

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

#1/y
507
ΑΥΤ

**Ο ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΟΥΜΕΝΑ ΜΕ ΗΛΙΑΚΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

(AUTOMATION IN SOLAR POWERED FACTORIES)



Πτυχιακή Εργασία :

Μιχαήλ Ηλίας

Ψαρράς Νίκος

Επιβλέπων καθηγητής : Μιχάλης Παπουτσιδάκης

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΑΙΓΑΛΕΩ 2012



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

Ο ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΟΥΜΕΝΑ ΜΕ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

(AUTOMATION IN SOLAR POWERED FACTORIES)

Επιβλέπων Καθηγητής: Παπουτσιδάκης Μιχάλης

Ομάδα Εργασίας:

Όνομα-Επώνυμο	A.M.
Ηλίας Μιχαήλ	35968
Νικόλαος Ψαρράς	35589

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Περιεχόμενα

1.	Πρόλογος	6
2.	Μεθοδολογία Εργασίας.....	7
3.	Εξοικείωση με την ορολογία.....	8
4.	Χρησιμότητα της ηλιακής ενέργειας	10
4.1	Η εξοικονόμηση χρημάτων μέσω της χρήσης φωτοβολταϊκών	10
4.2	Ενεργειακές ανάγκες που καλύπτουν τα φωτοβολταϊκά	10
4.3	Φωτοβολταϊκά συστήματα και σύνδεση με τη ΔΕΗ	11
4.4	Χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων τις ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια	12
5.	Ιστορία φωτοβολταϊκού φαινομένου	13
6.	Λειτουργία φωτοβολταϊκών πάνελ	15
7.	Εφαρμογές φωτοβολταϊκού φαινομένου	16
7.1	Συνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	16
7.2	Τα φωτοβολταϊκά συστήματα και οι εφαρμογές τους	17
7.2.1	Φωτοβολταϊκά συστήματα με μπαταρίες	17
7.2.2	Φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο με τη ΔΕΗ	18
7.2.3	Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα	19
8.	Φωτοβολταϊκό πάνελ και συστοιχίες.....	20
9.	Απόδοση φωτοβολταϊκών πάνελ	22
10.	Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων	26
11.	Τρόποι εγκατάστασης φωτοβολταϊκών.....	27
11.1	Δυνατότητες εφαρμογής φωτοβολταϊκών σε κτίρια	29
11.1.1	Υπάρχουσα κτιριακή εγκατάσταση	31
12.	Χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων	33
12.1	Πλεονεκτήματα χρήσης φωτοβολταϊκών συστημάτων	33
12.2	Μειονεκτήματα χρήσης φωτοβολταϊκών συστημάτων	36
13.	Βασικές προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ενός συστήματος φωτοβολταϊκών	38
14.	Εξοπλισμός φωτοβολταϊκών συστημάτων	40
15.	Κόστος φωτοβολταϊκού σταθμού.....	42
15.1	Οικιακά φωτοβολταϊκά και μικρές επιχειρήσεις μέχρι 10kW	43
15.2	Εγκαταστάσεις μέχρι 100kW σε κτίρια.....	44

15.3	Εγκαταστάσεις μέχρι 100kW επί εδάφους.....	44
16.	Υπολογισμός ενός φωτοβολταϊκού συστήματος	45
16.1	Παράδειγμα υπολογισμού φωτοβολταϊκού συστήματος.....	46
17.	Νομοθεσία για τα φωτοβολταϊκά συστήματα	47
17.1	Ευκαιρίες χρηματοδότησης για επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά συστήματα.....	47
18.	Χρήση φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα	48
18.1	Υφιστάμενη κατάσταση στο χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα	48
18.2	Νομοθεσία στην Ελλάδα για τα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	49
18.3	Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα	50
18.4	Ηλιοφάνεια στην Ελλάδα	53
19.	Μελέτη.....	55
19.1	Εισαγωγή.....	55
19.2	Χρησιμοποιούμενη μορφή ενέργειας	55
20.	Ενεργειακή μελέτη.....	56
20.1	Μεθοδολογία.....	56
20.2	Παράμετροι λειτουργίας	56
20.3	Προσανατολισμός πάνελ.....	57
20.4	Ηλιακή ακτινοβολία.....	60
20.5	Ηλιακά κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής	61
20.6	Υπολογισμός Παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας	64
21.	Τεχνική Μελέτη.....	66
21.1	Επιλογή είδους φωτοβολταϊκού στοιχείου	66
21.1.1	<i>Γενικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκής μονάδας ESPseries60 225 Poly Premium</i>	68
21.2	Λοιπός βασικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση και λειτουργία του φωτοβολταϊκού	70
22.	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος	71
22.1	Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών συστοιχιών	71
22.2	Προκαταρκτική εκτίμηση του τρόπου σύνδεσης με το δίκτυο ή το σύστημα	71
23.	Υβριδικό σύστημα συνδυασμού φωτοβολταϊκών πάνελ και δικτύου.....	76
23.1	Προσαρμοστικός λογικός ελεγκτής	76
23.1.1	<i>Πρότυπο δίκτυο</i>	77
23.1.2	<i>Προηγμένο σύστημα</i>	77
23.2	Επικοινωνία διαχειριστή-συστήματος.....	78

22.3 Μετατροπέας-inverter	79
23.4 Συστήματα διαχείρισης ενέργειας(EMS)	80
23.5 Προσαρμοζόμενος λογικός ελεγκτής.....	80
24. Προϋπολογισμός επένδυσης.....	81
25. Μελλοντικές εξελίξεις φωτοβολταϊκών συστημάτων	82
26. Επίλογος.....	85
27. Βιβλιογραφία	86
27.1 Ελληνική Βιβλιογραφία.....	86
27.2 Ξένη Βιβλιογραφία	86
27.3 Διαδικτυακός Τόπος	87
28 Τεχνικά φυλλάδια (prospectus) του εξοπλισμού	88

1. Πρόλογος

Η παρούσα εργασία πραγματοποιείται στο πλαίσιο της πτυχιακής άσκησης του 8^{ου} εξαμήνου σπουδών του τμήματος Τεχνολογικών Εφαρμογών Αυτοματισμού του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.

Θεματική ενότητα της πτυχιακής εργασίας αποτελεί η ηλιακή ενέργεια , η πιο διαδεδομένη και δημοφιλή μορφή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.). Αρχικά, θα αναφερθούμε στα φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία αποτελούν το κύριο μέσο με το οποίο μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την ηλιακή ενέργεια και θα παρουσιάσουμε μία σύντομη ιστορική αναδρομή της εξέλιξής τους. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στις βασικές κατηγορίες αυτών και θα δώσουμε έμφαση στην πρακτική εφαρμογή τους σε διάφορων ειδών εγκαταστάσεις. Θα ερευνήσουμε τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να γίνει η εκμετάλλευση της από την εκάστοτε βιομηχανική και παραγωγική εγκατάσταση και θα μελετήσουμε τον τρόπο με τον οποίο ένα εργοστάσιο θα έχει την δυνατότητα να λειτουργεί ταυτόχρονα την γραμμή παραγωγής του τροφοδοτούμενο τόσο από φωτοβολταϊκά πάνελ, σε βαθμό που να μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε στο μέγιστο την παραγόμενη ηλιακή ενέργεια , αλλά ταυτόχρονα να συμπληρώνουμε την ζητούμενη ηλεκτρική ενέργεια και μέσω του δικτύου της ΔΕΗ. Επιπρόσθετα, θα γίνει μία σύντομη αναφορά στο βαθμό χρήσης των φωτοβολταϊκών στον ελλαδικό χώρο και τους λόγους για τους οποίους η ελληνική αγορά βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο.

Παράλληλα, θα πραγματοποιηθεί μελέτη με πραγματικά δεδομένα και στοιχεία ενός εργοστασίου τα οποία ανταποκρίνονται σε ελλαδικά επίπεδα σχετικά με την κάλυψη των αναγκών ενός εργοστασίου αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών όπου παρέχεται αυτή η δυνατότητα λόγω καιρικών συνθηκών. Κατά τους υπόλοιπους μήνες του χρόνου το εργοστάσιο θα καλύπτεται μέσω της ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου της ΔΕΗ.

Στην τελευταία ενότητα της εργασίας θα παρουσιαστούν μελλοντικές επεκτάσεις της χρήσης φωτοβολταϊκών αναφορικά με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να ενσωματωθούν σε βιομηχανικές και παραγωγικές εγκαταστάσεις με στόχο την ολική και μερική κάλυψη των αναγκών τους.

2. Μεθοδολογία Εργασίας

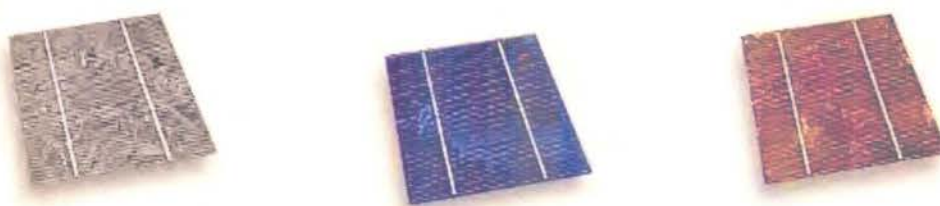
Κατά την εξέλιξη της εργασίας υπήρξε μία συγκεκριμένη μεθοδολογία σχετικά με τον τρόπο αναζήτησης στοιχείων και δεδομένων ,την κατάλληλη διασταύρωσή τους με στόχο την τελική αποτύπωσή τους.

Αρχικά, επιλέξαμε να ασχοληθούμε με βιβλιογραφική έρευνα με στόχο την αναζήτηση πληροφοριών σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και κυρίως την ηλιακή ενέργεια. Εξετάζοντας κυρίως ακαδημαϊκά και ερευνητικά βιβλία προσπαθήσαμε να αντλήσουμε πληροφορίες για την θεωρητική εφαρμογή των φωτοβολταϊκών πάνελ τόσο σε εργοστάσια όσο και σε βιομηχανίες αναζητώντας παράλληλα πραγματικά εγκαταστάσεων παραδείγματα τόσο στον ελλαδικό χώρο όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο που ενσωμάτωσαν αυτόν τον εναλλακτικό τρόπο κάλυψης των αναγκών τους σε ηλεκτρικό ρεύμα. Στόχος μας μέσω αυτής της διαδικασίας ήταν να καταλήξουμε σε αντικειμενικά κριτήρια επιλογής σχετικά με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας σε χώρους παραγωγής είτε μερικώς είτε ολικώς.

Αναφορικά με την μελέτη η οποία θα παρουσιαστεί στην πτυχιακή εργασία είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι δεν υπάρχει δημοσιευμένη παρόμοια μελέτη δηλαδή δημιουργία συστήματος το οποίο θα λειτουργεί σε συνδυασμό φωτοβολταϊκών πάνελ και ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου της ΔΕΗ. Αντίθετα, υπήρχαν αρκετά παραδείγματα υβριδικών συστημάτων χρήσης φωτοβολταϊκών πάνελ σε συνδυασμό με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως τις ανεμογεννήτριες. Τα στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήσαμε στην μελέτη μας παραχωρήθηκαν ευγενικά από τον κύριο Παπουτσιδάκη και ανταποκρίνονται τόσο σε ελλαδικό επίπεδο όσο και σε πραγματικό χρόνο για την εποχή. Αυτό συνέβη γιατί συναντήσαμε δυσκολία πρόσβασης σε στοιχεία εργοστασίων σχετικά με την ετήσια κατανάλωσή τους σε ρεύμα.

3. Εξοικείωση με την ορολογία¹

- **Φωτοβολταϊκό φαινόμενο** ονομάζεται η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση
- **Φωτοβολταϊκό στοιχείο (PV cell)**: Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα φωτοβολταϊκό κύτταρο ή φωτοβολταϊκή κυψέλη.



Φωτοβολταϊκές κυψέλες

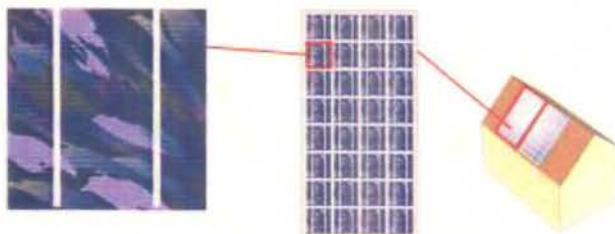
- **Φωτοβολταϊκό πλαίσιο (PV module)**: Ένα σύνολο φωτοβολταϊκών στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας.
- **Φωτοβολταϊκό πάνελ (PV panel)**: Ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.



