφωνες .....	47
6.4 Βασικοί τύποι ηλιακών θερμοσιφώνων .....	49
6.5 Λειτουργία ενός ηλιακού συστήματος .....	53
6.6 Ηλιακοί αποστακτήρες.....	56

6.7 Αρχές λειτουργίας ηλιακών αποστακτήρων.....	59
<b>7. Υβριδικά συστήματα φ/β-ηλιακών συλλεκτών (PV-T) .....</b>	<b>63</b>
7.1 Γενική περιγραφή υβριδικών φ/β-θερμικών συστημάτων .....	63
7.2 Αρχές λειτουργίας-σχεδίαση φ/β-θερμικού ηλιακού συστήματος .....	65
7.3 Παράμετροι απόδοσης ενός υβριδικού φ/β-θερμικού ηλιακού συστήματος.....	68
7.4 Η σημασία του ρευστού σε ένα υβριδικό φ/β σύστημα.....	69
7.5 Μοντέλα υβριδικών φ/β-θερμικών συστημάτων .....	70
7.6 Υβριδικά φ/β συστήματα με χρήση διαφορετικών τύπων φ/β πλαισίων .....	72
7.7 Σύγκριση υβριδικών φ/β – θερμικών συστημάτων με απλά φ/β συστήματα.....	74
7.8 Εφαρμογές υβριδικών φ/β – θερμικών συστημάτων για οικιακή χρήση.....	78
<b>8. Βοηθητικός εξοπλισμός οικιακών ΑΠΕ.....</b>	<b>83</b>
8.1 Ηλεκτρονικά ισχύος και ΑΠΕ .....	83
8.2 Ηλεκτρικές μηχανές και ΑΠΕ .....	97
8.3 Συσσωρευτές ενέργειας (μπαταριές) .....	98
8.4 Βάσεις φ/β - ενθυλάκωση .....	105
8.5 Ελεγκτές (ρυθμιστές φόρτισης των μπαταριών) .....	108
<b>9. Γενικές πληροφορίες – Οικονομική εξέταση των ΑΠΕ.....</b>	<b>110</b>
9.1 Διεθνής αγορά φωτοβολταϊκών .....	110
9.2 Τα φ/β συστήματα στην Ελλάδα .....	111
9.3 κίνητρα αναπτυξιακού νομού .....	112
9.4 Ενίσχυση της παραγόμενης κιλοβατώρας.....	112
9.5 Συνοπτική εξέταση φ/β - οικονομικά .....	113
9.6 Συνοπτική εξέταση μικρών ανεμογεννητριών - οικονομικά .....	114
9.7 Συνοπτική εξέταση ηλιακών συστημάτων - οικονομικά .....	115
9.8 Ενδεικτικά έσοδα από ένα φ/β σύστημα .....	116
9.9 Έρευνα αγοράς - τιμές εξοπλισμού .....	118
9.10 Ερωτήσεις & απαντήσεις για τα οικιακά ΑΠΕ .....	127
<b>10. Βιβλιογραφία.....</b>	<b>134</b>

## ABSTRACT

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

# **1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται η παρουσίαση των πιο διαδεδομένων τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) με σκοπό την παράγωγή ηλεκτρικής ισχύος και θερμού νερού σε κατοικίες. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι εξής τεχνολογίες: 1) φ/β συστήματα (PV), 2) ηλιακοί συλλέκτες, 3) ανεμογεννήτριες και 4) υβριδικά συστήματα ηλιακών συλλεκτών – φ/β πλαισίων (PV-T). Γίνεται αναφορά στις βασικές αρχές λειτουργίας αυτών των συστημάτων, τον τρόπο λειτουργίας τους και τις πρακτικές εφαρμογές που βρίσκουν αυτά στις κατοικίες. Επιπλέον γίνεται αναφορά στον συνοδευτικό εξοπλισμό που συμπληρώνει αυτά τα συστήματα όπως επίσης γίνεται και μια εξέταση αυτών των συστημάτων από πλευράς κόστους.

## **ABSTRACT**

In this current paper there are being presented the most widespread technologies that are related with renewable sources of energy with the purpose of producing electrical power and warm water in houses. More specifically the following technologies are presented : 1) PV arrays, 2) solar collectors, 3) wind turbines and 4) hybrid solar collector – solar array systems (PV-T). There is also reference to the basic principles of operation, the way they operate and the practical applications of these systems in houses. Furthermore there is reference to the accompanying equipment that completes these systems as well as an examination of these systems from an economic viewpoint.

## 2. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι σκοποί της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι οι εξής:

- α) Η παρουσίαση των κυριότερων τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται στα σπίτια (φ/β ηλιακοί συλλέκτες κλπ.)
- β) Η μελέτη των βασικών αρχών λειτουργίας αυτών των τεχνολογιών .
- γ) Να δοθούν παραδείγματα εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών στα σπίτια.
- δ) Να γίνει αναφορά στον βοηθητικό εξοπλισμό που χρειάζονται αυτά τα συστήματα για να λειτουργήσουν (ανορθωτές, αντιστροφείς, συσσωρευτές κλπ.)
- ε) Να γίνει μια εξέταση αυτών των συστημάτων όσον αφορά τα οικονομικά τους.

## 3.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 3.1 Γενικά για τις ΑΠΕ

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων (κατοικιών και γραφείων), τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Με την πρόοδο της οικονομίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται ολοένα. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο η βενζίνη και ο άνθρακα, φυσικό αέριο.

Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά η γρήγορα θα εξαντληθούν. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές δημιουργούν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα με αιχμή τους, το γνωστό σε όλους μας, φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1979 και παγιώθηκε την επόμενη δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μία σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η αξιοποίησή τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές.

Έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

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

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν εν αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών εμφανίσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων την τελευταία δεκαετία.

Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού.

Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο μόνος δυνατός τρόπος που διαφαίνεται για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο φιλόδοξο στόχο που έθεσε το 1992 στη συνδιάσκεψη του Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, να περιορίσει δηλαδή, μέχρι το έτος 2000 τους ρύπους του διοξειδίου του άνθρακα στα επίπεδα του 1993, είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Οι μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

- ο ήλιος – ηλιακή ενέργεια, με υποτομείς τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τη φωτοβολταϊκή μετατροπή,
- ο άνεμος – αιολική ενέργεια,
- οι υδατοπτώσεις – υδραυλική ενέργεια, με περιορισμό στα μικρά υδροηλεκτρικά, ισχύος κάτω των 10 MW,
- η γεωθερμία – γεωθερμική ενέργεια: υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας,
- η βιομάζα: θερμική ή χημική ενέργεια με την παραγωγή βιοκαυσίμων, τη χρήση υπολειμμάτων δασικών εκμεταλλεύσεων και την αξιοποίηση βιομηχανικών αγροτικών (φυτικών και ζωικών) και αστικών αποβλήτων,
- οι θάλασσες: ενέργεια κυμάτων, παλιρροϊκή ενέργεια και ενέργεια των ωκεανών από τη διαφορά θερμοκρασίας των νερών στην επιφάνεια και σε μεγάλο βάθος.



## Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους οι οποίοι με το πέρασμα του χρόνου εξαντλούνται...
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος. Έτσι, δίνετε η δυνατότητα να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας τα συστήματα υποδομής ενώ παράλληλα μειώνονται οι απώλειες μεταφοράς ενέργειας.
- Δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών έως αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή), επιτυγχάνοντας πιο ορθολογική χρησιμοποίηση των ενεργειακών πόρων.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο επιπλέον δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ είναι εντάσεως εργασίας, δημιουργώντας πολλές θέσεις εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση υποβαθμισμένων, οικονομικά και κοινωνικά, περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση επενδύσεων που στηρίζονται στη συμβολή των ΑΠΕ (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με γεωθερμική ενέργεια).
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό.

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα οι ΑΠΕ παρουσιάζουν και ορισμένα χαρακτηριστικά που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση και ταχεία ανάπτυξή τους:

- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος ώστε να μεταφερθεί και να αποθηκευθεί.
- Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλη παραγωγή απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.
- Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων παραμένει ακόμη υψηλό.

### 3.2 Ενεργειακός σχεδιασμός οικισμών με ενσωμάτωση ΑΠΕ

Ο ενεργειακός σχεδιασμός οικιστικών συνόλων έχει ως στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης και την αξιοποίηση των τοπικά διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε επίπεδο κτιρίου, οικοδομικού τετραγώνου και οικιστικού συνόλου. Περιλαμβάνει το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων και του περιβάλλοντος χώρου με γνώμονα την εξοικονόμηση ενέργειας και την κάλυψη των θερμικών, ψυκτικών και ηλεκτρικών φορτίων του οικισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελεί σήμερα απαραίτητη προϋπόθεση για την βελτίωση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών συνθηκών ενός τόπου. Με σημαντική συμβολή στην αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος χωρίς επιβάρυνση του περιβάλλοντος, η παράγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είναι πια σε θέση να συμβάλει και με οικονομο-τεχνικά οφέλη για μια αειφόρο ανάπτυξη σε επίπεδο οικιστικών συνόλων (τοπικό επίπεδο), όσο και σε περιφερικό και εθνικό επίπεδο.

### 3.3 Τεχνολογίες ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται σε κατοικίες

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία παρουσιάζονται 4 διαδοσμένες τεχνολογίες ΑΠΕ:

- 1) Φ/Β συστήματα με μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.
- 2) Ηλιακοί συλλέκτες για την μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε θερμική για θέρμανση του νερού.
- 3) Ανεμογεννήτριες με μετατροπή αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική.
- 4) Υβριδικά συστήματα που συνδυάζουν Φ/Β κυψέλες και ηλιακούς συλλέκτες σε ένα πλαίσιο (panel).

## 4. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ $\varphi/\beta$ (PV)

### 4.1 Αρχές λειτουργίας φωτοβολταϊκών συστημάτων

#### Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

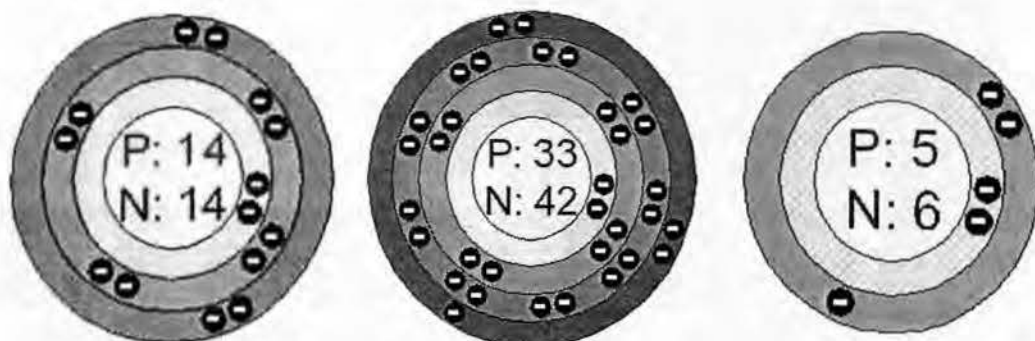
Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των **ημιαγωγών** υλικών σε ατομικό επίπεδο. Ας πάρουμε όμως τα πράγματα από την αρχή. [12]

Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε **ανακλάται**, είτε την **διαπερνά** (διαπερατότητα) είτε **απορροφάται** από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας (σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας) η οποία συνήθως είναι η θερμότητα. [12]

Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων (**πακέτα ενέργειας**) σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί και σε αυτά οφείλεται επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελεστεί στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών. [12]

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. [12]

#### 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. [12]

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. [12]

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. [12]

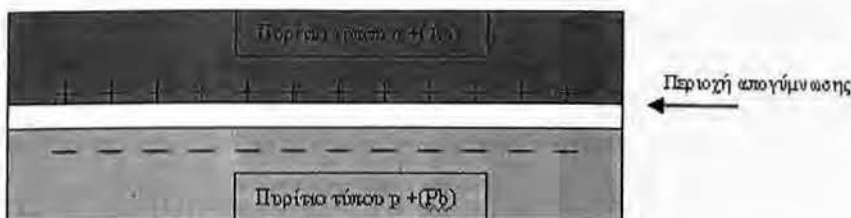
Στην κρυσταλλική του μορφή όμως το πυρίτιο είναι σταθερό. Δεν έχει ανάγκη ούτε να προσθέσει ούτε να διώξει ηλεκτρόνια κάτι που ουσιαστικά του δίνει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πολύ κοντά σε αυτά ενός μονωτή αφού δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό του. [12]

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**) [12]

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)**. [12]

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. [12]

Επαφή 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. [12]

### Επίδραση ακτινοβολίας

Η ηλιακή ακτινοβολία έρχεται με την μορφή πακέτων ενέργειας ή φωτονίων. Τα φωτόνια όταν προσπίπτουν σε μια διάταξη φβ κελιού περνούν αδιατάραχτα 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. [12]

### Φωτοβολταϊκά πάνελ

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά πάνελ είναι το κύριο μέρος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και έχουν την δυνατότητα να παράγουν απ' ευθείας ηλεκτρικό ρεύμα κάτω από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας με την χρήση του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Οι βασικές κατηγορίες φωτοβολταϊκών πλαισίων, solar panels (πάνελ) που υπάρχουν στην αγορά είναι:

## 4.2 Κατηγορίες ηλιακών Solar panel

- Φωτοβολταϊκά Πάνελ σε διασυνδεδεμένα συστήματα
- Φωτοβολταϊκά Πάνελ σε αυτόνομα συστήματα
- Φωτοβολταϊκά Πάνελ σε συστήματα ενσωματωμένα στην δομή κτιρίων

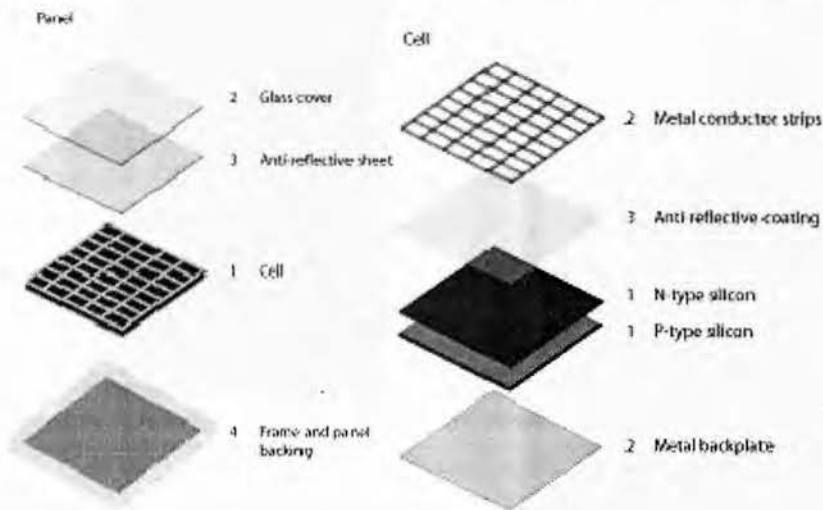
Τα κύρια χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τα πάνελ και θα πρέπει να προσεχτούν κατά την προμήθεια φωτοβολταϊκού εξοπλισμού, είναι:

1.  $P_m = H$  ονομαστική (μέγιστη) ισχύς (σε Watt)
2.  $V_{pm} = H$  τάση που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ (σε Volt)
3.  $I_{pm} = H$  ένταση ρεύματος που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ (σε Ampere)

4.  $V_{oc}$  = Τάση ανοιχτού κυκλώματος (σε Volt)
5.  $I_{sc}$  = Ένταση ρεύματος βραχυκυκλώματος (σε Ampere)
6.  $V_{max}$  = Μέγιστη Τάση συστήματος (σε Volt)
7.  $T_{coe}$  = Συντελεστές επίδρασης θερμοκρασίας  $\alpha_{Pm}$  (%/C),  $\alpha_{Isc}$  (%/C),  $\alpha_{Voc}$  (mV/C)
8. Εγγύηση απόδοσης solar panel
9. Εγγύηση προϊόντος

Τα βασικά μέρη ενός "standard" φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι:

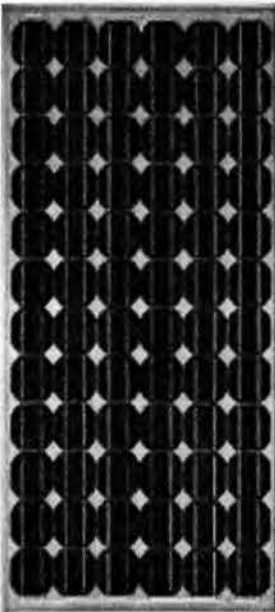
- Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία
- Υλικό EVA για την ενθυλάκωση των στοιχείων
- Το ειδικό γυαλί στο εμπρόσθιο μέρος
- Το ειδικό φύλλο προστασίας στο πίσω μέρος (συνήθως TPT Tedlar)
- Το πλαίσιο αλουμινίου
- Το κουτί σύνδεσης



## 4.3 Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων

### A) Φωτοβολταϊκά συστήματα μεγάλου πάχους

#### 1. Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline silicon, sc-Si)



Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοση τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Το μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέση απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. [12]

## 2. Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Multi Crystalline silicon, mc-Si)



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

Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ). Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC. [12]

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



Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναπτύσσεται από την Evergreen Solar. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών



πυριτίου.

Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. [12]

## B) Φωτοβολταϊκά συστήματα λεπτής στρώσης <<thin film>>

### 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 απόδοση 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 φωτοβολταϊκών 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. [12]

### 2. Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Thin film silicon - a-Si)

Τα φωτοβολταϊκά 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.

Ο χαρακτηρισμός *άμορφο φωτοβολταϊκό* προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκα thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά φ/β, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).

Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκα στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά. [12]

### 3. Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-

8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκα στοιχεία έχει φθάσει το 16%. [12]

#### 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 αλλά έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκα στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκα στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος. [12]

### 4.4 Διατάξεις φωτοβολταϊκών κυττάρων-πλαϊσίων

Το ενδιαφέρον για την ηλιακή ενέργεια εντάθηκε όταν χάρη στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, διαπιστώθηκε η πρακτική δυνατότητα της εύκολης και αποδοτικής μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια, με την κατασκευή Φ/Β γεννητριών. Ανάλογα με τον βαθμό πολυπλοκότητας στην κατασκευή και τη λειτουργία, μπορούμε να κατατάξουμε τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες σε τρεις κυρίως κατηγορίες:

1 Τις απλές διατάξεις, όπου τα ηλιακά κύτταρα είναι τοποθετημένα σε σταθερά επίπεδα πλαίσια και δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία με την φυσική πυκνότητα και διακύμανση στη διάρκεια της ημέρας. [1]

2 Τις διατάξεις με κινητά πλαίσια που περιστρέφονται αυτόματα και παρακολουθούν συνεχώς την πορεία του ήλιου στον ουρανό, ώστε τα ηλιακά κύτταρα να δέχονται κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει ένα ηλιακό κύτταρο μέχρι 50% περίπου, αφού δέχεται πυκνότερη ακτινοβολία, ανά μονάδα εμβαδού της επιφάνειάς του. [1]

3 Τις διατάξεις που με τη χρησιμοποίηση φακών ή κατόπτρων συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία και την στέλνουν πολύ συμπυκνωμένη πάνω στα ηλιακά κύτταρα. Για την αποφυγή θέρμανσης, στις συγκεντρωτικές διατάξεις απαιτείται συνήθως η τεχνητή ψύξη των ηλιακών κυττάρων με κυκλοφορία ψυχρού αέρα ή ψυκτικών. [1]

Οι αλληλοσυνδέσεις των ηλιακών κυττάρων, επάνω στα πλαίσια έχουν τρεις διατάξεις και είναι οι εξής:

1. Σε απλές παράλληλες σειρές (series-parallel, SP),
2. Σε διατάξεις αθροιστικές σταυρωτού δεσμού (total-crossed-tied, TCT), που προκύπτει από την SP διάταξη συνδέοντας τα ηλεκτρικά συστήματα σταυρωτά σε κάθε σειρά του σημείου συνάντησης και
3. Σε διάταξη γεφυρωτής διασύνδεσης (bridge-linked) στην οποία όλα τα κύτταρα αλληλοσυνδέονται με γεφυρωτή διαμόρφωση ανορθωτή (ρεύματος).

#### 4.5 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις στέγες

Η παραγωγή της δυναμικής ηλεκτρικής ενέργειας από την ενσωμάτωση Φ/Β στα κτίρια είναι τεράστια. Αν η απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας από αρκετές χώρες είναι να συμπληρώνεται από τη χρήση Φ/Β, κρίνεται απαραίτητο να ενσωματωθούν τέτοια συστήματα στους φακέλους των οικοδομών. Αρκετές μεγάλες κατασκευές όπως τα πολυκαταστήματα, τα δημόσια



κτίρια και τα περισσότερα σπίτια χρησιμοποιούν ποσότητες κεραμικών προϊόντων στις οροφές τους. Τέτοια εμβαδά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε μια πολύ-λειτουργική διαμόρφωση, κάνοντάς τα χρήσιμα στη συνεισφορά της ενέργειας που χρησιμοποιείται στα κτίρια ή για την εξαγωγή της στα ηλεκτρικό δίκτυο.

Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών στις οικιακές, αλλά και στις εμπορικές οροφές προσφέρουν την μεγαλύτερη δυναμική αγορά για τα Φ/Β ειδικά στις ανεπτυγμένες χώρες.

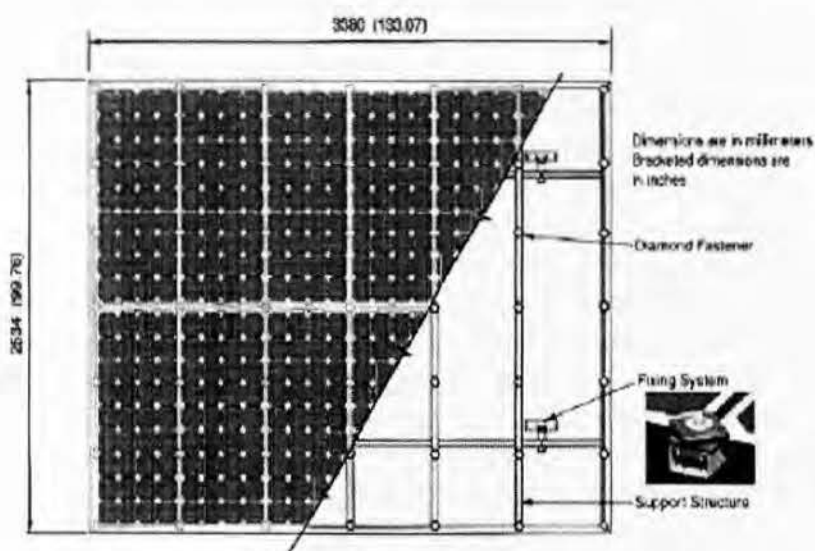
Πολυάριθμα προγράμματα για Φ/Β οροφών επιχειρούν να παρακινήσουν τη γενική αγορά για μεγαλύτερη δεκτικότητα και για μείωση κόστους. Τα τελευταία πέντε χρόνια η παραγωγή ηλιακών κυττάρων έχει αυξηθεί ραγδαία παγκοσμίως ακολουθώντας διεθνή προγράμματα και εφαρμογή ενσωματωμένων Φ/Β συστημάτων σε κτίρια. [1]

##### *Ανταγωνιστικές τεχνολογίες Φ/Β οροφής*

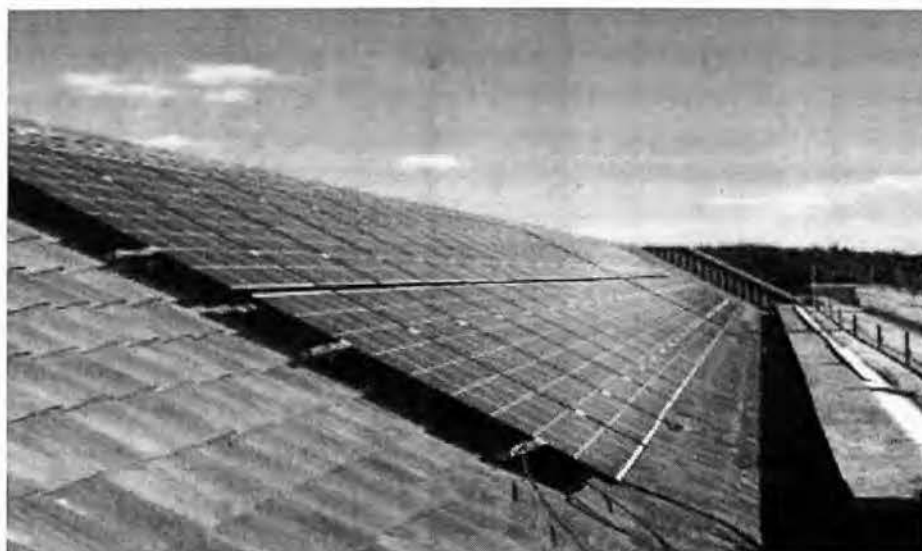
Τα συστήματα φωτοβολταϊκών οροφής βασίζονται σε στάνταρ υπομονάδες που εξελίχθηκαν για να εξασφαλίσουν γρήγορες λύσεις για την υλοποίηση εθνικών κεφαλοποιημένων προγραμμάτων. Αυτές οι λύσεις είναι χωρισμένες σε δύο κατηγορίες που είναι οι εξής :

- 1) Συστήματα φωτοβολταϊκών οροφής εγκατεστημένα σε επικλινείς οροφές :

Για επικλινείς οροφές, υπάρχουν ποικιλόμορφα συστήματα αναχωρητών διαθέσιμα σε αλουμίνιο, που αναπτύχθηκαν για να επιτρέψουν ελασματοποίηση διαφορετικών τύπων για να γαντζωθούν στην οροφή των κτιρίων. Η διάθεση του συστήματος αλουμινίου φτιάχεται απ' ευθείας στη δομή της οροφής είτε λαμβάνοντας την ελασματοποίηση που αντικαθιστά τα κεραμίδια της οροφής είτε χρησιμοποιώντας ένα μεταλλικό σύστημα αγκίστρωσης που φτιάχεται κάτω από τα ήδη υπάρχοντα κεραμίδια. Στην πρώτη περίπτωση, οι μεμβράνες και οι στεγανοποιημένοι δίσκοι χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίσουν φράγματα κατά του καιρού, που δημιουργούν ένα αναπόσπαστο μέρος του συνολικού ενσωματωμένου συστήματος Φ/Β που είναι μέσα στην οροφή. Στην τελευταία περίπτωση οι ελασματοποιήσεις έχουν εγκατασταθεί σαν μια μετασκευή με την τελική κατασκευή να καταλαμβάνει μια επίπεδη επιφάνεια πάνω από τα ήδη υπάρχοντα κεραμίδια. Το πλεονέκτημα αυτών των συστημάτων είναι ότι χρησιμοποιούν βίδες για να φτιάξουν την αλουμινένια κατασκευή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεταβολή της κλίσης, μεταξύ 20-50ο ως προς τον ορίζοντα. [1]



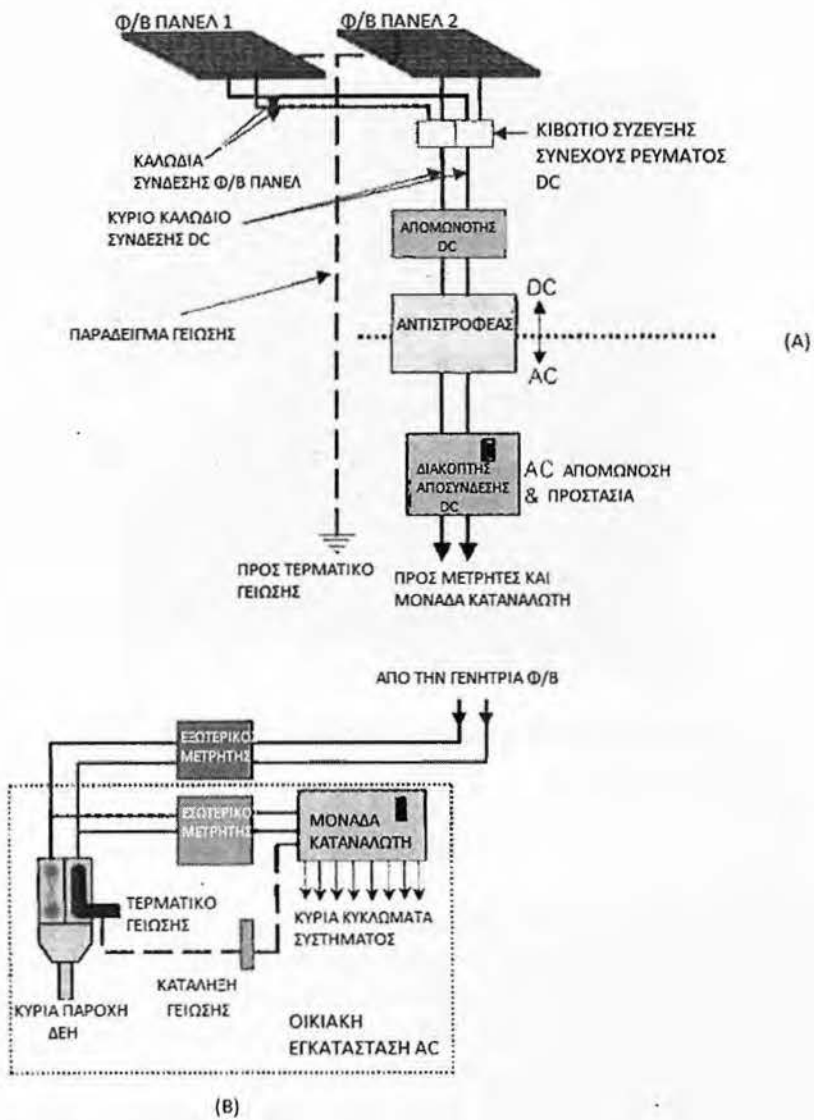
ΕΙΚΟΝΑ Α: Σύστημα Εγκατεστημένο ως μετασκευή αφήνοντας τα ήδη υπάρχοντα κεραμίδια στην θέση τους.



ΕΙΚΟΝΑ Β: Εγκατάσταση Φ/Β πλαισίου βασισμένη στο σύστημα της εικόνας Α που απεικονίζεται φ/β σύστημα.

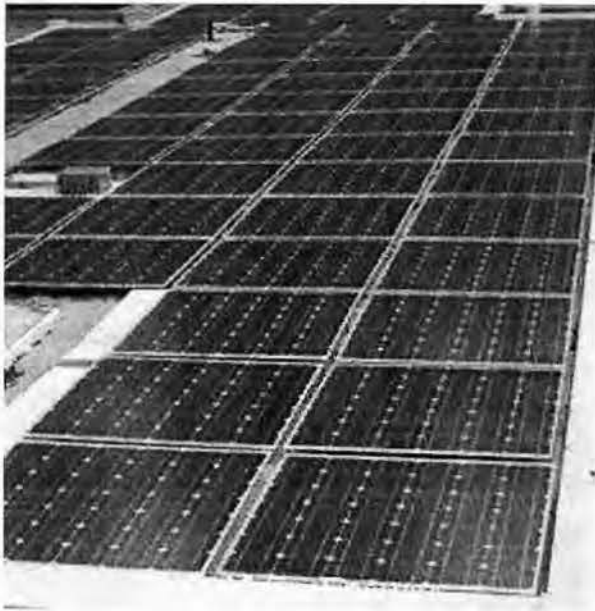
## 2) Συστήματα φωτοβολταϊκών οροφής εγκατεστημένα σε επίπεδες οροφές :

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα Φ/Β και συστήματα με βάση για επίπεδες οροφές. Το άνοιγμα των κλασικών υπομονάδων ή των ιδιοκτησιακές υπομονάδων, είναι σε μέγεθος είτε μεγαλύτερο είτε μικρότερο από την κλασική υπομονάδα. Γενικά, οι υπομονάδες φτιάχνονται σε αλουμινένια κατασκευή η οποία διαδοχικά πρέπει να αγκιστρωθεί στην επίπεδη κατασκευή οροφής. Ένα καινοτομικό παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος αναπτύχθηκε για ανάγλυφες βάσεις σε επίπεδες οροφές σε σταθερά τσιμεντένια οικοδομήματα για να επιτευχθεί η αντίσταση του ισχυρού ανέμου. Τέτοια συστήματα είναι περιορισμένης χρήσης αλλά μπορούν να παρέχουν λύσεις στη χρήση των Φ/Β σε επίπεδες οροφές σε βιομηχανικές μονάδες, σε εργοστάσια, σε νοσοκομεία και πιθανόν σε σχολεία. Το πλεονέκτημα αυτών των συστημάτων οφείλεται στο χαμηλό κόστος της κατασκευής της βάσης και της εύκολης εγκατάστασης. Σε μερικά από τα συστήματα που είναι διαθέσιμα στην αγορά, τα πλαίσια αλουμινίου χρησιμοποιούνται απευθείας στην κατασκευή της οροφής. Μικρότερη διάθεση υπομονάδων φτιάχνονται σε αλουμινένια πλαίσια με σφήνες και κάνουν στεγανά με ελαστικές ασφάλειες. [1]



### Σχεδιαγραμμα συνδεσης ενος οικιακου φ/β συστηματος:

(A) η γεννήτρια παραγωγής Φ/Β, (B) σχηματικό διάγραμμα οικιακής σύνδεσης και των διπλών μετρητών για χώρες όπως η Ελλάδα.



ΕΙΚΟΝΑ Γ: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών υπομονάδων σε επίπεδη οροφή.

#### 4.6 Προσανατολισμός του συλλέκτη

Για έναν παρατηρητή στη γη ο ήλιος εκτελεί δύο κινήσεις, την ημερήσια, από την ανατολή προς τη δύση και την εποχιακή, κατά την οποία μεταβάλλει καθημερινά το μεσημβρινό του ύψος. Ο συλλέκτης για να έχει όλη τη μέρα τη μέγιστη απόδοση, θα πρέπει να δέχεται συνεχώς τη μέγιστη ακτινοβολία, δηλαδή οι ηλιακές ακτίνες θα πρέπει να πέφτουν πάντα κάθετα στην επιφάνειά του. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ηλιακές ακτίνες τότε έχουν την μεγαλύτερη πυκνότητα στην μονάδα επιφάνειας και δεν ανακλώνται στην γυάλινη επικάλυψη του συλλέκτη. Για να επιτευχθεί όμως αυτό στην πράξη θα πρέπει ο συλλέκτης να παρακολουθεί συνεχώς την κίνηση του ήλιου και επομένως να στρέφεται σε δύο άξονες αφ' ενός για να παρακολουθεί την ημερήσια τροχιά του ηλίου από την ανατολή προς τη δύση και αφετέρου να μεταβάλλει την γωνία του ως προς το οριζόντιο επίπεδο για να παρακολουθεί την μεταβολή του ύψους του ήλιου προς τον ορίζοντα. Αυτό για πρακτικούς λόγους δεν είναι εύκολο. Μπορούμε όμως να δώσουμε στον συλλέκτη σταθερό προσανατολισμό, φροντίζοντας να είναι ο προσφορότερος. Για το βόρειο ημισφαίριο τοποθετείται ο συλλέκτης με τη επιφάνεια του στραμμένη ακριβώς προς το Νότο, οπότε την μεσημβρία θα δέχεται κάθετα τις ηλιακές ακτίνες, εφ' όσον και η κλίση του προς το οριζόντιο επίπεδο είναι καταλλήλως για το εποχιακό ύψος του ήλιου δηλαδή  $90^\circ - h$ . [1]

#### 4.7 Απόδοση φωτοβολταϊκού πλαισίου

Το κάθε Φ/Β πλαίσιο παρουσιάζει τα δικά του χαρακτηριστικά (απόδοση, τάση, ισχύ κτλ.) που προφανώς διαμορφώνονται από τα αντίστοιχα μεγέθη των χωριστών ηλιακών κυττάρων που περιέχει. Επομένως, ο συντελεστής απόδοσης του Φ/Β

πλαίσιου εκφράζει το λόγο της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το Φ/Β πλαίσιο (Pπ), προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνεια του S. Προφανώς την ίδια τιμή θα έχει και ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ενέργειας E που παράγει το Φ/Β πλαίσιο επί ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, προς την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται επί το ίδιο χρονικό διάστημα. [1]  
Δηλαδή:

$$\eta\pi = P\pi(W) / H(W/m^2)*S(m^2) = E(kWh) / \Pi(kWh/m^2)*S(m^2)$$

όπου Π είναι η πυκνότητα της ηλιακής ενέργειας που πέφτει στην επιφάνεια του Φ/Β πλαισίου. Η τιμή του ηπ είναι φανερό ότι εξαρτάται μόνο από τη μέση απόδοση των ηλιακών κυττάρων (η), αλλά και από τον συντελεστή κάλυψης του πλαισίου (σκ), που ορίζεται ως ο λόγος της συνολικής ενεργού επιφάνειας των ηλιακών κυττάρων, δηλαδή της επιφάνειας του ημιαγωγού όπου γίνεται η απορρόφηση και μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, προς τη συνολική επιφάνεια του Φ/Β πλαισίου. Ισχύει η σχέση:

$$\eta\pi = \eta * \sigma\kappa$$

όπου η τιμή του σκ εξαρτάται κυρίως από το σχήμα και την πυκνότητα της τοποθέτησης των ηλιακών κυττάρων πάνω από το Φ/Β πλαίσιο. Συνήθως κυμαίνεται από περίπου 0,78, για κυκλικά κύτταρα σε παράλληλες στοιχισμένες σειρές, και φτάνει μέχρι σχεδόν 1,00 (πρακτικά μέχρι 0.98), για τα μεγαλύτερου κόστους τετραγωνικά ή εξαγωνικά ηλιακά κύτταρα

Πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, λοιπόν, είναι ο βαθμός απόδοσης. Ο βαθμός απόδοσης εξαρτάται άμεσα από την εκτιθέμενη επιφάνεια στην ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι, είναι λογικό, όσο αυξάνεται η επιφάνεια του φωτοβολταϊκού, τόσο να αυξάνεται και ο βαθμός απόδοσής του, αφού περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία θα προσπέσει σε αυτό. Γι' αυτό, κατά την αγορά ενός φωτοβολταϊκού συστήματος θα πρέπει πάντα να ελέγχουμε τον βαθμό απόδοσης σε σχέση με την επιφάνεια. [1]

## 4.8 Εκτίμηση ισχύος εξόδου

Η απόδοση των Φ/Β υπομονάδων και οι συστοιχίες εκτιμώνται γενικά σύμφωνα με τη μέγιστη έξοδο συνεχούς ισχύος τους (σε Watt) κάτω από πρότυπες καταστάσεις δοκιμής (Standard Test Conditions STC). Οι πρότυπες καταστάσεις δοκιμής καθορίζονται από μια υπομονάδα (κύτταρο) που λειτουργεί σε θερμοκρασία των 25°C (77 F), και συναφές ακτινοβολούμενο ηλιακό επίπεδο 1000 W/m<sup>2</sup> και υπό μάζα αέρα 1,5 φασματικής διανομής.

Δεδομένου ότι αυτές οι συνθήκες είναι όχι πάντα χαρακτηριστικές για το πώς οι Φ/Β υπομονάδες και οι διατάξεις λειτουργούν στο πεδίο, η πραγματική απόδοση εκτιμάται ότι είναι συνήθως 85 έως 90 τοις εκατό της πρότυπης δοκιμαστικής κατάστασης (STC). Οι σημερινές φωτοβολταϊκές υπομονάδες είναι εξαιρετικά ασφαλείς και αξιόπιστα προϊόντα, με ελάχιστα ποσοστά αποτυχίας και με προβαλλόμενη διάρκεια ζωής 20 έως 30 έτη. Οι περισσότεροι σημαντικοί κατασκευαστές προσφέρουν τις



εγγυήσεις των είκοσι ή περισσότερων ετών για τη διατήρηση ενός υψηλού ποσοστού ονομαστικής ισχύς εξόδου της συσκευής (U.S. Department of Energy).

Η εκτίμηση και η αποτίμηση της απόδοσης των Φ/Β κυττάρων ουσιαστικά απαιτεί τη μέτρηση του ρεύματος ως λειτουργία της ηλεκτρικής τάσης, της θερμοκρασίας, της έντασης, της ταχύτητας του ανέμου και της ακτινοβολία του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Οι περισσότερο αξιοσημείωτες παράμετροι είναι η απόδοση  $\eta$  της Φ/Β μετατροπής, που ορίστηκε ως η μέγιστη ηλεκτρική ισχύ  $P_{max}$  που παράγεται από τα Φ/Β κύτταρα που χωρίζονται από την επικείμενη ενέργεια φωτονίων  $P_{in}$ , που μετριέται σε σχέση με τις πρότυπες καταστάσεις δοκιμής (STC).

Οι πρότυπες καταστάσεις δοκιμής (STC) συνδυάζουν την ακτινοβολία μιας θερινής ημέρας, την θερμοκρασία κυττάρου/ υπομονάδας μιας χειμερινής ημέρας και το ηλιακό ηλεκτρομαγνητικό φάσμα μιας ανοιξιάτικης μέρας. Αυτές οι καταστάσεις μέτρησης προφανώς δεν αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές καταστάσεις λειτουργίας των Φ/Β συσκευών στην περιοχή της εγκατάστασης. Για το βέλτιστο σχέδιο των Φ/Β συστημάτων, είναι επιθυμητό να μετρηθούν οι μακροπρόθεσμες αποδόσεις τους στην περιοχή της εγκατάστασης. [1]

#### 4.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός Φ/Β συστήματος

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν διάφορες αξίες και μοναδικά πλεονεκτήματα πέρα από τις συμβατικές τεχνολογίες ισχύος. Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν για ποικίλες εφαρμογές και λειτουργικές απαιτήσεις, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για τη συγκέντρωση ή τη διανομή της παραγόμενης ισχύος. Τα Φ/Β συστήματα δεν έχουν κανένα κινούμενο μέρος, είναι μορφωτικά, εύκολα εκτάσιμα και ακόμα ικανά να μεταφέρονται σε μερικές περιπτώσεις. Η ενεργειακή ανεξαρτησία τους και η περιβαλλοντική συμβατότητα τους είναι δύο ελκυστικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των Φ/Β συστημάτων. Το καύσιμο (φως του ήλιου) είναι δωρεάν, και κατά την διάρκεια της λειτουργίας του Φ/Β συστήματος κανένας θόρυβος ή ρύπανση δεν δημιουργείται. Γενικά, τα Φ/Β συστήματα που σχεδιάζονται σωστά και εγκαθίστανται κατάλληλα απαιτούν την ελάχιστη συντήρηση και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Αυτή τη στιγμή, το υψηλό κόστος των Φ/Β πλαισίων και ο εξοπλισμός (σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας) είναι ο αρχικός περιοριστικός παράγοντας για αυτή τη τεχνολογία. Συνεπώς, η οικονομική αξία των Φ/Β συστημάτων γίνεται αντιληπτή μετά από πολλά χρόνια. Σε μερικές περιπτώσεις, οι απαιτήσεις επιφάνειας για τις διατάξεις των Φ/Β μπορούν να είναι ένας περιοριστικός παράγοντας. Λόγο της διάχυτης φύσης του φωτός του ήλιου και του υπάρχοντος φωτός του ήλιου στην απόδοση μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας των φωτοβολταϊκών συσκευών, οι επιφάνειες που απαιτούνται για την εγκατάσταση Φ/Β διατάξεων είναι στην κατάταξη των 8 έως 12 m<sup>2</sup> (86 έως 129 ft<sup>2</sup>) ανά Kw της μέγιστης εγκατάστασης δυναμικού διάταξης. [1]

## 5. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ (α/γ)

### 5.1 Γενικά περί ανεμογεννητριών

Οι αιολικές μηχανές αποτελούν ανθρώπινες επινοήσεις που έχουν σαν σκοπό την αποτελεσματική αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του άνεμου. Οι αιολικές μηχανές η ανεμόμυλοι όπως ονομάζονταν στο παρελθόν ήταν γνωστοί από τα πρώιμα ιστορικά χρόνια, καθώς οι Κινέζοι, Πέρσες, Ασσυριοι, αλλά και αρχαίοι Έλληνες φέρονται να χρησιμοποιούν αντίστοιχες συσκευές ήδη από την 2<sup>η</sup> π.Χ χιλιετία. [8]

Οι αεροκινητήρες η ανεμογεννήτριες (α/γ) όπως αποκαλούνται από άλλους συγγραφείς, επανήλθαν στο προσκήνιο της ενεργειακής τεχνολογίας στα μέσα της δεκαετίας του εβδομήντα, κυρίως σαν συνέπεια των διαδοχικών ενεργειακών κρίσεων αλλά και της επιδεινούμενης περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

Τα τελευταία χρόνια, η βιομηχανία παραγωγής ανεμογεννητριών έχει γνωρίσει μεγάλη οικονομική άνθηση. Τα αποτελέσματα της άνθησης αυτής είναι να παρουσιάζονται στην αγορά πολλοί τύποι ανεμογεννητριών που διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους και παράλληλα μία ραγδαία αύξηση στα μεγέθη τους. [8]

### 5.2 Περιγραφή Ανεμογεννήτριας

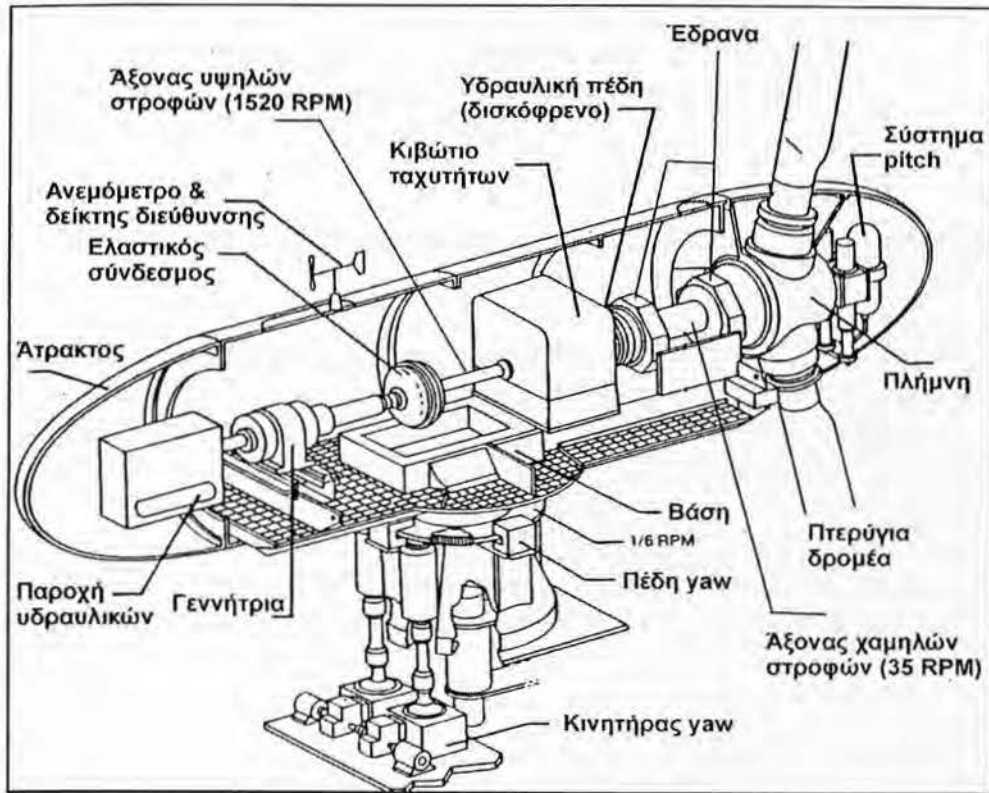
Ανεξάρτητα από τον τύπο της ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιείται σε κάθε εφαρμογή, αυτή αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα :

- Τον πύργο
- Την έλικα με δύο ή τρία πτερύγια
- Το μηχανισμό περιστροφής και προσανατολισμού
- Το μηχανικό φρένο
- Τη γεννήτρια
- Τους αισθητήρες ταχύτητας και τον έλεγχο αυτής

#### 1) Ο πύργος

Ο πύργος της ανεμογεννήτριας στηρίζει την έλικα και την άτρακτο η οποία περιέχει το μηχανικό φρένο, το κιβώτιο ταχυτήτων, τη γεννήτρια και το μηχανισμό περιστροφής. Το ύψος του πύργου κατά το παρελθόν κυμαινόταν στο εύρος των 20-50 μέτρων. Για ανεμογεννήτριες μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, ο πύργος είναι

ελαφρά ψηλότερος από τη διάμετρο της έλικας. Για ανεμογεννήτριες μικρού μεγέθους ο πύργος είναι συνήθως λίγες φορές μεγαλύτερος από τη διάμετρο της έλικας για να αποφεύγεται το φτωχό αιολικό περιεχόμενο σε μικρά ύψη πάνω από το έδαφος. [8]



Οι πύργοι οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις μέρες μας, είναι είτε από σπλισμένο σκυρόδεμα, είτε μεταλλικοί. Η κατασκευή τους είναι συνηθέστερα σωληνωτή και πιο σπάνια δικτυωτή.

Το κύριο μέλημα στην κατασκευή του πύργου, είναι η δυναμική του συμπεριφορά. Οι ταλαντώσεις του και οι περιοδικές καταπονήσεις του που προέρχονται από τις διακυμάνσεις του ανέμου, πρέπει όσο το δυνατό να ελαχιστοποιούνται κατά τη σχεδιάσή του. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να αποφεύγονται συνθήκες συντονισμού. Ζωτικής σημασίας για την επιλογή του πύργου είναι επίσης ο προβλεπόμενος τρόπος μεταφοράς και εγκατάστασής του. [8]

## 2) Έλικα και πτερύγια

Δύο ή τρία πτερύγια χρησιμοποιούνται στους σύγχρονους ανεμοκινητήρες. Η σταθερή μηχανική καταπόνηση που οφείλεται στις φυγόκεντρες δυνάμεις καθώς και αυτή που οφείλεται στις ταλαντώσεις των πτερυγίων, κάνουν το σχεδιασμό των πτερυγίων τον πιο αδύναμο μηχανικό σύνδεσμο του συστήματος.

Η μηχανική καταπόνηση των πτερυγίων σε συνθήκες πολύ υψηλού ανέμου, περιορίζεται σε ανεκτά επίπεδα. Αυτό επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής, η οποία περιορίζεται μέσα στα επιθυμητά όρια. Ο έλεγχος αυτός όχι μόνο προστατεύει τα πτερύγια, αλλά και τη χρησιμοποιούμενη ηλεκτρική γεννήτρια από υπερφόρτιση και υπερθέρμανση.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα πτερύγια, διαφέρουν ανάλογα με το μέγεθος του ανεμοκινητήρα. Για τους μεγάλους ανεμοκινητήρες η κατασκευή των πτερυγίων είναι εφάμιλλη με αυτή των ελίκων των αεροπλάνων, για μεσαίου μεγέθους ανεμοκινητήρες χρησιμοποιούνται υαλονήματα σε πολλαπλές στρώσεις και εναλλαγές κατευθύνσεων, ενώ για μικρού μεγέθους χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά όπως πολυουρεθάνη, ξύλο και υαλόνημα. [8]

### 3) Μηχανισμός περιστροφής και προσανατολισμού (yaw control)

Ο μηχανισμός περιστροφής και προσανατολισμού, συνεχώς στρέφει την έλικα προς την κατεύθυνση του ανέμου. Θεωρητικές μελέτες υπαγορεύουν τον ελεύθερο ρυθμό περιστροφή της έλικας, όσο το δυνατόν περισσότερο. Από την άλλη μεριά όμως, τα στρεφόμενα πτερύγια έχοντας μεγάλες σταθερές αδράνειας παράγουν υψηλές γυροσκοπικές ροπές κατά τη διάρκεια του προσανατολισμού, που συχνά έχουν ως αποτέλεσμα υψηλό θόρυβο. Πολύ γρήγορος προσανατολισμός, μπορεί να προκαλέσει θόρυβο που να υπερβαίνει τα τοπικά αποδεκτά όρια. Συνεπώς, ένας ελεγχόμενος ρυθμός προσανατολισμού συχνά απαιτείται και είναι αυτός που εφαρμόζεται στην πράξη. [8]

### 4) Έλεγχος ταχύτητας

Η ταχύτητα του δρομέα πρέπει να ελέγχεται για τρεις λόγους :

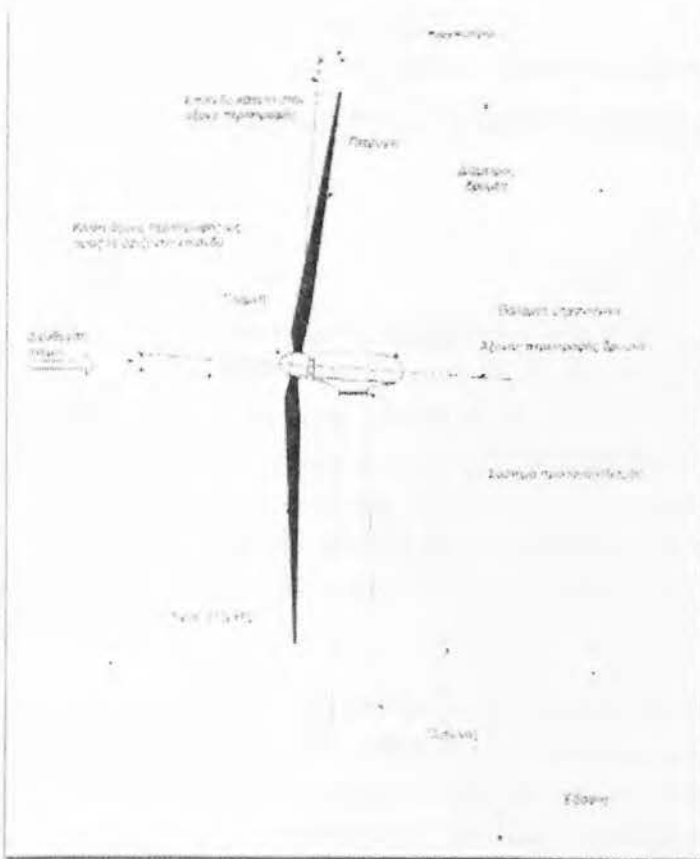
- A)Μέγιστη απόληψη ισχύος από τον άνεμο
- B)Προστασία του δρομέα, της γεννήτριας και των ηλεκτρονικών ισχύος από υπερφόρτιση σε συνθήκες υψηλού ανέμου
- Γ)Προστασία του δρομέα από υπερταχύτητα κατά τη διάρκεια αποσύνδεσης ή άλλου φαινομένου

Μπορούν να διακριθούν οι εξής περιοχές για τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου :

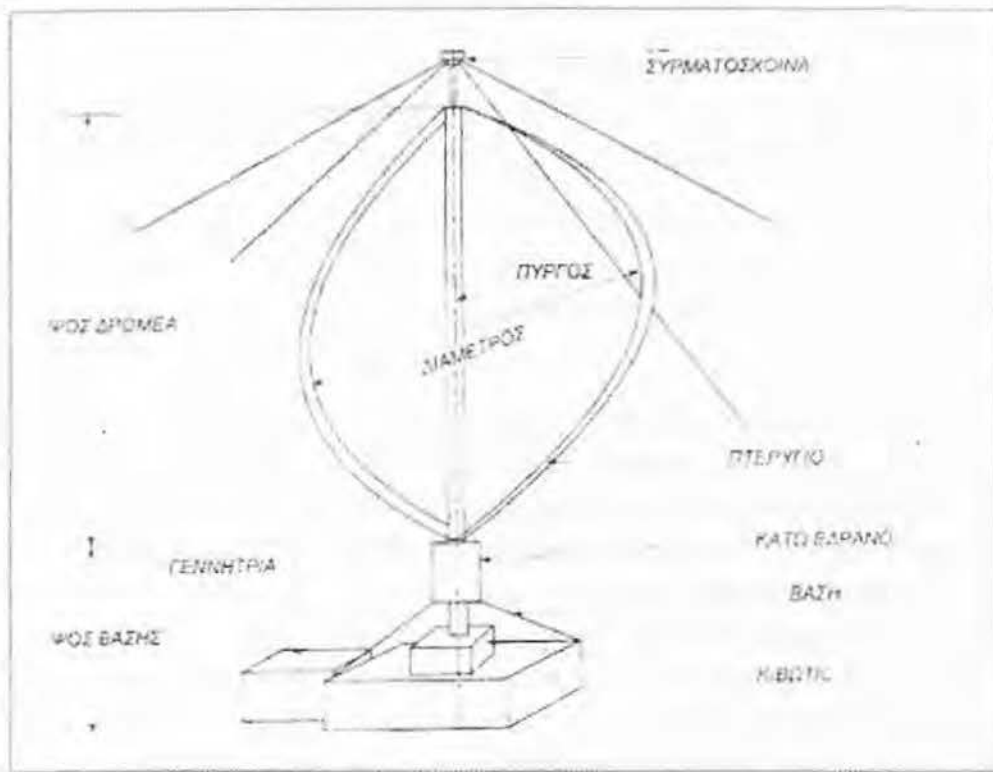
- Την ταχύτητα σύνδεσης της ανεμογεννήτριας (cut-in speed), στην οποία αρχίζει η ανεμογεννήτρια να παράγει ισχύ
- Την περιοχή βέλτιστου αεροδυναμικού συντελεστή (constant maximum  $C_p$  region), όπου η ταχύτητα περιστροφής μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου έτσι ώστε η απόληψη ισχύος από τον άνεμο να βελτιστοποιείται
- Την περιοχή σταθερής ισχύος εξόδου (constant power output region)
- Την ταχύτητα αποσύνδεσης (cut-out speed)

### 5.3 Κυριότερες κατηγορίες ανεμογεννητριών

Οι πλέον διαδεδομένοι τύποι ανεμοκινητήρων είναι οι ανεμογεννήτριες «οριζοντίου» και οι ανεμογεννήτριες «κατακόρυφου» άξονα, σχήματα α και β. [8]



**ΣΧΗΜΑ α: ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ**



ΣΧΗΜΑ Β: ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, έχουν τον άξονα τους παράλληλο προς την επιφάνεια της γης και συνήθως παράλληλο με την διεύθυνση του άνεμου (head on), αν και κάποτε η διεύθυνση τους είναι κάθετη προς την διεύθυνση του άνεμο (cross wind). Επιπλέον οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα μπορούν να έχουν ένα, δυο, τρία η ακόμα και πενήντα πτερύγια, ενώ η πτερωτή τους μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε προσήνεμη διάταξη (up wind), δηλαδή μπροστά από τον πύργο στήριξης, είτε σε υπήνεμη (down wind), δηλαδή πίσω από τον πύργο στήριξης σε σχέση με την διεύθυνση του άνεμου. [8]

Κατά κύριο λόγο (περίπου 90% του συνόλου) σήμερα χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες τύπου «έλικας». Οι μηχανές αυτές χρησιμοποιούν συνήθως ένα έως τρία πτερύγια, τα οποία βασίζονται στην τεχνολογία των αεροπορικών ελίκων. Ένα από τα βασικά τους χαρακτηριστικά είναι ο μεγάλος αεροδυναμικός βαθμός απόδοσης τους αλλά και η βέλτιστη λειτουργία τους σε μεγάλες τιμές της παραμέτρου περιστροφής «λ» με αποτέλεσμα την αρκετά μεγάλη σχετική ταχύτητα προσβολής των πτερυγίων από τον άνεμο. [8]

Ο προσανατολισμένου δρομέα προς την διεύθυνση του άνεμου, επιτυγχάνεται είτε με τη χρήση καθοδηγητικού πτερυγίου (παθητική διάταξη), είτε με κατάλληλα αισθητήρια που καταγράφουν την στιγμιαία διεύθυνση του άνεμου και

προσανατολίζουν ηλεκτρονικά με την χρήση σερβομηχανισμού την περωτή στην διεύθυνση του άνεμου (ενεργητική διάταξη). Για τον έλεγχο ισχύος της μηχανής είναι απαραίτητη είτε η ρύθμιση του βήματος της είτε ο κατάλληλος αεροδυναμικός σχεδιασμός και η αξιοποίηση του φαινομένου «απώλειας στήριξης» [8]

Πιο συγκεκριμένα με την διαδικασία ρύθμισης βήματος (pitch control) επιχειρείται η περιστροφή του πτερύγιου γύρω από τον διαμήκη άξονα του, με σκοπό την επίτευξη της επιθυμητής γωνίας προσβολής κατά μήκος του πτερύγιου ώστε να υλοποιούνται οι απαιτήσεις ισχύος της μηχανής. [8]

Αντίστοιχα ο μηχανισμός απώλειας στήριξης (stall control) βασίζεται στο αεροδυναμικό φαινόμενο της αποκόλλησης του οριακού στρώματος από τμήμα η σύνολο του πτερύγιου, εφόσον η γωνία προσβολής του πτερύγιου ξεπεράσει ορισμένα αεροδυναμικά όρια. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε απότομη μείωση της ισχύος της μηχανής. Τέλος, στις σύγχρονες αιολικές μηχανές μεγάλης ισχύος (MW-scale) χρησιμοποιείται και συνδυασμός των δυο αυτών βασικών τεχνικών. Η ανάγκη αυτή πρόεκυψε λόγω του μεγάλου μήκους των πτερυγίων, γεγονός που δεν εξασφαλίζει ικανοποιητικό έλεγχο ισχύος στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται η απλή τεχνική απώλειας στήριξης εκ μέρους των κατασκευαστών των αιολικών μηχανών. [8]

Οι μηχανές κατακόρυφου άξονα, εμφανίζουν το σημαντικό πλεονέκτημα αυτόματης προσαρμογής στην διεύθυνση του άνεμου, ως εκ τούτου αποτελούν πιο άπλες κατασκευές. Οι πλέον γνωστοί τύποι ανεμοκινητήρων κατακόρυφου άξονα είναι η μηχανές τύπου “Dargieus” και οι μηχανές τύπου “Savonius” Οι εν λόγω ανεμογεννήτριες περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα κάθετο στην διεύθυνση του άνεμου όσο και στο έδαφος. Το παραγόμενο μηχανικό έργο μεταφέρεται μέσω κατακόρυφου άξονα απευθείας στο έδαφος όπου βρίσκεται τοποθετημένη και η ηλεκτρική γεννήτρια. Η σχεδιαστική αυτή επιλογή μειώνει το βάρος της υπερκατασκευής και διευκολύνει την διαδικασία συντήρησης. Οι μηχανές τύπου “Dargieus” εργάζονται επίσης σε μεγάλες τιμές της παραμέτρου “λ” γεγονός που εξασφαλίζει ικανοποιητική αεροδυναμική απόδοση της περωτής της μηχανής. Αντίστοιχα ο συντελεστής ισχύος των μηχανών κατακόρυφου άξονα είναι εν γένει μικρότερος από αυτόν των μηχανών οριζόντιου άξονα. Επίσης οι μηχανές κατακόρυφου άξονα παρουσιάζουν σημαντικό πρόβλημα κατά την εκκίνηση, όπου απαιτείται εξωτερική βοήθεια, μειονέκτημα που δεν εμφανίζεται στις μηχανές οριζόντιου άξονα. [8]

## 5.4 Στοιχεία ανεμογεννητριών του εμπορίου

Ο πίνακας Α περιέχει τα κυριότερα μοντέλα ανεμογεννητριών που κυριαρχούν τη στιγμή αυτή στο εμπόριο. [8]

ΠΙΝΑΚΑΣ Α

Κατασκευάστριες Εταιρείες, Τύποι Ανεμογεννητριών και επίπεδα ισχύος		
Κατασκευαστής	Τύπος	Ισχύς
<b>Bonus</b> (Δανία)	<b>CT/CS // CT/AS</b>	600 kW // 1-2.3 MW
<b>DeWind</b> (Γερμανία / Αγγλία)	<b>VTDI</b>	600 kW - 2 MW
<b>Enercon</b> (Γερμανία)	<b>VTDD</b>	300 kW - 4.5 MW
<b>GE Wind Energy</b> (ΗΠΑ/ Γερμανία)	<b>CT/CS // VTDI</b>	600 kW // 900 kW - 3.6 MW
<b>Lagerwey</b> (Ολλανδία)	<b>VT/AGP // VTDD</b>	250 kW // 750 kW - 2 MW
<b>Jeumont Industrie</b> (Γαλλία)	<b>VTDD</b>	750 kW - 1.5 MW
<b>MADE</b> (Ισπανία)	<b>CT/CS // VTSGP</b>	660 kW - 1.3 MW; 2 MW
<b>NEG Micon</b> (Δανία)	<b>CT/CS // CT/AS // VTDI</b>	600 kW - 1.5 MW // 1.5-2 MW // 2.75 MW
<b>Nordex</b> (Γερμανία)	<b>CT/CS // VTDI</b>	600 kW - 1.3 MW // 1.5-2.5 MW
<b>REpower Systems</b> (Γερμανία)	<b>CT/CS // CT/AGP // VTDI</b>	600 - 750 kW // 1.5-2 MW 1050 kW
<b>Vestas</b> (Δανία)	<b>SVT/OSP // VTDI</b>	660 kW - 2.75 MW // 850 kW - 3 MW

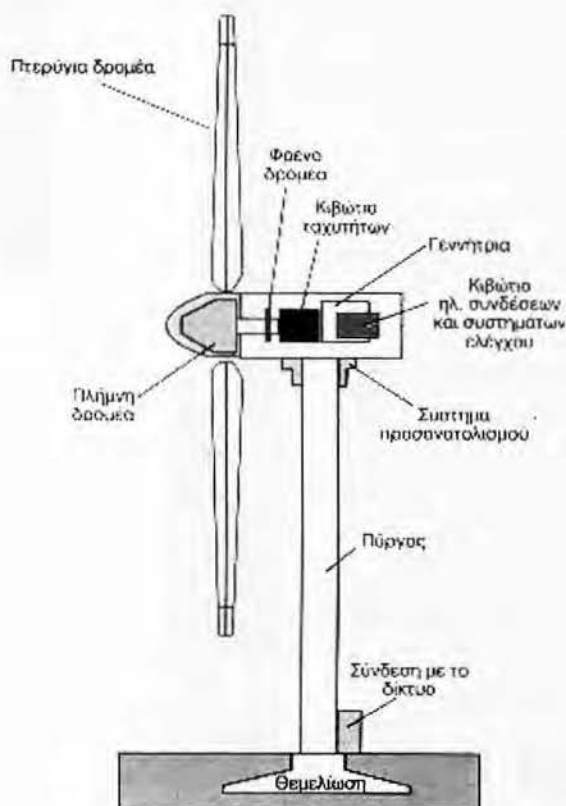
**CT/CS** = Σταθερών Στροφών, Σταθερό βήμα έλικας  
**CT/AS** = Σταθερών Στροφών, Ευεργό stall (αρνητικό μεταβλητό βήμα έλικας, 3-5 degrees)  
**VTDI** = Μεταβλητής ταχύτητας (+ έλεγχος pitch), Ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης  
**VTDD** = Μεταβλητής ταχύτητας, Σύγχρονη Γεννήτρια + έλεγχος pitch (Enercon + Lagerwey + 1.5 MW Jeumont), Σταθερό βήμα έλικας (Jeumont J48 (750 kW))  
**VTSGP** = Μεταβλητής ταχύτητας + έλεγχος pitch, με Σύγχρονη Γεννήτρια  
**VT/AGP** = Μεταβλητής ταχύτητας /+ έλεγχος pitch, με Ασύγχρονη Γεννήτρια (100% τροφοδότηση μέσω των μετατροπέων)  
**CT/AGP** = Σταθερών Στροφών + έλεγχος pitch με Ασύγχρονη Γεννήτρια  
**SVT/OSP** = Ημι-μεταβλητής ταχύτητας + έλεγχος pitch (Σύστημα OptiSlip)

Το πρώτο σύστημα οδήγησης μεταβλητών στροφών αναπτύχθηκε από την αυστριακή Villas στο 600 kW μοντέλο της. Το σύστημα περιελάμβανε επίσης έλεγχο του βήματος των πτερυγίων, αλλά λόγω του κόστους των ηλεκτρονικών μετατροπέων και άλλων προβλημάτων δε σημείωσε εμπορική επιτυχία. Επίσης η γερμανική εταιρεία Enercon εισήγαγε μια ανεμογεννήτρια μεταβλητών στροφών 80 kW με πτερύγια σταθερού βήματος και το 1993 παρήγαγε το πρώτο εμπορικό μοντέλο 500 kW για μεσαίου μεγέθους ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών με έλεγχο του βήματος των

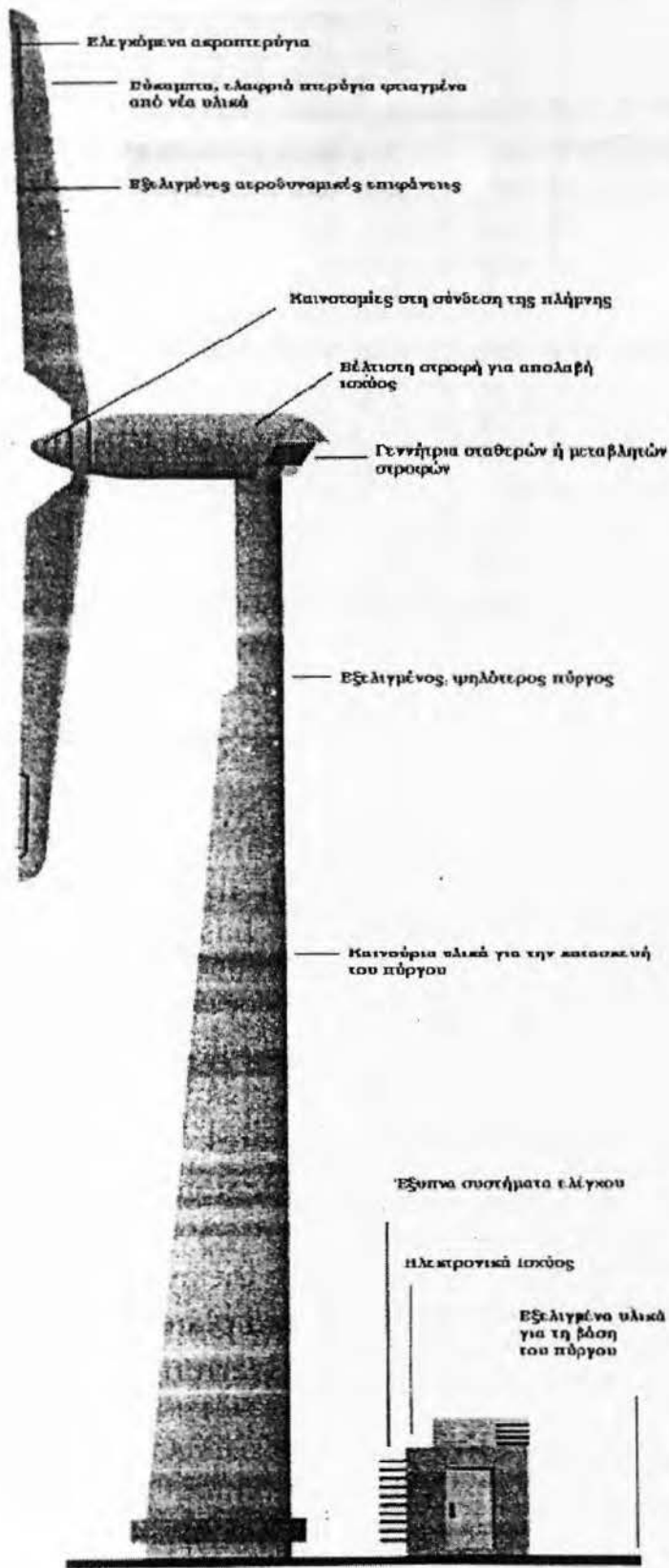


περυγίων. Ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών παράγονται επίσης από την ολλανδική *Lagerwey*, τη γαλλική *Jeumont* και τη σουηδική εταιρεία *ABB*. Οι δύο τελευταίες χρησιμοποιούν σύγχρονες γεννήτριες μονίμων μαγνητών. [8]

Στις ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών κυριαρχούν τα μοντέλα της *Enercon* η οποία χρησιμοποιεί σύγχρονες γεννήτριες. Με την χρήση σύγχρονης γεννήτριας απαλείφεται η απαίτηση της παραγωγής έργου ισχύος διατάξεων αφού έτσι μειώνεται το μέγεθος και το κόστος των μετατροπέων (ο μετατροπέας της γεννήτριας μπορεί να είναι ακόμη και ένας απλός ανορθωτής διόδων). Με τη χρήση σύγχρονων γεννητριών μεγάλου αριθμού πόλων είναι δυνατή η κατάργηση του κιβωτίου ταχυτήτων κάτι που μειώνει σημαντικά το κόστος, το βάρος της διάταξης και τον εκπεμπόμενο θόρυβο. [8]



ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ



ΑΠΟΨΗ ΜΙΑΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Σήμερα, μπορούμε να διακρίνουμε τις ανεμογεννήτριες με πάρα πολλά κριτήρια που μπορεί να αφορούν το είδος της χρησιμοποιούμενης γεννήτριας, τη χρήση ή όχι ηλεκτρονικών μετατροπέων, το είδος των πτερυγίων (stall-controlled, pitch-controlled), την τοποθέτηση των πτερυγίων ως προς το έδαφος (οριζοντίου ή κάθετου άξονα), τη φορά πρόσπτωσης του ανέμου (down-stream, up-stream) κτλ.

Τα κύρια κριτήρια για το διαχωρισμό των ανεμογεννητριών της εποχής μας είναι τρία:

- Η λειτουργία με σταθερές ή μεταβλητές στροφές
- Το είδος της χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής γεννήτριας (ασύγχρονη, σύγχρονη, συνεχούς ρεύματος)
- Ο τύπος των πτερυγίων

## 5.5 Καταστάσεις λειτουργίας ανεμογεννητριας

### A) Λειτουργία σταθερών στροφών

Οι ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών αποτελούν τις «συμβατικές» ανεμογεννήτριες του παρελθόντος που όμως ακόμα και σήμερα αποτελούν το σημαντικότερο κομμάτι από τις ήδη λειτουργούσες ανεμογεννήτριες. Μπορούν να χρησιμοποιούν είτε γεννήτριες επαγωγής είτε σύγχρονες γεννήτριες, με τις πρώτες όμως να χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά λόγω σημαντικών μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν οι δεύτερες, όπως η ιδιαίτερα αυξημένη ταλαντωτικότητα της απόκρισής τους σε συνθήκες μεταβαλλόμενου ανέμου και το αυξημένο κόστος και βάρος τους. [8]

Οι ανεμογεννήτριες αυτές χρωστάνε τη μεγάλη εξάπλωσή τους κυρίως στο μικρό τους κόστος, αφού για τη σύνδεσή τους με το δίκτυο δε χρειάζεται να παρεμβάλλονται ηλεκτρονικοί μετατροπείς, των οποίων το κόστος είναι πολύ σημαντικό. Η σύνδεση αυτή γίνεται απευθείας, με αποτέλεσμα η ταχύτητα του δρομέα να είναι σταθερή και πρακτικά ίση με τη σύγχρονη, με αποκλίσεις της τάξης περίπου του 1%, δηλαδή όσο και η ολίσθηση ονομαστικής λειτουργίας. Επίσης, οι ανεμογεννήτριες αυτού του είδους παρουσιάζουν και τα πλεονεκτήματα της εξαιρετικής απλότητας, της εξαιρετικής αξιοπιστίας, καθώς και των μηδενικών αναγκών συντήρησής τους. [8]

Παράλληλα όμως, η λειτουργία των σταθερών στροφών παρουσιάζει και κάποια πολύ σημαντικά μειονεκτήματα, τα σημαντικότερα από τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω :

- Λειτουργία με μη βέλτιστο αεροδυναμικό συντελεστή
- Αυξημένη μεταβλητότητα ισχύος εξόδου
- Χαμηλός συντελεστής ισχύος εξόδου

- Μεταβατικά φαινόμενα εκκίνησης και ζεύξης - απόζευξης

Όλα τα προαναφερθέντα σημαντικά προβλήματα, έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη στροφή τόσο του επιστημονικού ενδιαφέροντος όσο και των κατασκευαστών προς τις ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών, οι οποίες φαίνονται να δίνουν εάν όχι ριζική, τουλάχιστον ικανοποιητική λύση σε πολλά από τα παραπάνω. [8]

## **B) Λειτουργία μεταβλητων στροφών**

Η ιδέα των μεταβλητών στροφών, στηρίζεται στις αρχές λειτουργίας ενός σφονδύλου. Όταν παρατηρείται αύξηση της αεροδυναμικής ισχύος, μέρος της μετατρέπεται σε κινητική αποκόπτοντας με αυτόν τον τρόπο τις γρήγορες μεταβολές της. Η αντίστροφη λειτουργία συμβαίνει κατά τη μείωση της ταχύτητας του ανέμου.

Για να είναι η απόδοση της ανεμογεννήτριας βέλτιστη, πρέπει η ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων να είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας απαιτεί σημαντική μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής των πτερυγίων. Κάτι τέτοιο πήγε παλαιότερα να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους, όπως με χρήση υδραυλικών συστημάτων ή κιβωτίων ταχυτήτων μεταβαλλόμενου λόγου, αλλά αργότερα οι μέθοδοι αυτοί εγκαταλείφθηκαν.

Τη θέση των παραπάνω μεθόδων πήρανε τα συστήματα ηλεκτρονικών μετατροπών συχνότητας τα οποία έχουν λίγες απώλειες και είναι αρκετά αξιόπιστα. Τα συστήματα αυτά παρεμβάλλονται ανάμεσα στο δίκτυο και στην ηλεκτρική γεννήτρια και έτσι η ταχύτητα περιστροφής αποδεδεμεύεται από τη σταθερή συχνότητα του δικτύου και είναι δυνατή η μεταβολή της εντός ευρέων ορίων. [8]

Οι ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών έχουν αρχίσει να κυριαρχούν στην αγορά λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν, μερικά εκ των οποίων παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω :

- Βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης της ανεμογεννήτριας
- Εξομάλυνση της μεταβλητότητας των μηχανικών ροπών
- Περιορισμός καταπονήσεων – μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
- Μείωση τυχαίας μεταβλητότητας της ισχύος εξόδου
- Περιορισμός ταχέων διακυμάνσεων της τάσης (flicker)
- Δυνατότητα μείωσης ενεργού ισχύος εξόδου
- Δυνατότητα ελέγχου αέργου ισχύος εξόδου
- Χαμηλά επίπεδα θορύβου
- Διευκόλυνση διαδικασιών εκκίνησης

Τα μειονεκτήματα των ανεμογεννητριών μεταβλητών στροφών, μπορούν να τοποθετηθούν κυρίως στον οικονομικό τομέα. Πιο συγκεκριμένα, τα χρησιμοποιούμενα ηλεκτρονικά ισχύος που είναι απαραίτητα για τη σύνδεση τέτοιου τύπου ανεμογεννητριών στο δίκτυο, επιβαρύνουν κατά πολύ το κόστος τους, μιας και

αυτά αντιπροσωπεύουν από οικονομικής πλευράς το μεγαλύτερο μέρος του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Εκτός από τα οικονομικά μειονεκτήματα της λειτουργίας των μεταβλητών στροφών, κρίνεται απαραίτητο να σταθούμε και σε μερικά ακόμη που ενδεικτικά αναφέρονται παρακάτω :

- Αυξημένη πολυπλοκότητα
- Έγχυση αρμονικών συχνοτήτων στο δίκτυο
- Εγκατάσταση φίλτρων

Όμως, τα παραπάνω προβλήματα καθώς και το πρόβλημα του κόστους, αναμένεται να επιλυθούν σε σημαντικό βαθμό τα επόμενα χρόνια χάρη στην πρόοδο της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών ισχύος, η οποία θα επιτρέψει τόσο τη σταδιακή μείωση του κόστους τους, όσο και τη βελτίωση των λειτουργικών τους χαρακτηριστικών, γεγονός που θα κάνουν τις ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών ακόμη πιο ελκυστικές και ενδιαφέρουσες. [8]

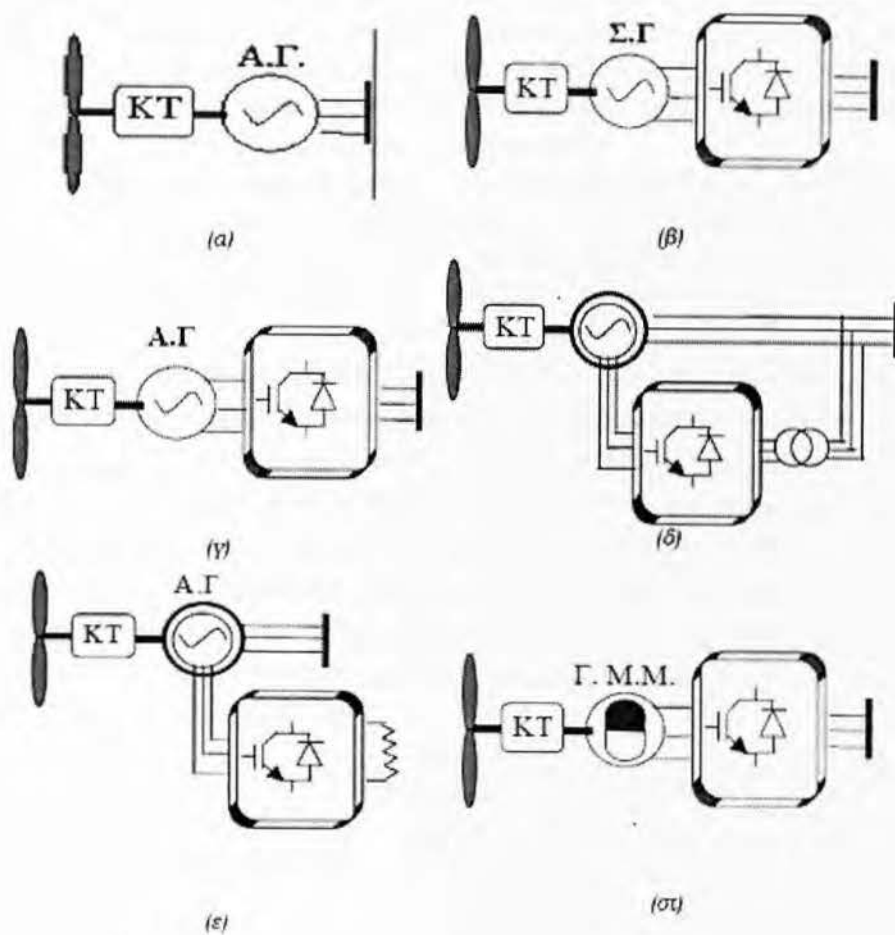
## 5.6 Είδος χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής γεννήτριας σε (α/γ)

Τόσο η γεννήτρια επαγωγής όσο και η σύγχρονη γεννήτρια απαντώνται συχνά στις ανεμογεννήτριες, η κάθε μία για διαφορετικούς λόγους. Η γεννήτρια επαγωγής με δρομέα κλωβού χρησιμοποιείται σε σχετικά μικρά μεγέθη ανεμογεννητριών, ενώ αυτή με τυλιγμένο δρομέα και δακτυλίους απαντάται σε ανεμογεννήτριες μέσου και μεγάλου μεγέθους. Η σύγχρονη γεννήτρια χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για μέσου και μεγάλου μεγέθους ανεμογεννήτριες. Οι ανεμογεννήτριες αυτές, μπορούν να διακριθούν σε ηλεκτρικά διεγερόμενες, (συνήθως αυτοδιεγερόμενες μέσω ανορθωτών) και με μόνιμους μαγνήτες. Πλεονέκτημα των πρώτων είναι η δυνατότητα ελέγχου της διεγέρσεως και συνεπώς της παραγωγής αέργου ισχύος, ενώ οι δεύτερες είναι απλούστερες και στιβαρότερες. Τέλος, γεννήτριες συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρή έκταση, κυρίως για μικρού μεγέθους ανεμογεννήτριες, ιδίως όταν γίνεται απευθείας χρήση συνεχούς ρεύματος. [8]

Στον πίνακα Α που έπεται, περιγράφονται οι τυπικές διαμορφώσεις του ηλεκτρικού μέρους της ανεμογεννήτριας, ενώ στο σχήμα Β φαίνονται σχηματικά οι κυριότερες τοπολογίες σύνδεσης ανεμογεννητριών. [8]

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΕΠΑΓΩΓΗΣ		ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ		ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ
Δρομέας κλώβου	Απ' ευθείας σύνδεση, σταθερών στροφών	Ηλεκτρική διέγερση	Απ' ευθείας σύνδεση, σταθερών στροφών	Απ' ευθείας σύνδεση σε δίκτυο DC
	Σύνδεση μέσω ανορθωτή και αντιστροφέα (AC\DC\AC), μεταβλητών στροφών		Σύνδεση μέσω ανορθωτή και αντιστροφέα (AC\DC\AC), μεταβλητών στροφών	
	Σύνδεση μέσω κυκλομετατροπέα (AC\AC), μεταβλητών στροφών			
Δρομέας με δακτυλίους	Με έλεγχο ολισθήσεως (optislip), μεταβλητών στροφών	Μόνιμοι μαγνήτες	Σύνδεση μέσω ανορθωτή και αντιστροφέα (AC\DC\AC), μεταβλητών στροφών	Σύνδεση μέσω αντιστροφέα (DC\AC) σε δίκτυο AC
	Διπλή τροφοδότηση μέσω ανορθωτή και αντιστροφέα (AC\DC\AC), μεταβλητών στροφών		Σύνδεση μέσω κυκλομετατροπέα (AC\AC), μεταβλητών στροφών	
	Διπλή τροφοδότηση μέσω κυκλομετατροπέα (AC\AC), μεταβλητών στροφών			

ΠΙΝΑΚΑΣ Α: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ Α/Γ



ΣΧΗΜΑ Β Κυριότερες τοπολογίες σύνδεσης ανεμογεννητριών

- α) Α/Γ σταθερών στροφών με γεννήτρια επαγωγής
- β) Διάταξη μεταβλητών στροφών με σύγχρονη γεννήτρια
- γ) Διάταξη μεταβλητών στροφών με γεννήτρια επαγωγής
- δ) Διάταξη διπλής τροφοδότησης
- ε) Διάταξη μεταβλητών στροφών με ηλεκτρονικά μεταβαλλόμενη αντίσταση του δρομέα (optislip)
- στ) Διάταξη εφοδιασμένη με γεννήτρια μόνιμων μαγνητών

## 5.7 Τυπος των πτερυγιων

A) Πτερύγια με έλεγχο του βήματος (pitch controlled), που μπορούν να περιστραφούν κατά το διαμήκη άξονά τους. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται η γωνία πρόσπτωσης του ανέμου και κατά συνέπεια η προσπίπτουσα σε αυτά αεροδυναμική ισχύς. Το κύριο μειονέκτημα αυτού του σχήματος είναι η αυξημένη πολυπλοκότητα λόγω του συστήματος ελέγχου τους, αλλά και της χρήσης υδραυλικών και ηλεκτρομηχανικών μέσων για τη στροφή των πτερυγίων.