Φωτοβολταϊκό πάνελ

¹ Ελληνική Βιβλιογραφία 2

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



Φωτοβολταϊκή συστοιχία

- **Φωτοβολταϊκή γεννήτρια (PV generator):** Το τμήμα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης που περιέχει φωτοβολταϊκά στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα.
- **Αντιστροφέας ή μετατροπέας (inverter):** Ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.
- **Ρυθμιστής φόρτισης (charge controller):** Συσκευή που χρησιμοποιείται σε αυτόνομα συστήματα για να ρυθμίζει τη φόρτιση των συσσωρευτών.
- **kW (κιλοβάτ):** μονάδα ισχύος [$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ Watt}$, $1 \text{ MW (μεγαβάτ)} = 1.000 \text{ kW}$]
- **kWp (κιλοβάτ πικ-peak):** μονάδα ονομαστικής ισχύος του φωτοβολταϊκού (ίδιο με το kW)
- **kWh (κιλοβατώρα):** μονάδα ενέργειας

4. Χρησιμότητα της ηλιακής ενέργειας

Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για να καλυφθούν δύο τουλάχιστον ανάγκες. Την ανάγκη σε ενέργεια και την ανάγκη να προστατευτεί το περιβάλλον. Κάθε κιλοβατώρα ηλεκτρισμού που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι, ως γνωστόν, το σημαντικότερο “αέριο του θερμοκηπίου” που συμβάλλει στις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές. Η στροφή στις καθαρές πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, αποτελεί τη μόνη διέξοδο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη. Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα καρκινογόνα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι ρύποι αυτοί επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον.

4.1 Η εξοικονόμηση χρημάτων μέσω της χρήσης φωτοβολταϊκών²

Στις περιπτώσεις εκείνες όπου παρέχονται κίνητρα και υπάρχει ξεκάθαρη πολιτική στήριξης της ηλιακής τεχνολογίας η ηλιακή ενέργεια συμφέρει. Όταν, για παράδειγμα, παρέχεται ενισχυμένη τιμή της πωλούμενης ηλιακής κιλοβατώρας όπως ισχύει πλέον και στην Ελλάδα, τότε ο καταναλωτής όχι μόνο κάνει απόσβεση της επένδυσης αλλά έχει και ένα λογικό κέρδος από την παραγωγή και τροφοδοσία πράσινης ενέργειας στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις πάλι των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων σε εφαρμογές εκτός δικτύου, η ανταγωνιστική τεχνολογία είναι οι πανάκριβες στη λειτουργία τους, θορυβώδεις και ρυπογόνες ηλεκτρογεννήτριες, οπότε τα φωτοβολταϊκά είναι μια συμφέρουσα εναλλακτική λύση.

Τα κριτήρια όμως δεν πρέπει να είναι μόνο οικονομικά. Τα φωτοβολταϊκά, όπως και όλα σχεδόν τα προϊόντα, πέρα από ενεργειακές υπηρεσίες, προσφέρουν και μία “προστιθέμενη αξία”, η οποία θα πρέπει να λαμβάνεται υπ’ όψιν όταν υπολογίζουμε το κόστος τους. Την προστιθέμενη αξία των προϊόντων την αναζητά και την εκτιμά σχεδόν πάντα ο καταναλωτής.

4.2 Ενεργειακές ανάγκες που καλύπτουν τα φωτοβολταϊκά³

Φωτισμός, τηλεπικοινωνίες, ψύξη, ηχητική κάλυψη... οποιαδήποτε ουσιαστικά ενεργειακή ανάγκη μπορεί να καλυφθεί από ένα κατάλληλα σχεδιασμένο φωτοβολταϊκό σύστημα. Το πρώτο πράγμα που πρέπει να ξέρει κανείς για τα

² Ελληνική Βιβλιογραφία 4, Διαδικτυακός Τόπος 1

³ Ξένη Βιβλιογραφία 1

φωτοβολταϊκά είναι ότι παράγουν συνεχές ρεύμα. Αυτό σημαίνει είτε ότι τα χρησιμοποιούμε με συσκευές συνεχούς ρεύματος είτε μετατρέπουμε αυτό το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο 230 V (σε ρεύμα ίδιο με της ΔΕΗ δηλαδή) με τη βοήθεια κάποιων ηλεκτρονικών συσκευών.

Για λόγους απόδοσης και οικονομίας πάντως, δεν συνιστάται η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την τροφοδότηση θερμικών ηλεκτρικών συσκευών, όπως κουζίνες, θερμοσίφωνες, ηλεκτρικά καλοριφέρ ή θερμοσυσσωρευτές. Για τις χρήσεις αυτές υπάρχουν πολύ οικονομικότερες λύσεις που δεν στηρίζονται καθόλου στον ηλεκτρισμό, όπως οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, ο ηλιακός κλιματισμός, οι κουζίνες ή τα συστήματα θέρμανσης φυσικού αερίου, υγραερίου κ.λπ. Ας πάρουμε το παράδειγμα της θέρμανσης νερού: αν χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρικό θερμοσίφωνα που τροφοδοτείται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, το ηλιακό φως μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό και κατόπιν από το θερμοσίφωνα σε θερμότητα. Το συνολικό κόστος των δύο αυτών συστημάτων είναι πολύ μεγαλύτερο από έναν ηλιακό θερμοσίφωνα που μετατρέπει απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.

Από την άλλη μεριά, ο φωτισμός με λάμπες εξοικονόμησης και η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών (υπολογιστές, ηχητικά συστήματα, ψυγεία, τηλεοράσεις, τηλεπικοινωνίες κ.λπ) αποτελούν ανάγκες που μπορούν να καλυφθούν εύκολα και οικονομικά με φωτοβολταϊκά.

4.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα και σύνδεση με τη ΔΕΗ

Μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί ένα αυτόνομο σύστημα (off-grid system) που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός σπιτιού ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας. Αυτός ο τύπος εγκαταστάσεων προτείνεται σε περιοχές όπου δεν υπάρχει προσβασιμότητα στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Εναλλακτικά, μετά την εφαρμογή του νέου νόμου για τις ΑΠΕ - ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ (KWp-connected system). Στην περίπτωση αυτή, καταναλώνετε ρεύμα από το δίκτυο όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν επαρκεί (π.χ. όταν έχει συννεφιά ή κατά τη διάρκεια της νύχτας) και δίνετε ενέργεια (σε πολλαπλάσια τιμή πώλησης από την τιμή αγοράς λόγω της επιχορήγησης) στο δίκτυο όταν η παραγωγή υπερκαλύπτει τις ανάγκες σας (π.χ. τις ηλιόλουστες ημέρες).

Κατά κανόνα τα φωτοβολταϊκά συστήματα που έχουν εγκατασταθεί μέχρι στιγμής στην Ελλάδα εξυπηρετούν απομονωμένες χρήσεις, σε σημεία όπου δεν υπάρχει δίκτυο της ΔΕΗ επειδή στις περιπτώσεις αυτές η οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος είναι πολύ πιο εμφανής. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, η εναλλακτική λύση μιας ηλεκτρογεννήτριας αποδεικνύεται μακροπρόθεσμα εξαιρετικά ακριβή.

4.4 Χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων τις ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια⁴

Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τον ήλιο με φωτοβολταϊκά χρειάζεται το φως της ηλιακής ακτινοβολίας, όχι τη θερμότητά της. Ακόμη και μια συνεφιασμένη χειμωνιάτικη μέρα θα υπάρχει άφθονο διάχυτο φως και τα φωτοβολταϊκά θα συνεχίσουν να παράγουν ηλεκτρισμό, έστω και με μειωμένη απόδοση (π.χ. ακόμα και με απόλυτη συνεφιά, το φωτοβολταϊκό θα παράγει ένα 5-20% της μέγιστης ισχύος του). Ανάλογα με την ισχύ του συστήματός σας και τις ανάγκες σας, η μειωμένη αυτή παραγωγή μπορεί να μην επαρκεί. Στις περιπτώσεις αυτές, αν η εγκατάστασή σας είναι συνδεδεμένη με τη ΔΕΗ, θα καταναλώνετε ρεύμα από το δίκτυο. Μια πλήρως αυτόνομη λύση με καλή σχέση κόστους-απόδοσης είναι π.χ. ένας συνδυασμός φωτοβολταϊκών στοιχείων και μιας μικρής ανεμογεννήτριας, δηλαδή ένα υβριδικό σύστημα. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από τον ήλιο και τον άνεμο αλληλοσυμπληρώνονται μέσα από το σύστημα αποθήκευσης και διαχείρισης της ενέργειας.

Η Ελλάδα είναι πάντως ιδιαίτερα ευνοημένη από τον ήλιο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αν σκεφτεί κανείς ότι πολλά από τα συστήματα για τα οποία μιλάμε έχουν αναπτυχθεί και αποδίδουν στη βόρεια Ευρώπη, γίνεται κατανοητό ότι οι συνθήκες ηλιοφάνειας στη χώρα μας προσφέρονται για τη συμφέρουσα παραγωγή ενέργειας. Σε γενικές γραμμές, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει ετησίως περί τις 1.100-1.500 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (KWh/έτος/KW). Προφανώς στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα φωτοβολταϊκό παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Αθήνα αποδίδει 1.300-1.400 KWh/έτος/KW, στη Θεσσαλονίκη 1.150-1.250 KWh/έτος/KW και στην Κρήτη ή στη Ρόδο 1.350-1.500 KWh/έτος/KW.

⁴ Ξένη Βιβλιογραφία 3

5. Ιστορία φωτοβολταϊκού φαινομένου ⁵

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αποτελεί το φαινόμενο της άμεσης μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Διαπιστώθηκε ιστορικά για πρώτη φορά από τον Γάλλο φυσικό επιστήμονα Edmund Becquerel το 1839 όταν παρατήρησε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα ηλεκτρόδιο πλατίνας αυξάνεται, υπό την παρουσία φωτός, όταν αυτό είναι βυθισμένο σε ηλεκτρολύτη. Το 1876 οι Adams και Day παρατηρούν αυξομειώσεις στις ηλεκτρικές ιδιότητες του Σεληνίου (Se) όταν αυτό εκτίθεται στον ήλιο. Το 1883 ο Charles Edgar Fritts από την Νέα Υόρκη κατασκεύασε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο χρησιμοποιώντας κρύσταλλο από Σελήνιο παρόμοιο με το με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου με απόδοση μικρότερη του 1%. Ωστόσο η ουσιαστική κατανόηση των παραπάνω φαινομένων έπρεπε να περιμένει την πρόοδο της επιστήμης προς την κβαντική θεωρία στις αρχές του εικοστού αιώνα, όπου το 1900 ο Planck διατυπώνει το αξίωμα της κβαντικής φύσης του φωτός . Και το 1904 ο Albert Einstein γράφει την πληρέστερη θεωρία γύρω από το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

Η κατανόηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου και η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ημιαγωγικών τρανζίστορ, συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Τα τρανζίστορ και τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται από συναφή υλικά και η λειτουργία τους διέπεται από αρχές παρόμοιων φυσικών μηχανισμών. Πριν την ανακάλυψη του τρανζίστορ το 1930 προτείνεται η κβαντική θεωρία των στερεών από τον Wilson. Το 1940 οι Mot και Schottky διατυπώνουν την θεωρία του ανορθωτού στερεάς κατάστασης (διόδου). Το 1949 οι Bardeen, Brattain και Schockley εφευρίσκουν το τρανζίστορ διευκρινίζοντας τη φυσική των p και n ενώσεων των ημιαγωγών υλικών. Το 1954 οι Chapin, Fuller και Pearson αναγγέλλουν 6% απόδοση για το ηλιακό στοιχείο πυριτίου- το πρώτο χρησιμοποιήσιμο ηλιακό στοιχείο.

Οι Reynolds αναφέρουν την κατασκευή ηλιακού στοιχείου βασισμένου στο θειούχο κάδμιο. Έκτοτε δεν χρειάστηκε να περιμένουμε πολύ για να δούμε σε εφαρμογή τα ηλιακά στοιχεία καθώς 1958 η ανθρωπότητα έγινε μάρτυρας της εκτόξευσης του πρώτου δορυφόρου που χρησιμοποιούσε ενέργεια από τον ήλιο (VANGUARD 1). Από την πρώτη εκείνη εκτόξευση του δορυφόρου και μέχρι και σήμερα η χρήση των ηλιακών στοιχείων, Φωτοβολταϊκών, γίνεται ολοένα και εκτενέστερη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ραγδαία ώθηση για την

⁵ Ελληνική Βιβλιογραφία 2, Ξένη Βιβλιογραφία 4

εφαρμοσμένη χρήση του ηλιακού ηλεκτρισμού έδωσε και η πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του εβδομήντα.

Σήμερα ένα πολύ μεγάλο μέρος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο παράγεται με τη χρήση ηλιακών κυττάρων ενώ παρατηρείται συνεχώς αυξανόμενη διείσδυση των συγκεκριμένων στοιχείων στο μερίδιο της παραγωγής. Παράλληλα σε πολλούς ερευνητικούς χώρους ανά τον κόσμο πραγματοποιείται εκτεταμένη έρευνα που αφορά την ανακάλυψη νέων τεχνολογιών (οργανικά υλικά) καθώς και την βελτίωση των ιδιοτήτων των ήδη υπάρχουσων τεχνολογιών.