B) Οι ανεμογεννήτριες με αεροδυναμικό έλεγχο της ροής και ισχύος του δρομέα (stall controlled), διαθέτουν πτερύγια σταθερής κλίσης τα οποία σε υψηλές ταχύτητες ανέμου (χαμηλές τιμές του  $\lambda$ ) εμφανίζουν απώλεια αεροδυναμικής στήριξης. Έτσι περιορίζεται η αναπτυσσόμενη ροπή και η παραγόμενη ενέργεια.

Γ) Τελευταία παρατηρείται η τάση να χρησιμοποιείται ενεργός έλεγχος του βήματος των πτερυγίων στις σύγχρονες ανεμογεννήτριες (active stall). Η διαφορά αυτού του τρόπου ελέγχου σε σχέση με τον κλασικό έλεγχο του βήματος των πτερυγίων είναι ότι όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ονομαστική της τιμή, η γωνία pitch μεταβάλλεται αντίθετα, μεγαλώνει δηλαδή η γωνία με τον άνεμο αποκόπτοντας με αυτόν τον τρόπο την περίσσεια αεροδυναμικής ισχύος. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η ισχύς εξόδου της γεννήτριας μπορεί να ελεγχθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια και κατά συνέπεια δεν καταπονείται το σύστημα σε περιόδους ριπών ανέμου. Ο ενεργός έλεγχος της γωνίας pitch χρησιμοποιείται σε μεγάλες ανεμογεννήτριες, άνω του 1 MW. [8]

## 5.8 Εγκατασταση α/γ σε σπιτια

### Περιοχές εγκατάστασης

Μικρές ανεμογεννήτριες, από 5 - 20 KW (ή και μικρότερες), μπορούμε να εγκαταστήσουμε σε οικίες, καταστήματα ακόμα και εργοστάσια, τα οποία συμβάλλουν στην παραγωγή ρεύματος, το οποίο θα μπορούσε είτε να πωλείται στο δίκτυο είτε να αξιοποιείται για να καλύπτει μέρος ή ολόκληρη την απαιτούμενη ενέργεια που απαιτείται. [4] [5]



Η τοποθέτηση μιας πολύ μικρής ανεμογεννήτριας, μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του ψυγείου και όλου του φωτισμού.

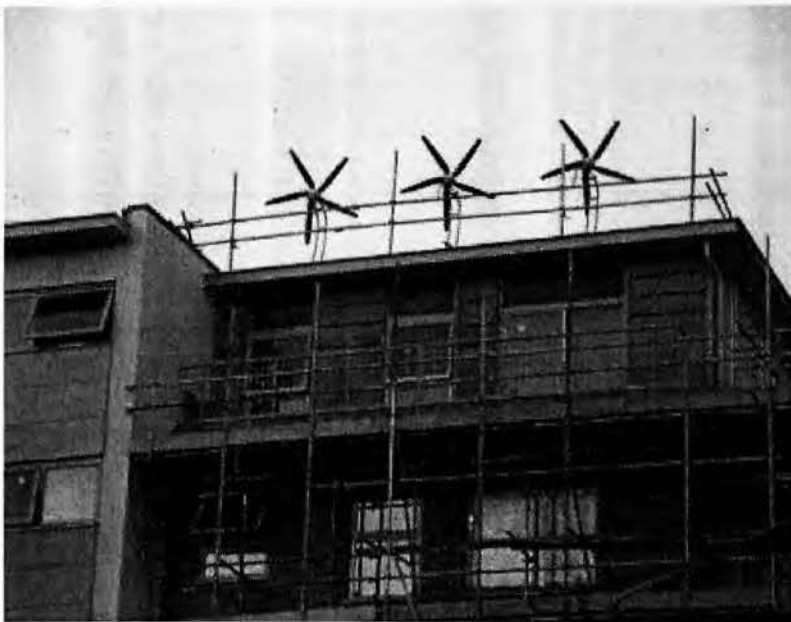


Η τοποθέτηση αυτόνομης ανεμογεννήτριας μπορεί να γίνει και σε συνδυασμό και με φωτοβολταϊκά συστήματα, συμφέρει σε περιπτώσεις που ένα σπίτι θέλει να μειώσει τις καταναλώσεις ενέργειας έως και **100%** από το δίκτυο της ΔΕΗ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε σπίτι που βρίσκεται σε περιοχή που δεν υπάρχει δίκτυο της ΔΕΗ. [4] [5]



Ανεμογεννητριες μπορούν να εγκατασταθούν εκτός και εντός σχεδίου αρκεί η ισχύς τους να είναι μικρότερη από 20 kW (ισχύς που παραπέμπει άλλωστε σε αρκετά μεγάλες ανεμογεννήτριες). [4] [5]

Πρακτικά είναι συμφερον να εγκατασταθούν α/γ σε περιοχες με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου τουλάχιστον 5 μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s).



Οι κλασικές ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα πρέπει να τοποθετούνται σε «καθαρά» ρεύματα αέρα χωρίς αναταράξεις (τύρβη). Για το λόγο αναρτώνται συνήθως σε ύψη από 7 έως και 15 μ. Οι ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα από την τύρβη γι' αυτό και συνήθως τοποθετούνται χαμηλότερα. [4] [5]

Καλό είναι η βάση της ανεμογεννήτριας να απέχει από τα όρια του οικοπέδου ή τα όρια κτιρίων, απόσταση τουλάχιστον ίση με το ύψος του ιστού ή του πυλώνα στήριξης. [4] [5]

Βαση των παραπανω Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πουμε οτι δεν προτείνεται η εγκατάσταση μικρών ανεμογεννητριών σε κτίρια. Ο λόγος είναι ότι η λειτουργία της ανεμογεννήτριας επηρεάζεται σημαντικά από την τύρβη που δημιουργεί το ίδιο το κτίριο. Εξάιρεση στον κανόνα αποτελούν οι ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα, που δεν επηρεάζονται σημαντικά από την τύρβη. [4] [5]

### Στήριξη

Η στήριξη μιας ανεμογεννήτριας γίνεται είτε με σωληνωτό ιστό που στερεώνεται στο έδαφος με αντηρίδες (συρματοσόχοινα), είτε με ανεξάρτητο πυλώνα που στερεώνεται κατάλληλα διαμορφωμένο θεμέλιο.



Στις περιπτώσεις όπου η θέση της ανεμογεννήτριας πρέπει να βρίσκεται αναγκαστικά πάω στο κτίριο μπορούμε να έχουμε μια ικανοποιητική λειτουργία της αν ακολουθείται μια στρατηγική τοποθέτησης η οποία εμποδίζει όσο το δυνατόν λιγότερο την κυκλοφορία του αέρα πρακτικά αυτό σημαίνει να μην τοποθετείται κοντά σε εμπόδια η να καλύπτεται από διάφορα αντικείμενα στη οροφή του σπιτιού.



Στην ανωτέρω εικόνα φαίνεται μια εγκατάσταση δυο ανεμογεννητριών. Οι συγκεκριμένες θέσεις είναι όσο το δυνατόν πιο βελτιστοποιημένες με γνώμονα την διαρρύθμιση των κτιρίων. Αυτές οι ανεμογεννήτριες μπορούν να καλύψουν τις βασικές ανάγκες σε ηλεκτρισμό όπως φωτισμό η ψύξη. [4] [5]

Με κατάλληλη ενεργειακή μελέτη και με σωστή επιλογή του τύπου των ανεμογεννητριών που θα χρησιμοποιηθούν και της θέσης τοποθέτησης τους, ένα σύστημα βασισμένο σε ανεμογεννήτριες μπορεί να καλύψει όλες τις ανάγκες ενός σπιτιού σε ηλεκτρικό ρεύμα. Συμπερασματικά οι αιολική ενέργεια είναι άλλη μια βιώσιμη λύση για τις ενεργειακές ανάγκες ενός σπιτιού. [4] [5]

## 6. Ηλιακοί συλλέκτες

### 6.1 Γενικά περί ηλιακών συλλεκτών

Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι συστήματα παράγωγης θερμότητας τα όποια αξιοποιούν την διαθέσιμη άμεση και διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Στα συγκεκριμένα ηλιακά συστήματα χρησιμοποιείται σαν θερμικό μέσο το νερό (π.χ οικιακοί ηλιακοί θερμοσίφωνες), ενώ σε μερικές περιπτώσεις ειδικών απαιτήσεων χρησιμοποιείται ο αέρας ή κάποιο κατάλληλο ψυκτικό μέσο (φρέον), όπως για παράδειγμα στους συλλέκτες κενού. [10]

Ανάλογα με την τεχνολογία σχεδιασμού-κατασκευής του ηλιακού συλλέκτη, διαφοροποιείται και η θερμική απόδοση του, που είναι αλληλένδετη με την θερμοκρασία του διαθέσιμου προς κατανάλωση ρευστού. Στην Ελλάδα οι εφαρμογές των ηλιακών συλλεκτών είναι αρκετά διαδεδομένες και κυρίως για χρήσεις στον οικιακό τομέα (παράγωγή ζεστού νερού) ή άνθηση των εφαρμογών των ηλιακών συλλεκτών τοποθετείται στην δεκαετία του 1980-90, όπου ένας συνδυασμός οικονομικών κινήτρων και υψηλού κόστους του πετρελαίου έδωσε σημαντική ώθηση στην εγχώρια κατασκευαστική βιομηχανία. Εκτιμάται ότι το 20% των ελληνικών κατοικιών διαθέτουν σύστημα ηλιακού συλλέκτη για παράγωγή ζεστού νερού, ενώ στην χώρα μας βρίσκονται εγκατεστημένα περίπου 3 εκατομμύρια m<sup>2</sup> ηλιακών συλλεκτών. [10]

### 6.2 Γενικές αρχές λειτουργίας - θερμική μετατροπή

Όταν ενέργεια με μορφή ακτινοβολίας πέφτει πάνω σε μία μαύρη ματ επιφάνεια το μεγαλύτερο μέρος της απορροφάται. Το φαινόμενο της απορρόφησης είναι αρκετά περίπλοκο, αλλά το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι η ακτινοβολούμενη ενέργεια υλών των μηκών κύματος υποβαθμίζεται σε θερμότητα, υψώνοντας τη θερμοκρασία του απορροφώντα σώματος. Ο βαθμός απορρόφησης των διαφόρων απορροφητών κυμαίνεται από 0,8 μέχρι 0,98 [το υπόλοιπο 0,2 έως 0,02 ανακλάται]. Ένα μέρος από τη θερμότητα μεταδίδεται με αγωγή μέσα στον απορροφητή, ενώ το υπόλοιπο μεταδίδεται πάλι στο περιβάλλον με συναγωγή και ακτινοβολία. Αυτή η εκπομπή θερμότητας εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας και του περιβάλλοντος. Έτσι καθώς η επιφάνεια θερμαίνεται οι απώλειες

θερμότητας αυξάνονται. Όταν η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ισούται με τις απώλειες, τότε αποκαθίσταται στην επιφάνεια μια θερμοκρασία ισορροπίας. [10]

Αν η επιφάνεια του απορροφητή σκεπαστεί με ένα τζάμι (με ελεύθερη απόσταση 20-30 mm μεταξύ επιφανείας και τζαμιού), οι θερμικές απώλειες μειώνονται σημαντικά, χωρίς σπουδαία μείωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Αυτό οφείλεται στην εκλεκτική διαπερατότητα του τζαμιού. Το τζάμι μειώνει επίσης τις απώλειες συναγωγής. Αυτό είναι το γνωστό φαινόμενο του "θερμοκηπίου". [10]

Όταν οι ακτίνες του ήλιου πέσουν πάνω στο διαφανές κάλυμμα του συλλέκτη, ένα μέρος τους απορροφάται, ένα άλλο αντανακλάται, και το υπόλοιπο το διαπερνά και φθάνει στην απορροφητική επιφάνεια, όπου μετατρέπεται σε θερμότητα. [10]

Όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία στον συλλέκτη, αυξάνονται και οι απώλειες. Οι απώλειες παρουσιάζονται λόγω μεγάλης θερμικής ακτινοβολίας της επιφάνειας, λόγω μεταφοράς αγωγιμότητας. Όλα αυτά συνθέτουν τον βαθμό απόδοσης του συλλέκτη, ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της θερμικής ενέργειας που αναπτύσσεται στο νερό από τον συλλέκτη, προς το συνολικό ποσό ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια. [10]

Ο βαθμός απόδοσης του συλλέκτη δεν είναι σταθερό μέγεθος, αλλά μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία του αέρα, την ταχύτητά του και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Για τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης ενός συλλέκτη, πρέπει να μεγιστοποιηθούν μερικά μεγέθη και, φυσικά, να ελαχιστοποιηθούν κάποια άλλα. Για παράδειγμα, μεγιστοποίηση χρειάζεται η διαπερατότητα του διαφανούς καλύμματος, το σχήμα του για την αποφυγή όσο το δυνατόν περισσότερων ανακλάσεων, το υλικό κατασκευής του για την αύξηση του χρόνου ζωής του, ο συχνός καθαρισμός του (από σκόνη, νερά βροχής, φύλλα, κ.λ.π.), ο βαθμός απορροφητικότητας της επιφάνειας του απορροφητή και ο τρόπος μετάδοσης της θερμότητας. [10]

Μέσα από μια συνήθη γυάλινη επιφάνεια (τζάμι), περνάει το 85% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Πολύ καλή διαπερατότητα παρουσιάζουν διάφορα πλαστικά. Παρ' όλη όμως την άριστη διαφάνεια τους, δεν έχουν μεγάλο χρόνο ζωής γιατί ο ήλιος, και ιδίως οι υπεριώδεις ακτίνες του, προσβάλλει τη χημική σύσταση, αποσυνδέει το πολυμερές πλέγμα και μετά από μερικά χρόνια, τα πλαστικά θαμπώνουν και καταστρέφονται. [10]

Έχουν βρεθεί όμως συνθετικά υλικά που ανταγωνίζονται τη μειωμένη αντοχή των περισσότερων τέτοιων υλικών στο χρόνο. Παρ' όλα αυτά, οι έρευνες εξακολουθούν να στρέφονται και σ' αυτή την κατεύθυνση, για την κατασκευή ενός υλικού που θα είναι πολύ πιο ανθεκτικό και θα ζει μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, αν και η τάση της σύγχρονης τεχνικής (εμπόριο) είναι να ζουν τα υλικά χρονικό διάστημα 7-12 ετών, για να αντικαθίστανται μετά. Αυτό αποτελεί κοινό χαρακτηριστικό όλων των εταιριών εν γένει, για οποιοδήποτε τμήμα των συσκευών. Βάσει αυτής της αρχής, κυρίως στην Αμερική, δεν ενδιαφέρει καθόλου αν πρόκειται να

αχρηστευθεί ένα τμήμα του συλλέκτη, αφού οι κατασκευαστές του είναι πρόθυμοι να το αντικαταστήσουν αμέσως με ένα νέο. [10]

Μια άλλη λειτουργία του διαφανούς καλύμματος, είναι να μειώνει τις απώλειες του απορροφητή. Αυτό επιτυγχάνεται με την εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου. [10]

Για να συλλεχθεί όσο το δυνατόν περισσότερη ακτινοβολία, μια επιφάνεια πρέπει να "βλέπει" προς τον ήλιο. Το πόσο μια επιφάνεια πρέπει να γείρει προς τον ήλιο εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και τι ώρα του έτους απαιτείται η περισσότερη ηλιακή συλλογή. [10]

Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης είναι τοποθετημένος έτσι ώστε να βλέπει το νότο, η γωνία κλίσης του ως προς το έδαφος και τον ορίζοντα, είναι περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Είναι ακίνητος, με μόνη διαφορά ότι σε ορισμένους τόπους και για τις αλλαγές των εποχών, μπορεί να μεταβάλλεται η κλίση του. Η γη περιβάλλει τον ήλιο με τον πολικό άξονά της που γέρνει προς τη τροχιά της περιστροφής. Τον Ιούνιο, η γη "κάθεται" με το βόρειο πόλο προς τον ήλιο. Οι ακτίνες του ήλιου χτυπούν έτσι το βόρειο ημισφαίριο πιο κάθετα και ο ήλιος εμφανίζεται υψηλότερος στον ουρανό. Το Δεκέμβριο, ο βόρειος πόλος είναι γερμένος μακριά από τον ήλιο και οι ακτίνες του χτυπούν πιο πλάγια, που δίνουν μια χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα. Η ενεργειακή πυκνότητα εδώ σημαίνει τον αριθμό kWh του ενεργειακού γεγονότος σε ένα τετραγωνικό μέτρο της γήινης επιφάνειας σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. [10]

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι ότι όσο χαμηλότερα είναι ο ήλιος στον ουρανό, τόσο οι ακτίνες του περνάνε μέσω της ατμόσφαιρας, που τους δίνει περισσότερες ευκαιρίες να διασκορπίζονται πίσω στο διάστημα. Όταν ο ήλιος είναι σε 60 μοίρες στην κατακόρυφο, η μέγιστη ενεργειακή πυκνότητά της στο έδαφος θα έχει μειωθεί στο ένα τέταρτο όταν ο ήλιος θα είναι κάθετα υπερυψωμένος. Αυτό που

καλούμε κανονικά "ηλιοφάνεια", αυτή η μερίδα φωτός που εμφανίζεται να προέρχεται κατ' ευθείαν από τον ήλιο, είναι γνωστή ως άμεση ακτινοβολία. Στην πράξη, αυτό περιλαμβάνει ένα ορισμένο ποσό διάχυτης ακτινοβολίας, η οποία εμφανίζεται να προέρχεται από την περιοχή του ουρανού αμέσως γύρω από τον ήλιο. Μια "καθαρή" ημέρα, η άμεση ακτινοβολία μπορεί να πλησιάσει μια πυκνότητα ισχύος  $1 \text{ kw/m}^2$  γνωστή ως "1 ήλιος" για εξεταστικούς λόγους ηλιακών συσσωρευτών. Στην Αγγλία οι πρακτικές μέγιστες πυκνότητες ισχύος είναι ακριβώς κάτω από 900 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο. [10]

Στη βορειοδυτική Ευρώπη, κατά μέσον όρο κατά τη διάρκεια του έτους, περίπου 50% της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διάχυτη και 50% άμεση. Και οι δύο είναι χρήσιμες για τις περισσότερες ηλιακές θερμικές εφαρμογές, αλλά μόνο η άμεση ακτινοβολία μπορεί να εστιαστεί για να παράγει πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Αφ' ετέρου, η διάχυτη ακτινοβολία είναι αυτή που παρέχει το μεγαλύτερο μέρος του φωτός της ημέρας. [10]

Η απορρόφηση της ατμόσφαιρας μειώνει την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά ένα ποσό, που εξαρτάται πρώτα από το μήκος της διαδρομής μέσα στην ατμόσφαιρα και ύστερα από την κατάσταση της ατμόσφαιρας (συννεφιά, αιωρούμενα σωματίδια). Όταν ο ήλιος είναι στο ζενίθ, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, που μετράται σε οριζόντιο επίπεδο, μπορεί να φθάσει την τιμή  $1 \text{ kW/m}^2$ , στο επίπεδο της θάλασσας. [10]

Το ετήσιο ποσό της ακτινοβολίας, που δέχεται ένα συγκεκριμένο μέρος, εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες.

Παρακάτω αναφέρονται ορισμοί που σχετίζονται με την ηλιακή γεωμετρία.

Φ: Το γεωγραφικό πλάτος: η γωνιακή θέση βόρεια ή νότια του ισημερινού, βόρειο θετικό  $-90^\circ < 0 < 90^\circ$ . [10]

Δ: Η απόκλιση: Η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο του ήλιου και στο επίπεδο του ισημερινού. Οι τιμές της απόκλισης του ήλιου είναι θετικές για το βόρειο ημισφαίριο και αρνητικές για το νότιο. Οι ακραίες της τιμές είναι  $+23,45^\circ$  στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο) και  $-23,45^\circ$  στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο)  $-23,45^\circ < \delta < 23,45^\circ$ . [10]

Παρακάτω αναφέρονται σημαντικοί όροι που σχετίζονται με τα ηλιακά συστήματα:

Β: Η κλίση: η γωνία μεταξύ του επιπέδου της εν λόγω επιφάνειας και του οριζώντιου  $0 < \beta < 180$

γ: γωνία αζιμουθίου επιφάνειας: η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατεύθυνσης του ήλιου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου.  $-180^\circ < \gamma < 180^\circ$ . [10]

ω: γωνία ώρας, η γωνιακή μετατόπιση του ήλιου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού λόγω της περιστροφής της γης στον άξονά της σε 15 ανά ώρα, πρωί αρνητικό, απόγευμα θετικό. [10]

$\Theta$ : γωνία της πρόσπτωσης, η γωνία μεταξύ της άμεσης ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια και η κανονική σε εκείνη την επιφάνεια. [10]

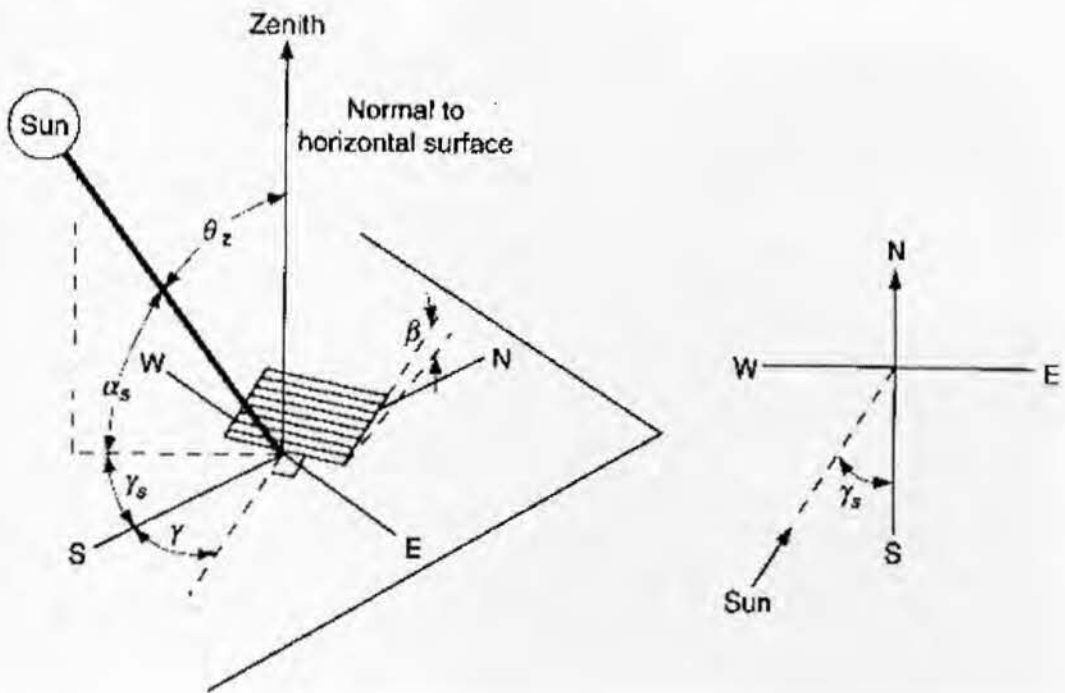
Οι πρόσθετες γωνίες που καθορίζονται περιγράφουν τη θέση του ήλιου στον ουρανό:

$\Theta_z$ : γωνία ζενίθ, η γωνία ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και στη κατακόρυφο δηλ., η γωνία πρόσπτωσης της άμεσης ακτινοβολίας σε μια οριζόντια επιφάνεια. [10]

$A_s$ : ηλιακή γωνία ύψους, η γωνία μεταξύ του οριζώντιου και της γραμμής στον ήλιο. δηλ., το συμπλήρωμα της γωνίας ζενίθ. [10]

$\Gamma_s$ : ηλιακή γωνία αζιμουθίου, η γωνιακή μετατόπιση από το νότο της προβολής της άμεσης ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, που παρουσιάζεται στο σχήμα α. [10]

Οι μετατοπίσεις ανατολικά του νότου είναι αρνητικές και δυτικά του νότου είναι θετικές. [10]



ΣΧΗΜΑ Α



### 6.3 Συμβατικοί ηλιακοί θερμοσίφωνες

Η ηλιακή ξήρανση ύδατος είναι ο απλούστερος τρόπος να χρησιμοποιηθούν οι ακτίνες του ήλιου για την εξοικονόμηση ενέργειας και ρηγάτων. Με έναν συμβατικό θερμοσίφωνα, το κρύο νερό από τον κύριο υδροσωλήνα εισάγεται στη δεξαμενή όπου ένας αισθητήρας στη δεξαμενή ανιχνεύει ότι η θερμοκρασία ύδατος είναι πάρα πολύ χαμηλή, ένα στοιχείο θέρμανσης ανοίγει για να θερμάνει το νερό στην επιθυμητή θερμοκρασία. Ένας ηλιακός θερμοσίφωνα έχει δύο αισθητήρες θερμοκρασίας, έναν στη δεξαμενή, όπως στο ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης και άλλον ένα στο συλλέκτη. [10]

Όταν οι αισθητήρες δείχνουν ότι η θερμοκρασία ύδατος στη δεξαμενή είναι αρκετά χαμηλή από τη θερμοκρασία στο συλλέκτη, ένα σύστημα ελεγκτών ενεργοποιεί μια αντλία για να κυκλοφορήσει το νερό μέσω των σωλήνων στο συλλέκτη. Οι ακτίνες του ήλιου παρέχουν έπειτα την αρχική πηγή για να θερμάνουν το νερό. [10]



ΣΧΗΜΑ Β : Η ηλιακή θέρμανση ύδατος μπορεί να είναι μια πολυτέλεια στις αναπτυγμένες χώρες, αλλά είναι μια ανάγκη σε ένα μεγάλο μέρος του υπόλοιπου κόσμου.

Οι αρχές της ηλιακής θέρμανσης ύδατος είναι πολύ βασικές και εύκολο να κατανοηθούν. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης ύδατος λειτουργούν ως εξής: οι σωλήνες των συλλεκτών μέσα σε ένα μονωμένο κιβώτιο απορροφούν την ακτινοβολία του ήλιου και μεταφέρουν αυτή τη θερμότητα στο νερό ή σε ένα άλλο υγρό που διατρέχει τους σωλήνες. Όταν χρειάζεται το καυτό νερό μέσα στο σπίτι, το σύστημα σύρει αυτό το θερμαμένο νερό μέσα για χρήση. Το βασικό σημείο είναι αυτό: η χρήση της ηλιακής ενέργειας αντί του αερίου, της ηλεκτρικής ενέργειας, της κηροζίνης, του πετρελαίου, ή οποιουδήποτε άλλου τύπου καυσίμων για να θερμανθεί το νερό στο σπίτι για τις οικιακές χρήσεις και τις λοιπές ανάγκες. Η ηλιακή ενέργεια δεν πρόκειται να εξαντληθεί, να αυξηθεί η τιμή της, ή να εκπέμπει ρύπους στην ατμόσφαιρα. Το καλύτερο από οικονομικής άποψης, είναι η αποταμίευση αφού τα έξοδα για την αγορά και τοποθέτηση του συστήματος θα καλυφθούν μέσα σε λίγα έτη. Κάθε έτος στις Ηνωμένες Πολιτείες, περισσότερα από τέσσερα δισεκατομμύρια δολάρια ξοδεύονται από τους καταναλωτές σε ενέργεια για τη θέρμανση εγχώριου ύδατος. [10]

Το ποσό ενέργειας που χρησιμοποιείται για αυτή την ανάγκη θα μπορούσε να κατανοηθεί καλύτερα με μια απλή αναλογία. Ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνα που παρέχει 80 γαλόνια καυτού ύδατος ανά ημέρα (για μια μέση οικογένεια τεσσάρων ατόμων) θα χρησιμοποιήσει 11,4 ισοδύναμα βαρέλια πετρελαίου κάθε έτος. Στην πραγματικότητα, ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνα είναι ο μόνος που χρησιμοποιείται περισσότερο σε πολλές οικιακές συσκευές σε ένα σπίτι. Οι μελέτες έχουν δείξει ότι η θέρμανση ύδατος αποτελεί περίπου το ένα τέταρτο της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται σε ένα χαρακτηριστικό απλό οικογενειακό σπίτι. [10]

Οι έρευνες για τις οικογένειες με ηλιακά συστήματα στα σπίτια τους έχουν διαπιστώσει ότι οι περισσότεροι άνθρωποι είναι εξαιρετικά ευχαριστημένοι από την απόδοση του συστήματός τους. Η κυβέρνηση ενός κράτους υποστήριξε μια έρευνα στη Florida, για παράδειγμα, αποκάλυψε ότι 95% ιδιοκτητών ηλιακών συστημάτων που πέρασαν από συνέντευξη ικανοποιήθηκαν με τα συστήματά τους, και 84% είπαν ότι θα επέλεγαν έναν ηλιακό θερμοσίφωνα για το επόμενο σπίτι τους. Μόνο 7% των εγχώριων ιδιοκτητών είχαν αντιμετωπίσει ένα πρόβλημα με τη λειτουργία του συστήματός τους και περίπου 90% των εν λόγω προβλημάτων διορθώθηκαν. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στη Florida είναι χαρακτηριστικά του συστήματος που χρησιμοποιείται στο υπόλοιπο των Ηνωμένων Πολιτειών. [10]

Οι ερευνητές στο κέντρο ηλιακής ενέργειας της Florida έχουν μελετήσει την πιθανή αποταμίευση των σημαντικότερων τύπων συστημάτων θέρμανσης ύδατος και έχουν διαπιστώσει ότι τα συστήματα ηλιακής ενέργειας προσφέρουν τη μεγαλύτερη πιθανή αποταμίευση στους ιδιοκτήτες σπιτιού. Οι μελέτες τους δείχνουν ότι οι ιδιοκτήτες ηλιακών συστημάτων μπορούν να σώσουν μέχρι 85% στους λογαριασμούς χρησιμότητάς τους πέρα από τις δαπάνες της

ηλεκτρικής θέρμανσης ύδατος, σε αντιδιαστολή με την αποταμίευση από τις μονάδες διατήρησης σταθερής θερμοκρασίας (20 έως 50%), τις αντλίες θερμότητας (40 έως 50%), και το φυσικό αέριο (59 έως 65%). [10]

Εκτός από την οικονομική αποταμίευση, υπάρχουν άλλοι σημαντικοί λόγοι για τους οποίους οι άνθρωποι αγοράζουν τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης ύδατος. Οι άνθρωποι αγοράζουν επίσης αυτά τα συστήματα επειδή η ηλιακή ενέργεια είναι μη ρυπογόνος και εύκολα διαθέσιμη. [10]

Η ηλιακή θέρμανση ύδατος μπορεί να είναι πιο οικονομική κατά τη διάρκεια του χρόνου ζωής του συστήματος σε αντίθεση με τη θέρμανση νερού με ηλεκτρική ενέργεια, πετρέλαιο καυσίμων ή το αέριο προπανίου. Σε κράτη ηλιόλουστων ζωνών, τα ηλιακά συστήματα θερμότητας ύδατος μπορούν εύκολα να παρέχουν γρηγορότερα επιστροφή όταν η αποταμίευση από το σύστημα υπερβαίνει την αγορά κόστους. Για κάθε μέρος της χώρας, τα ηλιακά συστήματα θα ξεπληρώσουν το κόστος τους κατά τη διάρκεια ζωής τους. Γενικά, μπορεί να υπολογιστεί ότι ένα σύστημα θα ξεπληρώσει το κόστος του μέσα σε λίγο διάστημα όπως από τρία ή τέσσερα έτη ή περίπου σε επτά ή οκτώ έτη, ανάλογα με τη γεωγραφική θέση, το ποσό καυτού ύδατος που χρησιμοποιείται, τα ποσοστά χρησιμότητας και άλλους παράγοντες. [10]

Το κόστος ενός εγκατεστημένου ηλιακού συστήματος ποικίλλει ευρέως σήμερα, ανάλογα με τα υλικά που χρησιμοποιούνται από τους διάφορους

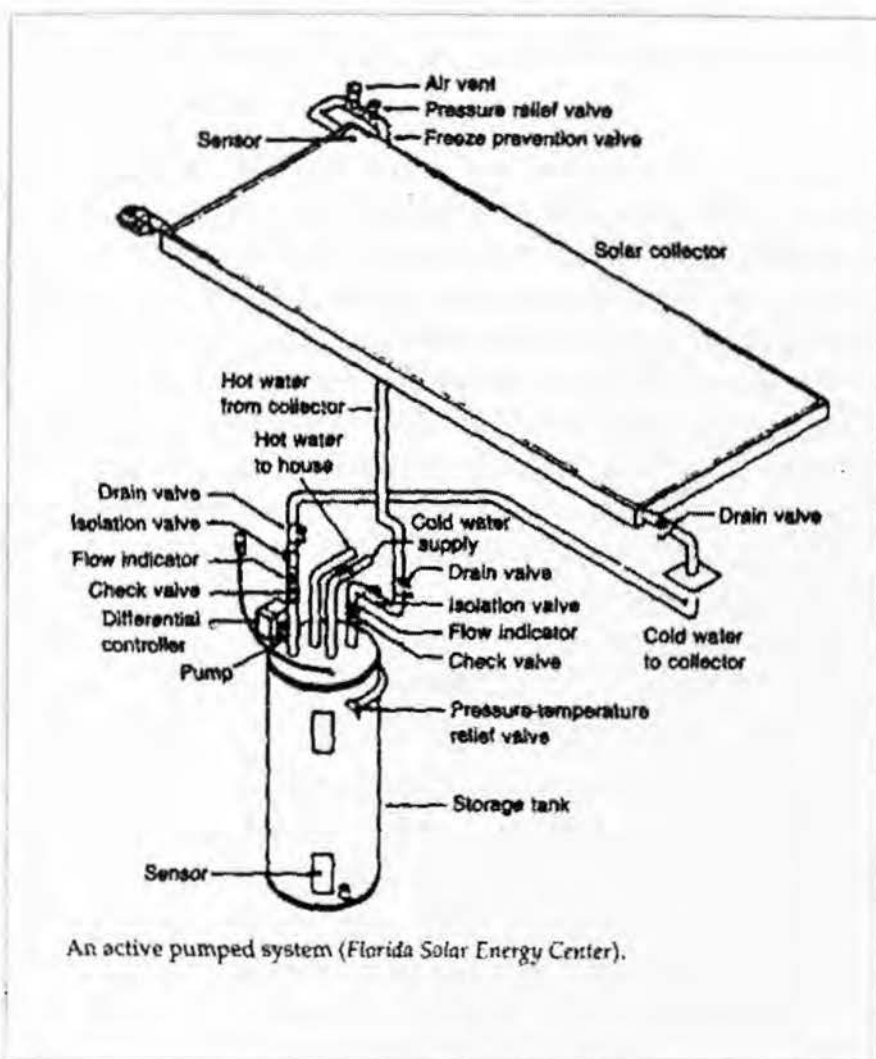
κατασκευαστές και τις υπηρεσίες που προσφέρονται από τους πωλητές. Οι τρέχουσες μέσες τιμές στις ΗΠΑ για ένα εγκατεστημένο, ενεργό σύστημα που θα ικανοποιούσε τις ανάγκες ενός απλού οικογενειακού σπιτιού, αποτελούμενο από τέσσερα άτομα, κυμαίνονται από \$2.500 έως \$5,000 περίπου. Συγκρινόμενο με το κόστος αγοράζοντας έναν συμβατικό ηλεκτρικό, πετρέλαιο καυσίμων, ή θερμοσίφωνα αερίου, αυτό είναι μια πολύ υψηλότερη αρχική επένδυση. [10]

## 6.4 Βασικοί τύποι ηλιακών θερμοσιφώνων

### A) Ενεργά ηλιακά συστήματα

Στα ενεργά ηλιακά συστήματα διακρίνονται τα συστήματα σε "ανοικτών βρόχων" ή "κλειστών βρόχων". Στο σύστημα ανοιχτού βρόχου το νερό θερμαίνεται άμεσα για τη χρήση ενώ στα συστήματα κλειστού βρόχου ένα αντιψυκτικό υγρό θερμαίνεται πριν μεταφέρει τη θερμότητά του στο νερό μέσω ενός ανταλλάκτη θερμότητας.

Ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και το κλίμα σε κάποια περιοχή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, ένα από αυτά τα συστήματα μπορεί να λειτουργήσει πολύ καλά.



### ΕΝΑ ΕΝΕΡΓΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΛΙΑΣ

Και τα δύο αυτά τα συστήματα είναι συστήματα συλλεκτών "επίπεδης πλάκας", πράγμα που σημαίνει ότι χρησιμοποιούνται οι συμβατικοί επίπεδοι ηλιακοί συσσωρευτές που ήταν σε χρήση σε αυτήν την χώρα για τα τελευταία 100 έτη. [10]

Σε ένα ενεργό σύστημα, μια αντλία κυκλοφορεί το νερό (ή ένα αντιψυκτικό ρευστό) μέσω των συλλεκτών, που βρίσκονται συνήθως στη στέγη του σπιτιού. Το νερό στους συλλέκτες θερμαίνεται από τον ήλιο, κατόπιν επιστρέφεται στη δεξαμενή αποθήκευσης στο σπίτι όπου διατηρείται καυτό μέχρι να χρειαστεί. Τα ηλιακά συστήματα τυπικά χρησιμοποιούν καλύτερα μονωμένες, μεγαλύτερες δεξαμενές από ότι τα ηλεκτρικά ή απολιθωμένων καυσίμων συστήματα, έτσι το νερό μένει καυτό περισσότερο. Αυτό βοηθά να βεβαιώσει τη διαθεσιμότητα του

καυτού ύδατος κατά τη διάρκεια της νύχτας και όταν υπάρχουν μερικές ημέρες νεφελώδους καιρού. [10]

Στα θερμότερα μέρη της χώρας, το πόσιμο νερό τυπικά κυκλοφορεί μέσω του συστήματος και πίσω στη δεξαμενή αποθήκευσης. Σαν προστιθέμενη προφύλαξη ενάντια στον παγωμένο καιρό, τα συστήματα στα πιο κρύα μέρη των ΗΠΑ κυκλοφορούν συχνά μια βελτιωμένη λύση αντιψυκτικού που περνά μέσω του συστήματος. Όταν αυτό το υγρό θερμαίνει επάνω, περνά μέσω ενός ανταλλάκτη θερμότητας που μεταφέρει τη θερμότητα άμεσα στο πόσιμο νερό. Οι διπλοί τοίχοι στον ανταλλάκτη θερμότητας και άλλα δομικά σχέδια βεβαιώνουν ότι τα δύο υγρά δεν έρχονται σε άμεση επαφή. Ένα άλλο γνωστό σχέδιο είναι όπως αυτό το σύστημα κλειστών βρόγχων με έναν ανταλλάκτη θερμότητας. Στο πάγωμα του καιρού, το νερό που θα μπορούσε να προκαλέσει ζημιά στραγγίζει πίσω σε μια μικρή δεξαμενή εκμετάλλευσης όπου η αντλία κλείνει. Μερικοί άλλοι τύποι προστασίας παγώματος περιλαμβάνουν το νερό στραγγιγματος από το σύστημα κατά τη διάρκεια του πολύ κρύου καιρού ή το κυκλοφορώντας θερμό νερό μέσω των συλλεκτών για να αποτρέψουν το πάγωμα. [10]

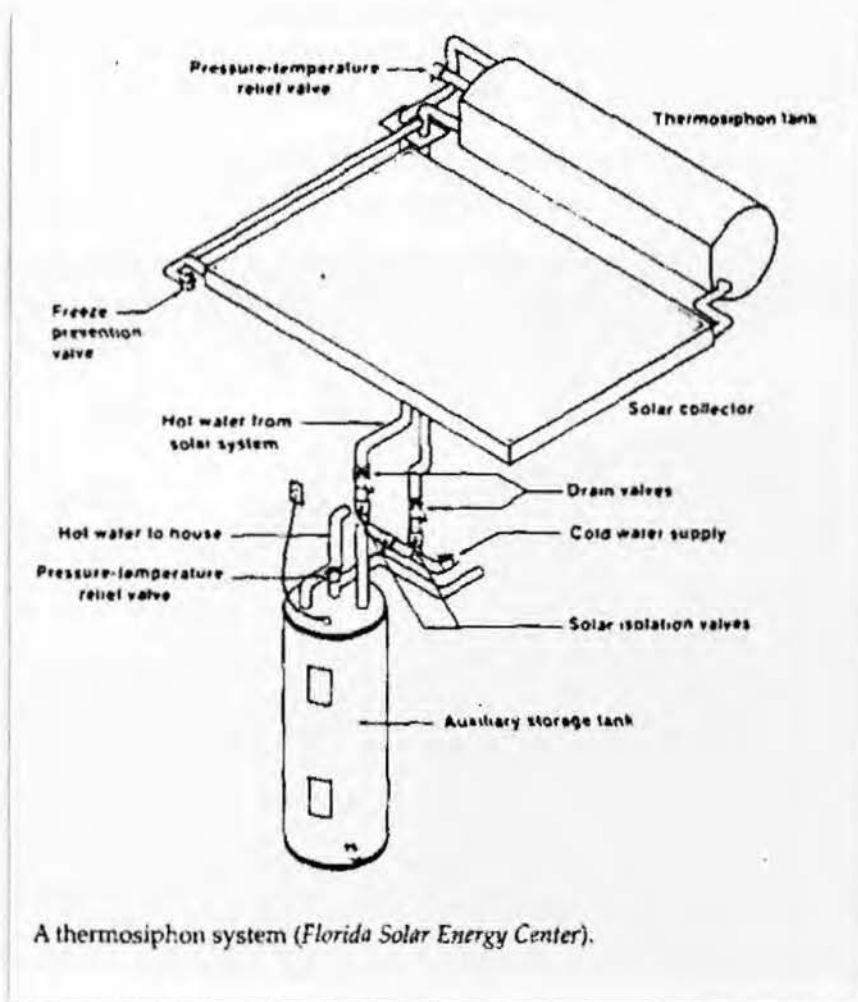
Πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα ηλιακά συστήματα περιλαμβάνουν κάποιο τύπο συνοδευτικής θερμάστρας για τις παραταθείσες περιόδους κακοκαιρίας ή τους χρόνους υπερβολικής χρήσης. Όταν τα ηλιακά συστήματα τίθενται στα υπάρχοντα σπίτια, οι ανάδοχοι αφήνουν συχνά τον ηλεκτρικό ή θερμοσίφωνα αερίου ως εφεδρικό σύστημα. Αυτές οι μονάδες ανοίγουν για να θερμάνουν το ύδωρ όταν δεν μπορεί να παρέχει το ηλιακό σύστημα αρκετό καυτό ύδωρ για να ικανοποιήσει τις οικογενειακές ανάγκες. [10]

## **B) Παθητικά ηλιακά συστήματα**

Αυτά τα συστήματα συχνά επιλέγονται στις νότιες Ηνωμένες Πολιτείες λόγω της απλότητας και του σχετικά χαμηλότερου κόστους τους. Δύο σημαντικοί τύποι χρησιμοποιούνται ευρέως γύρω από τη χώρα, και οι δύο είναι ιδιαίτερα αξιόπιστοι. Ο απλούστερος τύπος συστήματος είναι το ακέραιο σύστημα συλλεκτών (ολοκληρωμένα κυκλώματα), στο οποίο ο συλλέκτης και η δεξαμενή αποθήκευσης συνδυάζονται σε μια μονάδα. Η μονάδα βρίσκεται συνήθως στη στέγη ή στο έδαφος κοντά στο σπίτι έτσι ώστε ο ήλιος χτυπώντας τον συλλέκτη πηγαίνει άμεσα στη δεξαμενή αποθήκευσης, όπου θερμαίνει το νερό. Το καυτό νερό ρέει έπειτα προς τα κάτω σε έναν συμβατικό θερμοσίφωνα στο σπίτι, για το οποίο τα ολοκληρωμένα κυκλώματα χρησιμεύουν ως ένας προθερμαστής. [10]

Ο άλλος τύπος παθητικού συστήματος είναι μια μονάδα "θερμοσίφωνα", στην οποία μια δεξαμενή αποθήκευσης βρίσκεται στη στέγη επάνω από το συλλέκτη. Δεδομένου

ότι το νερό στο συλλέκτη θερμαίνεται και γίνεται ελαφρύτερο, ανυψώνεται φυσικά προς τη δεξαμενή επάνω από τον συλλέκτη. Το βαρύτερο κρύο νερό βυθίζεται στο χαμηλότερο σημείο στο ηλιακό σύστημα, το οποίο είναι ο συλλέκτης. Όπως άλλα παθητικά συστήματα, αυτός ο τύπος είναι ιδιαίτερα αξιόπιστος επειδή δεν χρησιμοποιεί κανένα κινούμενο μέρος. [10]



#### ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑ

## 6.5 Λειτουργιά ενός ηλιακού συστήματος

Το κύριο μέρος ενός ενεργού ηλιακού συστήματος είναι ο συλλέκτης. Οι ηλιακοί συσσωρευτές απορροφούν την ενέργεια του ήλιου και την μετατρέπουν σε ενέργεια θερμότητας. [10]

Ο χαρακτηριστικός συλλέκτης επίπεδης πλάκας, που είναι ένας τύπος ευρύτατα χρησιμοποιούμενος στις Ηνωμένες Πολιτείες, είναι ένα ορθογώνιο κιβώτιο. Μέσα στο συλλέκτη είναι μια επιφάνεια απορρόφησης φτιαγμένη συνήθως από χαλκό ή αργίλιο και βαμμένη μαύρη για να απορροφήσει όσο το δυνατόν περισσότερο φως του ήλιου. Μια σειρά ρευστών σωλήνων τρέχει κατά μήκος του κιβωτίου, και υγρό από τις δεξαμενές αποθήκευσης ρέει μέσω των σωλήνων.[10]

Δεδομένου ότι η απορροφητική πλάκα θερμαίνεται από την έκθεση στο φως του ήλιου, μεταφέρει τη θερμότητα στο υγρό στους σωλήνες.



Το κατώτατο σημείο και οι πλευρές του απορροφητή μέσα στο κιβώτιο συλλεκτών είναι μονωμένα για να περικόψουν την απώλεια θερμότητας. Επιπλέον, ένα ειδικό διαφανές γυαλί ή μια πλαστική κάλυψη τοποθετείται πάνω από το συλλέκτη για να επιτρέψει στο φως του ήλιου να χτυπήσει τον απορροφητή. Αυτή η κάλυψη επίσης μειώνει το ποσό θερμότητας που μπορεί να δραπετεύσει από το σύστημα. [10]

Οι ηλιακοί συσσωρευτές τοποθετούνται συνήθως στη στέγη του κτιρίου, αν και μπορούν να βρεθούν στο έδαφος ή σε μια άλλη δομή κοντά. Για να είναι περισσότερο αποτελεσματικοί, οι συλλέκτες πρέπει να προσανατολιστούν προς το

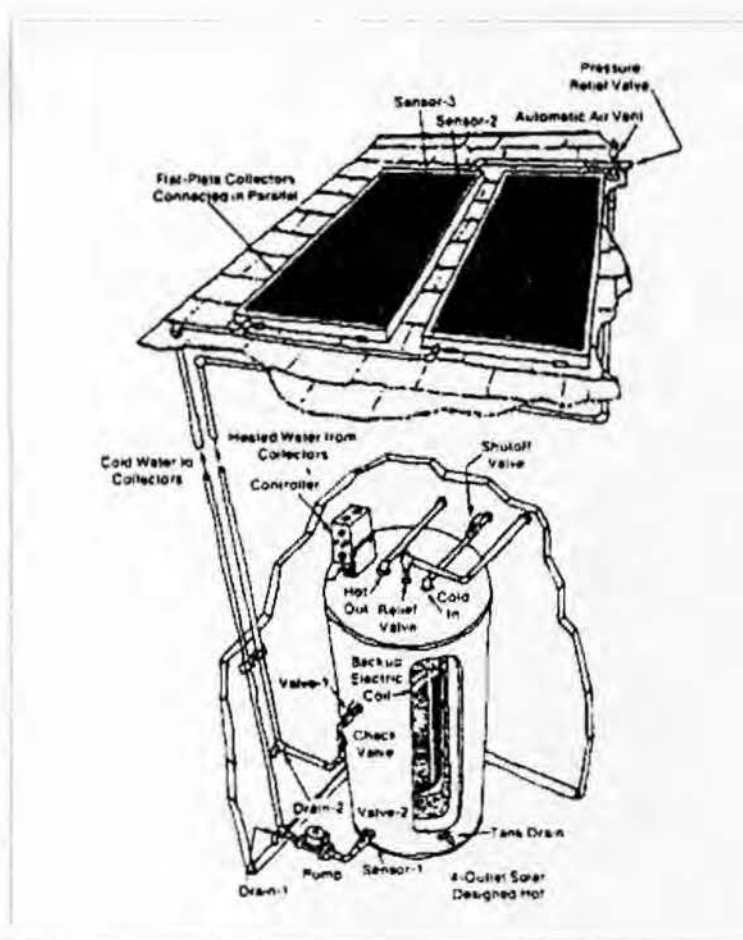
νότο, ή μέσα σε 45 μοίρες ανατολικά ή δυτικά του οφειλόμενου νότου, και να γείρουν μεταξύ 20 και 40 μοιρών οριζόντια. Μια καλή εμπειροτεχνική μέθοδος είναι να τοποθετηθεί ο συλλέκτης έτσι ώστε η γωνία του στον οριζόντιο να είναι ίση με τη γωνία του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής στην οποία είναι τοποθετημένος. Αυτό θα παράσχει τη βέλτιστη καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου απόδοση. Εάν η κλίση της στέγης των σπιτιών δεν θα επιτρέπει στο συλλέκτη να τοποθετηθεί ισόπεδα στη στέγη και να προσανατολιστεί ακόμα κατάλληλα, οι συλλέκτες μπορούν να τοποθετηθούν γερμένοι στη στέγη. Οι περισσότεροι άνθρωποι προτιμούν να τοποθετήσουν τους συλλέκτες δεξιά επάνω στη στέγη επειδή είναι ισχυρότεροι και κοιτάζουν καλύτερα αισθητικά. Εντούτοις, οι συλλέκτες μπορούν να τοποθετηθούν σε πλαίσια και να γέρνουν μακριά από τη στέγη χωρίς απώλεια οποιασδήποτε από την αποτελεσματικότητά τους. [10]

Το δεύτερο σημαντικό μέρος ενός ηλιακού συστήματος είναι η δεξαμενή αποθήκευσης. Τα ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν συνήθως μια ειδικά σχεδιασμένη και ορισμένου μεγέθους έξοχα-μονωμένη δεξαμενή, αν και πολλά συστήματα χρησιμοποιούν μετατρέπομενες ηλεκτρικές δεξαμενές ή η ηλιακή δεξαμενή γαντζωμένη επάνω με τη συμβατική δεξαμενή. Από μία άποψη, τα ηλιακά συστήματα προθερμαίνουν το ύδωρ για τη χρήση στο σπίτι. Κατά τη διάρκεια του ηλιόλουστου καιρού, αυτό είναι αρκετό να φέρει το νερό στην επιθυμητή θερμοκρασία, με τα συστήματα ικανά να φτάσουν τους 140 βαθμούς Fahrenheit ή αρκετά περισσότερο για τη κάλυψη όλων των οικιακών αναγκών. Κατά τη διάρκεια της κακοκαιρίας, η συνοδευτική θερμάστρα ωθεί το ύδωρ στην επιθυμητή θερμοκρασία. [10]

Ενεργά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν αντλίες και ελέγχους για τη κυκλοφορία του νερού συνήθως έχουν αυτά τα δύο συστατικά τοποθετημένα κοντά ή πάνω στη δεξαμενή αποθήκευσης. Η αντλία είναι ένας μικρόςκυκλοφορώντας τύπος, συνήθως 1/100 έως 1/12 υποδύναμη. Ο ελεγκτής, ο οποίος ρυθμίζει το πότε, πόσο καιρό, και μερικές φορές πόσο γρήγορα λειτουργεί η αντλία, είναι συνήθως μια στερεάς κατάστασης ηλεκτρονική συσκευή. Λειτουργεί από κοινού με τους αισθητήρες δεξαμενών και συλλεκτών για να καθορίσει πότε ο συλλέκτης είναι σε θέση να θερμάνει το ύδωρ στη δεξαμενή και ανοίγει την αντλία. Όταν το ύδωρ στη δεξαμενή θερμαίνεται μέσα σε τρεις έως πέντε βαθμούς από τη θερμοκρασία του συλλέκτη, ο ελεγκτής κλείνει την αντλία. Άλλες συσκευές χρησιμοποιούνται μερικές φορές για να ελέγξουν τη ροή του ύδατος μεταξύ της δεξαμενής και του συλλέκτη. Τα χρονόμετρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενεργοποιήσουν την αντλία σε μερικά συστήματα. Οι διακόπτες μπορούν να ενεργοποιήσουν την αντλία όταν θερμαίνεται ο συλλέκτης σε μια διευκρινισμένη θερμοκρασία. [10]



Η ανάπτυξη σε δημοτικότητα ως ελεγκτή είναι μια ηλιακή ηλεκτρική (φωτοβολταϊκή) τροφοδοτημένη συσκευή, στην οποία το φως του ήλιου που χτυπά το μικρό φωτοβολταϊκό πλαίσιο (panel) μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, τροφοδοτώντας άμεσα την κυκλοφορώντας αντλία. Σε αυτόν τον τύπο συστήματος, δεν είναι απαραίτητο να συνδεθεί η αντλία του συστήματος με την ηλεκτρική ενέργειά, δεδομένου ότι η αντλία χρησιμοποιεί μόνο ένα μικρό ποσό ηλεκτρικής ενέργειας, αυτό δίνει ένα περισσότερο μέτρο ενεργειακής ανεξαρτησίας και αποταμίευσης. [10]



Ένας άλλος παράγοντας πρέπει να εξεταστεί κατά την απόφαση για το πόσο καλά θα λειτουργήσει ένα σύστημα. Είναι σημαντικό η στέγη του σπιτιού (ή άλλη θέση όπου θα τοποθετηθούν οι συλλέκτες) να μην είναι σκιασμένη κατά τη διάρκεια των ωρών 9 π.μ. με 3 μ.μ., όταν ο ήλιος εκπέμπει την περισσότερη

ακτινοβολία. Τέτοια αντικείμενα όπως τα δέντρα, τα κτίρια, οι φράκτες και άλλες δομές μπορούν να δημιουργήσουν σκιές κατά τη διάρκεια της ημέρας οι οποίες θα σκιάσουν τους συλλέκτες και θα περικόψουν την απόδοσή τους. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να είναι ιδιαίτερα δύσκολο για επακριβή αποτίμηση πριν την εγκατάσταση λόγω της μεταβαλλόμενης πορείας του ήλιου στον ουρανό κατά τη διάρκεια των διαφορετικών εποχών. [10]

## 6.6 Ηλιακοι αποστακτηρες

Εκτος από την χρήση ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση του νερού, μια άλλη πολύ χρήσιμη εφαρμογή τους μπορεί να γίνει για την παραγωγή νερού από ρυπαρά αλμυρά ή υφαλμυρά νερά. Την λειτουργία αυτή αναλαμβάνουν ηλιακές διαταξεις τις οποίες ονομάζουμε ηλιακούς αποστακτηρες και παρακάτω παρουσιάζουμε την λειτουργία και την χρήση τους. [2] [3]

Η απόσταξη (distillation) είναι μια από τις πιο γνωστές και παλαιότερες μεθόδους για την παραγωγή γλυκού νερού από αλατούχο διάλυμα και η πιο ανεπτυγμένη μέθοδος για πολύ μεγάλες παροχές αφαλατωμένου νερού.

Η πολύ απλή βασική αρχή της μεθόδου είναι η αλλαγή φάσης από υγρό σε αέριο, τους ατμούς οι οποίοι επενασυμπυκνώνονται σε υγρό, τον καθαρό διαλυτή, και ο οποίος είναι τελείως απαλλαγμένος από τα άλατα του αρχικού διαλύματος. Η αλλαγή αυτή της φάσης γίνεται με την προσαγωγή θερμότητας, θεωρητικά ίση με τη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού η οποία αποδίδεται ξανά στο σύστημα κατά στη συμπύκνωση των ατμών. [2] [3]

Όταν ένα υδατικό διάλυμα αλάτων θερμαίνεται έως τη θερμοκρασία του βρασμού του, σχηματίζονται υδρατμοί ελεύθεροι από άλατα του διαλείμματος, πρακτικά έως τη θερμοκρασία των 300 °C. Σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 300 °C ο σχηματιζόμενος ατμός παρασύρει κατά το σχηματισμό του ιόντα των διαλυμένων αλάτων με αποτέλεσμα το συμπύκνωμα να περιέχει μια μικρή ποσότητα αλάτων. [2] [3]

Οι ατμοί ψύχονται όταν έρθουν σε επαφή με μια κρύα επιφάνεια, οπότε συμπυκνώνονται και το συμπύκνωμα σχηματίζει το αφαλατωμένο απόσταγμα (distillate). [2] [3]

Απαιτούνται επομένως τρία στάδια για τον ολικό κύκλο της παραγωγής αφαλατωμένου νερού από το διάλυμα του θαλασσιού νερού :

- Σχηματισμός ατμών με την πρόσδωση, από εξωτερική πηγή, θερμότητας στο θαλάσσιο νερό.
- Συμπύκνωση ατμών σε επαφή με μια επιφάνεια, η οποία βρίσκεται σε κατά πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή των ατμών και σύγχρονη απορρόφηση της θερμότητας που εκλύεται κατά τη συμπύκνωση, από διάλυμα που κυκλοφορεί στην άλλη πλευρά της επιφάνειας ψύξης.

Κατά την απόσταξη των υδατικών αλατούχων διαλειμμάτων η περιεκτικότητα των αλάτων του διαλύματος δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για την καθαρότητα του παραγομένου αποστάγματος, η οποία επηρεάζει μονό την ανύψωση του σημείου βρασμού και το βαθμό συμπύκνωσης της άλμης. [2] [3]

### Ηλιακή Αφαλάτωση

Στις ξηρές νοτιοδυτικές περιοχές της Αμερικής και σε άλλες περιοχές του κόσμου όπως η Λατινική Αμερική Και η Αφρική, μικρές, απομακρυσμένες, κοινότητες έχουν κρίσιμα προβλήματα που σχετίζονται με την παροχή ασφαλών αποθεμάτων νερού. [2] [3]

Ειδικότερα προβλήματα που έχουν να κάνουν με προβλήματα ποιότητας του νερού αποτελούν η αλμυρότητα, ο σίδηρος, το μαγγάνιο, το φθόριο, τα βαρέα μέταλλα, η βακτηριδιακή μόλυνση και τα υπολείματα από μικροβιοκτόνα και λιπάσματα. Αυτές οι κοινότητες βασίζονται σε ξεχωριστά πηγάδια, δεξαμενές, η έχουν συστήματα παροχής νερού από πηγές οι οποίες είναι βλαβερές ή η ποιότητα του νερού που παρέχουν είναι οριακά αποδεκτή. [2] [3]

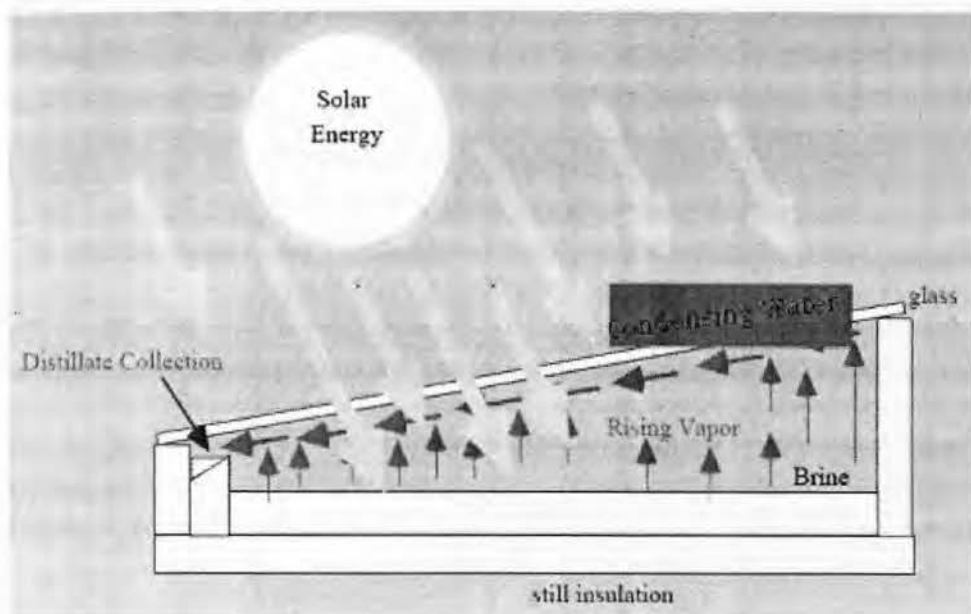
Οι συμβατικές τεχνολογίες για την επεξεργασία αυτών των νερών αποτελούνται από απλή καθίζηση, απολύμανση με χλώριο η ιώδιο, συστήματα αντιστροφής όσμωσης η αποσκλυντές νερού ανταλλαγής ιόντων. Η απλή απολύμανση μειώνει τα επικίνδυνα βακτηρία αλλά δεν μειώνει τη σκληρότητα η απομακρύνει τα βαρέα μέταλλα. Τα συστήματα αντίστροφης όσμωσης είναι αποτελεσματικά για την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με την αλμυρότητα, αλλά είναι ακριβά στη λειτουργία τους και παράγουν 50 % συγκεντρωμένο νερό προς απόρριψη. [2] [3]

Τα συστήματα αντιστροφής όσμωσης δεν απολυμαίνουν και δεν απομακρύνουν μικροβιοκτόνα και λιπάσματα. Οι αποσκλυντές νερού μειώνουν τη σκληρότητα του νερού και εξαφανίζουν προβλήματα βαφής με σίδηρο και μαγγάνιο αλλά δεν απομακρύνουν μικροβιοκτόνα, λιπάσματα και βαρέα

μέταλλα ούτε προσφέρουν απολύμανση. Επιλογές προεπεξεργασίας είναι διαθέσιμες για τα συστήματα αντίστροφης όσμωσης και για τους αποσκλήρυντες. Ωστόσο ο ένα απλό άτομο εμπορεύεται ένα σύστημα αντιστροφής όσμωσης η ένα αποσκλήρυνση χωρίς να μελετήσει τη καταλληλότητα του νερού που θα έχει από αυτά. [2] [3]

Η ηλιακή απόσταξη έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή χαμηλών ποσοτήτων, ασφαλών και καθαρών αποθεμάτων νερού σε απομακρυσμένες περιοχές. Οι ηλιακοί αποστακτήρες έχουν πολλά πλεονεκτήματα τα οποία περιλαμβάνουν ευρεία διάθεση ηλιακής ενέργειας, απλή και χαμηλού κόστους λειτουργία, σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης και χαμηλό κόστος κατασκευής. Οι Ghoneyem και Peri (1997), εκτίμησαν ότι ένας ικανού μεγέθους για παραγωγή ηλιακός αποστακτήρας μπορεί να παράγει νερό με  $\$20/\text{m}^3$ , ενώ οι Madani και Zaki (1995) εκτίμησαν ότι η αποτιμημένη παραγωγή νερού είναι τόσο χαμηλή ίση με  $\$2,4/\text{m}^3$ . Σύμφωνα με τον Bouchekima et al (1998), οι πρόσφατες βελτιώσεις στην τεχνολογία της ηλιακής απόσταξης την καθιστούν την ιδανική λύση για απομονωμένες περιοχές με ζήτηση νερού μικρότερη από  $50 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ . Όλες οι άλλες τεχνολογίες είναι ακριβές για αυτή τη μικρή κλίμακα. Ο Fath (1997) πιστεύει ότι οι ηλιακοί αποστακτήρες είναι η τεχνολογία επιλογής για ζήτηση νερού μέχρι  $200 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ . Η επικρατούσα αντίπαλη τεχνολογία είναι η αντίστροφη όσμωση η οποία έχει απαιτήσεις ενέργειας μεταξύ  $22 \cdot 10^6$  και  $36 \cdot 10^6 \text{ J}/\text{m}^3$  (6 και  $10 \text{ kWh}/\text{m}^3$ ) για το επεξεργαζόμενο νερό και επενδυτικά κόστη μεταξύ  $\$600$  και  $\$2000$  ανά  $\text{m}^3$ . Η περισσότερο συνηθισμένη τεχνολογία ηλιακής απόσταξης είναι η μιας βαθμίδας μονής βάσης ηλιακός αποστακτήρας με χαρακτηριστικό τη σχετικά μεγάλη θερμική μάζα (νερό στη βάση). Παραγωγή νερού από αποστακτήρες μιας βαθμίδας έχουν μελετηθεί σε βάθος και αρκετά σχέδια είναι διαθέσιμα στις ξηρές περιοχές του βορειοδυτικού Μεξικού, όπου τα αποθέματα νερού υψηλής ποιότητας σπανίζουν και η επιλογή της ηλιακής απόσταξης είναι οικονομικά εφαρμόσιμη (Palacio και Fernandes, 1993). [2] [3]

## 6.7 Αρχές λειτουργίας ηλιακών αποστακτηρών



Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί ένας ηλιακός αποστακτήρας.

Οι ηλιακοί αποστακτήρες είναι απλές συσκευές, κατασκευάζονται εύκολα και τοποθετούνται επίσης εύκολα σε οποιαδήποτε επίπεδη ή κεκλιμένη επιφάνεια, ανάλογα με τον τύπο του αποστακτήρα. Αποτελούνται στην απλούστερη μορφή τους, από μια λεκάνη η οποία περιέχει το προς εξάτμιση νερό και από ένα διαφανές κάλυμμα το οποίο επιτρέπει την διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Διαφανές κάλυμμα και λεκάνη σχηματίζουν ένα αεροστεγή χώρο όπου επιτελείται η διεργασία της εξάτμισης και της συμπύκνωσης. Παραπάνω βλέπουμε ένα απλό σχεδιάγραμμα διάταξης ασύμμετρου αποστακτήρα. [2] [3]

Η λειτουργία ενός ηλιακού αποστακτήρα τύπου λεκάνης βασικά γίνεται ως εξής. Μετά τις ανακλάσεις από το γυαλί και την απορρόφηση εσωτερικά του καλύμματος, η ηλιακή ακτινοβολία η οποία μεταφέρεται διαμέσου του διαφανούς μέσου υφίσταται ανάκλαση από την επιφάνεια του νερού, απορρόφηση από το στρώμα του νερού καθώς επίσης απορρόφηση και ανάκλαση από τη επιφάνεια των μαύρων τοιχωμάτων. Δεν χάνεται όλη η ενέργεια που ανακλάται από το νερό και τα μαύρα τοιχώματα της λεκάνης, επειδή ένα μέρος ανακλάται ξανά από το γυάλινο κάλυμμα. Ένα κλάσμα της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από το κάλυμμα εκπέμπεται στο νερό, σχηματίζοντας με την ανακλώμενη ακτινοβολία το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ως συνέπεια αυτών των διεργασιών έχουμε την θέρμανση του νερού σε μια θερμοκρασία κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του καλύμματος, η οποία ψύχεται από τον αέρα.

Από κει και πέρα το νερό ανταλλάσει θερμότητα με το κάλυμμα μέσω ταυτόχρονων διεργασιών μεταφοράς θερμότητας μέσω ακτινοβολίας, ελεύθερης μεταγωγής θερμότητας και μεταφοράς μάζας και θερμότητας με εξάτμιση. Θερμότητα χάνεται επίσης με αγωγή στο περιβάλλον δια μέσου της βάσης του αποστακτήρα και των πλευρών του. [2] [3]

Θερμότητα από το νερό που φτάνει στο κάλυμμα συν ένα μέρος από την ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από το κάλυμμα (και συνεπώς μετατρέπεται σε θερμότητα) διασκορπίζονται στην ατμόσφαιρα μέσω αγωγής και ακτινοβολίας μετά από την επαφή με το κάλυμμα. Το εξατμισμένο νερό το οποίο έρχεται σε επαφή με το γυαλί συμπυκνώνεται (οπότε η εσωτερική θερμοκρασία του σημείου δροσού είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του καλύμματος) και τρέχει στην εσωτερική επιφάνεια του γυαλιού όπου συγκεντρώνεται στο τέλος του καλύμματος. [2] [3]

Ως απορροφητικό συστατικό χρησιμοποιούνται διαφορά υλικά, όπως π.χ μαύρο χρώμα, μαύροι τάπητες από ελαστικό ή διαφορά πλαστικά υλικά, όπως επίσης και ειδικές κατεργασίες της επιφάνειας της λεκάνης εφόσον αυτή δεν είναι μεταλλική. Συχνά, σαν φθινό υλικό, χρησιμοποιείται τάπητας λινάτσας εμποτισμένης με άσφαλτο. [2] [3]

Το στρώμα του νερού συχνά διαφέρει ως προς το πάχος. Λεπτή στοιβάδα νερού θερμαίνεται γρήγορα και κατά τις ώρες της εντατικής ακτινοβολίας εξατμίζεται εξίσου γρήγορα αφήνοντας μια λεπτότατη στοιβάδα νερού η οποία ψύχεται ταχύτατα κατά την δύση του ήλιου σταματώντας την εξάτμιση. Αντίθετα όταν το πάχος της στοιβάδας του νερού είναι σημαντικό, εξατμίζεται μονό μικρό ποσοστό της ολικής μάζας του, το μεγαλύτερο ποσοστό της οποίας συγκρατεί την αισθητή θερμότητα που έχει συλλεχθεί κατά τη διάρκεια της ημέρας, επιτρέποντας την συνέχιση της εξάτμισης, με σταδιακά ελατούμενη ταχύτητα, και κατά την διάρκεια της νύχτας. Δηλαδή η ρύθμιση του πάχους της υδάτινης στοιβάδας επιτρέπει μια μερική αποθήκευση ενέργειας. [2] [3]

Μέσα στον αποστακτήρα η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλότερη από αυτήν του διαφανούς καλύμματος. Συνήθως η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται από 50 έως 70 °C ενώ τις ώρες της εντατικής ακτινοβολίας και εφ' όσον το υδάτινο στρώμα είναι λεπτό, φτάνει έως 80 °C. [2] [3]

Στον ελεύθερο χώρο κάτω από το γυάλινο κάλυμμα σχηματίζονται, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας νερού – καλύμματος, ρεύματα από μίγμα ατμών και αέρα. Το μίγμα ακριβώς κάτω από το κάλυμμα έχει χαμηλότερη θερμοκρασία και είναι ακόρεστο σε υδρατμούς ενώ στην επιφάνεια του νερού η θερμοκρασία του μίγματος είναι υψηλότερη, έχει μικρότερη πυκνότητα και είναι κορεσμένο σε υδρατμούς. Αυτό δημιουργεί ανοδικά ρεύματα του κορεσμένου σε υδρατμούς θερμού μίγματος προς την επιφάνεια του καλύμματος, όπου το μίγμα ψύχεται και μέρος των υδρατμών

συμπυκνώνεται, ενώ το υπόλοιπο μίγμα αναστρέφει την πορεία του και κινείται προς την επιφάνεια του νερού. [2] [3]

Το συμπύκνωμα των ατμών σχηματίζει ένα λεπτό υμένα στην εσωτερική επιφάνεια του καλύμματος το οποίο ρέει προς τα κανάλια συλλογής, όπου συλλέγεται ως αφαλατωμένο νερό. [2] [3]

Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ καλύμματος και επιφάνειας του νερού τόσο εντονότερος είναι ο σχηματισμός ανοδικών και καθοδικών ρευμάτων, επομένως η παραγωγή αποστάγματος είναι μεγαλύτερη. Συγχρόνως όμως κατ' αναλογία αυξάνουν και οι θερμικές απώλειες από τα διαφορά σημεία του αποστακτήρα. [2] [3]

Το διαφανές κάλυμμα αποτελείται είτε από γυαλί είτε από πλαστικό υλικό το οποίο κατεργάζεται κατάλληλα ως προς την εσωτερική του επιφάνεια, ώστε να διατρέχεται από το συμπύκνωμα. Πλαστικά τα οποία δεν διαβρέχονται από το συμπύκνωμα, σχηματίζουν στην επιφάνεια τους σταγόνες αφαλατωμένου νερού οι οποίες μεγαλώνουν σε μέγεθος καθώς το συμπύκνωμα συσσωρεύεται και επαναφέρονται, πέφτοντας με την βαρύτητα πίσω στην λεκάνη του αποστακτήρα. [2] [3]



**ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΠΟΣΤΑΚΤΗΡΑ ΣΕ ΣΠΙΤΙ ΔΙΠΛΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΘΕΜΟΣΙΦΩΝΑ**

Η ηλιακή απόσταξη έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή χαμηλών ποσοτήτων, ασφαλών και καθαρών αποθεμάτων νερού σε απομακρυσμένες περιοχές. Οι ηλιακοί αποστακτήρες έχουν πολλά πλεονεκτήματα τα οποία περιλαμβάνουν ευρεία διάθεση ηλιακής ενέργειας, απλή και χαμηλού κόστους λειτουργία, σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης και χαμηλό κόστος κατασκευής. [2] [3]

Η περισσότερο συνηθισμένη τεχνολογία ηλιακής απόσταξης είναι η μιας βαθμίδας μονής βάσης ηλιακός αποστακτήρας με χαρακτηριστικό τη σχετικά μεγάλη θερμική μάζα (νερό στη βάση). Παραγωγή νερού από αποστακτήρες μιας βαθμίδας έχουν μελετηθεί σε βάθος και αρκετά σχέδια είναι διαθέσιμα στις ξηρές περιοχές του βορειοδυτικού Μεξικού, όπου τα αποθέματα νερού υψηλής ποιότητας σπανίζουν και η επιλογή της ηλιακής απόσταξης είναι οικονομικά εφαρμόσιμη. [2] [3]



## 7. Υβριδικά συστήματα Φ/Β-ηλιακών συλλεκτών (PV-T)

### 7.1 Γενική περιγραφή υβριδικών Φ/Β – θερμικών συστημάτων

Όπως προαναφέρθηκε η ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία είναι μια καθαρή μορφή ενέργειας που ενδέχεται στο μέλλον να καλύπτει μεγάλο μέρος της ζήτησης της ενέργειας παγκοσμίως. [9]

Ένα σύστημα μπορεί να χρησιμοποιήσει την ηλιακή ακτινοβολία κυρίως με δυο τρόπους :

- Με μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε θερμική ενέργεια. Δηλαδή όταν ο θερμικός συλλέκτης του συστήματος θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και μεταφέρει αυτή την θερμότητα στο ρευστό που υπάρχει στο σύστημα.
- Με μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Σε αυτήν την περίπτωση ο συλλέκτης του συστήματος χρησιμοποιεί τις φ/β κυψέλες που διαθέτει ώστε η ηλιακή ενέργεια να μετατραπεί σε ηλεκτρική.

Βάση λοιπόν των δύο αυτών παραπάνω τρόπων εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας τα δύο αυτά διαφορετικά συστήματα μπορούν να συνδυαστούν και να δώσουν ένα νέο σύστημα, το φ/β-θερμικό υβριδικό ηλιακό σύστημα, του οποίου η ονομασία απευθύνεται σε συστήματα τα οποία έχουν θερμικούς συλλέκτες αλλά ταυτόχρονα χρησιμοποιούν φ/β κυψέλες σαν ολοκληρωμένο μέρος του συστήματος απορρόφησης. Το νέο υβριδικό σύστημα είναι σε θέση να παράγει ταυτόχρονα θερμική και ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία που έρχεται σε επαφή με τους νέους αυτούς συλλέκτες. [9]

Με την παραπάνω κατασκευή μπορεί να αξιοποιηθεί ο παράγοντας θέρμανσης του φ/β πλαισίου από την ηλιακή ακτινοβολία, χωρίς αυτός να μειώνει την ηλεκτρική αποδοτικότητα των φ/β κυψελών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι με την χρήση των υβριδικών φ/β-θερμικών συλλεκτών είναι δυνατή η απομάκρυνση της θερμότητας που αναπτύσσεται πάνω στην επιφάνεια των κυψελών και η εκμετάλλευση της ώστε να επιτυγχάνεται τελικά την ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. [9]

Τα φ/β-θερμικά υβριδικά συστήματα αποτελούνται συνεπώς από φ/β κυψέλες οι οποίες είναι συνδεδεμένες με συσκευές μετάδοσης θερμότητας. Η ολική ενέργεια που παράγεται από αυτά τα συστήματα (θερμική και ηλεκτρική) εξαρτάται από την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται το πλαίσιο, την θερμοκρασία περιβάλλοντος, την ταχύτητα

του ανέμου, την θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος και τον ρυθμό μεταφοράς της θερμότητας. [9]

Οι πρώτοι ερευνητές που μελέτησαν τα φ/β-υβριδικά ηλιακά συστήματα ήταν οι Kern και Russell το 1978 που ουσιαστικά έδωσαν και τις βασικές ιδέες του συστήματος με χρήση νερού ή αέρα σαν μέσο μετάδοσης θερμότητας. [9]

Το 1979 ο Florschuetz πρότεινε μια επέκταση του μοντέλου Hottel-Whiller για την ανάλυση ενός υβριδικού συστήματος. [9]

Το 1979 ο Hendrie παρουσίασε ένα μοντέλο ενός φ/β-θερμικού υβριδικού συστήματος χρησιμοποιώντας συμβατικές τεχνικές θερμικών συλλεκτών. [9]

Το 1981 ο Raghuraman παρουσίασε αριθμητικές μεθόδους που προβλέπουν τις αποδόσεις των υβριδικών φ/β-θερμικών ηλιακών συστημάτων. [9]

Το 1985 οι Cox και Raghuraman με την βοήθεια της χρήσης υπολογιστή μελέτησαν με προσομοίωση υβριδικά συστήματα που είχαν ως μέσον μεταφοράς θερμότητας αέρα. [9]

Το 1986 ο Lalovic πρότεινε ένα νέο τύπο διαφανούς κυψέλης άμορφου πυριτίου (a-Si) σαν μια βελτίωση για την μείωση του κόστους των υβριδικών φ/β-θερμικών ηλιακών συστημάτων. [9]

Το 1988 ο Loferski έδωσε αποτελέσματα για φ/β-θερμικό ηλιακό υβριδικό σύστημα που χρησιμοποιούσε αέρα. Το συγκεκριμένο σύστημα τοποθετήθηκε σε κτίριο με κατοικίες. [9]

Το 1991 ο Bhargava και το 1994 ο Prakash παρουσίασαν αποτελέσματα για τα υβριδικά φ/β-θερμικά συστήματα που αφορούσαν την επίδραση του ρυθμού παροχής αέρα, το μήκος του αεραγωγού, το μήκος και κλάσμα της επιφάνειας που καλύπτεται με απορροφητικές πλάκες στα συστήματα αυτά. [9]

Όσον αφορά τα υβριδικά φ/β-θερμικά συστήματα αέρα η θερμική τους απόδοση εξαρτάται από τον ρυθμό ροής του αέρα, το βάθος του αεραγωγού και το μήκος του συλλέκτη. Για υψηλότερες τιμές ροής του αέρα σε ένα υβριδικό φ/β-θερμικό σύστημα ένα μικρότερο μήκος αεραγωγού δίνει απόδοση  $\approx 55\%$  (οι αποδόσεις βασίζονται σε θεωρητικά μοντέλα). Τέλος και για τα δύο παραπάνω υβριδικά φ/β-θερμικά συστήματα σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση είναι η κατανομή των φ/β κυψελών μέσα στο πλαίσιο. [9]

Το 1994 ο Takashima πρότεινε την τοποθέτηση ενός φ/β πλαισίου πάνω σε ένα θερμικό συλλέκτη με την δημιουργία κενού μεταξύ του θερμικού συλλέκτη και του πλαισίου έτσι ώστε να υπάρχει ψύξη στο σύστημα. [9]

Το 1995 ο Bergene και ο Lonvik έδωσαν ένα λεπτομερές φυσικό μοντέλο και αλγορίθμους για ποσοτική πρόβλεψη της απόδοσης του υβριδικού φ/β-θερμικού συστήματος. [9]

Με την χρήση υβριδικών φ/β-θερμικών συστημάτων με συγκεντρωτικούς συλλέκτες επιτυγχάνεται μείωση του κόστους στα φ/β αφού τα πάνελ μπορούν να συγκεντρώνουν μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα να υπάρχει αύξηση στην απόδοση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση λιγότερων πλαισίων. Όμως χρειάζεται να γίνουν και κάποιες ανάλογες ρυθμίσεις στο σύστημα. Τα συστήματα που χρειάζονται τους ανακλαστήρες είναι κυρίως φωτοσκιασμένες εγκαταστάσεις σε κτίρια. Οι σταθεροί κατοπτρικοί ενισχυτικοί ανακλαστήρες μπορεί να είναι μια καλή εναλλακτική λύση όμως ο συνδυασμός τους με φ/β στοιχεία δεν είναι εύκολος, και αυτό λόγω της ποικιλότητας της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας που καταλήγει σε μια μη σταθερή πυκνότητα φωτισμού στην επιφάνεια του φ/β μειώνοντας έτσι την ηλεκτρική απόδοση του συστήματος. [9]

Ένα σημαντικό μέρος που είναι αποφασιστικό για την κοστολόγηση ενός υβριδικού φ/β-θερμικού συστήματος είναι η φ/β κυψέλη. Η έκταση των φ/β κυψελών που απαιτεί ένα υβριδικό φ/β-θερμικό ηλιακό σύστημα το οποίο θα παράγει ταυτόχρονα θερμότητα και ηλεκτρισμό εξαρτάται από το ποσό της ενέργειας που απαιτεί το ρευστό ώστε να κινείται μέσα στο σύστημα και να μπορεί να δεσμεύει την θερμότητα από τις φ/β κυψέλες. Μια ακόμη τεχνική για την μείωση του κόστους είναι η χρήση ηλιακού συστήματος συγκέντρωσης στο σύστημα. Το 1991 ο Garg παρουσίασε την επίδραση που έχουν οι ενισχυτές ακτινοβολίας σε ένα φ/β. [9]

Μεταξύ του 1998 και 2000 ο Garg και ο Adhikari ολοκλήρωσαν και παρέδωσαν την ανάλυση της απόδοσης ενός υβριδικού φ/β-θερμικού συλλέκτη με ολοκληρωμένο κύκλωμα αυλακώσεων με Σ.Π.Σ. [9]

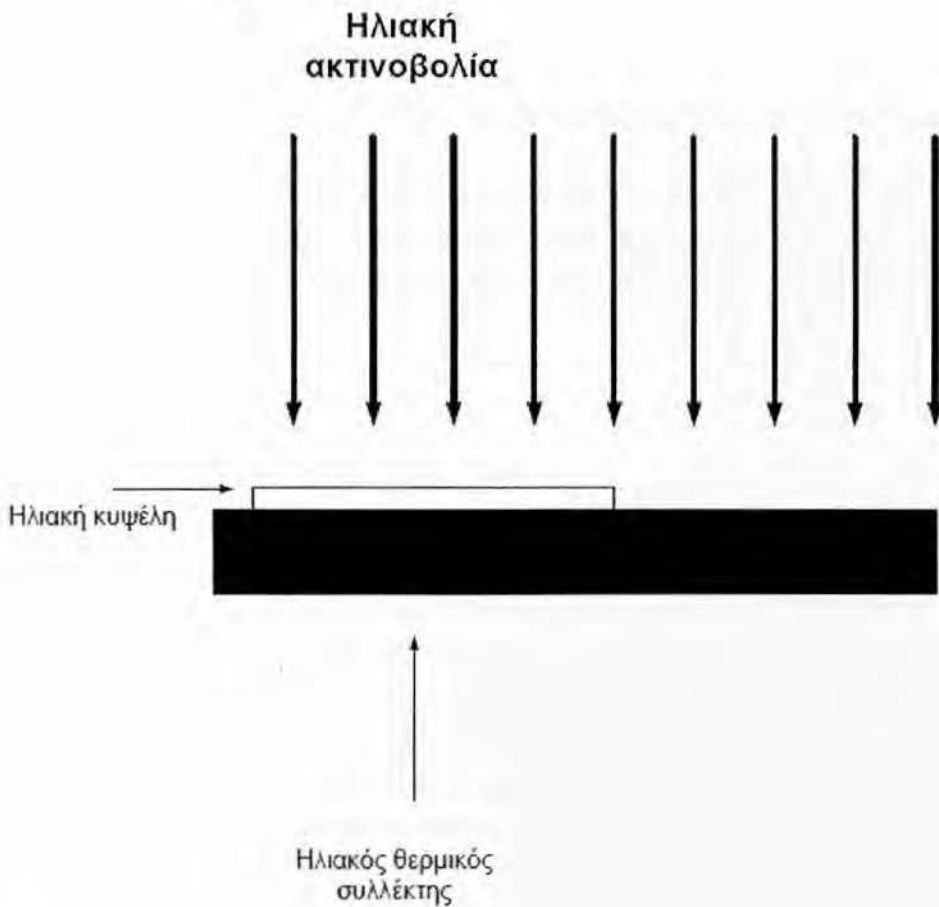
Και οι δύο παραπάνω μελέτες έδειξαν ότι η ολική απόδοση με ανακλαστήρα είναι λίγο μεγαλύτερη από ότι η απόδοση σε συστήματα χωρίς ανακλαστήρες. Λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας το μέσο επίπεδο και η θερμοκρασία των φ/β κυψελών αυξήθηκε. Αφού τέθηκε σε λειτουργία το σύστημα με ανακλαστήρα, παρατηρήθηκε αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση της ηλεκτρικής αποδοτικότητας. [9]

## 7.2 Αρχές λειτουργίας – σχεδίαση Φ/Β – θερμικού ηλιακού συστήματος

Όπως αναφέρεται και παραπάνω τα υβριδικά φ/β συστήματα άρχισαν να ερευνώνται εκτενώς ήδη από το 1978, θεωρητικά αλλά και πρακτικά. Μέσω λοιπόν των μελετών αποδείχθηκε

ότι τέτοιου είδους υβριδικά συνδυασμένα συστήματα είναι πιο αποδοτικά στην παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας σε σύγκριση με την κάθε τεχνική ξεχωριστά . [9]

Συνήθως για να κατασκευαστεί ένα υβριδικό σύστημα πρέπει η ηλιακή κυψέλη και ο ηλιακός θερμικός συλλέκτης να μην έχουν το ίδιο μέγεθος. Όπως στο Σχήμα α, η κυψέλη είναι μικρότερη του θερμικού συλλέκτη. Με την διάταξη αυτή παρατηρείται καλύτερη λειτουργία και απόδοση στο σύστημα. [9]



Σχήμα α: Σχηματική απεικόνιση απλού υβριδικού συστήματος

Η ηλιακή ακτινοβολία προσκρούει στο σύστημα το οποίο αποτελείται από ηλιακή κυψέλη και έναν θερμικό συλλέκτη. Λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειας του θερμικού συλλέκτη το σύστημα παράγει ταυτόχρονα περισσότερη ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Αυτό συμβαίνει γιατί η θερμική απόδοση του συστήματος αυξάνεται, αφού απορροφά ο

θερμικός συλλέκτης ηλιακή ακτινοβολία αλλά και θερμότητα από την κυψέλη κάνοντας αποδοτικότερη την μετατροπή της σε ηλεκτρική. [9]

Έτσι λοιπόν η θερμική ισχύς που παράγεται από το σύστημα είναι:

$$P_{p\theta} = G \cdot (1 - R) \cdot (1 - n)$$

Η ενέργεια μεταφέρεται με θερμικό συντελεστή και με την απόδοση να είναι 0.5 - 0.7 το οποίο χαρακτηρίζει τον ηλιακό θερμικό συλλέκτη (Η.Θ.Σ).