Παρακάτω παρουσιάζουμε ημερομηνίες «σταθμούς» στην ιστορία των φωτοβολταϊκών συστημάτων:

- 1839: Ο 19χρονος φυσικός Edmund Becquerel ανακαλύπτει το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, καθώς πειραματιζόταν με ηλεκτρολυτικό στοιχείο αποτελούμενο από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια σε αγωγίμο υγρό. Η ροή αυξανόταν με την έκθεση στον ήλιο. Οι σημειώσεις του γύρω από το φαινόμενο, είχαν φανεί πολύ ενδιαφέρουσες στην επιστημονική κοινότητα αλλά χωρίς πρακτική εφαρμογή.
- 1883: Ο Charles Fritz παράγει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 1-2%.
- 1904: Ο Albert Einstein γράφει την πληρέστερη θεωρία γύρω από το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Για την θεωρητική του εξήγηση τιμήθηκε με βραβείο Nobel το 1921.
- 1918: Ο Πολωνός Jan Czochralski κατασκευάζει το πρώτο στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου.
- 1932: Παρατηρείται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο στο κάδμιο σελήνιο. Σήμερα το CdS αποτελεί πολύ σημαντικό υλικό παραγωγής φωτοβολταϊκών panel.
- 1954: Στα Bell Laboratories, ανακαλύπτουν ότι το πυρίτιο μαζί με συγκεκριμένα ρυπαρότητες είναι πολύ ευαίσθητο στο φως. Το αποτέλεσμα είναι τα πρώτα πρακτικά φωτοβολταϊκά στοιχεία με απόδοση 6%.
- 1958: Κατασκευάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 9%. Στις 17 Μαρτίου εκτοξεύεται το Vanguard I, ο πρώτος δορυφόρος τροφοδοτούμενος από φωτοβολταϊκά, που θα δουλέψει συνεχόμενα για 8 χρόνια. Δύο ακόμη δορυφόροι ο Explorer III & ο Vanguard II εκτοξεύονται από τους Αμερικάνους και ο Sputnik III από τους Σοβιετικούς. Στην Georgia κατασκευάζεται ο πρώτος τροφοδοτούμενος από φωτοβολταϊκά στοιχεία τηλεφωνικός αναμεταδότης.
- 1959: Παράγονται φωτοβολταϊκά με 10% απόδοση. Η Αμερική εκτοξεύει τους δορυφόρους Explorer VI & VII με 9.600 φωτοβολταϊκά στοιχεία.
- 1960: Παράγονται φωτοβολταϊκά με 14% απόδοση.

- 1963: Η Ιαπωνία εγκαθιστά φωτοβολταϊκά σε φάρους - η μεγαλύτερη φωτοβολταϊκή διάταξη της εποχής.
- 1972: Οι Γάλλοι εγκαθιστούν άμορφα CdS φωτοβολταϊκά σε ένα σχολείο στην επαρχία Niger.
- 1976: Ξεκινούν οι πρώτες εφαρμογές φωτοβολταϊκών για την τροφοδότηση ψυγείων, τηλεπικοινωνιακού & ιατρικού εξοπλισμού, άντλησης νερού και φωτισμού.
- 1977: Η συνολική παραγωγή φωτοβολταϊκών ξεπερνά τα 500 kW. Στην Αυστραλία στο Pentax World Solar Challenge νικά ένα κινούμενο από φωτοβολταϊκά αυτοκίνητο της General Motors με μέση ταχύτητα 71 km/h.
- 1983: Η παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών ξεπερνά τα 21,3 MW.
- 1984: Κυκλοφορούν τα άμορφα φωτοβολταϊκά.
- 1999: Η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ σε φωτοβολταϊκά φτάνει τα 1000 MW.
- 2002: Η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ σε φωτοβολταϊκά φτάνει τα 2000MW.
- Σήμερα μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές φωτοβολταϊκών είναι η συμπληρωματική παραγωγή ενέργειας. Στην Βόρεια Αμερική πολλές εταιρείες παραγωγής ενέργειας (αντίστοιχες ΔΕΗ) υποστηρίζουν τα φορτία του κλιματισμού τους θερινούς μήνες με φωτοβολταϊκά συστήματα.

6. Λειτουργία φωτοβολταϊκών πάνελ⁶

Το βασικό μέρος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι φυσικά τα φωτοβολταϊκά. Αποτελούνται από ένα πλαίσιο (πάνελ) μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (ή κυψέλες). Το χαρακτηριστικό των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι ότι μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρικό ρεύμα. Από την πίσω πλευρά του φωτοβολταϊκού πάνελ εξέρχονται δύο καλώδια (θετικό + και αρνητικό -) από όπου παίρνουμε το ηλεκτρικό ρεύμα. Το ηλιακό φως είναι ουσιαστικά μικρά πακέτα ενέργειας που λέγονται φωτόνια. Τα φωτόνια περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Το γαλάζιο χρώμα ή το υπεριώδες π.χ. έχουν περισσότερη ενέργεια από το κόκκινο ή το υπέρυθρο. Όταν λοιπόν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο (που είναι υ959 ουσιαστικά ένας "ημιαγωγός"), άλλα ανακλώνται, άλλα διαπερνούν και άλλα απορροφώνται από το φωτοβολταϊκό. Αυτά τα τελευταία φωτόνια είναι που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτόνια αυτά αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν σε άλλη θέση και ως γνωστόν ο ηλεκτρισμός δεν είναι τίποτε άλλο παρά κίνηση ηλεκτρονίων. Σ' αυτή την απλή αρχή της φυσικής βασίζεται μια από τις πιο εξελιγμένες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού στις μέρες μας.

⁶ Ελληνική Βιβλιογραφία 2



Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

7. Εφαρμογές φωτοβολταϊκού φαινομένου

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε αρχικά το 1839, αλλά οι πρώτες εφαρμογές του έγιναν δυνατές μετά την ανακάλυψη των ημιαγωγών, το 1954. Το φαινόμενο αναφέρεται στην απευθείας μετατροπή της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια σε ηλεκτρικό ρεύμα.

7.1 Συνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα⁷

Το επιθυμητό ρεύμα και τάση μπορεί να επιτευχθεί με την σύνδεση φωτοβολταϊκών πλαισίων είτε σειρά είτε παράλληλα όπως γίνεται και με τις μπαταρίες.

- Φωτοβολταϊκα συνδεδεμένα σε **σειρά** εννοούμε όταν τα έχουμε συνδέσει μεταξύ τους, ενώνοντας το θετικό καλώδιο εξόδου του ενός πάνελ με το αρνητικό του άλλου, δηλαδή εναλλάξ το + με το - κτλ .
- Συνδεδεμένα **παράλληλα** είναι όταν συνδέουμε το θετικό καλώδιο εξόδου του ενός πάνελ με το θετικό του επόμενου και το αρνητικό καλώδιο εξόδου με το αρνητικό του επόμενου. Σε σειρά αθροίζεται μόνο η τάση (τα volt), ενώ παράλληλα αθροίζεται μόνο η ένταση (τα ampere).

Αν έχουμε 10 φωτοβολταϊκά πάνελ ισχύος 100Wp το κάθε ένα, συνδεδεμένα σε σειρά θα έχουν συνολική τάση περίπου 200V και ένταση 5A. Συνδεδεμένα παράλληλα θα έχουν συνολική τάση περίπου 20V και ένταση 50A. Και στις δύο περιπτώσεις, η συνολική ισχύς θα είναι 1.000 Watt/p. Δηλαδή, με 5 ώρες έντονης ηλιοφάνειας την ημέρα, θα αποδίδουν 5.000 Watt/ώρες κάθε μέρα, ή αλλιώς

⁷ Ελληνική Βιβλιογραφία 3

5KWh. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ τα συνδέουμε συνήθως σε σειρά για μεγαλύτερη τάση (volt) όταν πρόκειται να συνδεθούν με το δίκτυο της ΔΕΗ. Αν προορίζονται για αυτόνομο σύστημα με συσσωρευτές (μπαταρίες), τότε η απαιτούμενη τάση εξαρτάται από αυτή των συσσωρευτών. Αν η τάση των συσσωρευτών είναι 12V, τότε συνδέουμε τα φωτοβολταϊκά παράλληλα (η τάση μένει σταθερή και πολλαπλασιάζουμε τα Ampere).

7.2 Τα φωτοβολταϊκά συστήματα και οι εφαρμογές τους⁸

Σήμερα η ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά συστήματα εξυπηρετεί ανθρώπους στις πιο απομακρυσμένες περιοχές στον πλανήτη μας όπως και στα κέντρα των πόλεων. Είτε είστε ιδιοκτήτης κατοικίας, γεωργός, αρχιτέκτονας ή απλά κάποιος που πληρώνει λογαριασμούς στο δίκτυο κοινής ωφελείας, οι πιθανότητες μας λένε ότι αυτή η τεχνολογία σας έχει αγγίξει σε κάποιο βαθμό. Οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών μπορούν να χωρισθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Απλό ή ανεξάρτητο φωτοβολταϊκό σύστημα
- Φωτοβολταϊκό σύστημα με αποθήκευση σε μπαταρίες
- Φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο στον οργανισμό κοινής ωφελείας
- Φωτοβολταϊκό σύστημα σε επίπεδο εργοστασίου παραγωγής ενέργειας
- Μικτά / Υβριδικά συστήματα

Η ενέργεια παράγεται όπου και όταν χρειάζεται και το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι απλό σε όλα του τα στάδια - από την καλωδίωση, την αποθήκευση του έως και τα κέντρα ελέγχου του. Τα μικρά συστήματα (έως 500W) έχουν χαμηλό βάρος και είναι πολύ εύκολα στην μεταφορά και στην εγκατάστασή τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις η εγκατάσταση ενός συστήματος διαρκεί μερικές ώρες. Ένα παράδειγμα είναι οι αντλίες νερού που απαιτούν συχνή συντήρηση, ενώ το φωτοβολταϊκό σύστημα που τις τροφοδοτεί με ηλεκτρικό απαιτούν μόνο ένα περιοδικό έλεγχο της κατάστασής τους και καθάρισμα.

7.2.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα με μπαταρίες

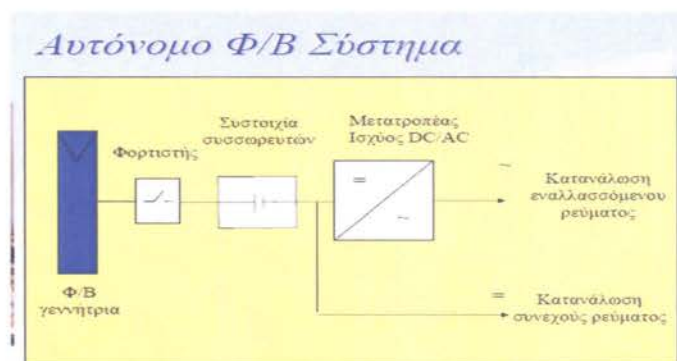
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα με μπαταρίες είναι μία πολύ αξιόπιστη λύση για την ηλεκτροδότηση ενός χώρου ή μηχανήματος 24 ώρες το 24ωρο, με βροχή ή λιακάδα. Χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο για να μας δίνουν φως, να προμηθεύουν ηλεκτρικό τις οικιακές συσκευές, διακόπτες, τηλέφωνα, ακόμα και μηχανολογικό εξοπλισμό βαρέως τύπου. Κατά την διάρκεια της ημέρας τα στοιχεία συλλέγουν ηλιακό φως, το μετατρέπουν σε ηλεκτρικό ρεύμα και το αποθηκεύουν στις μπαταρίες. Αυτές με την σειρά τους μας προμηθεύουν με ηλεκτρισμό όταν ζητηθεί. Μεσολαβεί μία συσκευή που ονομάζεται "ρυθμιστής φόρτισης" η οποία φροντίζει να φορτίζονται σωστά οι μπαταρίες και επιμηκύνει την διάρκεια ζωής τους, προστατεύοντάς τις από υπερφόρτιση ή από την ολική τους αποφόρτιση. Οι μπαταρίες είναι χρήσιμες στις περισσότερες περιπτώσεις αλλά απαιτούν μία

⁸ Διαδικτυακός Τόπος 2

περιοδική συντήρηση. Μοιάζουν με τις μπαταρίες των αυτοκινήτων, αλλά είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να μας δίνουν περισσότερο απο το αποθηκευμένο ρεύμα τους κάθε ημέρα. Τα υγρά τους πρέπει να ελέγχονται περιοδικά και πρέπει να προστατεύονται από υπερβολικά χαμηλές θερμοκρασίες. Η ποσότητα του ηλεκτρικού ρεύματος που μπορούμε να απαιτήσουμε από αυτές μετά την δύση του ήλιου ή σε συννεφιασμένο καιρό καθορίζεται από την παραγωγή των φωτοβολταϊκών στοιχείων και το είδος/ποσότητα των μπαταριών. Η πρόσθεση επιπλέον μπαταριών και στοιχείων ανεβάζει το κόστος της επένδυσής μας, για αυτό τον λόγο πρέπει να γίνεται καλή μελέτη των ενεργειακών αναγκών πριν την εγκατάσταση του συστήματος για τον ορισμό του αποδοτικότερου μεγέθους του συστήματος. Εάν οι ανάγκες μας σε ενέργεια αλλάξουν η προσθήκη και άλλων μερών του συστήματος είναι εφικτή και απλή.