Η συνολική θερμότητα που παίρνει ο συλλέκτης είναι :

$$W_h = Gn_c \cdot [(1 - R) \cdot (1 - n) \cdot A_p + (A_c - A_p)] = Gn_c \cdot A_c \cdot [1 - A_p / A_c \cdot (R + n + Rn)]$$

Θεωρείται ότι η απόδοση στον συλλέκτη είναι η ίδια στο κομμάτι που εκτίθεται στην ακτινοβολία και ίδια στο κομμάτι του θερμικού συλλέκτη που καλύπτεται από την φ/β κυψέλη. Άρα η θερμική αποδοτικότητα  $n_c$  του (Η.Θ.Σ) στο φ/β υβριδικό σύστημα θα είναι:

$$n_c^* = n_c \cdot [1 - A_p / A_c \cdot (R + n + Rn)]$$

Η ηλεκτρική απόδοση της ηλιακής κυψέλης είναι συνήθως της τάξης του -10% έως 20%, ο συντελεστής ανάκλασης είναι συνήθως ο ίδιος όταν χρησιμοποιούνται καλύμματα αντί-ανάκλασης, αλλιώς κυμαίνεται από 30-35%, και ο συντελεστής  $(R + n + Rn)$  θα είναι από 0.2-0.6. Συνεπώς εάν ο παραπάνω συντελεστής είναι κοντά στο 1 θα υπάρχουν μεγάλες θερμικές απώλειες από το (Η.Θ.Σ), έτσι λοιπόν η αναλογία πρέπει να είναι σημαντικά μικροτερη του 1. Όπου  $A_p/A_c \leq 0,25$  (επιφάνεια ηλιακού θερμικού συλλεκτη προς επιφάνεια κυψελής). [9]

Η ολική ισχύς (θερμική και ηλεκτρική) είναι:

$$W_{tot} = Gn_c \cdot A_c \cdot [1 - A_p / A_c \cdot (R \cdot (1 + n/n_c) - n \cdot (n_c^{-1} + R - 1))]$$

Σημαντικός παράγοντας σε τέτοια συστήματα είναι ότι η αποδοτικότητα υβριδικών συλλεκτών εξαρτάται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με την θερμότητα που παράγει ο ηλιακός συλλέκτης. Έτσι λοιπόν η ολική απόδοση ενός

τέτοιου συλλέκτη μπορεί να υπολογιστεί σαν το άθροισμα της ποσότητας ηλεκτρικής και θερμικής απόδοσης που παράγει ένα τέτοιο σύστημα. [9]

Ο Bosanac όρισε την ηλεκτρική απόδοση σαν το ολικό ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που αποδίδεται για ένα χρόνο. Τα αποτελέσματα υπολογίστηκαν από τον 1ο θερμοδυναμικό νόμο και 2ο θερμοδυναμικό νόμο και η απελευθερωμένη ενέργεια σαν η ολική ενέργεια που ελευθερώνει σε ένα χρόνο και είναι μέρος της ενέργειας που, θεωρητικά έστω, θα μπορεί να μετατραπεί ώστε να λειτουργεί σαν μια διαδικασία. [9]

Ο Coventry υποστηρίζει ότι η απελευθερωμένη ενέργεια, γνωστή και ως διαθέσιμη, ορίζεται σαν το μέγιστο θεωρητικό έργο που δεσμεύει το σύστημα αφού γυρνάει για έρθει σε ισοροπία με το περιβάλλον. Ο φορέας της θερμικής ενέργειας σχετίζεται με το αν το φ/β υβριδικό σύστημα χρησιμοποιεί αέρα ή νερό για μέσο μετάδοσης θερμότητας.[9]

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ένα υβριδικό φ/β-σύστημα χρησιμοποιεί την θερμότητα που αποκτούν τα φ/β στοιχεία κατά την έκθεση τους στον ήλιο ενώ ταυτόχρονα παράγεται θερμότητα μετατρέποντας την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει, μέσω χρήσης (Η.Θ.Σ), και διοχετεύεται η ολική θερμότητα σε ένα ρευστό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς, όπως για θέρμανση αέρα ή νερού. [9]

### 7.3 Παράμετροι απόδοσης ενός υβριδικού φ/β-θερμικού ηλιακού συστήματος

Οι παράμετροι της απόδοσης για ένα υβριδικό φ/β-θερμικό ηλιακό σύστημα καθορίζονται σύμφωνα με τους όρους της αποδοτικότητας των ηλιακών κυψελών και της θερμικής αποδοτικότητας του συστήματος, βάση των παρακάτω εξισώσεων. Η απόδοση των ηλιακών κυψελών εξαρτάται από την θερμοκρασία της κυψέλης

$$n_{pv} = n_{ref} \cdot [1 - 0.0054 \cdot (T_{pan} - T_{ref})]$$

Από την παραπάνω εξίσωση η ενδιάμεση θερμοκρασία  $T_{pan}$

Από την παραπάνω εξίσωση η ενδιάμεση θερμοκρασία  $T_{pan}$  υπολογίζεται με ολοκλήρωση της  $T_p(x)$  από την :

$$T_{pan} = \frac{\int_0^{x=L} T_p(x) dx}{\int_0^{x=L} dx}$$

Η στιγμιαία θερμική αποδοτικότητα του συστήματος είναι:

$$n_{thermal} = \frac{\int m^o \cdot C_f \cdot (T_{out} - T_i) \cdot dt}{CR \cdot \int S_{tot} \cdot dt}$$

Συνεπώς οι συνδυαζόμενες θερμικές και ηλεκτρικές αποδοσίες του φ/β συστήματος δίνουν το σύνολο της ενεργειας που θα παραχεται:

$$n_{pvt} = \frac{\int m^o \cdot C_f \cdot (T_o - T_i) \cdot dt + \int P_E \cdot dt}{CR \cdot \int S_{tot} \cdot dt} = n_{th} + n_{pv}$$

#### 7.4 Η σημασία του ρευστού σε ένα υβριδικό Φ/Β σύστημα

Το υβριδικό σύστημα περιέχει στην κατασκευή του κάποιο ρευστό το οποίο λειτουργεί ως μέσο μεταφοράς θερμότητας για το φ/β στοιχείο, παρουσιάζοντας αύξηση στην ηλεκτρική του απόδοση, ενώ ταυτόχρονα το θερμαινόμενο ρευστό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εφαρμογές. Το ρευστό είναι συνήθως νερό ή αέρας. Το ρευστό που χρησιμοποιείται πιο συχνά σαν ψυκτικό μέσο είναι ο αέρας ο οποίος κρατάει την ηλεκτρική αποδοτικότητα σε αποδεκτά επίπεδα ενώ ταυτόχρονα είναι απλό στην λειτουργία και ο κόστος του είναι πολύ χαμηλό. Το κόστος χρήσης του αέρα σαν ψυκτικό μέσο ανεβαίνει όταν χρησιμοποιείται αντλία για εξαναγκαζόμενη κυκλοφορία μέσα στο σύστημα ενώ παράλληλα μειώνεται και η ολική απόδοση. [9]

Σε αντίθεση με το νερό, σαν ρευστό, ο αέρας δεν παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα. Εάν στο σύστημα χρησιμοποιείται νερό μπορεί να αποφευχθεί το παραπάνω πρόβλημα με την τοποθέτηση ενός εναλλάκτη θερμότητας στο πίσω μέρος του φ/β. [9]

Γενικά λοιπόν η θερμοκρασία λειτουργίας εναλλάκτη σε ένα υβριδικό σύστημα επιδρά άμεσα την ολική του απόδοση (θερμική απόδοση+ηλεκτρική απόδοση). Για να πάρει μέγιστες τιμές η ηλεκτρική απόδοση του συστήματος πρέπει η φ/β κυψέλη να λειτουργεί σε χαμηλή θερμοκρασία και κάτω από ορισμένες συνθήκες. [9]

Οι συνθήκες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν είναι η ένταση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα και η ταχύτητα του ανέμου. Βάση αυτών η βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση του ρευστού μετάδοσης θερμότητας στην δυνατόν χαμηλότερη θερμοκρασία του στην είσοδο του συστήματος και με την χρήση ενός κατάλληλου ρυθμού ροής για το εκάστοτε ρευστό. Με αυτή την χρήση αποκτώνται τιμές θερμοκρασιών εξόδου οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για άλλες λειτουργίες όπως την θέρμανση χώρων, προθέρμανση πισινών καθώς και για προθέρμανση ρευστών για χρήση σε βιομηχανίες. [9]

Η τοποθέτηση ενός υβριδικού φ/β-θερμικού συστήματος είναι πιο συμφέρουσα οικονομικά σε κτίρια τα οποία έχουν χαμηλή έκθεση στον ήλιο και κατ'επέκταση χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος οπότε ανάγκες θέρμανσης υπάρχουν για όλη την διάρκεια του έτους. [9]

Εάν η τοποθεσία παρουσιάζει υψηλές τιμές ή καλές τιμές προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, τότε θα παρουσιάζονται υψηλές τιμές θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ένα υβριδικό φ/β-θερμικό σύστημα είναι μια πολύ καλή επιλογή. Αφού μέσω του ρευστού, που χρησιμοποιεί ως μεταφορέα θερμότητας, μπορεί να διαχειρίζεται την αύξηση της θερμοκρασίας στο πλαίσιο. Το ρευστό πρέπει όμως να επιλέγεται βάσει των θερμικών αναγκών για την εκάστοτε εφαρμογή. [9]

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι ανάλογα με το είδος του ρευστού που χρησιμοποιείται ως μέσο μεταφοράς θερμότητας σε ένα υβριδικό σύστημα και ανάλογα με την λειτουργία που ζητάτε από το σύστημα οι αποδόσεις κάποιων λειτουργιών αλλάζουν ενώ συνήθως η ηλεκτρική απόδοση παραμένει σε ανεκτά επίπεδα. [9]

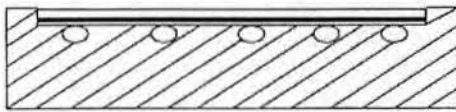
## 7.5 Μοντέλα υβριδικών Φ/Β - θερμικών συστημάτων

Η κατασκευή των υβριδικών φ/β-θερμικών συστημάτων στηρίζεται στην χρήση εμπορικών φ/β κυψελών κυρίως των τύπων pc-Si και a-Si. Υπάρχουν τα φ/β που έχουν και τις δύο επιφάνειες τους ελεύθερες (φ/β-ελεύθερα=PV/FREE) στην εξωτερική περιβάλλουσα θερμοκρασία. Τα συστήματα που χρησιμοποιούν το νερό ως ρευστό μεταφοράς θερμότητας (φ/β-νερού=PV/WATER), τα συστήματα που χρησιμοποιούν τον αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας (φ/β-αέρα=PV/AIR), τα φ/β-νερού στα οποία τοποθετείται επιπρόσθετη κάλυψη γυαλιού (φ/β-νερού+κάλυψης=PV/WATER+GL), τα συστήματα αέρα φ/β-αέρα που έχουν και αυτά επιπρόσθετη κάλυψη γυάλινης επιφάνειας (φ/β-αέρα+κάλυψης=PV/AIR+GL) καθώς και αυτά με νερό και αέρα που συνδυάζουν τα παραπάνω αλλά χρησιμοποιούν και διαχεόμενους ενισχυτικούς ανακλαστήρες (φ/β-νερού+κάλυψης+Δ.Ε.Α=PV/WATER+GL+REF)(φ/β αέρα+κάλυψης+Δ.Ε.Α=PV/AIR+GL+REF). [9] [7]

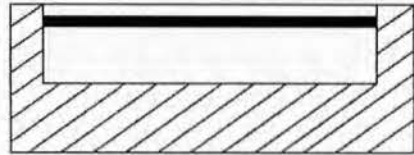


Στο Σχήμα γ παρουσιάζεται η κατασκευή των

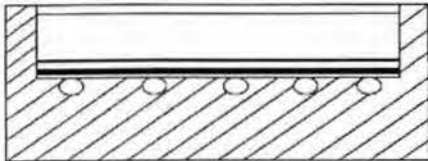
- (Α) φ/β-νερού
- (Β) φ/β-νερού+κάλυψης
- (Γ) φ/β-αέρα
- (Δ) φ/β-αέρα+κάλυψης



Α



Γ



Β

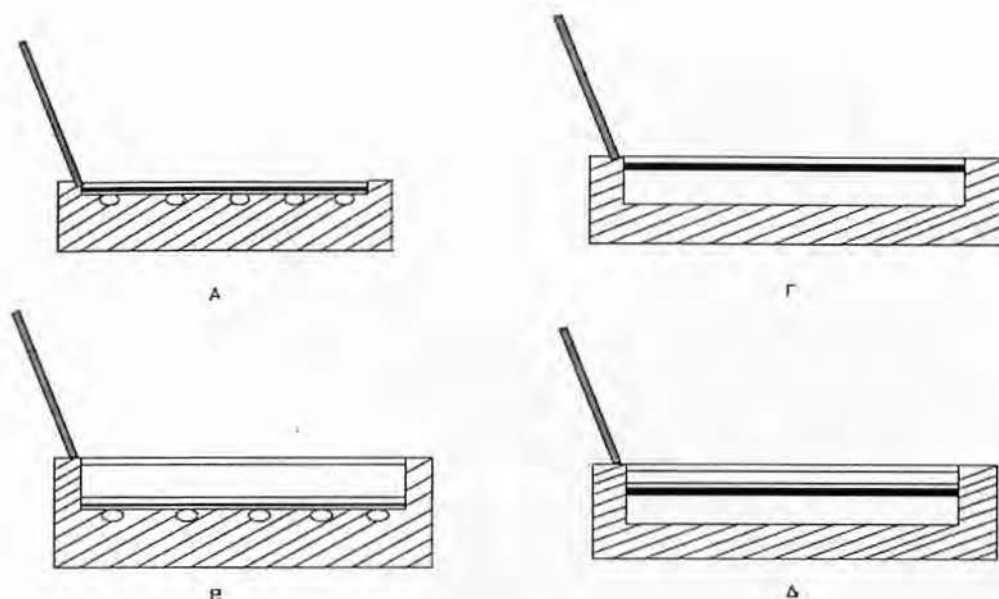


Δ

Σχίμα γ: Σηηματικές απεικονίσεις διοφορών φ/β- υβριδικών συστηηατών.

Ενώ στο Σχίμα δ παρουσιάζεται η κατασκευή των

- (Α) φ/β-νερού+Δ.Ε.Α
- (Β) φ/β-νερού+κάλυψης+Δ.Ε.Α
- (Γ) φ/β-αέρα+Δ.Ε.Α
- (Δ) φ/β-αέρα+κάλυψης+Δ.Ε.Α

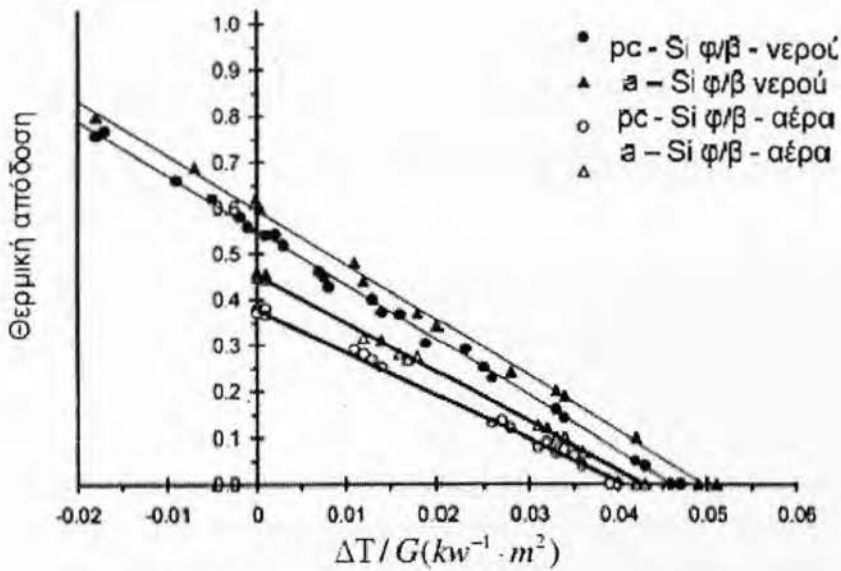


Σχημα δ: Σχηματικές απεικονίσεις διαφορετικών φ/β-υβριδικών συστημάτων με την προσθήκη Δ.Ε.Α.

## 7.6 Υβριδικά Φ/Β συστήματα με χρήση διαφορετικών τυπών φ/β στοιχείων

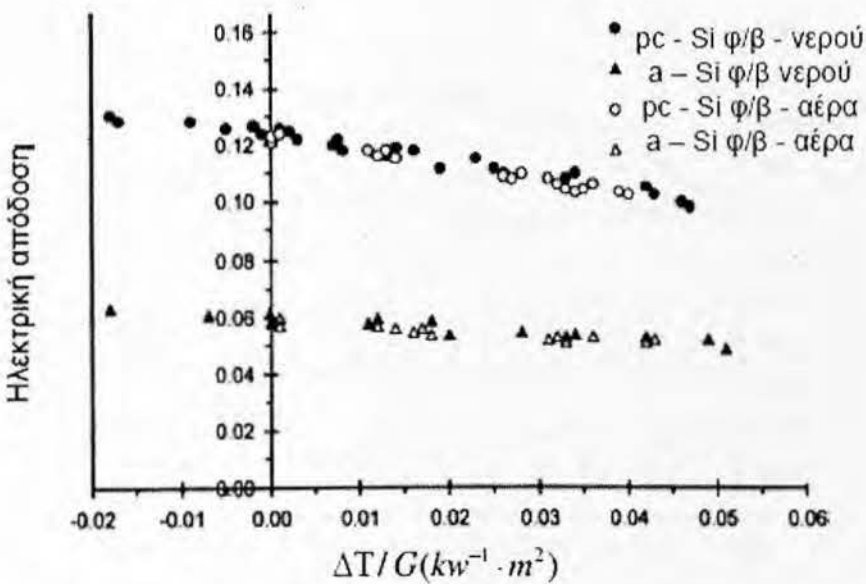
Τα υβριδικά – θερμικά συστήματα έχουν εξεταστεί πειραματικά βάσει της ηλεκτρικής και θερμικής τους εξόδου. Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν φ/β κυψέλες τύπου a-Si (άμορφης σιλικόνης) και pc-Si (πολυκρυσταλλικής σιλικόνης) και προσαρμόστηκαν στα δύο βασικά μοντέλα. Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά είχαν ως μέσο μετάδοσης θερμότητας το νερό, φ/β-νερού (aSi φ/β-νερού, pc-Si φ/β-νερού) και τα άλλα είχαν ως μεταφορέα θερμότητας τον αέρα, φ/β- αέρα (a-Si φ/β-αέρα, pc-Si φ/β-αέρα). [9] [7]

Στο Σχήμα ε δίνονται τα αποτελέσματα για την θερμική απόδοση ( $\eta_{th}$ ) των συστημάτων όταν αυτά βρίσκονται σε λειτουργία. [9] [7]



Σχημα ε: Αποτελέσματα θερμικής απόδοσης για τα συστήματα a-Si φ/β-νερού, pc-Si φ/β-νερού και a-Si φ/β-αέρα, pc-Si φ/β αέρα.

Στο σχημα στ δίνονται οι ηλεκτρικές αποδοσίες (η<sub>el</sub>) για τα συστήματα σε κατάσταση λειτουργίας



Σχημα στ: Αποτελέσματα ηλεκτρικής αποδοτικότητας για τα συστήματα a-Si φ/β-νερού, pc-Si φ/β-νερού και a-Si φ/β-αέρα, pc-Si φ/β-αέρα.

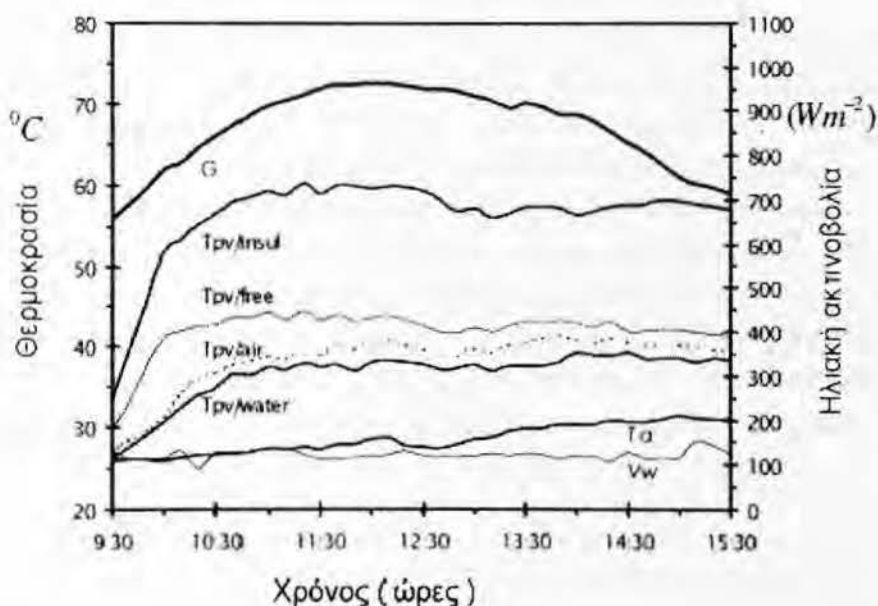
Και στα δύο παραπάνω σχήματα η απόδοση (ηλεκτρική και θερμική) είναι συνάρτηση της αναλογίας  $\Delta T / G$ , όπου  $G$  η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. [9] [7]

## 7.7 Σύγκριση υβριδικών Φ/Β-θερμικών συστημάτων με απλά Φ/Β συστήματα

Τα απλά φ/β συστήματα διακρίνονται σε φ/β-ελεύθερων επιφανειών (PV/FREE) που έχουν και τις δύο πλευρές τους ελεύθερες στο περιβάλλον και σε συστήματα φ/β-μόνωσης (PV/INSUL) όπου η μια πλευρά του φ/β είναι καλυμμένη με μονωτικό υλικό. [9] [7]

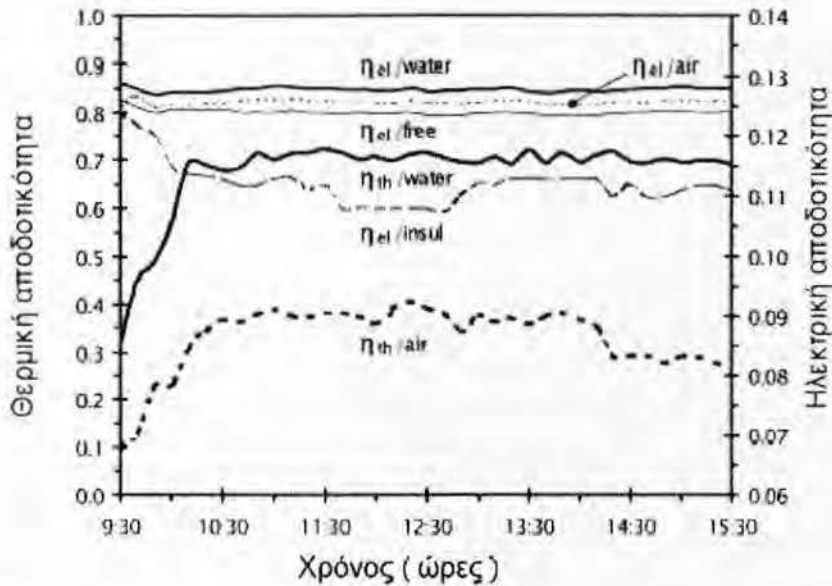
Για να δοθούν επαρκή συμπεράσματα στο ποιο είδος φ/β παρέχει περισσότερη ολική εξαγόμενη ενέργεια συγκρίθηκαν τα απλά φ/β συστήματα (φ/β-ελεύθερων επιφανειών, φ/β-μόνωσης) με τα υβριδικά συστήματα τα οποία παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Για γίνει σωστή αξιολόγηση στα απλά φ/β συστήματα χρησιμοποιούνται φ/β κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου (οι οποίες χρησιμοποιούνται τα υβριδικά συστήματα) και όλα τα συστήματα δοκιμάζονται ταυτόχρονα σε ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος, για την ίδια χρονική περίοδο 9:30 έως 15:30 όλα τα συστήματα είναι ακίνητα, έχουν την ίδια κλίση  $40^\circ$  και ίδιο νότιο προσανατολισμό (σαν ηλιακό μεσημέρι θεωρείται η ώρα 12:30). [9] [7]

Έτσι λοιπόν παρουσιάζονται γραφικά, όπως φαίνεται στο Σχήμα α1, οι εναλλαγές στην θερμοκρασία για τα απλά φ/β συστήματα (φ/β-ελεύθερων επιφανειών, φ/β-μόνωσης) και για τα υβριδικά φ/β-θερμικά συστήματα (φ/β-νερού, φ/β-αέρα) βάση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος  $T_a$ , την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία  $G$



Σχήμα α1: Θερμοκρασίες για τα φ/β συστήματα που χρησιμοποιούμε απλά και υβριδικά συναρτησεις της θερμοκρασίας περιβάλλοντος της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ενώ στο Σχήμα α2 δίνονται οι αντίστοιχες ηλεκτρικές αποδόσεις για τις ίδιες περιόδους λειτουργίας και ίδιες παραμέτρους



Σχήμα α2: Σχέση της θερμικής και ηλεκτρικής απόδοσης των απλών φ/β και υβριδικών φ/β - θερμικών συστημάτων για τις ίδιες ώρες λειτουργίας.

Στο Σχήμα α1 παρατηρείται ότι σε συνάρτηση της ηλιακής ακτινοβολίας, ταχύτητας ανέμου και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος το σύστημα το οποίο παρουσιάζει την υψηλότερη θερμοκρασία είναι το απλό σύστημα φ/β-μόνωσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μονωτικό υλικό απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία η οποία και αυξάνει την θερμοκρασία του υλικού. Το σύστημα του φ/β με τις δύο ελεύθερες επιφάνειες στο περιβάλλον (φ/β-ελεύθερων επιφανειών) δέχεται θερμότητα τόσο από το περιβάλλον και την θερμοκρασία που αποκτάει από την εισερχόμενη προσπίπτουσα σε αυτό ηλιακή ακτινοβολία. Τα υβριδικά φ/β-θερμικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός του ρευστού που χρησιμοποιείται ως μέσο μετάδοσης θερμότητας και απομακρύνει μέρος της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στις κυψέλες και το πλαίσιο. [9] [7]

Όπως είναι ήδη γνωστό η θερμοκρασία είναι ένας από τους παράγοντες που επηρεάζει την ηλεκτρική απόδοση ενός φ/β. Έτσι λοιπόν στο Σχήμα α2 δίνεται ότι οι ηλεκτρικές αποδόσεις των υβριδικών φ/β συστημάτων (φ/β-νερού και φ/β-αέρα) είναι σημαντικά υψηλότερες από ότι οι αποδόσεις των απλών φ/β συστημάτων (φ/β-ελεύθερων επιφανειών και φ/β-μόνωσης). [9] [7]

Οι ηλεκτρικές αποδόσεις  $\eta_{el}$  που μας δίνονται σε αριθμούς είναι για το απλο  $\phi/\beta$  μόνωσης  $\eta_{μόνωσης}=0.113$ , το  $\phi/\beta$ -ελευθερών επιφανειών  $\eta_{ελ-επιφ}=0.124$  ενώ για τα υβριδικά  $\phi/\beta$ -θερμικά συστήματα,  $\phi/\beta$ -νερού  $\eta_{νερού}=0.128$  και  $\phi/\beta$ -αέρα  $\eta_{αέρα}=0.126$ . [9]

Όλες οι παραπάνω μετρήσεις γίνονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_a=29^\circ C$  και υπό τις ίδιες ηλιακές συνθήκες, γίνονται μετρήσεις στα ίδια συστήματα για θερμές καιρικές συνθήκες με  $T_a=35^\circ C$  και ψυχρές καιρικές συνθήκες με  $T_a=15^\circ C$ . Αυτά τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα β1. [9] [7]

$T_a (^\circ C)$	$G (W \cdot m^2)$	$\phi/\beta$ – νερού		$\phi/\beta$ – αέρα	
		$T_{\phi/\beta} (^\circ C)$	$\eta_{el}$	$T_{\phi/\beta} (^\circ C)$	$\eta_{el}$
15.0	850	32.0	0.134	31.9	0.134
29.0	910	38.1	0.128	41.2	0.126
35.0	898	47.2	0.123	48.4	0.121
$T_a (^\circ C)$	$G (W \cdot m^2)$	$\phi/\beta$ – ελ.επιφάν.		$\phi/\beta$ - μόνωσης	
		$T_{\phi/\beta} (^\circ C)$	$\eta_{el}$	$T_{\phi/\beta} (^\circ C)$	$\eta_{el}$
15.0	850	33.9	0.132	50.2	0.118
29.0	910	42.7	0.124	55.2	0.113
35.0	898	54.1	0.114	68.7	0.098

**Πίνακας β1:** Αποτελέσματα για συγκρινόμενα συστήματα σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες ( $T_{\phi/\beta}$ =θερμοκρασία και  $\eta_{el}$ =θερμική απόδοση).

Βάση όλων αυτών των στοιχείων είναι προφανές ότι η χρήση υβριδικών  $\phi/\beta$ -θερμικών συστημάτων είναι συμφέρουσα αφού επιτρέπει την αύξηση της ηλεκτρικής απόδοσης ενός τέτοιου συστήματος ενώ παράλληλα αξιοποιεί την αύξηση θερμοκρασίας στο  $\phi/\beta$  πλαίσιο παρέχοντας καλές θερμικές αποδόσεις. Να σημειωθεί ότι τα υβριδικά  $\phi/\beta$  συστήματα που χρησιμοποιούν νερό ή θερμοκρασία εισόδου του ρευστού πρέπει να είναι πολύ χαμηλότερη [9] [7]

από την θερμοκρασία περιβάλλοντος έτσι ώστε να μην επηρεάζεται η λειτουργία του συστήματος. [9] [7]

Με παρουσίαση των αποτελεσμάτων στις παραπάνω παραγράφους και από τον πίνακα β1 γίνεται προφανές γιατί τα υβριδικά φ/β-θερμικά συστήματα είναι πιο αποδοτικά από τα συμβατικά φ/β συστήματα. Παρατηρείται πως στα υβριδικά φ/β-θερμικά συστήματα όσο αυξάνεται η θερμοκρασία στο φ/β πλαίσιο υπάρχει αύξηση στην ηλεκτρική απόδοση ενώ στα απλά φ/β λόγω αυτής της αύξησης της θερμοκρασίας υπάρχει μείωση της ηλεκτρικής απόδοσης. [9] [7]

Τα υβριδικά συστήματα που χρησιμοποιούν επιπλέον κάλυψη γυάλινης επιφάνειας αυξάνουν την θερμική τους απόδοση κατά 30% ενώ μειώνουν ταυτόχρονα της οπτικές απώλειες τους κατά 16%. Τα συστήματα αυτά προσφέρουν μεγαλύτερη θερμική απόδοση. Μπορεί η ηλεκτρική τους απόδοση να είναι μικρότερη σε σχέση με άλλα υβριδικά συστήματα όμως κινείται σε αποδεκτά επίπεδα. [9]

Τα υβριδικά συστήματα που έχουν διαχεόμενους ενισχυτικούς ανακλαστήρες (Δ.Ε.Α) παρουσιάζουν αυξημένη ηλεκτρική απόδοση από τα απλά φ/β ενώ παράλληλα έχουν και καλή θερμική απόδοση. [9] [7]

Τέλος τα υβριδικά συστήματα που χρησιμοποιούν και επιπλέον γυάλινη επικάλυψη και Δ.Ε.Α παρουσιάζουν την καλύτερη παραγωγή ενέργειας εάν συγκριθούν με τα βασικά υβριδικά φ/β-θερμικά συστήματα (φ/β-θερμικά συστήματα νερού ή αέρα) Τα υβριδικά φ/β-νερού συστήματα μπορούν να χρησιμοποιούνται για προθέρμανση νερού σε κατοικίες, βιομηχανίες, σε πισίνες κ.α. Ενώ τα υβριδικά φ/β-αέρα κυρίως εξυπηρετούν την θέρμανση χώρων και τον φυσικό εξαερισμό κατοικιών, βιομηχανιών κ.α. [9] [7]

Φυσικά ένας σημαντικός παράγοντας στην επιλογή του συστήματος είναι ο οικονομικός. Το κόστος λοιπόν για μια τέτοια θερμική υβριδική φ/β μονάδα νερού είναι 10% παραπάνω από ένα απλό φ/β ενώ μια υβριδική θερμική φ/β μονάδα αέρα είναι περίπου 8% ακριβότερη από ένα απλό φ/β σύστημα. [9]

Στον πίνακα β2 δίνονται συνοπτικά οι συγκρίσεις των παραπάνω συστημάτων

Συμβατικά φ/β συστήματα	Υβριδικά με επιπλέον κάλυψη γυαλιού	Υβριδικά με Δ.Ε.Α	Υβριδικά με επιπλέον κάλυψη γυαλιού και Δ.Ε.Α
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Παραγωγή μόνο ηλεκτρικής ενέργειας.</li> <li>➤ Παραγωγή μόνο θερμικής ενέργειας.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας</li> <li>➤ Αυξημένη θερμική απόδοση</li> <li>➤ Ηλεκτρική απόδοση μειωμένη, αλλά σε αποδεκτά επίπεδα..</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας</li> <li>➤ Αυξημένη ηλεκτρική απόδοση.</li> <li>➤ Θερμική απόδοση σε αποδεκτά επίπεδα.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας</li> <li>➤ Αυξημένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής απόδοσης, αυξημένη ολική απόδοση.</li> </ul>

Πίνακας β2: Συγκρίσεις υβριδικών συστημάτων

## 7.8 Εφαρμογές υβριδικών φ/β-θερμικών συστημάτων για οικιακή χρήση

Τα υβριδικά φ/β συστήματα μπορούν και χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες εκεί όμως η λειτουργία τους δεν είναι απόλυτη αλλά βοηθάει κατά ένα μέρος σε ορισμένες βιομηχανικές εργασίες.



Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιούνται όμως και για την κάλυψη αναγκών ενεργειακά μικρότερων από αυτές μιας βιομηχανίας όπως η εγκατάσταση τους σε κατοικίες, γραφεία, σύμπλοκα κατοικιών κ.α και να καλύπτουν σημαντικό μέρος των αναγκών σε θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Οι περισσότερες κατοικίες χρησιμοποιούν ήδη θερμοσίφωνες για παραγωγή ζεστού νερού, οι θερμοσίφωνες μπορούν να αναφερθούν ως το πιο απλό σύστημα που εφαρμόζει τις αρχές των φ/β για την παραγωγή ζεστού νερού. [9] [7]



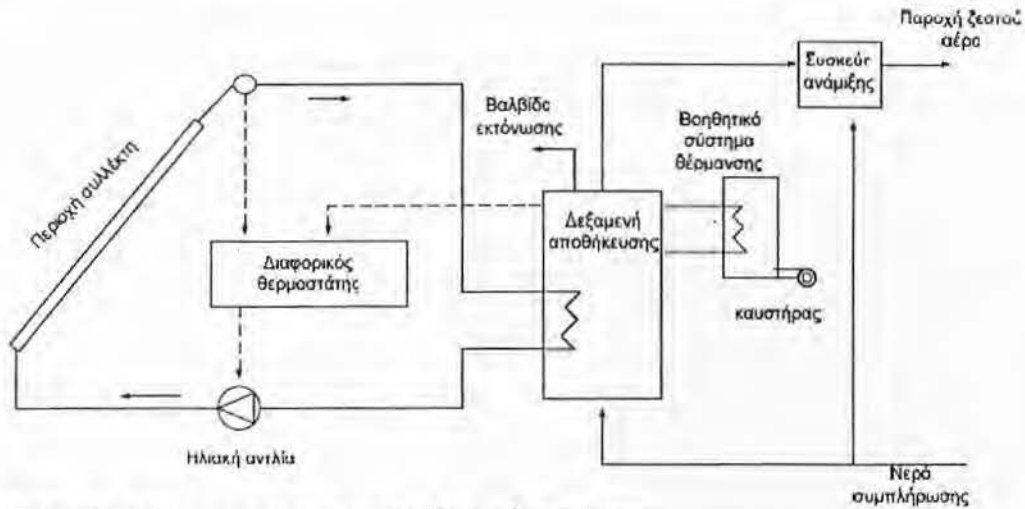
Τα υβριδικά θερμικά συστήματα μας παρέχουν ηλεκτρική και θερμική ενέργεια για ιδιόχρηση. Τα υβριδικά συστήματα τοποθετούνται αποτελεσματικά σε μια οριζόντια ή επικλινή σκεπή όταν το κτίριο βρίσκεται σε χαμηλό γεωγραφικό πλάτος, ενώ η τοποθέτησή τους στην πρόσοψη κτιρίων είναι πιο

αποτελεσματική σε περιοχές μεσαίου ή υψηλού γεωγραφικού πλάτους όπου οι ηλιακές ακτίνες έχουν χαμηλότερες γωνίες πρόσπτωσης. Στην περίπτωση όπου το σύστημα εγκατασταθεί για χρήση σε ένα σπίτι η επιφάνεια που απαιτείται από το φ/β είναι  $3-5\text{m}^2$  και το μέγεθος της δεξαμενής αποθήκευσης είναι  $150-300\text{lt}$  ενώ εάν επιθυμούμε την χρήση για συγκρότημα κατοικιών, ξενοδοχεία, νοσοκομεία κ.α. τότε η επιφάνεια κάλυψης του φ/β είναι  $30-50\text{m}^2$  και η δεξαμενή αποθήκευσης έχει μέγεθος  $1000-3000\text{lt}$ . [9] [7]

Η θερμική αποδοτικότητα ενός υβριδικού συστήματος το οποίο βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας, η ηλεκτρική απόδοση ενός υβριδικού συστήματος που εξαρτάται από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του φ/β ( $T_{pv}$ ) που επηρεάζει τόσο την ηλεκτρική και την θερμική απόδοση του συστήματος καθώς και τα υλικά τα οποία αποτελούντα φ/β στοιχεία μας μπορεί να είναι είτε a-Si ή pc-Si. [9] [7]

Τα υβριδικά φ/β συστήματα θεωρούνται ενεργά συστήματα και χρησιμοποιούν αντλία για την κυκλοφορία του ρευστού από τον συλλέκτη στο δοχείο αποθήκευσης. Η κίνηση του ρευστού γίνεται βάση ενός θερμοστάτη ο οποίος είναι προγραμματισμένος να επιτρέπει την κυκλοφορία όταν το θερμό νερό φτάσει στο δοχείο αποθήκευσης, έπειτα κρύο ρευστό εισέρχεται στον συλλέκτη. Όταν η θερμοκρασία στην δεξαμενή αποθήκευσης ξεπεράσει το

όριο τότε με την βοήθεια της βαλβίδας εκτόνωσης το σύστημα επανέρχεται σε ισοροπία. Με αυτή την διαδικασία έχουμε αύξηση της ηλεκτρικής απόδοσης και καλή θερμική απόδοση από το ρευστό που χρησιμοποιούμε σαν μέσο μετάδοσης θερμότητας. Ένα τέτοιο σύστημα δίνεται στο Σχήμα 29. [9] [7]



Σχήμα 29: Διαγράμμα ενός ενεργού υβριδικού φ/β συστήματος.

Όταν ένα υβριδικό φ/β-θερμικό σύστημα χρησιμοποιείται πρέπει να προσδιοριστεί η αύξηση της ενέργειας η οποία ζητείται, δηλαδή εάν ζητείται αύξηση ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας. Τα υβριδικά συστήματα σε σχέση με τα απλά φ/β και τους απλούς φ/β θερμοσίφωνες παράγουν περισσότερη ολική ενέργεια. Εάν όμως αυξηθεί η θερμική απόδοση σε ένα υβριδικό σύστημα τότε η ηλεκτρική του απόδοση θα είναι χαμηλότερη σε σχέση με ένα απλό φ/β σύστημα λόγω της αύξησης θερμοκρασίας στις φ/β κυψέλες του υβριδικού συστήματος. Σε γενικές γραμμές ανάλογα με την τοποθεσία το σύστημα μπορεί να δώσει ηλεκτρική ενέργεια από 222 - 532 kW h και η ηλιακή συνεισφορά είναι μεταξύ 29% έως 72% και αποφασίζετε από το ποσοστό του φορτίου του ζεστού νερού που καλύπτεται από την χρήση του υβριδικού συστήματος. Τα φ/β στοιχεία φτιαγμένα από pc-Si δίνει υψηλότερη ολική ενέργεια σε σχέση με τα φ/β στοιχεία από a-Si. Όμως τα στοιχεία από a-Si έχουν καλύτερη θερμική απόδοση. [9] [7]

Όσον αφορά το κόστος της μιας τέτοιας κατασκευής πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν το κόστος των επιμέρους μηχανικών μερών που απαρτίζουν μια τέτοια εγκατάσταση (φ/β στοιχεία, μονάδα εξαγωγής θερμότητας, εναλλάκτες ρεύματος, καλώδια, αντλίες, σωλήνες κ.α). Τα συστήματα τα οποία απαιτούν μεγαλύτερες κατασκευές είναι πιο

φθηνά λόγω της οικονομικής κλίμακας και δίνονται στον Πίνακα β3. Στο κόστος κατασκευής δεν περιλαμβάνεται το κόστος της δεξαμενής αποθήκευσης. [9] [7]

Συγκεκριμένη κοστολόγηση συστημάτων			
Περιγραφή συστήματος	φ/β πλαίσιο	Κόστος(€)	Εξήγηση κόστους
Σύστημα θερμοσίφωνα ( $m^2$ )	-	900	1200€ για ολοκληρωμένο σύστημα – 300 € για δεξαμενή αποθήκευσης.
Θερμικό σύστημα(ανά $m^2$ )	-	250	Περιλαμβάνει συλλέκτης , μόνωση και περιφερειακά υποστηρίξης.
Μικρό φ/β σύστημα( $4 m^2$ )	pc - Si	3200	Τρέχουσα τιμή αγοράς περιλαμβάνει κόστος για BoS.
Μικρό φ/β σύστημα( $4 m^2$ )	a - Si	2000	Τρέχουσα τιμή αγοράς περιλαμβάνει κόστος για BoS
Μεγάλο φ/β σύστημα( $40 m^2$ )	pc - Si	28000	Τρέχουσα τιμή αγοράς περιλαμβάνει κόστος για BoS
Μεγάλο φ/β σύστημα( $40 m^2$ )	a - Si	16000	Τρέχουσα τιμή αγοράς περιλαμβάνει κόστος για BoS
Σύστημα θερμοσίφωνα με υβριδικό φ/β σύστημα( $4 m^2$ )	pc - Si	4100	4 X 800€ για φ/β + 900€ για ηλιακό θερμικό σύστημα
Σύστημα θερμοσίφωνα με υβριδικό φ/β σύστημα( $4 m^2$ )	a - Si	2900	4 X 500€ για φ/β + 900€ για ηλιακό θερμικό σύστημα
Μεγάλο υβριδικό φ/β –θερμικό σύστημα( $40 m^2$ )	pc - Si	38000	40 X 700€ για φ/β+40 X 250€ για ηλιακό θερμικό σύστημα
Μεγάλο υβριδικό φ/β –θερμικό σύστημα( $40 m^2$ )	a - Si	26000	40 X 400€ για φ/β+40 X 250€ για ηλιακό θερμικό σύστημα

Πίνακας β3: Κόστος φ/β συστημάτων

Ανεξάρτητα από την τοποθεσία και το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των φ/β κυψελών τα υβριδικά φ/β συστήματα παρουσιάζουν μειωμένο χρόνο απόσβεσης, αυτό οφείλεται στην υψηλότερη ολική ενέργεια που προσφέρουν τα συστήματα αυτά καθώς και το γεγονός ότι προσφέρουν ηλεκτρική και θερμική ενέργεια καθιστώντας ικανά να ικανοποιούν τόσο τις ενεργειακές ανάγκες αλλά και τις ανάγκες σε ζεστό νερό χωρίς την χρήση άλλων συστημάτων. [9] [7]

## **8. Βοηθητικός εξοπλισμός οικιακών ΑΠΕ**

### **8.1 Ηλεκτρονικά ισχύος και ΑΠΕ**

Ένα κοινό γνώρισμα όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ που περιγράψαμε στις προηγούμενες ενότητες είναι ότι καμία από αυτές δεν μας δίνει την κατευθείαν την ποιότητα ρεύματος η οποία απαιτείται για την χρήση της σε οικίες η οικιστικά σύνολα. Στην χώρα μας οι προδιαγραφές του ηλεκτρικού ρεύματος πάνω στις οποίες λειτουργούν το μεγαλύτερο ποσοστό των συσκευών που υπάρχουν στα σπίτια μας λένε ότι το ρεύμα που χρησιμοποιείται στις παροχές των οικιακών εγκαταστάσεων είναι της τάσεως των 220 V εναλλασσόμενου ρεύματος και συχνότητας 50 Hz. Αυτές οι τιμές έχουν περιθώρια ανοχής 10% περίπου λόγω διακυμάνσεων των τιμών τάσεως του δικτύου παροχής ηλεκτρικής ισχύος.

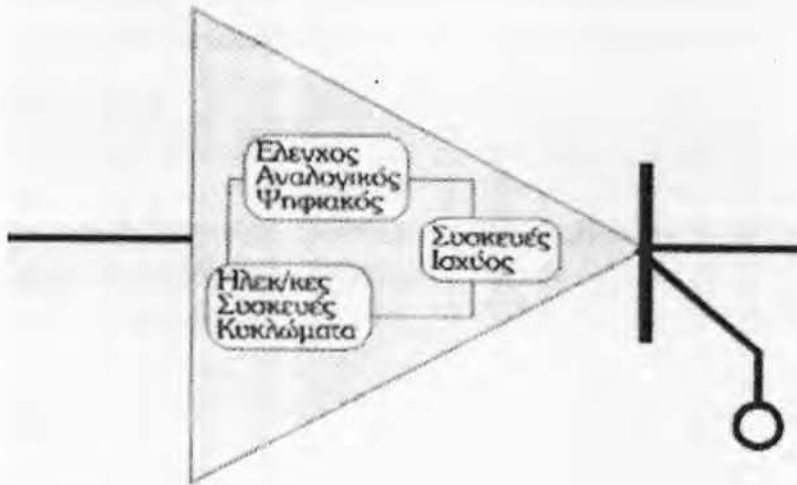
Καθώς υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση ανάμεσα στις τιμές τάσεως εξόδου που παρέχουν διαφορές τεχνολογίες ΑΠΕ γίνεται επιτακτική η ανάγκη για την παρεμβολή κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων ανάμεσα στα συστήματα ΑΠΕ και στο δίκτυο ηλεκτρικής εγκατάστασης του σπιτιού. Παρακάτω αναλύεται η σημασία των ηλεκτρονικών ισχύος, τα δομικά στοιχεία τα οποία αποτελούν αυτές τις διατάξεις και γίνεται μια επιφανειακή ανάλυση των κυριότερων ηλεκτρονικών διατάξεων που χρησιμοποιούνται ευρέως στην μετατροπή ηλεκτρικής ισχύος.

### **Εφαρμογές Ηλεκτρονικών Ισχύος**

Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις ισχύος, ο εύκολος έλεγχος της και η ανάγκη χαμηλού κόστους εφαρμογών ανάγκασαν την ηλεκτροεπιστήμη στην ανάπτυξη του ηλεκτρονικού έλεγχου ισχύος. Τα ηλεκτρονικά ισχύος πρέπει έτσι να συνδυάζουν ισχύ, έλεγχο και ηλεκτρονική. [6]

Η ισχύς αφορά τον στατικό και κινούμενο εξοπλισμό για την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ισχύος. Ο έλεγχος αφορά τη μόνιμη κατάσταση και τα δυναμικά χαρακτηριστικά των κλειστών συστημάτων και η ηλεκτρονική αφορά τις

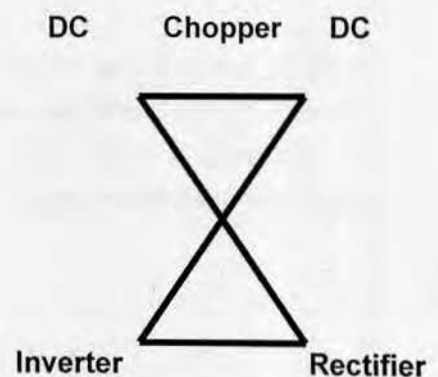
συσκευές στέρεάς κατάστασης και τα κυκλώματα για την επεξεργασία των σημάτων για τον επιθυμητό έλεγχο. Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι η ηλεκτρονική ισχύος ορίζεται σαν ο τομέας των εφαρμογών των ηλεκτρονικών συσκευών στέρεάς κατάστασης για τον έλεγχο και τη μετατροπή της ηλεκτρικής ισχύος. [6]



### Ημιαγωγά Στοιχεία Ισχύος

Από το 1957 μέχρι το 1970 είχαμε αποκλειστική εφαρμογή στον έλεγχο της ισχύος του thyristor ή SCR (Silicon Controlled Rectifier). Από το 1970 και μετά αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι ημιαγωγών ισχύος οι οποίοι είναι διαθέσιμοι στην αγορά. Οι τύποι αυτοί των ημιαγωγών ισχύος μπορεί να διαιρεθούν στις εξής κατηγορίες:

1. Power diodes
2. Thyristors
3. Power Bipolar Junction transistors
4. Power Mosfets



Οι κατηγορίες αυτές των ημιαγωγών ισχύος μας δίδουν τη δυνατότητα δημιουργίας ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ισχύος για:

1. Μετατροπή A.C - D.C. (rectifiers )
2. Μετατροπή A.C – A.C (cycloconverters )
3. Μετατροπή D.C. - D.C. (choppers )
4. Μετατροπή D.C. – A.C (inverters )
5. Στατικούς διακόπτες.

Παρακατω παρουσιάζονται τα κυριότερα ημιαγωγα στοιχεία τα οποια απαρτιζουν συγχρονες ηλεκτρονικες διαταξεις μετατροπης ισχυος:

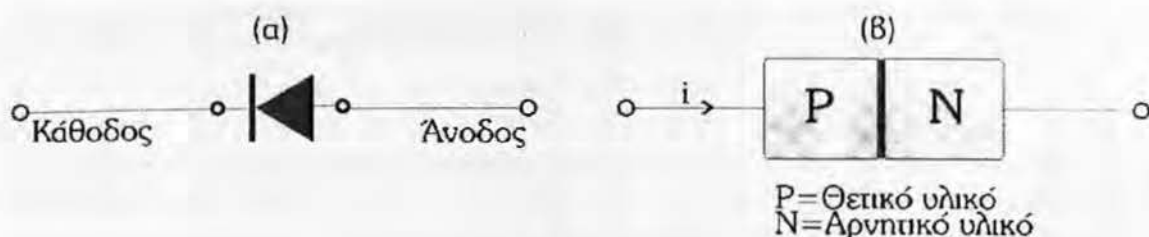
### **Δίοδος (Diode)**

Η δίοδος ισχύος είναι ένας ημιαγωγός με πάρα πολλές εφαρμογές σε ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα όπως επίσης στα ηλεκτρονικά ισχύος για τη μετατροπή ισχύος. [6]

Τρία είναι τα είδη των διόδων που βρίσκονται σήμερα στο εμπόριο

1. Δίοδοι γενικής χρήσης (μέχρι 3000V, 3500A )
2. Δίοδοι υψηλής ταχύτητας (fast recovery ) (μέχρι 30D0V, 1000A ) με ανάστροφο χρόνο επανάκτησης μεταξύ 0,1 και 5μs.
3. Schottkey δίοδος (χαμηλή τάση αγωγής και πολύ μικρό χρόνο επανάκτησης της τάξης nanoseconds ).

Μια δίοδος άγει όταν η τάση ανόδου της είναι υψηλότερη από αυτή της καθόδου ενώ η πτώση τάσης ορθής φοράς μιας διόδου ισχύος είναι περίπου 0,5V με 1,2V. Αν η τάση καθόδου είναι υψηλότερη της ανόδου λέμε ότι η δίοδος βρίσκεται σε κατάσταση αποκοπής. Το σχηματικό της σύμβολο και η κατασκευαστική δομή μιας διόδου φαίνονται στο σχήμα 1.5. [6]



Σχ. 1.5 (α) Σχηματικό σύμβολο διόδου

(β) Κατασκευαστική δομή διόδου

Αν και δεν έχει κινούμενα μέρη η διάδος ενεργεί σαν ένας διακόπτης υψηλής ταχύτητας που οι επαφές της ανοίγουν και κλείνουν σύμφωνα με τους παρακάτω κανόνες:

Κανόνας 1. Όταν δεν εφαρμόζεται τάση στα άκρα μιας διόδου αυτή ενεργεί σαν ένας ανοικτός διακόπτης. Το κύκλωμα επομένως είναι ανοικτό, μεταξύ των Α και Κ. [6]

Κανόνας 2. Όταν εφαρμόζουμε μια ανάστροφη τάση  $E_2$  στα άκρα της διόδου έτσι ώστε η άνοδος να 'ναι αρνητική σε σχέση με την κάθοδο, η διάδος εξακολουθεί να ενεργεί σαν ένας ανοικτός διακόπτης. [6]

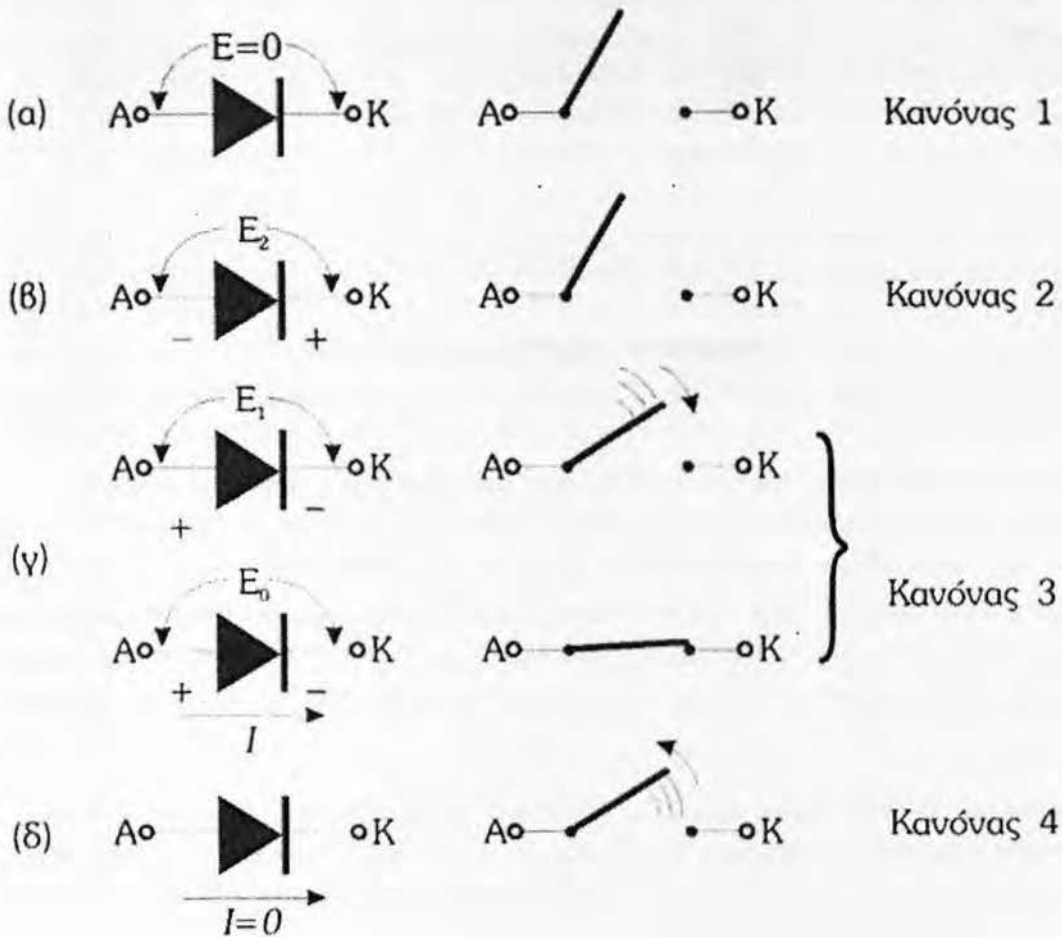
Κανόνας 3. Αν μια στιγμιαία τάση (forward)  $E_1$  εφαρμόζεται στα άκρα της διόδου έτσι ώστε άνοδος Α να 'ναι "ελαφρώς" θετική σε σχέση με την κάθοδο Κ τότε τα άκρα βραχυκυκλώνονται. [6]

Η διάδος τότε ενεργεί σαν ένα κλειστό διακόπτη και ένα ρεύμα αμέσως αρχίζει να ρέει από την άνοδο στην κάθοδο. Όσο η διάδος άγει μια μικρή πτώση τάσης εμφανίζεται στα άκρα της. [6]

Η τάση αυτή είναι μικρότερη από 1,5V και έτσι μπορούμε να τη θεωρήσουμε αμελητέα στα περισσότερα ηλεκτρονικά κυκλώματα. [6]

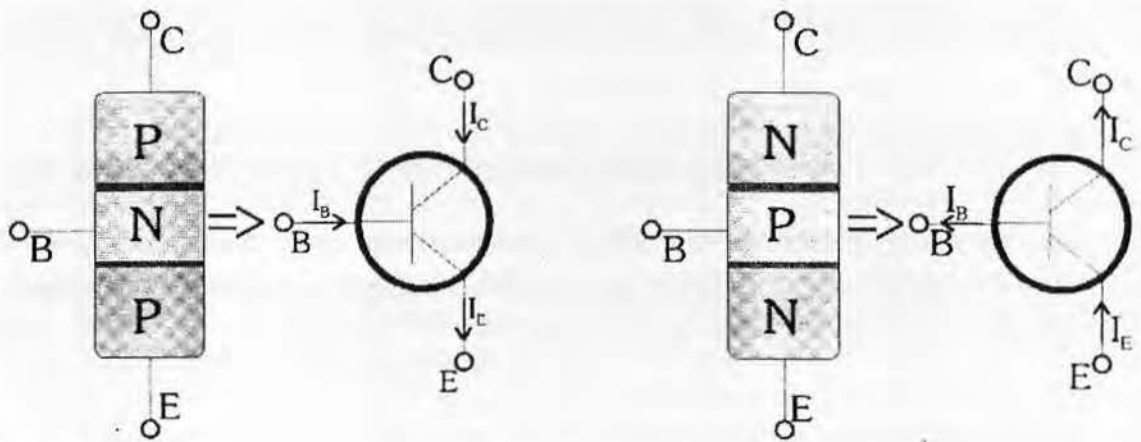


Κανόνας 4. Όσο η διόδος διαρρέετε από ρεύμα ενεργεί σαν ένας κλειστός διακόπτης Ωστόσο αν το ρεύμα σταματήσει για έστω 10μs η διόδος επανέρχεται αμέσως στην φυσική της κατάσταση (ανοικτός διακόπτης). [6]



### Τρανζίστορ Ισχύος (Power Transistor)

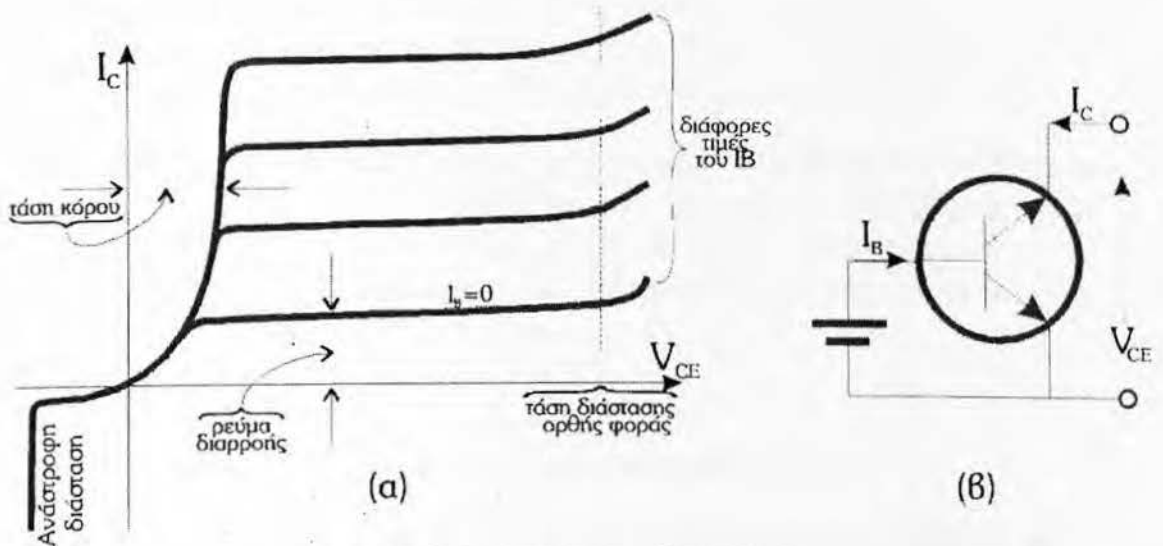
Το τρανζίστορ είναι ένας ημιαγωγός τριών στρωμάτων που σχηματίζεται ή από δύο περιοχές "P" και μια περιοχή "N" ή από μία περιοχή "P" και δύο περιοχές "N". Στην πρώτη περίπτωση το transistor είναι γνωστό σαν pnp transistor και στην δεύτερη σαν npn transistor. Τα τρία άκρα του έχουν τις ονομασίες βάση, εκπομπός και συλλέκτης (base, emitter και collector). [6]



Σχ. 1.10 Σχηματισμός Transistor

Η ταχύτητα διακοπής των σύγχρονων transistors είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των thyristors και για τον λόγο αυτό είναι ευρέως χρησιμοποιούμενα σε D.C. - D.C. και D.C. - A.C μετατροπείς, με διόδους αντιπαράλληλα συνδεδεμένες για να εξασφαλίζουν ροή ρεύματος δυο κατευθύνσεων. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι τάσεις και τα ρεύματα λειτουργίας τους είναι χαμηλότερης τιμής από αυτήν των thyristors γι' αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές χαμηλής και μέσης ισχύος. [6]

Αν και υπάρχουν τρεις δυνατές συνδέσεις των transistors (κοινού συλλέκτη, κοινής βάσης και κοινού εκπομπού ) σε εφαρμογές διακοπής, η σύνδεση κοινού εκπομπού είναι περισσότερο χρησιμοποιούμενη.



Σχ. 1.11 Χαρακτηριστική transistor

Το σχήμα 1.11 (α) δείχνει την χαρακτηριστική του transistor σύμφωνα με το κύκλωμα του σχήματος 1.11 (β). [6]

Το transistor PNP παρουσιάζει όμοια χαρακτηριστικά με το transistor NPN με τις πολικότητες τάσεων και ρευμάτων κατά την αντίθετη φορά. [6]

Στις εφαρμογές των ηλεκτρονικών ισχύος το transistor χρησιμοποιείται αποκλειστικά σαν ένας ελεγχόμενος διακόπτης με ρεύμα βάσης μηδέν (transistor off) ή με ρεύμα βάσης σε κορεσμό (transistor on) καθώς σε οποιαδήποτε άλλη κατάσταση η απώλεια ισχύος ίσως είναι απαγορευτική. [6]

Για την ελάττωση του χρόνου turn-on και επομένως την κατανάλωση ισχύος της συσκευής χρησιμοποιείται ένα μεγάλο αρχικό ρεύμα βάσης το οποίο στη συνέχεια ελαττώνεται σε μια τιμή ικανή να κρατά το transistor σε κορεσμό και να ελαττώνει την απώλεια του κυκλώματος βάσης. [6]

Στην αντίθετη περίπτωση (turn - off) το ρεύμα βάσης θα πρέπει να ελαττωθεί κατά το δυνατόν γρηγορότερα. [6]

## **MOSFET ΙΣΧΥΟΣ**

Οι αυξανόμενες απαιτήσεις από τις ηλεκτρονικές συσκευές ισχύος για υψηλότερη συχνότητα λειτουργίας σε εφαρμογές όπως η αλλαγή κατάστασης σε ισχύς τροφοδότησης, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη των MOSFETs ισχύος. Τα MOSFETs ισχύος λειτουργούν με μικρές απώλειες και απαιτούν πολύ μικρότερες τιμές ρεύματος πύλης από ότι απαιτεί η βάση ενός ισοδύναμου transistor για να διατηρηθεί στην κατάσταση αγωγής. [6]

Σε χαμηλότερες τάσεις η αντίσταση στην κατάσταση αγωγής (on state) ενός MOSFET ισχύος είναι μικρότερη από αυτή ενός ισοδύναμου transistor κυμαινόμενη από 0,05 έως 0,25Ω για μια συσκευή 100V και 2-8 Ω για μια συσκευή 1000V. [6]

Οι εφαρμογές των MOSFETs ισχύος δεν είναι πολύ εξαπλωμένη από το γεγονός ότι η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τους είναι σήμερα περισσότερο ακριβή απ' ότι αυτή των άλλων συσκευών ηλεκτρονικών ισχύος. Χρησιμοποιούνται όμως ιδιαίτερα στην κατασκευή inverters choppers και παλμοτροφοδοτικών. [6]

## **ΘΥΡΙΣΤΟΡ (THYRISTOR) (Silicon Controlled Rectifier - SCR)**

Το thyristor ή SCR (ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου) είναι ένα από τα παλαιότερα, ευρύτερα χρησιμοποιούμενα και υψηλότερης ισχύος μέλη της 'οικογένειας thyristor'

όπως είναι γνωστό οι δίοδοι ανόρθωσης που επιτρέπουν τη ροή τον ρεύματος προς μια διεύθυνση , ενώ δεν την επιτρέπουν προς την άλλη. [6]

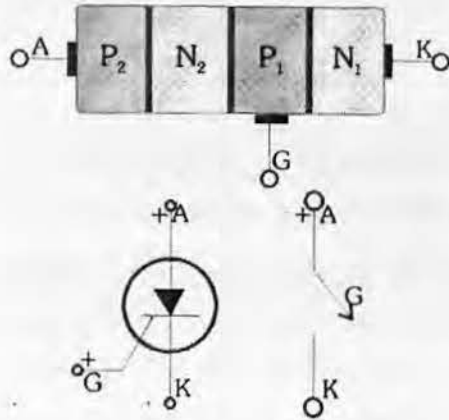
Τα θυρίστορς εκτελούν την ίδια λειτουργία με την επιπλέον δυνατότητα που έχουν να ελέγχουν τη έναρξη της αγωγιμότητας τους με ένα τρίτο ηλεκτρόδιο που διαθέτουν και ονομάζεται πύλη (gate). [6]

Τα βασικά πλεονεκτήματα τους είναι:

1. Μικρές διαστάσεις.
2. Υψηλή ταχύτητα μεταγωγής ( της τάξης των μs).
3. Υψηλή απόδοση .
4. Μικρή πτώση τάσης ορθής φοράς λόγω μικρής εσωτερικής ανίστασης κατά τη διάρκεια της αγωγιμότητας.
5. Μεγάλη μηχανική αντοχή.
6. Ικανότητα λειτουργίας με τάση μέχρι 2000V και εντάσεις μέχρι 1000A.
7. Μικρό ρεύμα πύλης ανάλογα τον τύπο τον θυρίστορ (από 0.2 mA).
8. Μεγάλη διάρκεια ζωής.
9. Μεγάλη αξιοπιστία.
- 10.Ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης.
- 11.Υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας.

Τα πλεονεκτήματα αυτά κατέστησαν το θυρίστορ ένα εξαιρετικό στοιχείο στέρεάς κατάστασης, το οποίο συναντάται σε πολλούς τύπους διατάξεων σε ημιαγωγούς με εφαρμογές που εκτείνονται από ισχύς μερικών mW μέχρι τις βιομηχανικές εφαρμογές που απαιτούν ισχύς έως εκατοντάδες KW. [6]

Από πλευράς δομής το θυρίστορ είναι μια ημιαγωγός μονάδα πυριτίου τεσσάρων στρωμάτων ( $P_1, N_1, P_2, N_2$ ), τριών ενώσεων ( $J_1, J_2, J_3$ ) με τρία ηλεκτρόδια : άνοδο A , κάθοδο K , και πύλη G. Η δομή , το κυκλωματικό σύμβολο και μηχανικά ισοδύναμο (διακόπτης) του θυρίστορ φαίνονται στο σχήμα 1.21. [6]



Σχ. 1.21 Δομή, σύμβολο Thyristor

### Ανορθωτικά κυκλώματα (Rectifying circuits)

Ένα ανορθωτικό κύκλωμα λέμε ότι είναι αυτό που μετατρέπει μια εναλλασσόμενη τάση σε μια συνεχή. Η συνεχής τάση ωστόσο που παίρνουμε δεν έχει ακριβώς την ίδια μορφή με αυτή που μπορούμε να πάρουμε από έναν συσσωρευτή, αλλά περιέχει ένα εναλλασσόμενο κυματισμό στη μέση τιμή της DC τάσης. [6]

Τα ανορθωτικά κυκλώματα χωρίζονται γενικά σε δυο κατηγορίες

1. Σύνδεση μισού κύματος (half - wave connection)
2. Σύνδεση πλήρους κύματος (full - wave connection)

Τα κυκλώματα με σύνδεση πλήρους κύματος είναι τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα και συνήθως καλούνται κυκλώματα γεφυρών (bridge circuits) ή όπως είναι ακόμα γνωστά σαν double - way circuits. Τα χαρακτηριστικά του ελέγχου για τα διάφορα κυκλώματα μπορούν χωριστούν σε τρεις κατηγορίες. [6]

1. Μη ελεγχόμενα (uncontrolled)
2. Πλήρως ελεγχόμενα (fully controlled)
3. Ημιελεγχόμενα (half controlled)

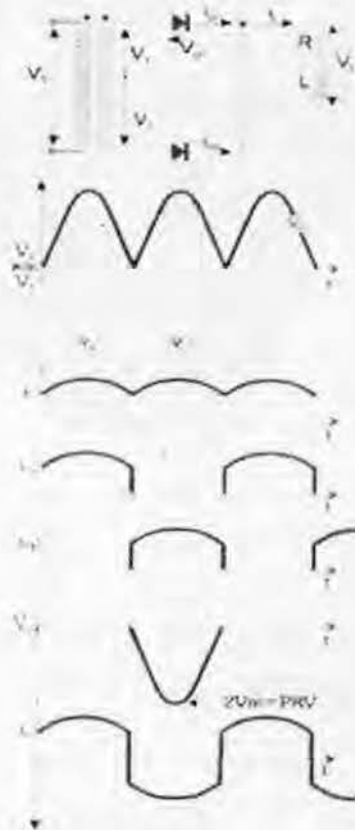
Τα μη ελεγχόμενα κυκλώματα έχουν μόνο διόδους. Τα πλήρως ελεγχόμενα κυκλώματα έχουν thyristors ή transistors ισχύος και με κατάλληλο έλεγχο της γωνίας

φάσης στην οποία έχουμε έναυση του thyristor είναι δυνατός ο έλεγχος της μέσης DC τιμής της τάσης φορτίου. Τα πλήρως ελεγχόμενα κυκλώματα περιγράφονται συνήθως σαν μετατροπείς διπλής κατεύθυνσης (bidirectional converters) καθώς επιτρέπεται η ροή ισχύος και προς τις δύο κατευθύνσεις (φορτίου - τροφοδότησης). Τα ημιελεγχόμενα κυκλώματα έχουν ένα συνδυασμό thyristors και διόδων τα οποία εμποδίζουν μια αντιστροφή της τάσης φορτίου, αλλά επιτρέπουν τη ρύθμιση της DC τάσης. [6]

Τα μη ελεγχόμενα κυκλώματα και τα ημιελεγχόμενα συνήθως περιγράφονται σαν μετατροπείς μιας κατεύθυνσης (unidirectional converters) καθώς αυτά επιτρέπουν τη ροή ισχύος από την AC τροφοδότηση στο DC φορτίο. [6]

Οι ανορθωτές περιγράφονται συνήθως από τον αριθμό των παλμών τους. Αυτός είναι ένας αριθμός που καθορίζει το ρυθμό επανάληψης της κυματομορφής συνεχούς (της ανορθωμένης τάσης ) στη διάρκεια μιας περιόδου της εναλλασσόμενης τάσης. Σαν παράδειγμα, ένας μετατροπέας 6 παλμών που λειτουργεί από μια πηγή 50Hz παράγει ένα κυματισμό 300Hz ( $6 \cdot 50$ ) στην έξοδο της κυματομορφής της DC τάσης. [6]

Υπάρχουν παρα πολλές διατάξεις και θεωρητικές κατασκευές για ανορθωτές παρακατω δειχνουμε ένα παραδειγμα ανορθωτη πληρους κυματος με διοδους και μια συνοπτικη περιγραφη της λειτουργιας του. [6]



Σχ. 3-6 Μονοφασικό πλήρους κύματος ανορθωτικό κύκλωμα και οι κυματομορφές του.

Στη σύνδεση αυτή ο μετασχηματιστής εξασφαλίζει δυο τάσεις  $V_1$  ,  $V_2$  σε αντίφαση (διαφορά  $180^\circ$ ) σε σχέση με το μεσαίο σημείο του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή (ουδέτερος). Η μέγιστη αντίστροφη τάση η οποία εμφανίζεται στα άκρα κάθε διόδου, όταν αυτή δεν άγει είναι ίση με  $2V_{max}$  ( $2V_{max}$ =Peak Reverse Voltage -PRV) η οποία είναι η μέγιστη τιμή όλης της τάσης ( $V_1 + V_2$ ) του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή. [6]

### ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ (INVERTERS DC AC)



Οι αντιστροφείς είναι μετατροπείς της DC τάσης ή ρεύματος σε AC με μεταβλητή συχνότητα και το πλάτος. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα:

- ελέγχου ταχύτητας ηλεκτρικών μηχανών AC
- ελέγχου θερμοκρασίας

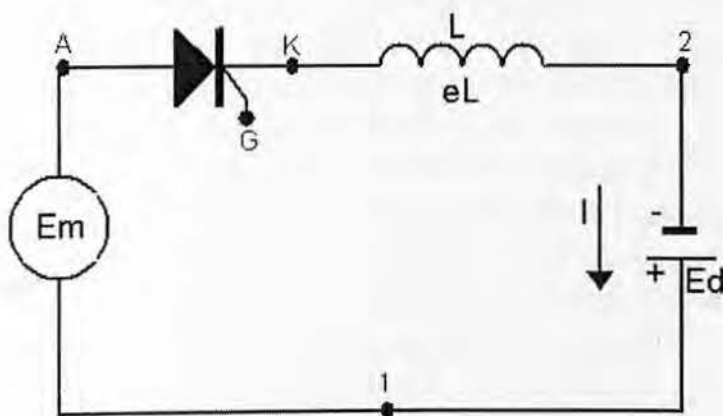
- ελέγχου ηλεκτρικής ενέργειας
- ελέγχου τάσης εξόδου αιολικών διατάξεων
- ελέγχου του τάσης εξόδου φωτοβολταϊκών διατάξεων κ.α.

Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες

1. Στους αντιστροφείς με τροφοδότηση από πηγή D.C. τάση (voltage-sourced inverter)

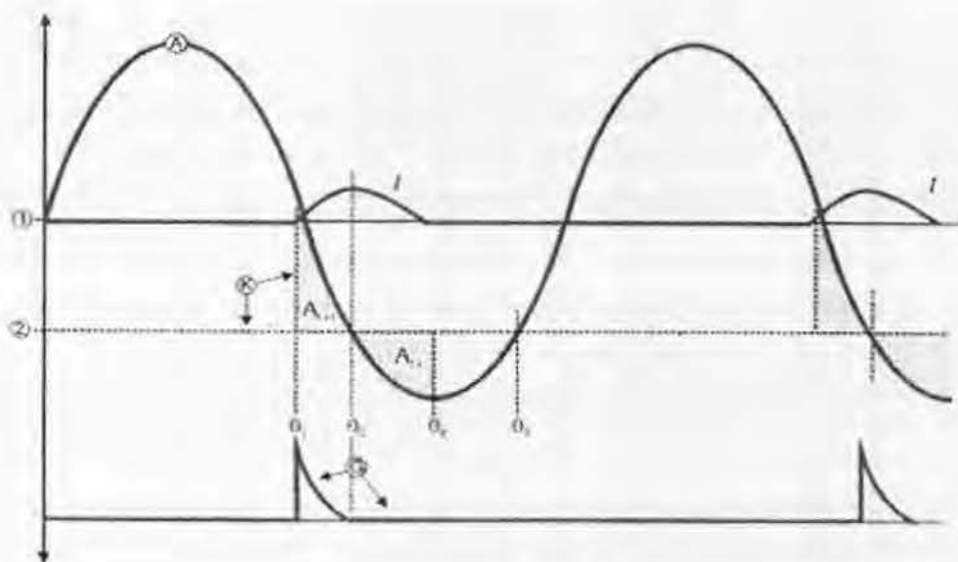
2. Στους αναστροφείς με τροφοδότηση από πηγή D.C. ρεύματος (Current-sourced inverter)

Ένας αντιστροφέας εξορισμού μετατρέπει μια dc ισχύ σε μια ac ισχύ. Δηλαδή κάνει την αντίστροφη λειτουργία ενός ανορθωτή. Υπάρχουν δύο τύποι ανιστροφέων . Ο ανιστροφέας φυσικής μεταγωγής και ο ανιστροφέας εξαναγκασμένης μεταγωγής . Εδώ θα εξετάσουμε τη λειτουργία ενός ανιστροφέα φυσικής μεταγωγής που το κύκλωμα του είναι ακριβώς ίδιο μ' αυτό του ελεγχόμενου ανορθωτή με τη διαφορά ότι τα άκρα της μπαταρίας τώρα έχουν αντιστραφεί. Έτσι το δυναμικό του σημείου 2 βρίσκεται κάτω από το σημείο 1 και αυτό γιατί το ρεύμα μπορεί να ρέει μόνο από την άνοδο προς την κάθοδο και η πηγή  $E_d$  δίδει ισχύ όταν το θυρίστορ άγει. [6]





(Κύκλωμα αναστροφέα)



(Χαρακτηριστικές τάσης & ρεύματα)

Σχ. 4-10 Κύκλωμα αναστροφέα φυσικής μεταγωγής και οι χαρακτηριστικές τάσης & ρεύματα

από την άλλη μεριά η ισχύς αυτή πρέπει να απορροφηθεί από τα άκρα της ac πλευράς επειδή δεν έχουμε απώλειες στο πηνίο και το θυρίστορ. Επομένως το κύκλωμα αυτό είναι δυναμικά ικανό να μετατρέψει dc ισχύ σε ac ισχύ. [6]

Για να επιτευχθεί αυτή η μετατροπή το θυρίστορ πρέπει να σκανδαλιστεί μέσα σε μια ακριβώς ορισμένη περιοχή .

Πρώτα , για την έναρξη της αγωγής το A πρέπει να είναι θετικό σε σχέση με το K. Απ' όταν το K είναι στο ίδιο δυναμικό με το σημείο 2, οι παλμοί σκανδαλισμού πρέπει επομένως να εφαρμοστούν ή πριν από τη  $\theta_0$  ή μετά την  $\theta_3$ . Θα δούμε παρακάτω ότι τελικά η πύλη πρέπει να σκανδαλιστεί πριν τη  $\theta_0$ . [6]

Ας υποθέσουμε ότι το θυρίστορ σκανδαλίζεται στη γωνία  $\theta_1$ . Τότε το K αμέσως "πηδά" από το επίπεδο 2 στο επίπεδο A και το πηνίο συσσωρεύει θετικά  $V \cdot S$  μέχρι τη γωνία  $\theta_0$ . Έτσι το συνολικό ρεύμα φθάνει ένα μέγιστο στη γωνία  $\theta_0$  και η περιοχή  $A_{(+)}$  είναι μέγιστη. Βαθμίδων μετά πέφτει στο μηδέν και η αγωγή σταματά στη γωνία  $\theta_2$  όταν  $A_{(-)} = A_{(+)}$ . Για την αύξηση του ρεύματος και επομένως ροή της ενεργούς ισχύος πρέπει να αυξήσουμε την γωνία έναυσης  $\theta_1$ . Για μείωση της αγωγής η  $A_{(-)}$  πρέπει να είναι ίση με  $A_{(+)}$ . Επομένως η μέγιστη περιοχή που μπορεί να έχει η  $A_{(-)}$  είναι αυτή που βρίσκεται μεταξύ του ημιτονικού κύματος και τον επιπέδου του σημείου 2. Καθώς αυξάνουμε τη γωνία έναυσης η  $A_{(+)}$  γίνεται όλο και μεγαλύτερη , αλλά αν αυτή ξεπεράσει τη μέγιστη διαθέσιμη τιμή  $A_{(-)}$  η αγωγή δεν θα σταματήσει ποτέ. Το dc ρεύμα τότε δεν θα δημιουργείται με κάθε περίοδο μέχρι που η ασφάλεια του κυκλώματος "καεί". [6]

Για τον ίδιο λόγο η αγωγή δεν μπορεί ν' αρχίσει αμέσως μετά τη γωνία  $\theta_3$ . Τα μέγιστα (peaks) του ρεύματος καθυστερούν των θετικών μέγιστων της τάσης και έτσι η ac πηγή πρέπει ακόμη να τροφοδοτήσει με άεργη ισχύ  $Q$  τον αναστροφέα. Επομένως  $P$  και  $Q$  ρέουν σε ανάθετες διευθύνσεις σε ένα αντιστροφέα. [6]

Μονοφασικοί αντιστροφείς φυσικής μεταγωγής όπως αυτόν τον εξετάσαμε εδώ δεν χρησιμοποιούνται στην πράξη. Είναι πάντα τριφασικοί και ακόμα για να είναι η μορφή του ρεύματος όσο γίνεται ημιτονοειδής χρησιμοποιούμε κατάλληλα φίλτρα. [6]

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα Φ/Β πλαίσιο είναι σε μορφή συνεχής τάσης (D.C). Η μετατροπή της συνεχής τάσης σε εναλλασσόμενη (A.C), που απαιτείται, και από πολλές κοινές συσκευές και από τη σύνδεση του δικτύου, επιτυγχάνεται με τον μετατροπέα . [6]

Η αποδοτικότητα των μετατροπέων είναι γενικά μεγαλύτερη από 90%, ενώ όταν λειτουργεί πάνω από το 10% της εκτιμημένης εξόδου του, μπορεί να φτάσει ως και το 96%. Οι μετατροπείς συνδέονται άμεσα με το πλαίσιο ενσωματώνοντας έναν μέγιστο ιχνηλάτη σημείου ισχύος (Maximum Power Point Tracker-MPPT), ο οποίος ρυθμίζει συνεχώς τη σύνθετη αντίσταση φορτίων, έτσι ώστε ο μετατροπέας να εξάγει πάντα τη μέγιστη ισχύ από το Φ/Β σύστημα. Οι μετατροπείς ανήκουν στις δύο-βασικές κατηγορίες: αυτόματου μετατροπέα και σε μετατροπέα γραμμής συγχρονισμού. Ο πρώτος μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα, ενεργοποιημένος απλώς από την πηγή ισχύος εισόδου, οι συγχρονισμένοι μετατροπείς προκαλούνται άμεσα από το σύστημα. Βοήθημα απαιτείται όταν ο μετατροπέας που είναι συνδεδεμένος με σύστημα πρέπει να περιέχει κατάλληλο έλεγχο και προστασία για να εξασφαλίζεται ότι το Φ/Β σύστημα είναι εγκατεστημένο ασφαλές και για να μην υπάρχουν επιπτώσεις ενάντια στην ποιότητα ισχύος. Παραδοσιακά, ένας μετατροπέας χρησιμοποιούταν για μια ολόκληρη Φ/Β διάταξη. Τώρα οι χωριστοί μετατροπείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συνδέσουν κάθε "σειρά" των πλαισίων ή ακόμα και να επικολληθούν στην πλάτη των μεμονωμένων πλαισίων ("πλαίσια εναλλασσόμενου ρεύματος"). Οι σειρές των μετατροπέων και τα πλαίσια εναλλασσόμενου ρεύματος είναι πιθανό να χρησιμοποιηθούν όλο και περισσότερο στην αγορά ενσωματωμένων Φ/Β συστημάτων σε κτήρια επειδή επιτρέπουν την εύκολη επέκταση του συστήματος, την ανεξάρτητη λειτουργία και την ευκολότερη εγκατάσταση. [6]

## 8.2 Ηλεκτρικές μηχανές και ΑΠΕ



Καθώς έχουμε αναφερθεί στην ανεμογεννήτριες ως μια βιώσιμη λύση για την παράγωγη ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντικό να αναφέρουμε σε αυτή την ενότητα κάποια πράγματα για τις ηλεκτρικές μηχανές οι οποίες και αποτελούν σημαντικό κομμάτι για την μετατροπή της αιολικής ενέργειας. [6]

### Ηλεκτρική Μηχανή

Η ηλεκτρική μηχανή είναι μια συσκευή που μετατρέπει μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική (γεννήτρια) ή ηλεκτρική σε μηχανική (κινητήρας) ή εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια με συγκεκριμένο πλάτος τάσης σε εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια με διαφορετικό πλάτος τάσης (μετασχηματιστής). Οι κατηγορίες αυτές των ηλεκτρικών συσκευών βρίσκουν πάρα πολλές εφαρμογές στη καθημερινή μας ζωή αφού είναι το βασικό εξάρτημα των περισσότερων ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Στη βιομηχανία δεν θα είχαμε παραγωγή χωρίς την βοήθεια των ηλεκτρικών μηχανών. [6]

Οι ηλεκτρικές μηχανές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

- Στις ηλεκτρικές μηχανές **συνεχούς** ρεύματος και
- Στις ηλεκτρικές μηχανές **εναλλασσόμενου** ρεύματος.