7.2.2 Φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο με τη ΔΕΗ

Σε μέρη όπου ήδη υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα είναι εφικτή η σύνδεσή του με το φωτοβολταϊκό μας σύστημα, συμπληρώνοντας έτσι τις ανάγκες μας σε ενέργεια και αντικαθιστώντας την χρήση των μπαταριών. Πολλοί ιδιοκτήτες σπιτιών χρησιμοποιούν και τις δύο πηγές ηλεκτρισμού, μειώνοντας έτσι τον λογαριασμό του ηλεκτρικού. Ικανοποιούνται επίσης από το γεγονός ότι δεν μολύνουν το περιβάλλον. Ένας χρήστης φωτοβολταϊκού συστήματος που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο μπορεί επίσης να πουλήσει ρεύμα στην ΑΗΚ. Αυτό επιτυγχάνεται τοποθετώντας ένα μετρητή μεταξύ του συστήματος και του δικτύου. Το ρεύμα που του παρέχει το φωτοβολταϊκό σύστημα διοχετεύεται (ή πωλείται) στο δίκτυο. Για να γίνει αυτό εφικτό χρειάζεται ένας εγκεκριμένος μετατροπέας που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγει το φωτοβολταϊκό σύστημα στο εναλλασσόμενο του δικτύου εξισορροπώντας την τάση, την συχνότητα και την ποιότητά του με ακρίβεια. Σε περίπτωση πτώσης της τάσης του δικτύου, αυτόματι διακόπτες ασφαλείας αποσυνδέουν το φωτοβολταϊκό σύστημα από αυτό.



Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα

7.2.3 Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

Συνδυάζουν ηλεκτρικό ρεύμα που προέρχεται από πετρελαιογεννήτριες, ανεμογεννήτριες, μικρές υδροηλεκτρικές γεννήτριες και φωτοβολταϊκά συστήματα, ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες που υπάρχουν, αξιοποιώντας τα γεωγραφικά πλεονεκτήματα της περιοχής. Είναι ιδανικά συστήματα για εφαρμογές σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπως τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί και αναμεταδότες, στρατιωτικές εγκαταστάσεις και παραμεθόρια χωριά. Απαραίτητη γνώση για την εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος είναι η ζήτηση σε ηλεκτρικό ρεύμα όπως και τα γεωγραφικά και τοπολογικά πλεονεκτήματα, οπότε πρέπει να καταμετρηθεί η ηλιακή ενέργεια, ο άνεμος και άλλες πιθανές πηγές σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Αυτή η καταμέτρηση θα αποτελέσει την βάση για τον σχεδιασμό ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που καλύπτει σε όσον το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος τις ανάγκες σε ηλεκτρικό ρεύμα της εγκατάστασης ή της κοινότητας. Από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα της οργανωμένης εγκατάστασης φωτοβολταϊκών γεννητριών διασυνδεδεμένων σε δίκτυο, είναι οι εξαιρετικές δυνατότητες αισθητικής αφομοίωσής τους από το περιβάλλον. Το χαμηλό ύψος εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών γεννητριών, ακόμη και αν χρησιμοποιηθούν trackers (ηλιοτροπικά συστήματα παρακολούθησης του ήλιου) δεν υποβαθμίζει αισθητικά τον περιβάλλοντα χώρο ή το ευρύτερο περιβάλλον στο οποίο εγκαθίστανται. Στην παράγραφο αυτή, παρατίθενται μερικές χαρακτηριστικές φωτογραφίες που παρουσιάζουν εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα σε διάφορες θέσεις στη βορειοδυτική Ευρώπη. Όπως φαίνεται πρόκειται για επενδύσεις εξαιρετικά προσαρμοσμένες στο μορφολογικό και τοπολογικό χαρακτήρα των περιοχών που τις φιλοξενούν. Δεν είναι τυχαίο ότι στη Γερμανία, στη Δανία, στην Ολλανδία, στην Ισπανία και στην Ιταλία, χώρες όλες τους που διακρίνονται για την αυξημένη περιβαλλοντική ευαισθησία, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων γνωρίζει υψηλότερη κοινωνική αποδοχή.



Υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα

8. Φωτοβολταϊκό πάνελ και συστοιχίες⁹

Συνώνυμο σχεδόν με το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι το φωτοβολταϊκό πάνελ (PANEL). Όπως και το πλαίσιο έχει επίσης συναρμολογηθεί και προκατασκευασθεί στο εργοστάσιο και είναι έτοιμο για τοποθέτηση στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, αλλά με τη διαφορά ότι ένα πάνελ μπορεί να αποτελείται από περισσότερα χωριστά πλαίσια (το ένα δίπλα στο άλλο), που είναι σε κοινή συσκευασία και κοινή ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ τους. Ο αριθμός των πλαισίων ενός πάνελ είναι τόσος, ώστε οι διαστάσεις και το βάρος να μην είναι εμπόδιο για τη μεταφορά και την τοποθέτησή του στη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση π.χ. το πάνελ που αποτελείται από 4 φωτοβολταϊκά πλαίσια και έχει συνολικές διαστάσεις 122 cm × 122 cm και συνολικό βάρος περίπου 23 kg. Δηλαδή μπορεί να μεταφερθεί εύκολα από έναν τεχνίτη.

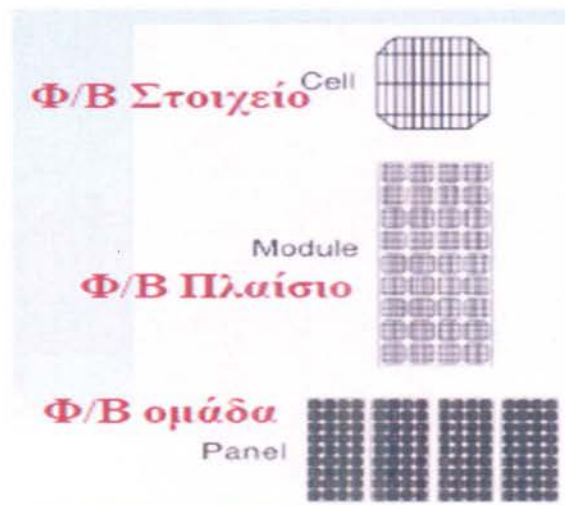
Για την αύξηση της αξιοπιστίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, είναι σκόπιμο οι συνδέσεις των φωτοβολταϊκών στοιχείων μέσα στα πλαίσια, αλλά και στα πάνελ ή ανάμεσα στα γειτονικά πλαίσια και πάνελ, να μην είναι μόνο στη σειρά αλλά και παράλληλες. Έτσι, αν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο σκιαστεί (π.χ. από ένα πουλί ή από τις ακαθαρσίες που μπορεί να αφήσει) ή αν πάθει βλάβη (π.χ. μία διακοπή στους ηλεκτρικούς αγωγούς) δεν θα μηδενιστεί η ισχύς που παράγει το σύστημα, όπως αν συνέβαινε αν όλα τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ήταν σε σύνδεση σε σειρά.

Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια μιας μικρής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης μπορεί να αποτελείται από ένα μόνο πλαίσιο ή πάνελ. Σε μεγαλύτερες όμως εγκαταστάσεις, ομάδες περισσότερων φωτοβολταϊκών πλαισίων ή πάνελ τοποθετούνται σε κοινή κατασκευή στήριξης, π.χ. ξύλινα ή μεταλλικά ικριώματα, και ονομάζονται φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays) . Η σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων, στη σειρά ή παράλληλα, γίνεται με τρόπο που η τάση εξόδου της συστοιχίας να αποκτά την επιθυμητή τιμή. Είναι φανερό ότι η διαφορετική συνδεσμολογία των πλαισίων μιας φωτοβολταϊκής γεννήτριας δεν μεταβάλλει την ισχύ της, αφού όποια αύξηση της τάσης εξόδου της γεννήτριας συνεπάγεται ανάλογη μείωση της έντασης του ρεύματος που παράγει.

Στις μεγάλες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις π.χ. συνολικής ισχύος αιχμής πάνω από 20 kWp, πολλές φωτοβολταϊκές συστοιχίες σχηματίζουν ένα υποσυγκρότημα συστοιχιών (arrays subfield) και το σύνολο των υποσυγκροτημάτων αποτελεί το συγκρότημα συστοιχιών (array field) ή το φωτοβολταϊκό πάρκο του φωτοβολταϊκού σταθμού. Εδώ, ειδικότερα θα ασχοληθούμε με τις συνηθισμένες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις που αποτελούνται από σταθερούς επίπεδους συλλέκτες και δέχονται φυσικό ηλιακό φως, δηλαδή χωρίς τη χρησιμοποίηση φακών ή κατόπτρων για τη συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας.

⁹ Διαδικτυακός Τόπος 2,3

Βλέπουμε ότι κάθε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση έχει σπονδυλωτή συγκρότηση από φωτοβολταϊκά πλαίσια, πάνελ ή συστοιχίες, που το πλήθος τους, (και η συνολική επιφάνειά τους) καθορίζεται από την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που επιδιώκεται να παραχθεί. Η δομή αυτή επιτρέπει την εύκολη επέκταση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, με την προσθήκη νέων συλλεκτών, για την αντιμετώπιση των αναγκών που θα προέλθουν από ενδεχόμενη μελλοντική αύξηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης.



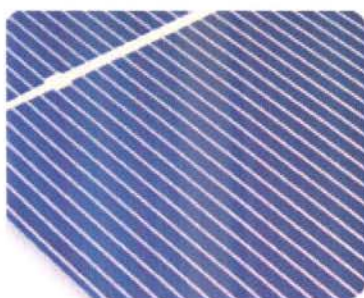
Συστοιχία φωτοβολταϊκών

9. Απόδοση φωτοβολταϊκών πάνελ ¹⁰

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μετατρέπουν μόνο ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Το πόσο μεγάλο είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από τον τύπο των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

1) Μονοκρυσταλλικού Πυριτίου (*SingleCrystalline Silicon, sc-Si*)

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοση τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18%* για το πλαίσιο (ένα πλαίσιο επιφάνειας 1 m² παράγει 150 -180 Wp). Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό 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. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, είναι της **SunPower** με απόδοση πλαισίου 18,5%. Είναι μάλιστα το μοναδικό που έχει τις μεταλλικές επαφές στο πίσω μέρος του πάνελ αποκομίζοντας έτσι μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης με την ηλιακή ακτινοβολία.



Πάνελ μονοκρυσταλλικού πυριτίου

2) Πολυκρυσταλλικού Πυριτίου (*MultiCrystalline Silicon, mc-Si*)

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους

¹⁰ Ξένη Βιβλιογραφία 4

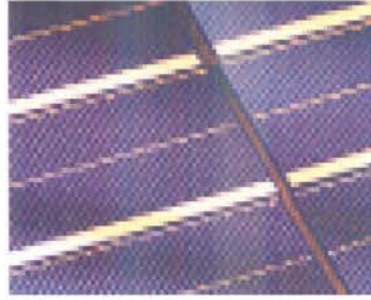
είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20%* (ένα πλαίσιο επιφάνειας 1 m^2 παράγει 200 Wp) 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 λωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.



Πάνελ πολυκρυσταλλικού πυριτίου

3) Αμόρφου Πυριτίου (Amorphous Silicon, a-Si)

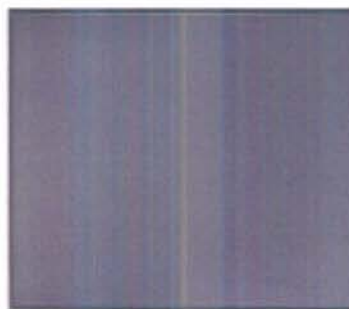
Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. 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%* (ένα πλαίσιο επιφάνειας 1 m^2 παράγει 140Wp). 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 φωτοβολταϊκά, 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.



Πάνελ αμόρφου πυριτίου

4) Τελλουριούχου Κάδμιου (CdTe)

Το Τελλουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας . Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%*(ένα πλαίσιο επιφάνειας 1 m² παράγει 160 Wp). Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Σημαντικότερος κατασκευαστής για φωτοβολταϊκά στοιχεία CdTe είναι η First Solar. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή **έλλειψη του** Τελλουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (BIPV Building Integrated Photovoltaic).



Πάνελ τελλουριούχου καρμίου

5) 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 Αρσενικό δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει

ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.



Πάνελ αρσενικούχου γαλλίου

Παράλληλα υπάρχουν και αρκετά ακόμα είδη πλαισίων όπως ενδεικτικά αναφέρουμε τα:

- 6) CIS, CIGS (Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός, Cu (InGa)(Se,S): Απόδοση 8 - 9%.
- 7) Φωτο-ηλεκτροχημικά ηλιακά στοιχεία (dye doped Titania solar cell). Απόδοση μικρών δοκιμών 10%, ασταθή, αλλά με δυνατότητα μικρού κόστους παραγωγής.

Πρότυπες Συνθήκες Δοκιμών Στα Εργαστήρια (ΠΣΔ) *

Θερμοκρασία:	25 °C
Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας:	1.000 W/m ²
Αέρια μάζα:	AM 1.5

10. Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνουμε τις παρακάτω κατηγορίες:

- i. Συστήματα μικρής ισχύος (<1kWp), τα οποία τα χρησιμοποιούμε σε εφαρμογές που αφορούν καταναλωτικά προϊόντα όπως :*
 - αριθμομηχανές χειρός
 - φακούς
 - τροχόσπιτα
 - σκάφη αναψυχής
 - φωτισμό δρόμων
 - συστήματα σηματοδότησης

- ii. Συστήματα μέσης ισχύος (1-50kWp) τα οποία τα χρησιμοποιούμε σε περιπτώσεις όπως:*
 - κατοικίες
 - μικρούς οικισμούς
 - άντληση
 - αφαλάτωση νερού
 - τηλεπικοινωνίες

- iii. Μεγάλα συστήματα ισχύος (>50kWp) τα οποία τα χρησιμοποιούμε κυρίως σε περιπτώσεις όπως:*
 - κεντρικά συστήματα συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο
 - συστήματα που τροφοδοτούν κτίρια και η πλεονάζουσα νελεργεια διοχετεύεται στο δίκτυο

11. Τρόποι εγκατάστασης φωτοβολταϊκών¹¹

Σήμερα χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τρόποι εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων:

1) Αυτοδύναμα ή Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα (off-grid systems/inselanlagen)

Είναι ιδανικά για απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει τρόπος σύνδεσης με το δίκτυο και όπου είναι δύσκολη η μεταφορά καυσίμου σε περίπτωση χρήσης γεννήτριας ντίζελ. Το σύστημα απαιτεί και την ύπαρξη μονάδας αποθήκευσης (μπαταρίας)για την συνεχή λειτουργία του κατά τις νυκτερινές ώρες ή ώρες συννεφιάς.

Ένας ειδικός ρυθμιστής φόρτισης ρυθμίζει την ενέργεια των φωτοβολταϊκών για να εξασφαλίσει την άριστη φόρτιση των μπαταριών. Σε απλές εγκαταστάσεις, η ενέργεια απορροφάται κατευθείαν από τις μπαταρίες από DC καταναλωτές, ενώ σε εγκαταστάσεις με συνήθεις AC καταναλωτές, το ρεύμα της μπαταρίας μετατρέπεται από συνεχές σε εναλλασσόμενο με αντιστροφέα (inverter).

Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται σήμερα: Σε αναμεταδότες(ραδιοφώνου ή TV),σε συστήματα επιτήρησης, σε τηλεφωνικούς θαλάμους, σε κεραιές κινητής τηλεφωνίας, σε φάρους, σε διαφημιστικές πινακίδες, στάσεις συγκοινωνίας και σε φωτισμό δρόμων και εθνικών οδών. Επίσης σε βάρκες και τροχόσπιτα, σε αρδεύσεις, γεωτρήσεις και σε συντριβάνια. Όλες αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούν μπαταρίες για αποθήκευση, αλλά αν απαιτούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, μπορούν να συνδυαστούν με γεννήτριες βιομάζας, με ανεμογεννήτριες ή με γεννήτριες ντίζελ, ώστε να έχουμε ένα υβριδικό σύστημα τροφοδότησης ενέργειας.

2) Διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα (grid-connected systems)

Αποτελούν την κύρια περιοχή ενδιαφέροντος για τα επόμενα χρόνια, όταν αλλάξει η ελληνική νομοθεσία και δώσει κίνητρα, όπως σε όλες τις προηγμένες χώρες, και στις μικρές οικιακές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις(<5KW).

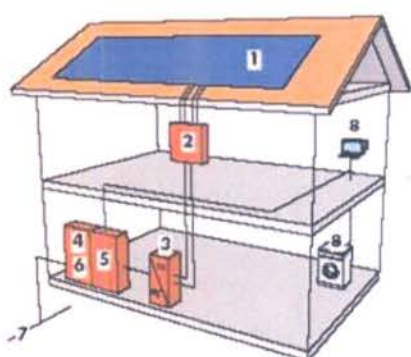
Αυτά τα συστήματα συνδέονται με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι κατά την διάρκεια της ημέρας ο ηλεκτρισμός που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί ή να χρησιμοποιηθεί άμεσα (κάτι που είναι σύνηθες για συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια γραφείων και άλλων εμπορικών χρήσεων) ή μπορεί να πωληθεί στην ΔΕΗ(κάτι που είναι σύνηθες για οικιακά

¹¹ Ελληνική Βιβλιογραφία 3

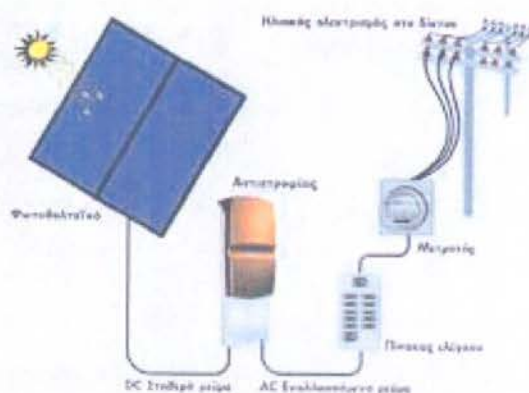
συστήματα που ο ιδιοκτήτης μπορεί να λείπει κατά τη διάρκεια της ημέρας).Τη νύχτα, όταν το φωτοβολταϊκό δεν μπορεί πια να παράγει ενέργεια, μπορεί να αγοραστεί πλέον ενέργεια από τη ΔΕΗ. Στην πράξη δηλ. η ΔΕΗ λειτουργεί σαν μια αποθήκη ενέργειας, γι' αυτό αυτά τα συστήματα δεν χρειάζονται μπαταρίες για αποθήκευση. Μπορούμε όμως ,αν θέλουμε, να τοποθετήσουμε μπαταρίες, οπότε πλέον το φωτοβολταϊκό μας σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν σύστημα Αδιάλειπτης Παροχής Ενέργειας(UPS),σε περίπτωση διακοπής ρεύματος.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι στην αντιμετώπιση από την ηλεκτρική εταιρεία ενός διασυνδεδεμένου συστήματος φωτοβολταϊκού. Για παράδειγμα, στην Γερμανία, όλη η ενέργεια που παράγεται πωλείται στην ηλεκτρική εταιρεία και ο καταναλωτής αγοράζει για τις ανάγκες του. Αντίθετα στην Αυστρία, η ενέργεια που παράγεται, πρώτα καλύπτει τις ανάγκες του παραγωγού και το περίσσευμα δίνεται(πωλείται) στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Τέτοια διασυνδεδεμένα συστήματα με τα εξαρτήματά τους(με ένα ή δύο μετρητές) φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



1	Φωτοβολταϊκή γεννήτρια
2	Ηλεκτρολογικός Πίνακας
3	Αντιστροφέας (inverter)
4	Κιβώτιο ασφαλειών
5	Μετρητής παραγωγής
6	Υφιστάμενος μετρητής
7	Δίκτυο ΔΕΗ
8	Εσωτερικοί καταναλωτές



Διασυνδεδεμένο σπίτι (ανταλλάσσει ενέργεια με το δίκτυο της ΔΕΗ)

11.1 Δυνατότητες εφαρμογής φωτοβολταϊκών σε κτίρια

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν σε υφιστάμενα και σε νέα κτήρια τοποθετημένα είτε εξωτερικά είτε ενσωματωμένα:

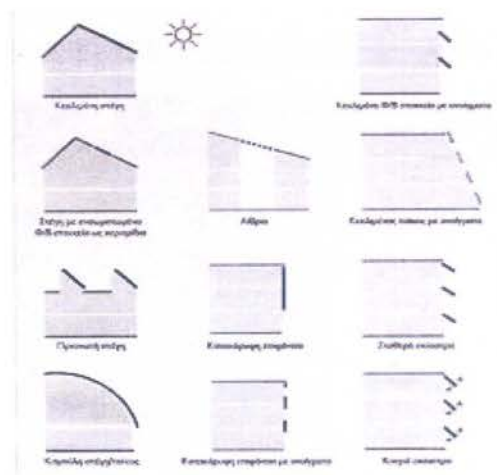
- Εξωτερικά, επάνω σε κεκλιμένες οροφές, σε κατακόρυφες και οριζόντιες επιφάνειες, σαν σκιάδια ή σαν πέργολες.
- Ενσωματωμένα σαν δομικά στοιχεία του κτηρίου (BIPV) σε κατακόρυφα, κεκλιμένα ή οριζόντιες επιφάνειες του κτηρίου, συμπεριλαμβανομένων και υαλοπινάκων (διπλών ή απλών) με δυνατότητα επιλογής της διαπερατότητας του φυσικού φωτισμού.

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες(επίπεδες ή κεκλιμένες)ή και σε προσόψεις κτιρίων. Παρέχονται σε διάφορα μεγέθη και μπορούν π.χ. να υποκαταστήσουν τμήμα μιας κεραμοσκεπής (μειώνοντας αντίστοιχα και το κόστος) ή τα υαλοστάσια σε μια πρόσοψη ή να χρησιμοποιηθούν σαν φωταγωγοί(skylights).Ήδη παράγονται και φωτοβολταϊκά κεραμίδια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση των κανονικών κεραμιδιών. Τα φωτοβολταϊκά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως σκίαστρα πάνω από παράθυρα(βοηθώντας έτσι και στη μείωση των εξόδων κλιματισμού).Επίσης σε πέργκολες και στέγαστρα χώρων στάθμευσης. Παρέχονται σε διάφορα χρώματα(κατόπιν παραγγελίας)και σε διάφορα πάχη διαφάνειας για ειδικές αρχιτεκτονικές εφαρμογές. Διατίθενται επίσης σήμερα διαφανή φωτοβολταϊκά, για προσόψεις εμπορικών κτιρίων, με θερμομονωτικές ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των υαλοστασίων χαμηλής εκπεμψιμότητας (low-e)που επιτυγχάνουν πέραν της ηλεκτροπαραγωγής και εξοικονόμηση ενέργειας 15-30% σε σχέση με κτίριο με συμβατικά υαλοστάσια.

Για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε ένα κτίριο, υπάρχουν 4 βασικοί τρόποι:

- Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα
- Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους
- Απ' ευθείας τοποθέτηση
- Ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών στο κέλυφος του κτιρίου

Τα φωτοβολταϊκά μπορεί να είναι με ή χωρίς πλαίσιο(συνήθως από αλουμίνιο).Τα πρώτα χρησιμοποιούνται σε κεκλιμένες στέγες(ενσωματωμένα ή πρόσθετα) ή σε επίπεδες οροφές, ενώ τα δεύτερα σε προσόψεις(σαν κοινός υαλοπίνακας) ή τοιχώματα. Διάφορες δυνατότητες τοποθέτησης φωτοβολταϊκών συστημάτων πάνω σε ένα κτίριο φαίνονται στο επόμενο σχήμα.



Τρόποι εγκατάστασης φωτοβολταϊκού σε στέγη κτιρίου

Παρακάτω βλέπετε φωτογραφίες από διάφορες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων στον κτιριακό τομέα:



Κτιριακές εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών

Η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών σε κτήρια αποτελεί ένα τεχνικό και αισθητικό θέμα:

- Τεχνικά: Ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών επιφανειών και λοιπών υποσυστημάτων με αντικατάσταση κάποιων δομικών υλικών ή στοιχείων.
- Αισθητικά: Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελεί μέρος του συνολικού σχεδιασμού και προσθέτει αξία στο κτίριο.

Η διαδικασία σχεδιασμού είναι η παρακάτω:

- Βήμα 1: Σχεδιασμός δίνοντας έμφαση στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου
- Βήμα 2: Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρισμού χωρίς απαραίτητα να καλύπτουμε όλη την ζήτηση ή να παράγουμε την μέγιστη δυνατή ενέργεια ανά έτος
- Βήμα 3: Φροντίστε τα κτήρια να είναι θερμικά άνετα και λειτουργικά με κατάλληλο σχεδιασμό.

Σχετικά με την ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών σε κτήρια και εγκαταστάσεις (Building Integrated PhotoVoltaics) έχουμε να αναφέρουμε ότι η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών σε κτήρια αποτελεί ένα τεχνικό και αισθητικό θέμα. Τεχνικά η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών επιφανειών και λοιπών υποσυστημάτων με αντικατάσταση κάποιων δομικών υλικών ή στοιχείων όπως και αισθητικά, όπου το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελεί μέρος του συνολικού σχεδιασμού και προσθέτει αξία στο κτίριο πράγμα πολύ σημαντικό για πολλές επιχειρήσεις.