Η λειτουργία των ηλεκτρικών μηχανών πρέπει να είναι ελεγχόμενη ώστε να είναι όσο είναι δυνατόν αποδοτικότερη. Αυτός είναι ο λόγος που σήμερα ηλεκτρικές

μηχανές και ηλεκτρονικά ισχύος είναι πλέον αναπόσπαστα συνδεδεμένα μεταξύ τους αντικείμενα. Για να γίνει βέβαια αυτό πρέπει οι ηλεκτρικές μηχανές να είναι εφοδιασμένες με ηλεκτρονικές μονάδες ισχύος. [6]

## Γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος

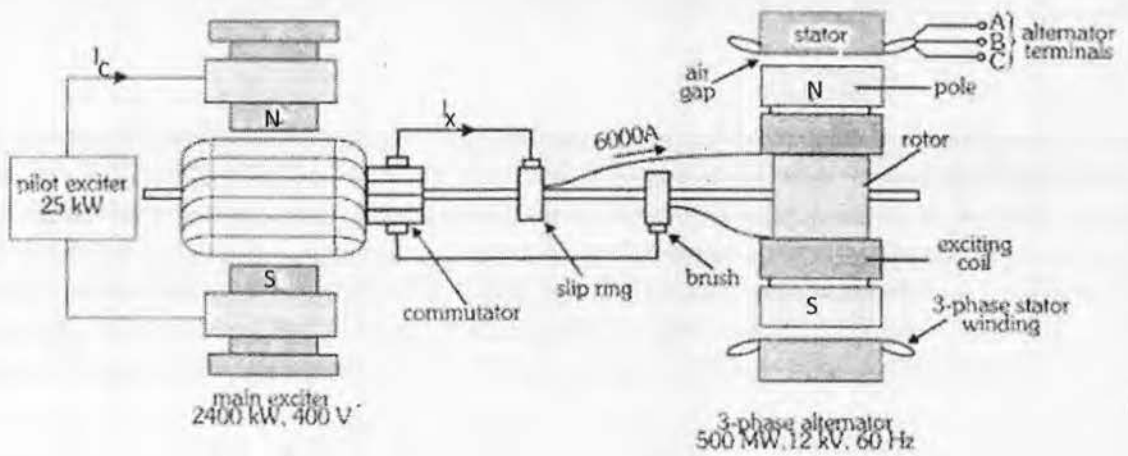
Οι γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος είναι δυο ειδών :

1. Οι σύγχρονες γεννήτριες ή εναλλακτήρες
2. Οι ασύγχρονες γεννήτριες

Οι σύγχρονες τριφασικές γεννήτριες είναι οι μεγαλύτεροι μετατροπείς ενέργειας στον κόσμο. Μετατρέπουν μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική σε ισχύς που φθάνουν τα 1500KW. Οι ασύγχρονες γεννήτριες χρησιμοποιούνται σπάνια και επομένως δεν θα γίνει εδώ άλλη αναφορά. [6]

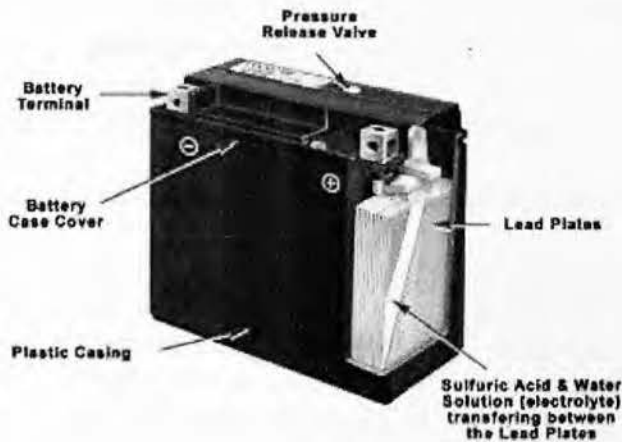
Οι εναλλακτήρες από κατασκευαστική άποψη χωρίζονται σε δυο κατηγορίες : Στους εναλλακτήρες με σταθερούς πόλους (δεν περιστρέφονται) και στους εναλλακτήρες με περιστρεφόμενους πόλους, με μια ιδιαίτερη ομάδα που ανήκει σε αυτούς και είναι οι στροβιλοεναλλακτήρες. [6]

Στην περίπτωση του εναλλακτήρα με σταθερούς πόλους το μαγνητικό τους πεδίο κόβεται από ένα περιστρεφόμενο επαγωγίμο (όπως στις γεννήτριες dc ) το οποίο φέρει ένα τριφασικό τύλιγμα τα άκρα του οποίου συνδέονται σε τρία δακτυλίδια. Με τη βοήθεια τριών ψηκτρών γίνεται η απαγωγή του παραγόμενου τριφασικού ρεύματος και η τροφοδότηση του φορτίου , Στην περίπτωση των εναλλακτάρων με περιστρεφόμενους πόλους το τριφασικό τύλιγμα τοποθετείται στο στάτη και τα άκρα καταλήγουν σε ένα κιβώτιο ακροδεκτών από όπου γίνεται η απαγωγή του τριφασικού ρεύματος χωρίς δακτυλίδια και ψήκτρες. Έτσι είναι ευκολότερη η μόνωση του τυλίγματος αφού αυτό δεν υπόκειται σε φυγοκεντρικές δυνάμεις . Η διέγερση των σύγχρονων εναλλακτάρων τροφοδοτείται με dc και συνήθως από μια γεννήτρια dc που βρίσκεται στον ίδιο άξονα της μηχανής. [6]



Σχ. 5-12 Σχηματικό διάγραμμα σύγχρονης γεννήτριας

### 8.3 Συσσωρευτές ενέργειας (μπαταρίες)



Οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται συχνά στα Φ/Β συστήματα με σκοπό την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από τη Φ/Β διάταξη κατά τη διάρκεια της ημέρας, και για να την παρέχουν στα ηλεκτρικά φορτία όπου χρειάζεται (κατά τη διάρκεια της νύχτας και των περιόδων νεφελώδους καιρού). Για άλλους λόγους που οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται στα Φ/Β συστήματα είναι για την λειτουργία της Φ/Β διάταξης κοντά στο μέγιστο σημείο ισχύος της, για την ισχύ των ηλεκτρικών φορτίων με σταθερές ηλεκτρικές τάσεις, και για τον ανεφοδιασμό κυμάτων ρεύματος με ηλεκτρικά φορτία και για τους μετατροπείς. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένας ελεγκτής που ελέγχει την χρήση της μπαταρίας χρησιμοποιείται σε αυτά τα

συστήματα για να προστατεύσει την μπαταρία από την υπερφόρτωση και την εκφόρτιση. [6]

Τελευταία, η εξέλιξη της τεχνολογίας αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως επικεντρώνεται στις διατάξεις αποθήκευσης μπαταριών. Σε μια χημική μπαταρία φόρτιση προκαλεί αντιδράσεις σε ηλεκτροχημικές ενώσεις ώστε να αποθηκευτεί σε χημική μορφή ενεργεία από μια γεννήτρια. Αντίστροφες χημικές αντιδράσεις αναγκάζουν τον ηλεκτρισμό να εκρεύσει από την μπαταρία κατά την ζήτηση. Σήμερα υπάρχουν σε χρήση η τελούν υπό ανάπτυξη μια πληθώρα τεχνολογιών ενεργειακής αποθήκευσης μπαταρίας. [6]

#### A) Μπαταρίες μόλυβδου-οξέως

Βασικά η τεχνολογία μπαταριών εμβάπτισης μόλυβδου σε οξύ για τα συστήματα αποθήκευσης ΑΠΕ αποτελεί την εφαρμογή σε μεγάλη κλίμακα μιας τεχνολογία παρόμοιας με αυτήν που εφαρμόζεται στις μπαταρίες των αυτοκινήτων. Οι μπαταρίες εμβάπτισης μόλυβδου σε οξύ κατασκευάζονται σε μεγάλους αριθμούς για πολλές χρήσεις και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και η τεχνολογία τους είναι πολύ οικεία στους κατασκευαστές. Πάντως υπάρχουν μερικοί βασικοί περιορισμοί:

- απαιτούν συχνή συντήρηση για την αναπλήρωση του νερού που χάνεται κατά την λειτουργία.
- είναι βαριές και δύσκολες στην μεταφορά τους
- είναι περιορισμένη η αναμενόμενη μείωση στο κόστος τους

Τα πλεονεκτήματα των μπαταριών εμβάπτισης μόλυβδου-οξέως εντοπίζονται στην σχετικά μεγάλη διάρκεια ζωής τους, την ανθεκτικότητα τους και την εμπορική τους διαθεσιμότητα της τεχνολογίας. Αυτό επιτρέπει στους χρηστές των μπαταριών αυτών να αιτιολογούν καλύτερα τα αποκτήματα τους, και να αποσβήσουν το κόστος των συστημάτων τους σε μακρά χρονική περίοδο. Οι μπαταρίες εμβάπτισης μόλυβδου-οξέως είναι οι συνηθεστέρα χρησιμοποιούμενες μπαταρίες σε εφαρμογές Φ/Β. [6]

Οι μπαταρίες VRLA χρησιμοποιούν την ίδια βασική ηλεκτροχημική τεχνολογία με τις μπαταρίες μόλυβδου-οξέως, αλλά αυτές φράσσονται με μια βαλβίδα ρύθμισης της πίεσης ώστε ουσιαστικά είναι σφραγισμένες. Επιπλέον, ο όξινος ηλεκτρολύτης είναι ακινητοποιημένος. Αυτό εξαλείφει την ανάγκη προσθήκης νερού στις κυψέλες για να διατηρείται η κατάλληλη λειτουργία του ηλεκτρολύτη, η ανάμειξη του ηλεκτρολύτη για να αποτρέπεται η διαστρωμάτωση. Η ανακύκλωση του οξυγόνου και οι βαλβίδες των VRLA αποτρέπουν τον εξαερισμό των αέριων υδρογόνου και οξυγόνου καθώς και την είσοδο αέρα στις κυψέλες. [6]

Τα υποσυστήματα των μπαταριών μπορεί να χρειάζεται να αντικαθίστανται συχνότερα παρότι με τις μπαταρίες μόλυβδου οξέως, αυξάνοντας το σταθμισμένο κόστος του συστήματος. Τα βασικά πλεονεκτήματα των VRLA έναντι των κυψελών εμβάπτισης σε οξύ είναι:

- η δραματική μείωση της απαραίτητης συντήρησης για να διατηρείται η μπαταρία σε λειτουργία.
- οι κυψέλες των μπαταριών μπορούν να ενσωματώνονται πιο στενά λόγω της ερμητικά κλειστής κατασκευής και του ακινητοποιημένου ηλεκτρολύτη, όποτε έτσι μειώνεται το ίχνος και το βάρος της μπαταρίας.

Τα μειονεκτήματα των VRLA είναι ότι είναι λιγότερο στιβαρές. Το τις μπαταρίες μόλυβδου-οξέως, ενώ είναι πιο ακριβές και έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής. Οι VRLA θεωρούνται ως μη χρηζουσες και ασφαλείς, και έχουν καταστεί πολύ δημοφιλείς για την εφεδρική τροφοδοσία ισχύος σε εφαρμογές τηλεπικοινωνιών, καθώς επίσης και για την αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε περιπτώσεις όπου δεν μπορούν να διατεθούν ειδικοί χώροι για την τοποθέτηση των μπαταριών. [6]

## B) Αλκαλικές μπαταρίες

Οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου (NiCad) χρησιμοποιούνται ευρέως στις επικοινωνίες και τον ιατρικό εξοπλισμό και παρέχουν λογικές δυναμικότητες ενέργειας και ισχύος. Έχουν μεγαλύτερο κύκλο ζωής από τις μπαταρίες μόλυβδου-οξέως, μπορούν να χρησιμοποιούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες (έως και τους  $-50^{\circ}\text{C}$ ) και μπορούν να επαναφορτιστούν ταχέως. Τέτοιες μπαταρίες έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε υπό ανάπτυξη ηλεκτρικά οχήματα. Τα κυρία προβλήματα με τις μπαταρίες NiCd είναι τα υψηλή κόστη των πρώτων υλών, η ανακυκλωσιμότητα, η τοξικότητα του καδμίου, και οι θερμοκρασιακοί περιορισμοί στην επαναφορτισημότητα. [6]

Οι μπαταρίες νικελίου-υβριδίου μέταλλου (NiMH) χρησιμοποιούνται προς το παρόν στους υπολογιστές, τον ιατρικό εξοπλισμό και σε άλλες εφαρμογές. Προσφέρουν πλεονεκτήματα ενέργειας και ισχύος και οι συνιστώσες τους είναι ανακυκλώσιμες. Τα κυρία προβλήματα των μπαταριών NiMH είναι το υψηλό κόστος τους, η υψηλή θερμοκρασία που δημιουργείται κατά την

φόρτιση, η ανάγκη έλεγχου της απώλειας υδρογόνου και η χαμηλή αποδοτικότητα των κυψελών τους. [6]

### Γ) Προηγμένες μπαταρίες

Μεταξύ των προηγμένων μπαταριών που μπορούν να υποστηρίξουν εφαρμογές των ΑΠΕ είναι το σύστημα ψευδαργύρου/βρωμιδίου, όπου χρησιμοποιείται ένας ρέοντας υδάτινος ηλεκτρολύτης βρωμίου του ψευδαργύρου. Ο μεταλλικός ψευδάργυρος αποτίθεται στο αρνητικό ηλεκτρόδιο, ενώ το βρωμίδιο που παράγεται στο θετικό αποθηκεύεται σε εξωτερικές δεξαμενές. Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας των μπαταριών αυτών είναι το χαμηλό κόστος, η πολύ-συναρτησιακότητα, η ευκολία μεταφοράς, το χαμηλό βάρος και η ευέλικτη λειτουργία. Εξαιτίας της χημικής φύσης των αντιδραστηρίων και των συνθηκών λειτουργίας σε θερμοκρασία δωματίου, το περίβλημα και οι συνιστώσες μπορούν να κατασκευάζονται από χαμηλού κόστους και ελαφρά υλικά διαμορφώσιμου πλαστικού και άνθρακα. [6]

Τα κυρία μειονεκτήματα των μπαταριών ψευδαργύρου/βρωμιδίου επικεντρώνονται γύρω από τις απαιτήσεις συντήρησης, συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης των αντλιών που απαιτούνται για την κυκλοφορία του ηλεκτρολύτη, και την κάπως χαμηλότερη ηλεκτρική απόδοση. Επίσης ο ψευδάργυρος που επικάθεται κατά την διάρκεια της διαδικασίας φόρτισης πρέπει να αφαιρείται εντελώς περιοδικά. Άλλες προηγμένες μπαταρίες περιλαμβάνουν τις μπαταρίες ιόντος λίθου και πολυμερούς λίθου που λειτουργούν κοντά στις θερμοκρασίες περιβάλλοντος και μπορούν να καταστούν κατάλληλες για εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. [6]

Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λίθου έχουν εισήχθη ήδη στην αγορά για ηλεκτρονικά ήδη ευρείας κατανάλωσης και άλλο φορητό εξοπλισμό σε μεγέθη μικρού κομβίου και κυλινδρικού πρίσματος. Στα πλεονεκτήματα των μπαταριών λίθου περιλαμβάνεται η υψηλή ειδική ενεργεία τους (τέσσερις φορές αυτή των μπαταριών μόλυβδου-οξέως) και η διατήρηση της φόρτισης. Εντούτοις παραμένει μια επίμοχθη πρόκληση η διερεύνηση στα μεγέθη, τα επίπεδα ισχύος και τον κύκλο ζωής που απαιτούνται για μεγάλες εφαρμογές. [6]



## Σύγκριση διαφόρων τύπων μπαταριών

Ο συνηθεστέρα χρησιμοποιούμενος τύπος μπαταριών στις εφαρμογές ΑΠΕ είναι οι μόλυβδου-οξέος επειδή είναι φθηνές και ευρέως διαθέσιμες. Οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου χρησιμοποιούνται σε ψυχρά κλίματα, όπως είναι οι πολικές περιοχές. Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, η διάρκεια ζωής κάθε τύπου είναι ισάξια. Εντούτοις σε δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας μια κυψέλη νικελίου-καδμίου διαρκεί περισσότερο για τους ακόλουθους λόγους:

- δεν διαβρώνονται εύκολα οι πλάκες της.
- δεν αντιμετωπίζει το φαινόμενο της θείωσης και της διαστρωμάτωσης

Στο εγγυς μέλλον οι κυλινδρικές και οι επίπεδες πλακάς μπαταρίες μόλυβδου-οξέος θα κυριαρχήσουν στη αγορά. Οι πλακέ μπαταρίες νικελίου-καδμίου εφαρμόζονται εξίσου καλά στις εφαρμογές των ΑΠΕ, καθώς λειτουργούν σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και μπορούν να αποφορτίζονται έως και κάτω από το 10% της ονομαστικής τους χωρητικότητας. Είναι όμως πιο ακριβές και έτσι χρησιμοποιούνται μόνο όταν αναμένονται υψηλή αξιοπιστία η αντίξοες κλιματικές συνθήκες. Το πλήρες εύρος των χαρακτηριστικών λειτουργίας των διαφόρων τύπων μπαταριών παρέχεται στον πίνακα Β1. [6]

Τύπος	Θερμοκρασίες λειτουργίας	Ειδική ενέργεια (Wh/kg)	Αριθμός κύκλων επαναφόρτισης	Ειδική ισχύς (W/kg) διαρκής/30s	Αποδοτικότητα (φόρτιση – εκφόρτιση)	Κόστος (€/kWh)
Pb/acid/PbO <sub>2</sub>	-20°C - +50°C	25 - 45	300 - 1500	80 / 150	0,75 - 0,85	110 - 230
NiCd - NiMH	-40°C - +40°C	25 - 65	1000 - 2000	75 / 250	0,60 - 0,75	400 - 1200
Zn-Br	Περιβάλλοντος	60 - 70	500	90 / 110	0,65 - 0,70	300
Πολυμερούς Li	+60°C - +90°C	110 - 150	300 - 600	50 / 250	0,90	150 - 200*
Ιόντων Li	0°C - 50°C	80 - 120	200 - 1000	50 / 200	0,85	250 - 400*

Πίνακας Β1: Χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων μπαταριών

## Διαστασιολόγηση μπαταριών

Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις στην διαστασιολόγηση των μπαταριών για τις εφαρμογές ΑΠΕ:

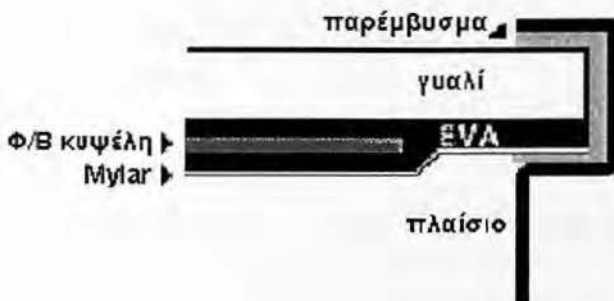
- Σε αυτόνομες εφαρμογές, μερικοί υπεύθυνοι ανάπτυξης συστημάτων έχουν διαστασιολογήσει τις μπαταριές ώστε να παρέχουν υποστήριξη 3 έως 7 ημερών. [6]
- Η στρατηγική διαστασιολόγησης για τις διασυνδεδεμένες στο δίκτυο εφαρμογές εξαρτάται από τις χρήσεις του συστήματος και τα τιμολόγια της τοπικής εταιρίας ηλεκτρισμού. Για παράδειγμα, στις εφαρμογές ποιότητας ισχύος απαιτούνται μπαταριές διαστασιολογημένες ώστε να παρέχουν σχεδόν στιγμιαίες εκφορτώσεις πλήρους ισχύος για μόνο 15 λεπτά υποστήριξης. Μια εφαρμογή εξομάλυνσης αιχμών για ένα σύστημα ΑΠΕ μπορεί να απαιτεί από την μπαταρία την ενίσχυση της παράγωγης της γεννήτριας ώστε να ανταποκρίνεται στα φόρτια αιχμής για 1-2 ώρες ημερησίως. Εάν δεν είναι σημαντική η διάφορα μεταξύ της κοστολόγησης του ηλεκτρισμού όντος και εκτός των ωρών αιχμής, τότε η μπαταρία μπορεί να διαστασιολογηθεί για μια ώρα λειτουργίας και, όταν δεν είναι διαθέσιμη η μονάδα ΑΠΕ, ο ιδιοκτήτης της εγκατάσταση μπορεί να αγοράζει ενέργεια από το δίκτυο. Πάντως, εάν η διάφορα μεταξύ των όντος και εκτός αιχμής τιμολογίων είναι σημαντική, τότε πρέπει να διεξαχθεί μια οικονομική ανάλυση για να καθοριστεί το βέλτιστο μέγεθος του συστήματος μπαταριών. [6]

Διάφοροι υπεύθυνοι ανάπτυξης βελτιστοποιούν την εγκατάσταση ΑΠΕ αλλά όχι το σίτεμα των μπαταριών, επιλέγοντας 7-10 ώρες υποστήριξης με μπαταριές στις περιπτώσεις διακοπής της λειτουργίας. Σε πολλές περιπτώσεις οι εγκαταστάσεις ΑΠΕ απαιτούν μόνο ελάχιστη υποστήριξη από μπαταριές ώστε να προστεθεί αξία στην παραγόμενη από τις ΑΠΕ ηλεκτρική ενέργεια. Εάν το σίτεμα μετάδοσης έχει μεγάλο φορτίο, οι μπαταριές μπορούν να αποθηκεύσουν την ανανεώσιμη ενέργεια που θα χάνονταν κατά τις ώρες στις οποίες περιορίζεται η υπηρεσία της μετάδοσης αποδίδοντας αργότερα την ηλεκτρική ενέργεια. [6]

#### 8.4 Βάσεις φ/β – ενθυλάκωση



Οι ηλιακές κυψέλες χρειάζονται προστασία και υποστήριξη. Για αυτό το λόγο αυτο σχεδόν πάντα τοποθετούνται σε κέλυφος, με κάποιο τρόπο που να τις προστατεύει και να τις μονώνει ηλεκτρικά. Στο σχήμα δ παρουσιάζεται η εγκάρσια τομή ενός τυπικού πλαισίου που χρησιμοποιείται σε οικιακές η αποσωνόμενης εφαρμογές, η σε φ/β σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Τα περισσότερα πλαίσια ενθυλακώνονται σε κάποιο πολυμερές υλικό, όπως ο οξικός εστέρας αιθυλενίου-βινυλίου (EVA), το οποίο στη συνέχεια τοποθετείται μεταξύ γυαλιού στην επάνω επιφάνεια και Mylar η Tedlar στην κάτω. Οι ακμές σφραγίζονται με ένα στεγνωτικό παρέμβυσμα και υποστηρίζονται από ένα πλαίσιο. Έχουν γίνει επίσης κατασκευές από εύκαμπτα ελάσματα. [6][15]



Σχήμα δ: τομή ενός τυπικού φωτοβολταϊκού πλαισίου

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί παράγοντες που εξετάζονται κατά την επιλογή των υλικών για την ενθυλάκωση, με τη σημασία τους να εξαρτάται από την εφαρμογή. Τα πιο σημαντικά από τα χαρακτηριστικά της ενθυλάκωσης είναι τα εξής:

- *Ηλεκτρική ειδική αντίσταση*

Το υλικό πρέπει να είναι ηλεκτρικός μονωτής. Είναι σημαντικό να απομονωθεί η τάση της συστοιχίας και να προστατεύεται η συστοιχία από οιοσδήποτε εξωτερικές τάσεις. [6][15]

- *Μετάδοση του φωτός*

Ιδανικά, η ενθυλάκωση δεν πρέπει να εμποδίζει το φως να προσεγγίζει τις κυψέλες. [6][15]

- *Μετάδοση της θερμότητας*

Οι ηλιακές κυψέλες είναι αποδοτικότερες σε χαμηλές θερμοκρασίες. Είναι χρήσιμο να υπάρχει, εάν είναι δυνατό, ένα υλικό ενθυλάκωσης με υψηλή θερμική αγωγιμότητα, έτσι ώστε να είναι δυνατή η απομάκρυνση της θερμότητας από τις κυψέλες. [6][15]

- *Θερμική διαστολή*

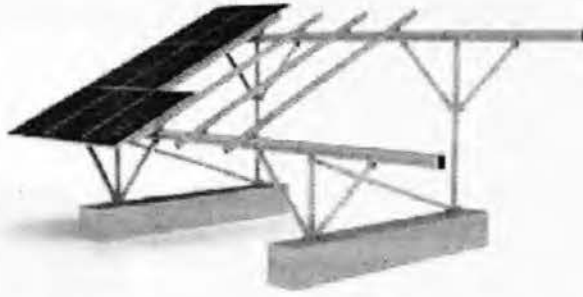
Σε μερικές θέσεις η θερμοκρασία του πλαισίου είναι αρκετά χαμηλότερη του σημείου πήξης το χειμώνα και αρκετά πάνω από τους 40°C το καλοκαίρι. Είναι, επομένως, σημαντικό η ενθυλάκωση να μην συστέλλεται ή διαστέλλεται σημαντικά λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών. [6][15]

- *Βάρος*

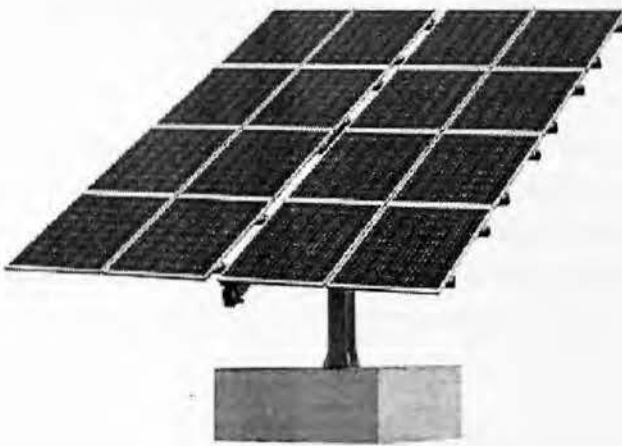
Για μερικές εφαρμογές το βάρος αποτελεί έναν από τους παράγοντες επιλογής του υλικού ενθυλάκωσης. [6][15]

- *Ανθεκτικότητα*

Πολλά πλαίσια τοποθετούνται σε εξωτερικό χώρο καθ'ολη την διάρκεια του έτους και υπόκεινται σε άνεμους, βροχές, ήλιο, χαλάζι, και χιονιά. Αυτά όμως αναμένεται να λειτουργήσουν για είκοσι τουλάχιστον έτη, όπου το υλικό ενθυλάκωσης πρέπει να είναι ικανό να αντεπεξέλθει σε αυτές τις συνθήκες χωρίς σημαντικό βαθμό φθοράς. [6][15]



Μερικές συσκευές όπως τα ηλιακά ρολόγια ή οι υπολογιστές χειρός, ενσωματώνουν την ηλιακή κυψέλη στην ίδια την συσκευή. Με τις πρόσφατες εξελίξεις στα υλικά των ηλιακών κυψελών, αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως υλικά κατασκευής της στέγης των κτιρίων. Εντούτοις, οι περισσότερες εφαρμογές των φ/β χρειάζονται κάποια βάση για την υποστήριξη και τοποθέτηση τους. Οι βάσεις αυτές μπορεί να είναι από άπλες κατασκευές για την συγκράτηση του πλαισίου σε μια στέγη (πιθανώς με μόνιμη κλίση υπό κάποια γωνία), μέχρι σύνθετες διατάξεις παρακολούθησης της τροχιάς του Ήλιου σε δυο άξονες. Η πολυπλοκότητα της βασης στήριξης καθορίζεται από τις ανάγκες του συστήματος και το διαθέσιμο κεφάλαιο. [6][15]



## 8.5 Ελεγκτές (ρυθμιστές) φόρτισης των μπαταριών



Την παρούσα χρονική περίοδο για την περίπτωση των τεχνολογιών παράγωγης με ΑΠΕ, ως πιο κατάλληλα συστήματα αποθήκευσης φαίνονται να είναι οι μπαταριές.

Οι μπαταριές έχουν εγκατασταθεί σε αυτόνομα φ/β και αιολικά συστήματα για πάνω από δυο δεκαετίες σε όλον το κόσμο, και υποστηρίζουν την παράγωγή ΑΠΕ σε τέσσερα τουλάχιστον πεδία μεγεθών:

- 1) Κάτω από 1 KW – ηλεκτροδότηση υπαίθρου
- 2) Από 1 έως 5 KW – οικιακός τομέας
- 3) Από 10 έως 100 KW – εμπορική, βιομηχανική χρήση η σε επίπεδο χωριουδάκι
- 4) Πάνω από 1 MW – παράγωγή για υποστήριξη δικτύου

Μεγάλο μέρος της δραστηριότητας που χρηματοδοτείται από την βιομηχανία των φ/β έχει εστιαστεί στις εφαρμογές αγροτικής η οικιακής κλίμακας με υποστήριξη από υπερδιαστασιολογημένες μπαταριές, ενώ μεγάλο μέρος της δραστηριότητας που χρηματοδοτείται από τους κατασκευαστές μπαταριών έχει εστιαστεί στις εφαρμογές βιομηχανικής κλίμακας με μικρή υποστήριξη μπαταριών. [6]

### Η Βασική αρχή

Η διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας εξαρτάται από την αυστηρή τήρηση των συνθηκών λειτουργίας που καθορίζονται από τον κατασκευαστή. Προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι ικανοποιούνται οι συνθήκες, οι οποίες περιγράφονται από περιοριστικές τιμές, χρησιμοποιείται ένας ελεγκτής φόρτισης. Η κυρία λειτουργία του είναι να προστατεύει την μπαταρία από υπερφόρτιση και βαθιά εκφορτίση, και για να το επιτύχει αυτό ο ελεγκτής φόρτισης δεν μπορεί να αποφύγει τις διακοπές λειτουργίας του συστήματος ΑΠΕ όταν ανακλύπουν οι περιοριστικές τιμές, ειδικότερα με την αποσύνδεση κάποιου φορτίου όταν έχουν ανακύψει τα όρια της τάσης εκφόρτισης.

Η διαχείριση της κατάστασης φόρτισης της μπαταρίας για λόγους έλεγχου συνήθως γίνεται μέσω μετρήσεων της τάσης, παρότι αναπτύσσονται κάποιες μέθοδοι για την

βελτίωση αυτής της κατάστασης μέσω της καταμέτρησης των αμπερωριών η χρήση του αλγόριθμου SOC. Τα περισσότερα από τα συστήματα ΑΠΕ που περιλαμβάνουν αποθήκευση μπαταριών μόλυβδου-οξέως διαθέτουν ένα σύστημα έλεγχου στο οποίο έχουν καθοριστεί κατώφλια τάσης για την προστασία της μπαταρίας:

- Ένα κατώφλι υψηλής τάσης για την αποφυγή υπερφόρτισης της μπαταρίας που οδηγεί σε υδρόλυση του ηλεκτρολύτη και διάβρωση των πλακών. Το κατώφλι αυτό ονομάζεται συχνά Αποσύνδεση Υψηλής Τάσης (ΑΥΤ). [6]
- Ένα κατώφλι χαμηλής τάσης προκειμένου να αποφευχθεί η βαθιά εκφόρτωση της μπαταρίας, που συχνά ονομάζεται Αποσύνδεση Χαμηλής Τάσης (ΑΧΤ). [6]

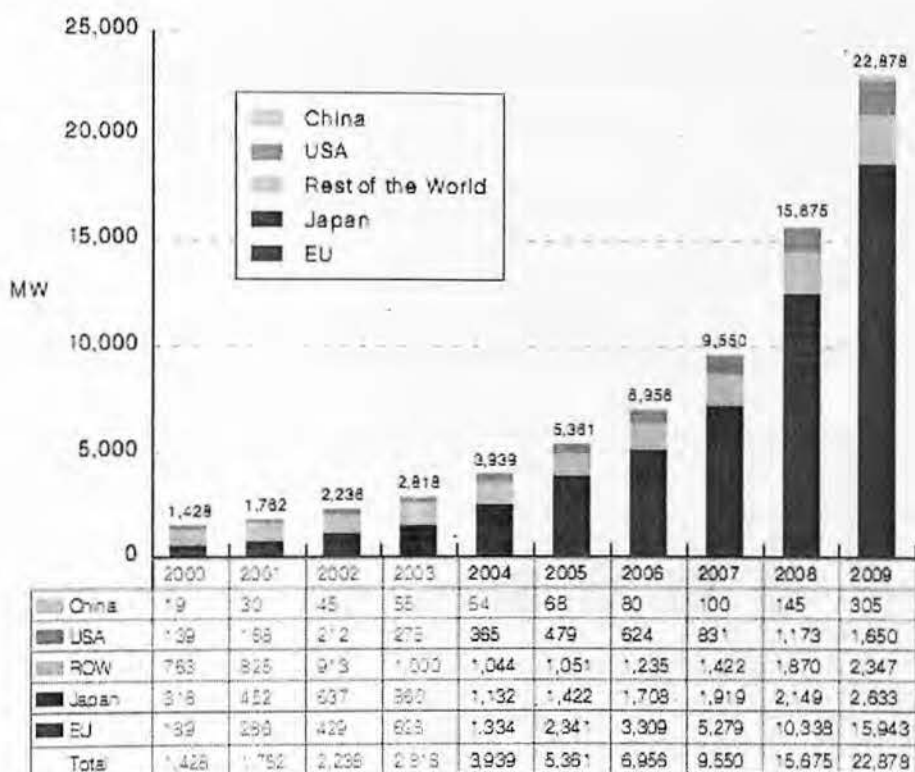
## 10. Γενικές πληροφορίες - Οικονομική εξέταση των ΑΠΕ

### 9.1 Διεθνής αγορά φωτοβολταϊκών

Στις χώρες της κεντρικής και δυτικής Ευρώπης, στις ΗΠΑ και στην Ιαπωνία τα Φ/Β έχουν αναπτυχθεί ήδη σε κυρίαρχη μορφή επένδυσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Ειδικότερα στη Γερμανία, παρόλο που οι κρατικές ενισχύσεις είναι λιγότερο ενθαρρυντικές σε σχέση με τη χώρα μας και η ηλιοφάνεια είναι πολύ χαμηλότερη (βλέπε πίνακες JRC), η αγορά Φ/Β έχει απογειωθεί κυριολεκτικά κατά τα τελευταία χρόνια με ρυθμούς που υπερβαίνουν το 50% ετησίως. Στην ίδια χώρα, η οποία σημειωτέον διαθέτει τεχνολογικό προβάδισμα στον τομέα αυτό, έχουν αναπτυχθεί μεγάλα έργα της τάξεως των 2 έως 10 MWp. [4] [5]

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει εκδώσει Οδηγίες προς τα κράτη μέλη για την αύξηση της συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή. [4] [5]





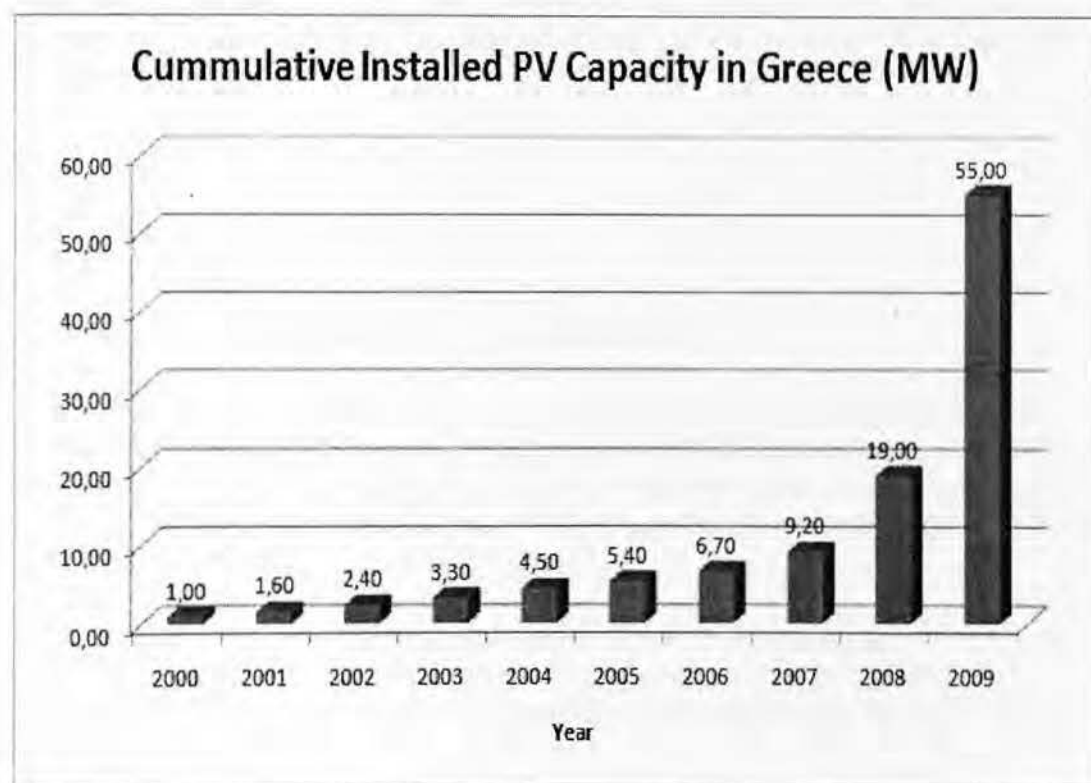
Στο διάγραμμα φαίνεται η σωρευτική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών στις σημαντικότερες αγορές του κόσμου, έως το 2009.