11.1.1 Υπάρχουσα κτιριακή εγκατάσταση ¹²

Η νέα μονάδα παραγωγής για την Hayward Building Systems, που άνοιξε πρόσφατα στη Σάντα Μαρία, της Καλιφόρνια, λόγω των τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης την καθιστούν ως ηγέτη στο σύγχρονο σχεδιασμό εργοστασίων.

Το 4.600 τετραγωνικών μέτρων εργοστάσιο, το οποίο κατασκευάζει μηχανικούς σκελετούς στέγης, πάνελ τοίχου και δικτυώματα ορόφων για κατοικίες και ελαφρές επαγγελματικές κατασκευές, έχει υποβάλει αίτηση για πιστοποίηση, από το πρόγραμμα της Green Building Council των ΗΠΑ, στην Ενέργεια και τον Περιβαλλοντικό Σχεδιασμό. Το κτίριο υπερβαίνει τις 24 προδιαγραφές της Καλιφόρνιας για κατανάλωση ενέργειας κατά 40 τοις εκατό, και η Hayward αναμένει ότι θα λάβει την χρυσή πιστοποίηση.

Η μονάδα λειτουργεί κυρίως με την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά πάνελ στην οροφή. Ακόμα κι έτσι, το εργοστάσιο βρίσκεται συνδεδεμένο στο τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, και δημιουργεί ένα μικρό πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που πηγαίνει πίσω στο δίκτυο ως «πιστώσεις ενέργεια» που μπορεί να χρησιμοποιηθούν αργότερα. Όντας στο δίκτυο εξαλείφει

¹² Ξένη Βιβλιογραφία 5

την ανάγκη για δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης όπως μπαταρίες και δίνει στο εργοστάσιο μια "εφεδρική" παροχή τροφοδοσίας, η οποία αναμένεται να χρησιμοποιείται σπάνια, αν όχι καθόλου.

Υπάρχει ακόμα χώρος στη νότια στέγη για να φιλοξενήσει πολυάριθμους φεγγίτες. Αυτοί παρέχουν φωτισμό για τους εργαζόμενους από κάτω, μειώνοντας την ανάγκη για ηλεκτρικό φωτισμό. Το δροσερό αεράκι της Σάντα Μαρία και τα σκιώδη παράθυρα σχεδιασμένα για παθητικό εξαερισμό έχουν κάνει τον μηχανικό κλιματισμό εντελώς περιττό, μειώνοντας περετέρω το κόστους κατασκευής και λειτουργίας. Ο εξαερισμός του αέρα βοηθάει να φρεσκάρετε ο αέρας μέσα στο κτίριο. Ακόμα η μόνωση θερμικού φακέλου ελαχιστοποιεί την απώλεια θερμότητας στα ήπιους χειμώνες της Καλιφόρνια.

Παρά τα φαινόμενα, η μεγάλη πλακόστρωτη έκταση του υπαίθριου χώρου συμβάλλει επίσης στην περιβαλλοντική προσπάθεια. Διαπερατά πλακάκια στο πάρκινγκ διευκολύνουν την αποστράγγιση των ομβρίων υδάτων και τη διαχείριση των υδάτων απορροής. Ολόκληρη η οροφή του κτιρίου είναι ένας συλλέκτης βρόχινου νερού, που τροφοδοτεί δύο δεξαμενές των 30.000 γαλονιών (114-χιλιόλιτρων), που αποθηκεύουν το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση μέσω ενός αυτόματου συστήματος υδροδότησης.

Πολλά ακόμα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά έχουν ενσωματωθεί στο σχεδιασμό των εγκαταστάσεων, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης ενός ήδη αναπτύγμένου ανοιχτού χώρου. Χυμένο σκυρόδεμα με περιεκτικότητα 50-τοις εκατό τέφρα ώστε να μειωθεί ο όγκος του τσιμέντου. Ουρητήρια και χαμηλής ροής υδραυλικές εγκαταστάσεις και εξαρτήματα, και χρήση ανακυκλωμένου περιεχομένου δομικού χάλυβα, γυαλί, δάπεδο, κεραμικά πλακάκια και επίπλωση.

Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες επηρεάζουν επίσης τα προϊόντα που κατασκευάζονται στο εργοστάσιο. Αυτοματοποιημένα προϊόντα συμβάλουν στη βελτιστοποίηση της χρήσης ξυλείας, και ξύλο που έχει πιστοποιηθεί από το Forest Stewardship Council (FSC) είναι διαθέσιμο ως επιλογή στους πελάτες.



Νέο κτίριο Hayward

12. Χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων¹³

12.1 Πλεονεκτήματα χρήσης φωτοβολταϊκών συστημάτων

Όταν τα φωτοβολταϊκά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ένα 5-19% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική (με τη σημερινή τεχνολογία, η οποία πάντως βελτιώνεται). Το πόσο ακριβώς είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε. Υπάρχουν π.χ. τα λεγόμενα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, τα φωτοβολταϊκά “λεπού υμενίου” (thin-film, όπως είναι τα άμορφα [a-Si], τα μικρομορφικά [μ-Si], τα CIS-CIGS, CdTe, κ.λπ). Η επιλογή του είδους των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου ή ακόμα και της οικονομικής ευχέρειας του χρήστη.

Όλα τα φωτοβολταϊκά πάντως μοιράζονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- μηδενική ρύπανση
- αθόρυβη λειτουργία
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση
- μεγάλη διάρκεια ζωής(που φθάνει τα 30 χρόνια)
- υψηλή αξιοπιστία
- δυνατότητα κάλυψης ευρείας κλίμακας εφαρμογών (λίγα watt - αρκετά MW)

Τα φωτοβολταϊκά συνεπάγονται σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία. Οφέλη για τον καταναλωτή, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Τα φωτοβολταϊκά είναι μία από τις πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες της νέας εποχής που ανατέλλει στο χώρο της ενέργειας. Μιας νέας εποχής που θα χαρακτηρίζεται ολοένα και περισσότερο από τις μικρές αποκεντρωμένες εφαρμογές σε ένα περιβάλλον απελευθερωμένης αγοράς. Τα μικρά, ευέλικτα συστήματα που μπορούν να εφαρμοστούν σε επίπεδο κατοικίας, εμπορικού κτιρίου ή μικρού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής (όπως π.χ. τα φωτοβολταϊκά, τα μικρά συστήματα συμπαραγωγής, οι μικροτουρμπίνες και οι κυψέλες καυσίμου) αναμένεται να κατακτήσουν ένα σημαντικό μερίδιο της ενεργειακής αγοράς στα χρόνια που έρχονται. Ένα επιπλέον κοινό αυτών των νέων τεχνολογιών είναι η φιλικότητά τους προς το περιβάλλον. Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα

¹³ Διαδικτυακός Τόπος 5,6

u959 \u954 και ασφάλεια στην ενεργειακή u964 τροφοδοσία. Τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα, θεωρούνται τα ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής καθώς χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας στον πλανήτη και παράγουν ηλεκτρισμό, που αποτελεί την πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας.

Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν μ' αυτό τον τρόπο στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας. Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου. Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν αθόρυβη λειτουργία, αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής, δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες, δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (στο δίκτυο ή σε συσσωρευτές) και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξειδία του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να καλυφθεί με μεγάλες επενδύσεις για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος μιας νέας γραμμής μεταφοράς είναι πολύ υψηλό, αν λάβουμε υπόψη μας πέρα από τον τεχνολογικό εξοπλισμό και θέματα που σχετίζονται με την εξάντληση των φυσικών πόρων και τις αλλαγές στις χρήσεις γης. Οι διάφοροι μικροί παραγωγοί "πράσινης" ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ιδανική λύση για τη μελλοντική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις όπου αμφισβητείται η ασφάλεια της παροχής.

Η τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν δοκιμάζεται από δαπανηρές ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το ηλεκτρικό δίκτυο (απώλειες, οι οποίες στην Ελλάδα ανέρχονται σε 10,6% κατά μέσο όρο). Από την άλλη, η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των

αιχμών φορτίου, στην αποφυγή black-out και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Σημειωτέον ότι, κάθε ώρα black-out κοστίζει στην εθνική οικονομία 25-40 εκατ. ευρώ. Τα φωτοβολταϊκά καλύπτουν τη μεσημεριανή αιχμή της κατανάλωσης.

Η παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού ακολουθεί την εποχική ζήτηση. Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά παρέχοντας τη δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς, καθώς διατίθενται σε ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη φόρμα, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορικής διαπερατότητας του φωτός ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού. Αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά (π.χ. κεραμοσκεπές ή υαλοστάσια σε προσόψεις) συμβάλλουν στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής (ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση των ηλιακών προσόψεων σε εμπορικά κτίρια). Στην περίπτωση μάλιστα u964 των υαλοστασίων σε προσόψεις εμπορικών κτιρίων, διατίθενται σήμερα διαφανή φωτοβολταϊκά με θερμομονωτικές ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των υαλοστασίων χαμηλής εκπεψιμότητας (low-e), τα οποία επιτυγχάνουν (πέραν της ηλεκτροπαραγωγής) και εξοικονόμηση ενέργειας 15-30% σε σχέση με ένα κτίριο με συμβατικά απλά υαλοστάσια.

Η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να καλυφθεί με μεγάλες επενδύσεις για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος μιας νέας 8 από 33 γραμμής μεταφοράς είναι πολύ υψηλό, αν λάβουμε υπόψη μας πέρα από τον τεχνολογικό εξοπλισμό και θέματα που σχετίζονται με την εξάντληση των φυσικών πόρων και τις αλλαγές στις χρήσεις γης. Οι διάφοροι μικροί παραγωγοί "πράσινης" ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ιδανική λύση για τη μελλοντική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις όπου αμφισβητείται η ασφάλεια της παροχής. Μελέτες σε περιοχές με αντίστοιχες κλιματικές συνθήκες με την Ελλάδα έδειξαν ότι κάθε μεγαβάτ (MW) φωτοβολταϊκών υποκαθιστά έως και 0,8 MW συμβατικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής τις καλοκαιρινές ώρες αιχμής. Ο μέσος συντελεστής εγγυημένης ισχύος (capacity credit) των φωτοβολταϊκών σε ετήσια βάση είναι, για περιοχές σαν τη δική μας, 64% και ανέρχεται σε 80% τις καλοκαιρινές ώρες αιχμής.



Χρήση φωτοβολταϊκού κατά τις μεσημεριανές ώρες

12.2 Μειονεκτήματα χρήσης φωτοβολταϊκών συστημάτων¹⁴

Μολονότι το σοβαρότερο εμπόδιο πάντως παραμένει το κόστος και οι μεγάλες εκτάσεις οι οποίες απαιτούνται για την εγκατάστασή τους, οι φωτοβολταϊκές εφαρμογές σε απομακρυσμένες περιοχές θεωρούνται βιώσιμη οικονομικά λύση. Παρακάτω θα αναλύσουμε σύντομα τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα χρήσης φωτοβολταϊκών.

- **Αρχικό Κόστος:** Το μεγαλύτερο πρόβλημα με την χρήση της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο σπίτι είναι το αρχικό κόστος του συστήματος. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να κυμανθούν οπουδήποτε μεταξύ 1.000 ευρώ έως και πάνω από 50.000 ευρώ σε υλικά και κόστος εργασίας, και πολλοί ιδιοκτήτες δεν είναι απλά πρόθυμοι να επενδύσουν τόσα χρήματα. Αλλά με την μείωση του κόστους παραγωγής των φωτοβολταϊκών, την αύξηση των τιμών των ορυκτών καυσίμων βλ. πετρέλαιο, άνθρακας και την επιδότηση εγκατάστασης φωτοβολταϊκών για το σπίτι από το ΥΠΕΚΑ η κατάσταση αλλάζει γρήγορα υπέρ των φωτοβολταϊκών.
- **Διαθεσιμότητα ηλιακού φωτός:** το τοπικό κλίμα και οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο. Σε χώρες με μικρότερη ηλιοφάνεια από την Ελλάδα πολύ συχνά γίνονται σχετικές μετρήσεις πριν την επένδυση σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα.
- **Χρήση Ηλεκτρικής Ενέργειας εναντίον Διαθεσιμότητας:** Η μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο γίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, προφανώς. Το πρόβλημα είναι ότι ο χρόνος χαμηλότερης κατανάλωσης για ένα τυπικό σπίτι είναι κατά τη διάρκεια της ημέρας

¹⁴ Διαδικτυακός Τόπος 5,13

(συνήθως επειδή κανείς δεν είναι στο σπίτι). Σε μη διασυνδεδεμένα (αυτόνομα) φωτοβολταϊκά συστήματα, η αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας είναι μια ακριβή λύση μιας και θα χρειαστεί επένδυση σε δαπανηρές μπαταρίες. Ωστόσο, η μεγαλύτερη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας σε κρατικό επίπεδο γίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας (ψύξη κτιρίων γραφείων, λειτουργία των εργοστασίων, φωτισμός, κ.λπ.). Αυτό σημαίνει ότι το πρόβλημα της αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας σε διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα απλώς δεν υφίσταται. Αντιθέτως στη χώρα μας οι ιδιώτες έχουν ακόμα ένα κίνητρο να συνδεθούν με το δίκτυο λόγω της επιδότησης της εγκατάστασης φωτοβολταϊκού κατοικίας.