Αναμένεται ότι σε μια δεκαετία τα Φ/Β θα εξελιχθούν σε κυρίαρχη μορφή Α.Π.Ε. φθάνοντας ή ξεπερνώντας σε μέγεθος εγκατεστημένης ισχύος τα αιολικά συστήματα. [4] [5]

## 9.2 Τα Φ/Β συστήματα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η αγορά διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων ξεκίνησε ουσιαστικά απο το καλοκαίρι του 2006 με την ψήφιση του Νόμου 3468/2006 για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Ο Νόμος αυτός άνοιξε το δρόμο για τις επενδύσεις Φ/Β και στη χώρα μας με την ενίσχυση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας απο Ανανεώσιμες Πηγές. Το ουσιαστικό βήμα γίνεται σήμερα με την ψήφιση του νόμου 3851/2010 με τον οποίο απλοποιούνται οι διαδικασίες αδειοδότησης φωτοβολταϊκών πάρκων καθώς και με την ΚΥΑ για την εφαρμογή φωτοβολταϊκών συστημάτων σε στέγες κτιρίων. [4] [5]

Μέχρι το 2006, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα εξέλιξης της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β στη χώρα μας, κατασκευάζονταν κυρίως μικρού μεγέθους αυτόνομα συστήματα για την κάλυψη ερευνητικών σκοπών και οικιακών αναγκών ή ειδικών περιπτώσεων (φάρoi, απομακρυσμένες περιοχές κ.λ.π.). Το 2007, σύμφωνα με τον Σύνδεσμο Εταιριών Φωτοβολταϊκών, ήταν η πρώτη χρονιά στην οποία οι εγκαταστάσεις διασυνδεδεμένων συστημάτων ξεπέρασαν σε ισχύ τις εγκαταστάσεις αυτόνομων. [4] [5]



**Το 2009 προστέθηκαν περίπου 36MW στο δίκτυο με αποτέλεσμα η εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β συστημάτων συνολικά στη χώρα μας να προσεγγίσει τα 55MWp σύμφωνα με στοιχεία του ΚΑΠΕ.**

Έως το 2020 η εγκατεστημένη ισχύς από φωτοβολταϊκά θα πρέπει να ανέλθει σε 6.500 MW σύμφωνα με τον Σύνδεσμο Εταιριών Φωτοβολταϊκών, προκειμένου να καλύπτει το 12% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος στη χώρα μας. Από την πλευρά της κυβέρνησης, φαίνεται ότι η ισχύς που θα στοχοποιηθεί τελικά για τα φωτοβολταϊκά θα είναι τουλάχιστον 2.500 MW μέχρι το 2020. [4] [5]

Όλα τα παραπάνω δείχνουν μια νέα αγορά με μεγάλες προοπτικές και μακρινό σημείο κορεσμού λαμβάνοντας υπ όψη και τους στόχους που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για τη συμμετοχή των Α.Π.Ε. και ιδιαίτερα των Φ/Β στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μέχρι το 2020. [4] [5]

### 9.3 Κίνητρα Αναπτυξιακού Νόμου

Το κόστος επένδυσης η τα μισθώματα της χρηματοδοτικής μίσθωσης σε Φωτοβολταϊκούς σταθμούς οι οποίοι υπέβαλλαν εμπρόθεσμη αίτηση έως τις 29.01.2010, ενισχύεται από τον Αναπτυξιακό Νόμο 3299/2004. Με βάση το Νόμο και τις τροποποιήσεις του τα Φ/Β ανήκουν στην ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4 των επενδυτικών σχεδίων και η επιδότησή τους μπορεί να ανέλθει μέχρι το 40% του κόστους επένδυσης. Το ποσοστό αυτό ορίζεται στην Υπουργική Απόφαση με ημερομηνία δημοσίευσης 5/07/2007 στην κατηγορία των οριζόντιων ενισχύσεων του άρθρου 4, παράγραφος 2. [4] [5]

Αναφορικά με τις νέες αιτήσεις, θα εφαρμοστεί ο νέος αναπτυξιακός νόμος ο οποίος σύμφωνα με έγκυρες πηγές, δεν προβλέπει επιδοτήσεις για τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα. [4] [5]

### 9.4 Ενίσχυση της παραγόμενης κιλοβατώρας

Με βάση το Νόμο 3468/2006 ο αρμόδιος κρατικός φορέας: Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) δεσμεύεται να αγοράζει σε προσυμφωνημένη τιμή, κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ από ανεξάρτητο παραγωγό για 20 έτη με έγγραφη δήλωση του παραγωγού. [4] [5]

Οι τιμές αγοράς της παραγόμενης κιλοβατώρας (Feed-In-Tariff) σύμφωνα με το Νέο Νόμο 3851/04.06.2010 οι οποίες καθορίζονται με βάση το χρόνο της κατάθεσης αίτησης στο ΔΕΣΜΗΕ για τη σύμβαση αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν ως ακολούθως:

Έτος - Μήνας	Διασυνδεδεμένο Δίκτυο		Μη Διασυνδεδεμένο Δίκτυο
	Άνω των 100kW	Έως και 100kW	ανεξαρτήτως ισχύος
2009 Φεβρουάριος	400,00 €	450,00 €	450,00 €
2009 Αύγουστος	400,00 €	450,00 €	450,00 €
2010 Φεβρουάριος	400,00 €	450,00 €	450,00 €
2010 Αύγουστος	392,04 €	441,05 €	441,05 €
2011 Φεβρουάριος	372,83 €	419,43 €	419,43 €
2011 Αύγουστος	351,01 €	394,89 €	394,89 €
2012 Φεβρουάριος	333,81 €	375,54 €	375,54 €
2012 Αύγουστος	314,27 €	353,55 €	353,55 €
2013 Φεβρουάριος	298,87 €	336,23 €	336,23 €
2013 Αύγουστος	281,38 €	316,55 €	316,55 €
2014 Φεβρουάριος	268,94 €	302,56 €	302,56 €
2014 Αύγουστος	260,97 €	293,59 €	293,59 €
Για κάθε έτος απο το 2015 και έπειτα	1,3 x ΜΟΤΣ(ν-1) Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το Προηγούμενο Έτος	1,4 x ΜΟΤΣ(ν-1) Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το Προηγούμενο Έτος	1,4 x ΜΟΤΣ(ν-1) Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το Προηγούμενο Έτος

Οι τιμές που καθορίζονται στον ανωτέρω πίνακα αναπροσαρμόζονται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Τράπεζα της Ελλάδος.

Αν η τιμή που αναφέρεται στον πίνακα αυτόν αναπροσαρμοσμένη κατά τα ανωτέρω, είναι μικρότερη της μέσης Οριακής Τιμής του Συστήματος, όπως αυτή διαμορφώνεται κατά το προηγούμενο έτος, προσαυξημένης κατά 30%, 40%, και 40%, αντίστοιχα, για τις περιπτώσεις Α', Β' και Γ, του ανωτέρω πίνακα, η τιμολόγηση γίνεται με βάση τη μέση Οριακή Τιμή του Συστήματος του προηγούμενου έτους, προσαυξημένη κατά τους αντίστοιχους ως άνω συντελεστές. [4] [5]

## 9.5 Συνοπτική εξέταση φ/β - οικονομικά

Σε περίπτωση που η κατοικία είναι διασυνδεδεμένη στο δίκτυο, η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας πωλείται στην ΔΕΗ με τιμή η οποία καθορίζεται από την εκαστοτε νομοθεσία. Σύμφωνα με τον νέο νομο για την <<Παραγωγή ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας υψηλής Αποδοσης και Λοιπές Διατάξεις>>, η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παραγεται από φ/β διαμορφώνεται ως εξής

- Εγκατεστημένη ισχύς μικροτερη των 100 KW<sub>p</sub> : 0,45€/KWh για το διασυνδεδεμενο συστημα ηλεκτρικης ενεργειας και 0,50€/KWh για μη διασυνδεδεμενα νησια.
- Εγκατεστημένη ισχύς μεγαλυτερη των 100KW<sub>p</sub> : 0,40€/KWh για το διασυνδεδεμενο συστημα ηλεκτρικης ενεργειας και 0,45€/KWh για τα μη διασυνδεδεμενα νησια.



**Διασυνδεδεμένο σύστημα**  
(ανταλλάσσει ενέργεια με το δίκτυο της ΔΕΗ)

Ενδεικτικά, το κόστος για την αγορά και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε μια κατοικία διασυνδεδεμένη στο δίκτυο, συμπεριλαμβανομένων του αντιστροφέα (inverter) και των παρελκομένων, είναι της τάξης των 7000€ ανα KW. Δεδομένου ότι ο αντιστροφέας για διασυνδεδεμένη κατοικία συγχρονίζεται πάντα με το δίκτυο της ΔΕΗ, όταν δεν παρέχεται ρεύμα από το δίκτυο το φ/β σύστημα δεν λειτουργεί. Ωστόσο, υπάρχει και η δυνατότητα λειτουργίας του συστήματος φ/β για διασυνδεδεμένη κατοικία, ως συστήματος UPS (αδιαλείπτως παροχής ενεργειας), για την κάλυψη χρησιμών φορτιών, αν χρησιμοποιηθούν ειδικός αντιστροφέας και μπαταρίες. Επίσης το κόστος για την αγορά και εγκατάσταση ενός συστήματος φωτοβολταϊκών σε μια αυτονομη κατοικία συμπεριλαμβανομένων και του αντιστροφέα, των μπαταριών και παρελκομένων είναι της τάξης των 8000€ ανα KW. [4] [5]

## 9.6 Συνοπτική εξέταση μικρών αννεμογεννητριών - οικονομικά



Το συνολικό κόστος για την αγορά και εγκατάσταση μιας μικρης αννεμογεννητριας είναι της τάξης των 3000€ ανα KW, και περιλαμβάνει το κόστος αγοράς του συστήματος της α/γ (α/γ, μπαταρίες, αντιστροφεα και παρελκομενα) και τα κοστη μεταφορας, τοποθετησης και συνδεσης με το δικτυο (όταν αυτό απαιτειται) Συμφωνα με τον νέο νομο για την <<Παραγωγη ηλεκτρικης Ενεργειας απο Ανανεωσιμες πηγες Ενεργειας και Συμπαραγωγη Ηλεκτρισμου και Θερμοτητας υψηλης Αποδοσης και Λοιπες Διαταξεις>>, η τιμολογηση της ηλεκτρικης ενεργειας που παραγεται από φ/β διαμορφωνεται ως εξης:

- 0.073€/KWh για το διασυνδεμενο συστημα ηλεκτρικης ενεργειας
- 0.0846€/KWh για τα μη διασυνδεμενα νησια [4] [5]

### 9.7 Συνοπτικη εξεταση ηλιακων συστηματων - οικονομικα



Για μια τυπικη οικογενεια 4 ατομων εγκαθισταται ηλιακος θερμοσιφωνας με 2,5 μ<sup>2</sup> επιφανεια ηλιακου συλλεκτη και δοχειο θερμου νερου 150 Lt. Το κοστος αγορας και εγκαταστασης του ηλιακου θερμοσιφωνα ειναι της ταξης των 1200€. Η μεση ετησια ωφελιμη θερμικη ενεργεια που παραγεται από τον ηλιακο θερμοσιφωνα είναι περιπου 1500 kWh ετησιως. Το κοστος παραγωγης αυτης της ενεργειας διαμορφωνεται σε 0,10€/KWh (τιμολογιο γενικης οικιακης χρησης-μεση τιμη) 150€.[4] [5]

## 9.8 Ενδεικτικά εσοδα από ένα φ/β συστημα



Τα έσοδα εξαρτώνται από την ενέργεια που παράγει το φωτοβολταϊκό σύστημα σας. Κόντα στο σημείο σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος με το δίκτυο της ΔΕΗ θα υπάρχει ένας διπλός μετρητής (ο ίδιος και για την ενέργεια που καταναλώνουμε) που θα μετράει την ενέργεια που παράγει το φωτοβολταϊκό σύστημα σε κιλοβατώρες (kWh). Αυτήν την ενέργεια η ΔΕΗ είναι υποχρεωμένη να την αγοράζει πληρώνοντας 0,55 σεντς ανά κιλοβατώρα ( 0,55 euro cents/kWh ). [12] [13]

Η τιμή (0,55euro/kWh) θα είναι σταθερή μέχρι το 2012. Από το 2013 και έπειτα η τιμή αυτή θα μειώνεται κατά 5% ανά έτος. Να διευκρινήσουμε όμως (μετά από επικοινωνία με το υπουργείο ανάπτυξης) ότι αυτό δεν σημαίνει ότι αν κάποιος εγκαταστήσει ένα σύστημα το 2010 η τιμή πώλησης μετά από 3 χρόνια θα αρχίσει να μειώνεται κατά 5% κάθε έτος έως και το 2019. Η τιμή θα είναι σταθερή και μάλιστα θα προσανζάνεται σύμφωνα με τον Δείκτη Τιμών Καταναλωτή ( ακολουθεί τον πληθωρισμό). Αν κάποιος δηλαδή συνδεθεί φέτος θα έχει σίγουρα τουλάχιστον 0,55 και μετά από 5 ή 10 χρόνια. Αν όμως συνδεθεί το 2013 ή τιμή αγοράς θα είναι  $0,55 \times 0,95 = 0,5225$  ευρώ ανα κιλοβατώρα. Ενώ εάν συνδεθεί το 2014 η τιμή θα είναι  $0,5225 \times 0,95 = 0,4963$  ευρώ ανα κιλοβατώρα. [12] [13]

Αυτό σημαίνει ότι εάν για κάποιον μήνα παράγουμε για παράδειγμα 100 κιλοβατώρες (100kWh) η ΔΕΗ θα πρέπει να μας πληρώσει 55 ευρώ.

Συνεπώς ανάλογα με την ενέργεια που παράγει το σύστημα έχουμε και τα αντίστοιχα έσοδα σε ευρώ πολλαπλασιάζοντας τις κιλοβατώρες που παράγουμε με το 0,55. [12] [13]

Η ενέργεια που παράγει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα έχει να κάνει με την συνολική ισχύ των φωτοβολταϊκών πάνελ που έχει το σύστημα μας

Για να βρούμε την συνολική ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος πολλαπλασιάζουμε την ισχύ που έχει το κάθε πάνελ και το αποτέλεσμα είναι η συνολική εγκατεστημένη του συστήματος.

Η ενέργεια που παράγεται από το σύστημα μας εξαρτάται από κυρίως δύο παράγοντες:

- Την **συνολική ισχύ** του φωτοβολταϊκού συστήματος (βλεπε Βήμα 1 πάνω)
- Την **ηλιοφάνεια της περιοχής** που θα εγκαταστήσουμε το σύστημα (ηλιακή ενέργεια)

Το ποσό της ηλιακής ενέργειας είναι διαφορετικό από περιοχή σε περιοχή και στην Ελλάδα σε γενικές γραμμές είναι **μεγαλύτερο όσο πιο νότια** βρισκόμαστε. Έτσι όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που "πέφτει" στα πάνελ τόσο περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια αυτά παράγουν. [12] [13]

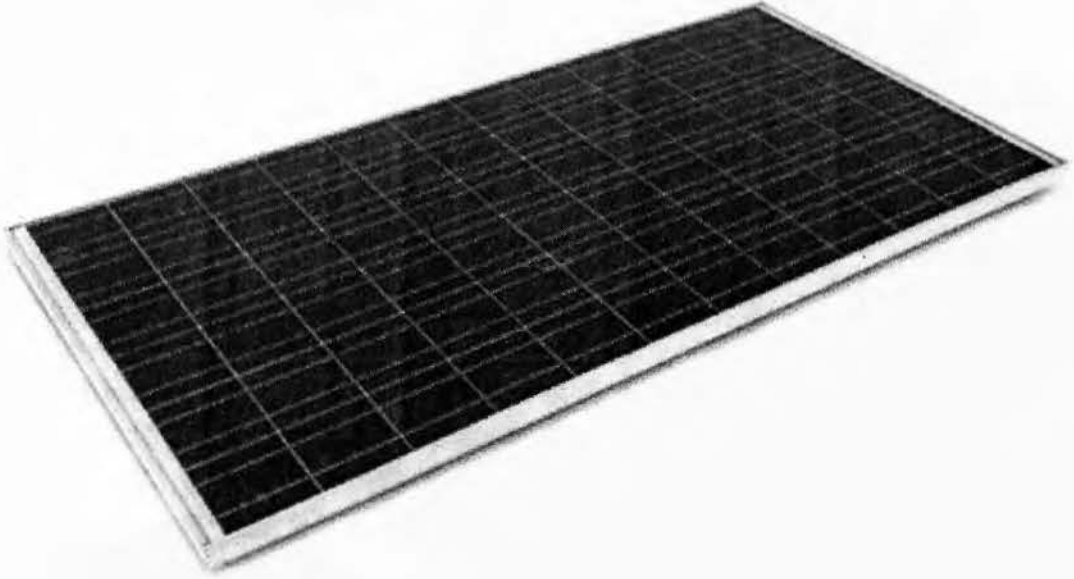
Σε γενικές γραμμές στην **Βόρεια Ελλάδα** η **ηλεκτρική ενέργεια που παράγει 1kW** (1 κιλοβατ) φωτοβολταϊκών είναι από **1.150 έως 1.250 kWh** (κιλοβατώρες) **κάθε έτος** (για σταθερό σύστημα). [12] [13]

Στην **Κεντρική Ελλάδα** η **ηλεκτρική ενέργεια που παράγει 1kW** (1 κιλοβατ) φωτοβολταϊκών είναι από **1.200 έως 1.300 kWh** (κιλοβατώρες) **κάθε έτος** (για σταθερό σύστημα). [12] [13]

Στην **Νοτια Ελλάδα** η **ηλεκτρική ενέργεια που παράγει 1kW** (1 κιλοβατ) φωτοβολταϊκών είναι από **1.250 έως 1.400 kWh** (κιλοβατώρες) **κάθε έτος** (για σταθερό σύστημα). [12] [13]

Στην συνέχεια πολλαπλασιάζουμε την συνολική ισχύ του συστήματος με την παραγωγή ηλεκτρισμού από 1kw για την περιοχή σας και βρίσκουμε την συνολική ηλεκτρική ενέργεια που παράγουμε ανά έτος (και τελικά θα πουλήσουμε στην ΔΕΗ). [12] [13]

**S-ENERGY SM-245PC8**



- **Τύπος :** Πολυκρυσταλλικού πυριτίου
- **Βαθμός απόδοσης :** 14,72%
- **Εγγύηση προϊόντος :** 7 έτη
- **Τιμή μονάδας +ΦΠΑ :** 341,53€

Αντιστροφείς ρεύματος (Inverters) :

**INVERTER SMA SB 3000TL-20 ESS GR**





- Φάσεις ρεύματος: 1
- Μέγιστος βαθμός απόδοσης: 97%
- Εγγύηση προϊόντος : 25 έτη
- Τιμή μονάδας +ΦΠΑ : 1864,92€

#### INVERTER KACO 3200 INT



- Φάσεις ρεύματος: 1
- Μέγιστος βαθμός απόδοσης: 96,4%
- Εγγύηση προϊόντος : 10 η 25 έτη
- Τιμή μονάδας +ΦΠΑ : 1378,83€

Ανεμογεννήτριες :

**Ανεμογεννήτρια Land S700/400-450Watt/12v**



- **Τύπος α/γ:** εδάφους
- **Αριθμός πτερωτών:** 3
- **Εγγύηση προϊόντος :** 3 έτη
- **Τιμή μονάδας +ΦΠΑ :** 615€

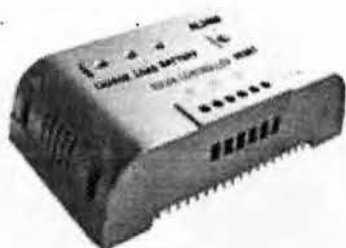
## Air-x 400W



- **Τύπος α/γ:** Εγκατάσταση σε οποιαδήποτε κατασκευή στύλου
- **Αριθμός πτερωτών:** 3
- **Εγγύηση προϊόντος :** 3 έτη
- **Τιμή μονάδας +ΦΠΑ :** 679,45€

Ρυθμιστές φόρτισης :

**Ρυθμιστής 12/24V - 50A - MPPT 1200W**



- **Τύπος συστημάτων:** 12V ή 24V (αυτόματη αναγνώριση)
- **Μέγιστος βαθμός απόδοσης:** ~100%
- **Εγγύηση προϊόντος :** 2 έτη
- **Τιμή μονάδας +ΦΠΑ :** 199,00€

**Ρυθμιστής 12/24V - 60A - MPPT 1440W**



- **Τυπος συστημάτων:** 12V ή 24V (αυτόματη αναγνώριση)
- **Μέγιστος βαθμός απόδοσης:** ~100%

- **Εγγύηση προϊόντος :** 2 έτη
- **Τιμή μονάδας +ΦΠΑ :** 259,00€

Μπαταρίες :

**Battery AGM 200AH**



- **Χωρητικότητα μπαταριών:** 200AH 12V κλειστού τύπου βαθιάς εκφόρτισης
- **Τύπος μπαταριών:** κλειστού τύπου βαθιάς εκφόρτισης
- **Διάρκεια ζωής :** 10 έτη
- **Τιμή μονάδας +ΦΠΑ :** 349,25€

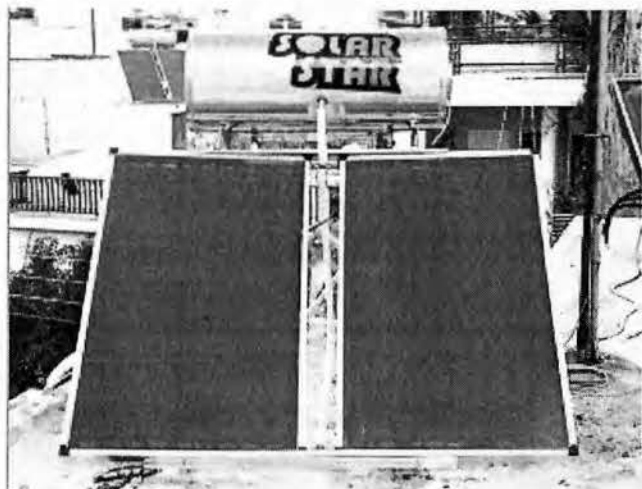
**Battery Solar 230AH**



- **Χωρητικότητα μπαταριών:** 210AH 12V κλειστού τύπου βαθιάς εκφόρτισης
- **Τύπος μπαταριών:** κλειστού τύπου βαθιάς εκφόρτισης
- **Διάρκεια ζωής :** 5 έτη
- **Τιμή μονάδας +ΦΠΑ :** 354,66€

Ηλιακοί θερμοσίφωνες :

#### ΗΛΙΑΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ 200lit Solar Star



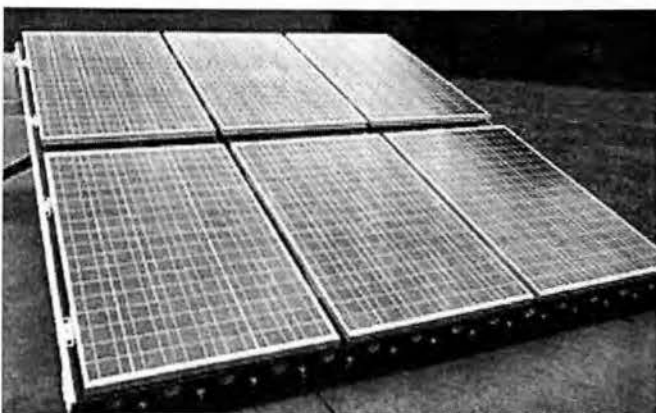
- **Χωρητικότητα :** 200 λίτρα
- **Τύπος συστήματος:** κλειστού κυκλώματος
- **Αριθμός συλλεκτών :** 2
- **Τιμή μονάδας +ΦΠΑ :** 806,45€

## ΗΛΙΑΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ 160lit Solar Star



- Χωρητικότητα : 160 λίτρα
- Τύπος συστήματος: κλειστού κυκλώματος
- Αριθμός συλλεκτών : 1
- Τιμή μονάδας +ΦΠΑ : 698,5€

## Υβριδικά PV-T :



Καθώς η τεχνολογία των PV-T είναι καινούργια δεν έχουμε ακόμα δεδομένα τιμών και πρακτικών αποδόσεων για την Ελλάδα και ασαφή δεδομένα από το εξωτερικό. Αναμένεται όμως αυτή η τεχνολογία να είναι ανταγωνιστική των απλών φ/β πλαισίων με χαμηλότερα κόστη αγοράς και μικρότερο χρόνο απόσβεσης. Ενδεικτικά οι τιμές

αυτών των τύπων πλαισίων αναμένεται να ξεκινούν από 700-800€ για τα πλαίσια χαμηλότερης ισχύος.

## 9.10 Ερωτήσεις & Απαντήσεις για τα Οικιακά ΑΠΕ

Σε αυτή την υποενότητα συγκεντρώνουμε τις πιο συχνες ερωτήσεις και απαντήσεις όσον αφορά τις τεχνολογίες των ΑΠΕ που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στα σπίτια.

Όσον αφορά τη φ/β τεχνολογία:

### **Ποιος μπορεί να εγκαταστήσει φωτοβολταϊκό σύστημα; Υπάρχουν προϋποθέσεις;**

Δικαίωμα ένταξης στο πρόγραμμα έχουν φυσικά πρόσωπα, μη επιτηδευματίες και φυσικά ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες, που κατατάσσονται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις (μέχρι 10 άτομα και μέχρι 2 εκατ. ευρώ τζίρο ετησίως), τα οποία έχουν στην κατοχή τους τον χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα.

Για την περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κοινόχρηστο χώρο του κτιρίου, επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός και μόνο συστήματος.

Δικαίωμα ένταξης στο πρόγραμμα έχουν οι κύριοι των οριζόντιων ιδιοκτησιών εκπροσωπούμενοι από τον διαχειριστή μετά από συμφωνία του συνόλου των ιδιοκτητών ή ένας εκ των κυρίων των οριζόντιων ιδιοκτησιών μετά από παραχώρηση χρήσης του κοινόχρηστου χώρου από τους υπόλοιπους, με ευθύνη των ενδιαφερομένων.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την ένταξη στο πρόγραμμα είναι η ύπαρξη σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο ακίνητο στο οποίο το σύστημα εγκαθίσταται.

Επιπλέον, όταν το ακίνητο στο οποίο εγκαθίσταται το σύστημα χρησιμοποιείται για κατοικία, απαραίτητη προϋπόθεση είναι μέρος των θερμικών αναγκών του ακινήτου για ζεστό νερό χρήσης να καλύπτεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. ηλιοθερμικά, ηλιακοί θερμοσίφωνες). [12]

### **Ποιες είναι οι διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν;**

Για τη σύνδεση του συστήματος και την πώληση της ενέργειας ο παραγωγός απευθύνεται στις τοπικές υπηρεσίες της ΔΕΗ υπογράφοντας δύο αντίστοιχες



συμβάσεις, μία για την τοποθέτηση ουσιαστικά του μετρητή και μία για την πώληση της ενέργειας. [12]

### **Τι ισχύει σε ό,τι αφορά τη φορολογία;**

Η μικρή ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξασφαλίζει ότι η παραγόμενη ενέργεια αντιστοιχεί σε αυτήν που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κυρίου του φωτοβολταϊκού συστήματος. Κατά συνέπεια δεν υφίστανται, για τον κύριο του φωτοβολταϊκού συστήματος, φορολογικές υποχρεώσεις για τη διάθεση της ενέργειας αυτής στο δίκτυο.

Ο πολίτης παραγωγός - καταναλωτής δεν θα έχει φορολογική ή ασφαλιστική υποχρέωση (άνοιγμα βιβλίων, έκδοση τιμολογίων, ασφάλιση κ.λπ.) είτε είναι επιτηδευματίας είτε όχι. [12]

### **Ποιο είναι το κόστος;**

Όλα τα κόστη συμπεριλαμβάνονται στο λεγόμενο κόστος ανά εγκατεστημένο kW που είναι περίπου τα 5.000 ευρώ ανά kW (με καλή έρευνα αγοράς μπορεί να περιοριστεί στα 4.000 ευρώ ανά kW). Το μόνο που δεν περιλαμβάνεται είναι το πιθανό κόστος για την ασφάλιση του εξοπλισμού από δολιοφθορά κ.λπ. Στις πλείστες των περιπτώσεων ο εξοπλισμός καλύπτεται με εγγύηση μεγαλύτερη των 10 ετών. [12]

### **Πώς θα γίνεται ο συμψηφισμός της αξίας του πωλούμενου ρεύματος με τον λογαριασμό κατανάλωσης της ΔΕΗ;**

Το αντίτιμο πώλησης του συνόλου της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο, μειούμενο κατά το ποσό του συνολικού λογαριασμού της ΔΕΗ, θα παρουσιάζεται σε πιστωτικό λογαριασμό της ΔΕΗ και θα εισπράττεται από τον κύριο του συστήματος. Αν κύριος του συστήματος είναι η διαχείριση της πολυκατοικίας, τότε το σύστημα θα συνδέεται με τον κοινόχρηστο μετρητή (ρολόι) της ΔΕΗ και τα έσοδα θα εισπράττονται από τον διαχειριστή και θα κατανέμονται ανάλογα στους συνιδιοκτήτες. [12]

### **Υπάρχει επάρκεια συστημάτων στην αγορά;**

Δραστηριοποιούνται γύρω στις 200 εταιρίες. Σημαντικό είναι ότι υλοποιούνται και 5 ελληνικές παραγωγικές μονάδες με δυναμικότητα παραγωγής πανέλων 200 MW. [12]

### **Υπάρχει επιχορήγηση;**

Όχι. Η τιμή που πωλείται το ηλεκτρικό ρεύμα στο δίκτυο (0,55 ευρώ ανά kWh) είναι πολύ ευνοϊκή και δεν απαιτεί επιχορήγηση. Επιπλέον, με αυτό τον τρόπο ο πολίτης δεν μπαίνει στη διαδικασία προετοιμασίας φακέλου, αξιολόγησης, έγκρισης, ελέγχου, κ.λπ. [12]

Όσον αφορά τις ανεμογεννήτριες:

**Ποιο είναι το ιδανικό ύψος για τις ανεμογεννήτριες;**

Όσο πιο ψηλά τόσο το καλύτερο. Τουλάχιστον όμως μερικά μέτρα ψηλότερα από το ψηλότερο εμπόδιο που υπάρχει σε ακτίνα περίπου 100 μέτρων. Αυτό είναι το ιδανικό. Στην πράξη αναγκαστικά μπορεί να γίνουν κάποιοι συμβιβασμοί που μειώνουν λιγότερο ή περισσότερο την απόδοση της ανεμογεννήτριας. [13]

**Μπορώ να βάλω ανεμογεννήτρια στην ταράτσα του σπιτιού μου;**

Αν είναι μια πολύ μικρή ανεμογεννήτρια (κάτω από 400W ονομαστικά) και γίνει σωστή τοποθέτηση και προορίζεται για ...παιχνίδι, τότε ναι. Δεν προσδωκουμε με ένα τέτοιο σύστημα να μειώσουμε την κατανάλωση ρεύματος κατά ένα άξιο λόγου ποσοστό... [13]

**Ποια είναι η σχέση μεταξύ μήκους πτερυγίων (ή διαμέτρου ρότορα) και ισχύος;**

Για διπλάσιο μήκος πτερυγίων, έχουμε τετραπλάσια ισχύ της ανεμογεννήτριας. [13]

**Ποια είναι η σχέση μεταξύ ταχύτητας ανέμου και ισχύος;**

Για διπλάσια ταχύτητα ανέμου, έχουμε οκταπλάσια ισχύ της ανεμογεννήτριας. [13]

**Ποιές είναι οι διαφορές ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα με ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα;**

Χρειάζεται ένα ολόκληρο άρθρο για να τις αναλύσω. Το ετοιμάζω. Σε πολύ γενικές γραμμές, οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα είναι κατά πολύ αποδοτικότερες από τις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα. Οι τελευταίες όμως έχουν κάποια πλεονεκτήματα όπως π.χ. η ευκολία κατασκευής τους. [13]

**Τι ανεμογεννήτρια χρειάζομαι για να καλύψω τις ανάγκες του σπιτιού μου;**

Εξαρτάται από την κατανάλωσή σου, την τοποθεσία σου και πάρα πολλούς άλλους παράγοντες. Μη μου ζητήσεις να σου κάνω μια μικρή μελέτη. Δεν θα το κάνω :) Το κάνουν όμως οι εταιρείες που πουλάνε ανεμογεννήτριες. [13]

**Τι είναι το "Betz limit", το ανώτατο όριο ισχύος που μπορούμε να πάρουμε από τον άνεμο;**

Ένας Γερμανός επιστήμονας, που τον έλεγαν Albert Betz υπολόγισε το 1919 ότι το μέγιστο που μπορούμε να μετατρέψουμε από την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την κίνηση ενός ρότορα (όπως στις ανεμογεννήτριες) είναι 59,3% ακόμη και με έναν ρότορα χωρίς καθόλου απώλειες. [13]

**Υπάρχει ένας απλός τύπος ώστε να υπολογίζω την ισχύ που μπορεί να δώσει μια ανεμογεννήτρια;**

Ισχύς ανέμου σε Watt = 0.5 X επιφάνεια που καλύπτουν τα πτερύγια σε τ.μ. X 1,23 X τρεις φορές την ταχύτητα του ανέμου σε m/sec.

Το 1,23 ισχύει για ανεμογεννήτριες τοποθετημένες στο ίδιο επίπεδο με τη θάλασσα - όσο ανεβαίνουμε αλλάζει αλλά όχι τόσο πολύ ώστε να επηρεάζει ιδιαίτερα το αποτέλεσμα.

Αυτή είναι η ισχύς του ανέμου. Εδώ μπαίνει το όριο του 59,3% που είπαμε αμέσως παραπάνω αλλά και οι απώλειες της ανεμογεννήτριας (τριβής, καλωδίων κ.α.).

Έτσι συνήθως η τελική ισχύς που παίρνουμε από τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα είναι το 30-40% της ισχύος του ανέμου που υπολογίσαμε με τον παραπάνω τύπο. Στις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα το αντίστοιχο ποσοστό είναι 15-30%. [13]

**Αποτελούν οι ανεμογεννήτριες κίνδυνο για τα πουλιά και άλλα πετούμενα;**

Για τις φοβίες που έχουν αναπτυχθεί από την έλλειψη γνώσης, η αλήθεια είναι ότι τα ενδημικά πουλιά συνηθίζουν την παρουσία των ανεμογεννητριών και τις αποφεύγουν. Για τα αποδημητικά πουλιά υπήρχε παλαιά τέτοιος κίνδυνος, σήμερα όμως τα αιολικά πάρκα τοποθετούνται έξω από τη διαδρομή τους.

Έτσι κι αλλιώς όμως, ο κίνδυνος πάντα ήταν μικρότερος για τα πουλιά από τον κίνδυνο που αντιπροσωπεύουν τα ψηλά κτίρια και τα αυτοκίνητα, που προκαλούν πολλαπλάσιους θανάτους απ' ότι οι ανεμογεννήτριες. Δεν ζήτησε ποτέ κανείς την κατάργηση των αυτοκινήτων ή των πολυκατοικιών για αυτό το λόγο. [13]

Όσον αφορά τους ηλιακούς θερμοσίφωνες:

**1. Πόσα κερδίζω με την χρήση ενός ηλιακού θερμοσίφωνα;**

Με την χρήση του ηλιακού θερμοσίφωνα επιτυγχάνουμε από 40% έως 80% εξοικονόμηση ενέργειας, άρα και εξοικονόμηση χρημάτων. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται κατά μεγάλο βαθμό από την ποιότητα κατασκευής του δοχείου του ηλιακού θερμοσίφωνα και των ηλιακών συλλεκτών. [14]

## 2. Πώς να επιλέξω τον ηλιακό μου θερμοσίφωνα;

Ένας καλής ποιότητας ηλιακός θερμοσίφωνας πρέπει:

α) να έχει εξωτερική επένδυση από ανοδιωμένο αλουμίνιο, το οποίο είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό σε παραθαλάσσιες περιοχές, σε υγρά κλίματα και στις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου.

β) το κλειστό κύκλωμα αντιψυκτικού υγρού να προστατεύεται από μανδύα (jacket), ώστε να λειτουργεί σωστά ακόμη και όταν κάνει παγωνιά και ταυτόχρονα να προστατεύει τους συλλέκτες από τα άλατα του νερού, τα οποία ως γνωστόν ευθύνονται για το βούλωμα των σωληνώσεων των συλλεκτών.

γ) να έχει μόνωση πολυουρεθάνης υψηλής πυκνότητας και πάχους (τουλάχιστον 45-50 χιλιοστών), ώστε να εξασφαλίζει ζεστό νερό ακόμα και σε πολικές θερμοκρασίες - 30°C (υπό το μηδέν).

δ) η μεταλλική κατασκευή της δεξαμενής του να είναι πάχους 3 χιλιοστών και να είναι κατασκευασμένη με προδιαγραφές DIN 4800-5, ώστε να αντέχει στις υψηλές πιέσεις του δικτύου ύδρευσης.

ε) το δοχείο του ηλιακού θερμοσίφωνα να είναι εσωτερικά επενδεδυμένο (επισμαλτωμένο) με DURO SMALT ELASTIC. Αυτή η μέθοδος (GLASS) θεωρείται η πιο ενδεδειγμένη για την ιδιαίτερη ελαστικότητα που έχει και για τις αντοχές της σε πολύ σκληρά νερά, ώστε να προστατεύει τη δεξαμενή από ρωγμές λόγω συστολών και διαστολών.

στ) ο ηλιακός θερμοσίφωνας θα πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα προσθήκης εφεδρικού στοιχείου θέρμανσης, το οποίο να μπορεί να συνδέεται με το καλοριφέρ, επιτυγχάνοντας έτσι ακόμα μεγαλύτερη οικονομία. Αυτοί είναι οι λεγόμενοι ηλιακοί θερμοσίφωνες τριπλής ενέργειας.

ζ) προς αποφυγή δημιουργίας εσωτερικών υδρατμών λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας, οι ηλιακοί συλλέκτες θα πρέπει να διαθέτουν οπές εξαερισμού, ιδιαίτερα τον χειμώνα σε υγρά κλίματα. Αν δεν υπάρχουν οπές εξαερισμού, τότε οι παραγόμενοι υδρατμοί δημιουργούν διάβρωση στον απορροφητή του συλλέκτη.

η) οι χαλκοσωλήνες και ο απορροφητής του ηλιακού συλλέκτη να είναι συγκολλημένοι με υψίσυχα (δηλαδή με την μέθοδο Ultrasonic), ώστε να μη υπάρχουν απώλειες, να επιτυγχάνεται απόλυτη μεταφορά της θερμότητας και ο ηλιακός συλλέκτης να έχει την μεγαλύτερη δυνατή απόδοση.

θ) η χάλκινη επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη να είναι με επίστρωση τιτανίου (επιλεκτικοί συλλέκτες) και το γυαλί να είναι άθραυστο (SOLAR TEMPERED

GLASS 3,5 χιλιοστών) για αντοχή στο χαλάζι και ειδικών κρυστάλλων (για να ελαχιστοποιούνται οι επανακλάσεις της άμεσης ακτινοβολίας).

1) να έχει ξεχωριστή ανεξάρτητη θέση της ράβδου μαγνησίου, ώστε να επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη αντικατάστασή της. [14]

### **3. Τι σημαίνει ηλιακοί θερμοσίφωνες ανοικτού και κλειστού κυκλώματος;**

Ένας ποιοτικός ηλιακός θερμοσίφωνας πρέπει να είναι κλειστού κυκλώματος (να λειτουργεί με αντιψυκτικό υγρό) διότι αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα και έτσι προστατεύονται οι ηλιακοί συλλέκτες. Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες κλειστού κυκλώματος έχουν 50% μεγαλύτερο όριο ζωής και τον μέγιστο δυνατό βαθμό απόδοσης. [14]

### **4. Τι προσφέρει το αντιψυκτικό υγρό που περιέχει μέσα η συσκευή;**

Κατά τους χειμερινούς μήνες, που η θερμοκρασία ειδικά τη νύχτα μπορεί να πέσει κάτω των 0°C, το αντιψυκτικό υγρό (που δεν παγώνει ποτέ) δεν επιτρέπει ούτε στον θερμικό φορέα να παγώσει και έτσι προστατεύονται οι ηλιακοί συλλέκτες από το σπάσιμο των σωλήνων. [14]

### **5. Πως να προστατέψω τον ηλιακό μου θερμοσίφωνα για να μην σπάσει από τον παγετό;**

Αν ο ηλιακός θερμοσίφωνας έχει ικανοποιητική ποσότητα αντιψυκτικού υγρού στο θερμικό του φορέα, τότε δεν υπάρχει κανένας φόβος να σπάσουν οι σωληνώσεις από τον παγετό. [14]

### **6. Τι όριο ζωής έχει ένας ηλιακός θερμοσίφωνας;**

Το όριο ζωής ενός καλής ποιότητας ηλιακού θερμοσίφωνα είναι μεταξύ 12 και 20 χρόνων. [14]

### **7. Γιατί η συντήρηση ενός ηλιακού θερμοσίφωνα είναι απαραίτητη;**

Όπως συμβαίνει με όλες τις συσκευές και μηχανές, έτσι και οι ηλιακοί θερμοσίφωνες πρέπει να συντηρούνται, ώστε να μας εξασφαλίζουν καλή απόδοση και λειτουργία. Κάνοντας σε τακτά διαστήματα service, όπως αυτά ορίζονται από την εκάστοτε κατασκευάστρια εταιρεία, συντηρούμε σωστά τον ηλιακό μας θερμοσίφωνα, ώστε να αντέξει στον χρόνο και να μας προσφέρει ζεστό νερό για περισσότερα χρόνια. [14]

### **8. Κάθε πότε πρέπει να κάνω service και τι περιλαμβάνει αυτό;**

Συνήθως, το πρώτο service ενός θερμικού ηλιακού συστήματος, καλό είναι να γίνεται

μετά το τρίτο έτος λειτουργίας του και από εκεί και ύστερα, κάθε 3 - 4 χρόνια. Κάνοντας το service, με εξειδικευμένο συνεργείο, είστε σίγουροι ότι ελέγχεται η αντιψυκτική ικανότητα του θερμικού φορέα στο κλειστό κύκλωμα της συσκευής, ότι γίνεται η αλλαγή της ράβδου μαγνησίου που περιέχει η δεξαμενή νερού (μπόιλερ) και τέλος ότι ελέγχεται η όλη σωστή λειτουργία του συστήματος. [14]

**9. Τι πιστοποιητικά πρέπει να έχει ένας ηλιακός θερμοσίφοντας για να θεωρείται αξιόπιστος;**

Ένας ηλιακός θερμοσίφοντας πρέπει να έχει τουλάχιστον δήλωση συμμόρφωσης προς τον ΕΛΟΤ (CE) και πιστοποιητικό βαθμού απόδοσης (test report) από Διεθνές Αναγνωρισμένο Ινστιτούτο. Όσα πιά πολλά πιστοποιητικά ποιότητας διαθέτει ένα σύστημα ηλιακού θερμοσίφωνα, τόσο πιά σίγουροι είμαστε για την ποιότητά του, τη διάρκεια ζωής του και την απόδοσή του. [14]

**10. Τι σημαίνει το σήμα CE που πρέπει να έχει ο ηλιακός θερμοσίφοντας;**

Σημαίνει ότι η κατασκευάστρια εταιρεία με δήλωση συμμόρφωσης προς τον ΕΛΟΤ έχει εναρμονιστεί με τα ευρωπαϊκά πρότυπα ασφαλείας της λειτουργίας του ηλεκτρικού μέρους της συσκευής. [14]

## 10. Βιβλιογραφία

- [1] Tom Markvart & Luis Castaner **Practical Handbook of Photovoltaics Fundamentals and Applications. Elsevier Ltd.**
- [2] M. kaltschmitt, et al. **Renewable Energy - Technology, Economics and Environment (Springer, 2007) WW.**
- [3] Stan Gibilisco. **Alternative Energy Demystified. Mcgraw-Hill Companies 2007.**
- [4] Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΚΑΠΕ). **Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα. 2006.**
- [5] Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΚΑΠΕ). **Ενσωμάτωση τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμηση Ενέργειας στον οικιακό Τομέα.2006.**
- [6] Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΚΑΠΕ). **Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ (πρόγραμμα δράσης της Ευρωπαϊκής κοινότητας στον τομέα της επαγγελματικής κατάρτισης LEONARDO DA VINCI).2006.**
- [7] Y. Tripanagnostopoulos, M. Souliotis, R. Battisti and A. Corrado. **Application aspects of hybrid PV-T/Air solar systems. Physics Department, University of Patras.**
- [8] Άγγελος Ι. Τσουχνικας. **Διπλωματική εργασία: Ανάπτυξη μοντέλων ανεμογεννητριών σταθερών στροφών με γεννήτρια επαγωγής και φωτοβολταϊκών γεννητριών με συνεχή λειτουργία μεγίστης ισχύος. 2004.**
- [9] Γεώργιος Λ. Λαβίδας. **Διπλωματική εργασία: Μελέτη των PV/T hybrid solar system. 2008.**
- [10] Οικονόμου Ανθή. **Διπλωματική εργασία: Διερεύνηση της συμπεριφοράς ενός ηλιακού θερμοσίφωνα χαμηλού κόστους στα χάνια Κρήτης. 2006.**
- [11] Γκενουδη Παυλίνα. **Διπλωματική εργασία: Προσδιοριστικοί παράγοντες ζήτησης για τις Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στον οικιακό χώρο.2010**
- [12] [www.prasina.gr](http://www.prasina.gr). **Φωτοβολταϊκά σε στέγες (html document).**
- [13] [www.aneco.gr](http://www.aneco.gr). **Αυτόνομα συστήματα φ/β – α/γ (html document).**
- [14] [www.helioacti.gr](http://www.helioacti.gr). **Ηλιακοί θερμοσίφωνες – ηλιακοί συλλέκτες (html document).**
- [15] [www.maxmetal.gr](http://www.maxmetal.gr). **Βάσεις φ/β συστημάτων - εξοπλισμός (html document).**