- **Υποχρεωτική μείωση της κατανάλωσης ρεύματος:** Στα μη διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά κατοικίας είναι πολύ πιθανό ο ιδιοκτήτης να χρειαστεί να αντικαταστήσει πολλές από τις ηλεκτρικές συσκευές με νέες καλύτερης κατηγορίας κατανάλωσης, ώστε να μειώσει την συνολική κατανάλωση ρεύματος και να αποφύγει της επένδυση σε ένα μεγαλύτερη απόδοσης φωτοβολταϊκό.
- **Γνώση:** Η επένδυση σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα απαιτεί και κάποιες βασικές γνώσεις από τον ιδιοκτήτη, σχετικά με την παραγωγή και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

13. Βασικές προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ενός συστήματος φωτοβολταϊκών

Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι βασικές προϋποθέσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων:

- **Σκίαση:**

Πρέπει να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Χονδρικά απαιτούνται 8 μ²/KW για μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά 10μ² για πολυκρυσταλλικά και περίπου το διπλάσιο για τα άμορφα.

- **Προσανατολισμός:**

Τα φωτοβολταϊκά πρέπει να έχουν Νότιο προσανατολισμό. Αν τοποθετηθούν σε κάθετη επιφάνεια, ο προσανατολισμός είναι καλύτερα να είναι Νοτιοανατολικός ή Νοτιοδυτικός. Αν είναι κεκλιμένα, μια μεγαλύτερη ποικιλία προσανατολισμών θα δίνει ανεκτά ενεργειακά αποτελέσματα. Ο Βόρειος προσανατολισμός πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγεται.

- **Κλίση:**

Μια κεκλιμένη φωτοβολταϊκή μονάδα θα δέχεται περισσότερο φως από μία κατακόρυφη. Κάθε γωνία μεταξύ της ορθής και αυτής των 150 μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Οι 15ο προτείνονται για να επιτρέπουν στη βροχή να ξεπλένει τη σκόνη. Η βέλτιστη γωνία είναι 30-40ο για ένα φωτοβολταϊκό που βλέπει Νότια. Κανονικά πρέπει να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο εγκαθίσταται.

- **Ύπαρξη κατάλληλου χώρου για τα ηλεκτρικά συστήματα και τις μπαταρίες.**

- **Βάρος (αν τοποθετηθεί σε στέγη):**

Ένα πλήρες φωτοβολταϊκό ζυγίζει 15-20 kg/m². Αυτό δεν αποτελεί κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα, αλλά καλό είναι να το γνωρίζουμε και να ληφθεί υπ' όψη.

- **Αερισμός:**

Η αύξηση της θερμοκρασίας ελαττώνει την απόδοση, γι' αυτό η πίσω μεριά του φωτοβολταϊκού πρέπει να αερίζεται επαρκώς.

▪ **Μέγεθος φωτοβολταϊκού συστήματος:**

Αναφέραμε πριν ότι στην Ελλάδα ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να δώσει 1100-1500 KWH/έτος /KW. Αυτό σημαίνει ότι σε γενικές γραμμές ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό 2-3 KW εγκατεστημένης ισχύος, μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μιας τριμελούς οικογένειας. Παίζει όμως πολύ σημαντικό ρόλο ,το πώς θα χρησιμοποιηθεί αυτή η ενέργεια και πού. Παίζει ρόλο επίσης ,αν το σπίτι χρησιμοποιείται σαν κύρια κατοικία ή εξοχικό, η περιοχή που βρίσκεται, ο αριθμός των ατόμων που κατοικούν και οι ώρες που βρίσκονται στο σπίτι, ακόμα και οι συνήθειές τους.

Παρακάτω βλέπουμε ένα πίνακα με τυπικές ισχύς (W) και μηνιαίες καταναλώσεις (KWH) διαφόρων οικιακών συσκευών:

Ηλεκτρική συσκευή	Τυπική ισχύς (W)	Μηνιαία κατανάλωση (kWh)
Ανεμιστήρας	100	4
Βίντεο	30	1
Κασετόφωνο	100	1
Καυστήρας πετρελαίου	250	15
Κλιματιστικό	1500	100
Κουζίνα	6000	120
Λαμπτήρας πυράκτιωσης	75	9
Λαμπτήρας φθορισμού	20	2,4
Μάτι κουζίνας	500	15
Πλυντήριο πιάτων	1000	30
Πλυντήριο ρούχων	3500	9
Ραδιόφωνο	70	6
Σίδερο	1000	5
Στεγνωτήρας μαλλιών	400	1
Στερεοφωνικό	150	15
Τηλεόραση ασπρόμαυρη	50	10
Τηλεόραση έγχρωμη	200	40
Τσαστίερα	1000	5
Τρυπάνι	250	4
Υπολογιστής	60	5
Φούρνος μικροκυμάτων	1500	15
Ψυγείο	350	180

Σε περίπτωση διασυνδεδεμένου συστήματος, δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα. Το δίκτυο καλύπτει πάντα τη ζήτηση αιχμής μιας κατοικίας. Αλλά στα αυτόνομα συστήματα, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι επί μέρους καταναλώσεις, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα. Βέβαια, μεγάλες καταναλώσεις(κουζίνα, φούρνος, θερμοσίφωνα) θα πρέπει να καλύπτονται με άλλο τρόπο (π.χ αέριο για την κουζίνα, ηλιακός θερμοσίφωνα για το ζεστό νερό, αβαθής γεωθερμία για θέρμανση-ψύξη κλπ). Ομως ο φωτισμός με λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας και η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών(υπολογιστές, ηχητικά συγκροτήματα, ψυγεία, τηλεοράσεις, τηλεπικοινωνίες κλπ) αποτελούν ανάγκες που καλύπτονται εύκολα και οικονομικά με φωτοβολταϊκό.

14. Εξοπλισμός φωτοβολταϊκών συστημάτων¹⁵

Συνοπτικά ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, τα οποία ουσιαστικά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.



Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

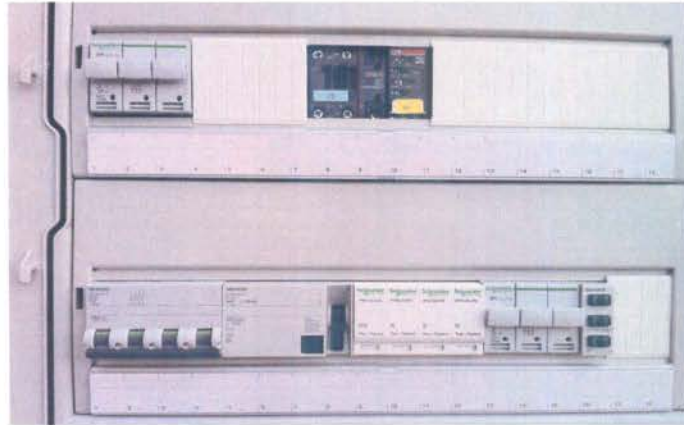
- Τους μετατροπείς ή αλλιώς inverter, οι οποίοι μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, σε μορφή τέτοια ώστε να μπορέσει να απορροφηθεί από το δίκτυο.



Inverter

¹⁵ Ελληνική Βιβλιογραφία 3, Διαδικτυακός Τόπος 4

- Τον ηλεκτρολογικό πίνακα DC και AC που περιλαμβάνει όλες τις προστασίες έναντι υπερτάσεων - συμπεριλαμβανομένων και των κρουστικών - ηλεκτροπληξίας καθώς και κατάλληλο διακοπτικό υλικό.



Πίνακας AC-DC

- Τις βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων και του υπόλοιπου εξοπλισμού.



Βάσεις στήριξης

- Τα καλώδια για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, των οποίων ο τύπος και τα χαρακτηριστικά αλλάζουν ανάλογα με τις προδιαγραφές του συστήματος.

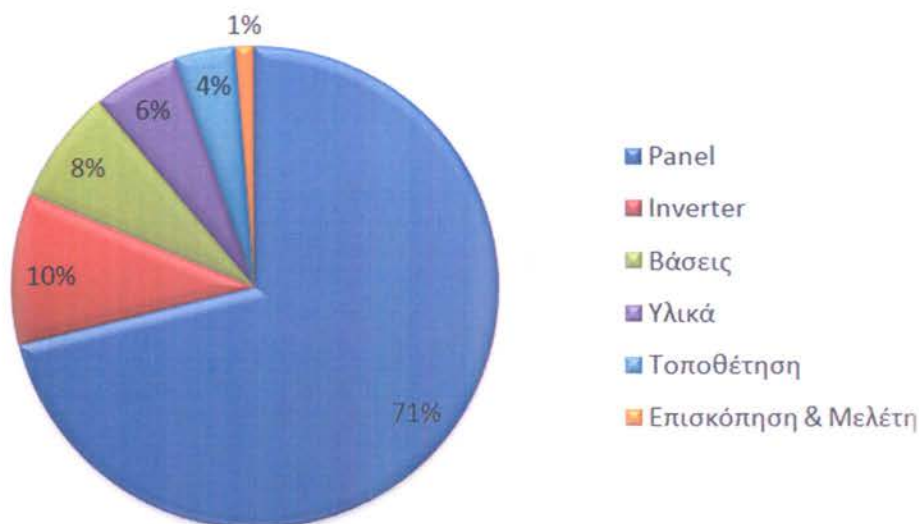


Ειδικά καλώδια

15. Κόστος φωτοβολταϊκού σταθμού¹⁶

Βασική παράμετρος υπολογισμού του συνολικού κόστους μίας εγκατάστασης φωτοβολταϊκών είναι η εγκατεστημένη ισχύς αυτού. Όλες οι τιμές ανάγονται σε ευρώ ανά εγκατεστημένο watt για λόγους ευκολίας. Μια τυπική εγκατάσταση κυμαίνεται στο εύρος 1.6 – 2.6 €/W. Η διαφοροποίηση αυτή έχει να κάνει με την οικονομία κλίμακας. Έτσι όσο μεγαλύτερο είναι το έργο τόσο οικονομικότερο θα είναι από πλευράς συσχέτισης ευρώ / watt.

Μία ενδεικτική κατανομή του κόστους ενός φωτοβολταϊκού σταθμού φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Κατανομή κόστους φωτοβολταϊκού σταθμού

¹⁶ Διαδικτυακός Τόπος 9

15.1 Οικιακά φωτοβολταϊκά και μικρές επιχειρήσεις μέχρι 10kW

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται έργα που διέπονται από το καθεστώς του ειδικού προγράμματος ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών σε στέγες, δώματα οικιών και πολύ μικρών επιχειρήσεων. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει έργα μέχρι 10kW εγκατεστημένης ισχύος.

Μία τυπική οικονομική πρόταση για ένα έργο 10kW περιλαμβάνει:

- Φωτοβολταϊκά Πλαίσια
- Αντιστροφέα (Inverter)
- Προμήθεια μεταλλικών βάσεων
- Πίνακες DC, AC με απαγωγείς κρουστικών υπερτάσεων
- Καλωδιώσεις σύνδεσης και οδεύσεις
- Κόστος τοποθέτησης εξοπλισμού
- Κόστος αδειοδότησης / επίβλεψης
- Κόστος επισκόπησης/μελέτης
- Κόστος Ασφάλισης Εργασιών κατά παντός κινδύνου
- Σύνταξη τεχνικού εγχειριδίου χρήσης και συντήρησης

Το συνολικό κόστος για τα στοιχεία που περιγράφονται παραπάνω ανέρχεται σε 18.900 ευρώ πλέον ΦΠΑ. Για μία εγκατάσταση 5kW η αντίστοιχη τιμή είναι στις 10.900 ευρώ. Επιπροσθέτως, υπάρχουν και εξειδικευμένες λύσεις, όπως π.χ. στην περίπτωση που ο χώρος είναι περιορισμένος αλλά υπάρχει η ανάγκη για να προσεγγίσουμε την μέγιστη ισχύ, επιλέγουμε προϊόντα εταιριών που προμηθεύουν φωτοβολταϊκά πλαίσια μέσης και υψηλής απόδοσης.



Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκού σε στέγη απόδοσης μέχρι 10 kW



15.2 Εγκαταστάσεις μέχρι 100kW σε κτίρια

Σε αυτήν την κατηγορία εντάσσονται έργα μέχρι 100kW ισχύος σε στέγες και δώματα βιομηχανικών ή επαγγελματικών κτηρίων.

Μία τυπική οικονομική πρόταση περιλαμβάνει, όπως και πριν, τα ακόλουθα:

- Φωτοβολταϊκά Πλαίσια
- Αντιστροφέα (Inverter)
- Προμήθεια μεταλλικών βάσεων
- Πίνακες DC, AC με απαγωγείς κρουστικών υπερτάσεων
- Καλωδιώσεις σύνδεσης και οδεύσεις
- Κόστος τοποθέτησης εξοπλισμού
- Κόστος αδειοδότησης/ επίβλεψης
- Προμήθεια και τοποθέτηση εξοπλισμού τηλεμετρίας
- Κόστος επισκόπησης/μελέτης
- Κόστος Ασφάλισης Εργασιών κατά παντός κινδύνου
- Σύνταξη τεχνικού εγχειριδίου χρήσης και συντήρησης

Το κόστος του Φωτοβολταϊκού Σταθμού, σαν λύση «με το κλειδί στο χέρι» (turn key solution), ξεκινά από τις 150.000 ευρώ. Ο Φ.Π.Α. σε αυτήν την κατηγορία έργου μπορεί να εκπέσει τουλάχιστον όσον αφορά τον εξοπλισμό των ΦΒ πλαισίων, inverter και ίσως βάσεων, που αποτελούν και το μεγαλύτερο κομμάτι της επένδυσης.



Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκού σε στέγη απόδοσης μέχρι 100 kW

15.3 Εγκαταστάσεις μέχρι 100kW επί εδάφους

Αντίστοιχα όπως και στα κτήρια, μπορεί να γίνει μελέτη, αδειοδότηση και εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σε έδαφος. Οι τιμές εδώ διαφοροποιούνται λίγο σε σχέση με τις κτηριακές εγκαταστάσεις. Μία πρόταση 100kW που περιλαμβάνει όλες τις εργασίες που περιγράφηκαν παραπάνω αλλά και

επιπλέον προμήθεια συστήματος καμερών, συναγερμού και περίφραξης έχει ένα μέσο κόστος τις 165.000 ευρώ . Σχετικά με τον εξοπλισμό και τον ΦΠΑ ισχύουν αυτά που περιγράφηκαν παραπάνω.



Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού επί εδάφους

16. Υπολογισμός ενός φωτοβολταϊκού συστήματος¹⁷

Για να υπολογίσουμε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα πρέπει να γνωρίζουμε:

- 1) τις τιμές ηλιοφάνειας στη θέση που θα εγκατασταθεί
- 2) τις απαιτήσεις φορτίου που θέλουμε να εξυπηρετήσει

1) Ηλιοφάνεια και «ώρες αιχμής»

Η ηλιοφάνεια δίνεται σε Langleys /day (1 Langley=1 cal/cm²=10 kcal/m²) και οι ημερήσιες τιμές δίνονται ανά μήνα. Για απλοποίηση όμως των υπολογισμών τα Langleys/day μετατρέπονται σε “ώρες αιχμής” διαιρούμενα δια του 0.0116, όπου “ώρες αιχμής” είναι ο ισοδύναμος μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας ανά ημέρα σε σταθερές συνθήκες.

Μέσες τιμές ακτινοβολίας σε Langleys/day
(1 Langley = 1 cal/cm² = 10 kcal/m²)

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο. έτους
Αθήνα	161	227	305	421	527	585	608	560	427	288	200	150	371
Θεσσαλονίκη	136	177	266	387	423	533	569	494	375	241	158	122	323
Ηράκλειο	164	230	305	433	544	613	627	569	450	291	215	161	383

Μέση τιμή θερμοκρασίας για περιοχές της Ελλάδας για ένα χρόνο

¹⁷ Ξένη Βιβλιογραφία 6

2) Απαιτήσεις φορτίου- Μέγεθος φωτοβολταϊκού συστήματος

Οι απαιτήσεις φορτίου εξαρτώνται από την τάση (Volt) και το ρεύμα σε ΑΗ/ημέρα του φορτίου. Ανάλογα με τη απαιτούμενη τάση ή ένταση ,συνδέουμε τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε σειρά ή παράλληλα αντίστοιχα. Ο συνολικός αριθμός στοιχείων θα είναι το γινόμενο του αριθμού των σε σειρά επί τον αριθμό των παράλληλα συνδεμένων στοιχείων. Αυτά για τα στοιχεία .Για την εκτίμηση του μεγέθους των μπαταριών πολλαπλασιάζουμε το ημερήσιο φορτίο(ΑΗ/ ημέρα) με ένα σταθερό αριθμό ημερών αποθήκευσης.

Γεωγραφικό πλάτος	Ημέρες αποθήκευσης	Μέγεθος μπαταριών ΑΗ	
0° - 30°	15	15	} x ημερήσιο φορτίο σε ΑΗ/day
30° - 40°	20	20	
40° - 50°	25	25	
50° και άνω	30	30	

Υπολογισμός μεγέθους μπαταριών

16.1 Παράδειγμα υπολογισμού φωτοβολταϊκού συστήματος

Παρακάτω θα υπολογίσουμε το φωτοβολταϊκό σύστημα τροφοδότησης μιας κατοικίας στην Κρήτη, της οποίας όλες οι ηλεκτρικές καταναλώσεις έχουν συνολική ισχύ 1150 W και λειτουργούν κατά μέσο όρο 10H.

α) Το ημερήσιο φορτίο της κατοικίας θα είναι:

$$(1150W/230V)\times 10H=50 \text{ ΑΗ} / \text{ημέρα.}$$

β) Η μέση ηλιοφάνεια της Κρήτης είναι $383 \times 0.00116=4.4$ ώρες /ημέρα.

γ) Θα χρησιμοποιήσουμε στοιχεία με ονομαστική τάση 12V και ρεύμα 2 A.

δ) Για να πάρουμε τα 230V της κατοικίας, συνδέουμε σε σειρά:

$$\text{τάση συστήματος} / \text{τάση στοιχείων}=230/12=19 \text{ στοιχεία.}$$

ε) Το φορτίο που παράγεται από κάθε στοιχείο θα είναι:

$$\text{ώρες αιχμής} \times \text{ρεύμα στοιχείου} = 4,4 \text{ H} / \text{ημέρα} \times 2 \text{ A}=8,8 \text{ ΑΗ} / \text{ημέρα}$$

$$\text{Άρα, αριθμός στοιχείων παράλληλα} : 50 \text{ ΑΗ} / \text{ημέρα} : 8,8 \text{ ΑΗ} / \text{ημέρα}=6 \text{ στοιχεία}$$

$$\text{Ολικός αριθμός στοιχείων: } 19 \times 6=114$$

$$\text{Μέγεθος μπαταριών: } 20 \text{ ημέρες} \times 50 \text{ ΑΗ} / \text{ημέρα}=1000 \text{ ΑΗ.}$$

17. Νομοθεσία για τα φωτοβολταϊκά συστήματα¹⁸

Σύμφωνα με το νομοθετικό πλαίσιο, βασική προϋπόθεση για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος αποτελεί η ύπαρξη ενεργής σύνδεσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του φωτοβολταϊκού στο κτίριο όπου πρόκειται να εγκατασταθεί. Επίσης ο νόμος ξεκαθαρίζει ότι για να είναι νόμιμη η εγκατάσταση, πρέπει ένα μέρος των αναγκών του κτιρίου σε ζεστό νερό, εφόσον το κτίριο χρησιμοποιείται για κατοικία, να καλύπτεται με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ενδεικτικά ηλιοθερμικά, ηλιακοί θερμοσίφωνες. Τέλος βασικός όρος για την ένταξη φωτοβολταϊκού συστήματος στο Πρόγραμμα είναι η μη ύπαρξη δημόσιας ενίσχυσης στο πλαίσιο του Αναπτυξιακού Επενδυτικού νόμου, όπως κάθε φορά ισχύει, των συγχρηματοδοτούμενων από την Ευρωπαϊκή Ένωση δράσεων χρηματοδότησης (πχ. στο πλαίσιο ΕΠ του ΕΣΠΑ) και γενικότερα οποιουδήποτε άλλου προγράμματος χρηματοδότησης.

17.1 Ευκαιρίες χρηματοδότησης για επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά συστήματα

Κατατέθηκε στην Βουλή η τροπολογία του νέου αναπτυξιακού νόμου με έναρξη ισχύος 1/1/2007. Ο νέος νόμος επιδοτεί συνεχίζει να επιδοτεί τις επενδύσεις παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες – ήπιες μορφές με ποσοστά από 20% - 60%.

Τα ποσοστά ενισχύσεων ανά Περιφέρεια, καθορίστηκαν ως ακολούθως:

- 40% για Δυτική Ελλάδα, Ανατολική Μακεδονία - Θράκη, Ήπειρο, Πελοπόννησο, και Νησιά Βορείου Αιγαίου.
- 30% για Κεντρική Μακεδονία (εκτός νομού Θεσσαλονίκης) , Δυτική Μακεδονία, Θεσσαλία, Κρήτη, Ιόνια Νησιά, Στερεά Ελλάδα και Νησιά Νοτίου Αιγαίου.
- 20% για νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης (εκτός των νησιών και των βιομηχανικών περιοχών αυτών που ανήκουν στην προηγούμενη κατηγορία).

Τα παραπάνω ποσοστά προσαυξάνονται κατά 10% για μεσαίες επιχειρήσεις και κατά 20% για μικρές επιχειρήσεις. Επισημάνεται ότι μικρές είναι οι επιχειρήσεις με λιγότερο από 50 άτομα προσωπικό, ετήσιο κύκλο εργασιών μικρότερο από 10.000.000 ΕΥΡΩ και ετήσιο ισολογισμό μικρότερο από 10.000.000 ΕΥΡΩ, ενώ μεσαίες είναι οι επιχειρήσεις με

¹⁸ Διαδικτυακός Τόπος 3,4,5

λιγότερο από 250 άτομα προσωπικό, ετήσιο κύκλο εργασιών μικρότερο από 50.000.000 ευρώ και ετήσιο ισολογισμό μικρότερο από 43.000.000 ευρώ.

18. Χρήση φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα¹⁹

18.1 Υφιστάμενη κατάσταση στο χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα θα μπορούσε να θεωρηθεί η ιδανική τοποθεσία (λόγω γεωγραφικής θέσης, μορφολογίας του εδάφους και κλίματος) για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα της αιολικής και της ηλιακής. Οι δύο αυτές μορφές ενέργειας θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τόσο για τους καταναλωτές (ηλεκτρική, θερμική) όσο για την κάλυψη σημαντικού μέρους ενεργειακής κατανάλωσης του πληθυσμού. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την ενεργειακή ανεξαρτησία της χώρας και της σταδιακής απεμπλοκής της από ακριβές εισαγόμενες πρώτες ύλες όπως το πετρέλαιο αλλά και από την εξόρυξη φθηνών, αλλά εξίσου επιζήμιων για το περιβάλλον, όπως ο λιγνίτης. Φυσική συνέπεια της υπερβολικής χρήσης παραδοσιακών μορφών ενέργειας έχει δημιουργήσει σοβαρές κλιματικές αλλαγές τα τελευταία χρόνια. Το περιβαλλοντικό πρόβλημα έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον της παγκόσμιας κοινής γνώμης και την ενεργοποίηση των πολιτικών αρχών σε παγκόσμιο επίπεδο για την ανάπτυξη ενός κρατικού μηχανισμού μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Όσο αναφορά την Ελλάδα το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε της οδηγία 2001/77/EK 'Για την παραγωγή της ηλιακής ενέργειας που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας', όπου στόχο έχει την συμμετοχή της Ελλάδας στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε ποσοστό 20,1% της εγχώριας ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 και 29% κατά το 2020. Η οδηγία αυτή είναι ταυτόσημη με την δέσμευση της χώρας για την συγκράτηση ποσοστού αύξησης CO₂ και άλλων επικινδύνων για την ατμόσφαιρα αερίων, κατά 25% σε σχέση με το 1990 (έτος βάση), για την περίοδο 2008-2012. Μη τήρηση της δέσμευσης, το οποίο σημαίνει και μη τήρηση της οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, θα έχει ως αποτέλεσμα την δαπάνη σημαντικών κρατικών κονδυλίων για την αγορά αδειών εκπομπής αέριων ρύπων από χώρες με μειωμένες εκλύσεις. Παρά το γεγονός αυτό η Ελλάδα απέχει αρκετά από την επίτευξη του στόχου. Όπως εκτιμά το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.), το 2010, η ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα πρέπει να φτάσει τις 12,26 TWh σύμφωνα με τον στόχο του 20,1%, έχοντας ως εκτιμώμενη ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας για το έτος 2010 να είναι 61TWh. Η πιθανότητες όμως να επιτευχθεί ο στόχος αυτός είναι ελάχιστες και εκτιμάται ότι ο στόχος που έθεσε το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο θα καλυφθεί σε ποσοστό περίπου 80,4%. Σύμφωνα με μετρήσεις του Υ.Π.Ε.Κ.Α. για το 2008 η εγκατεστημένη ισχύς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες

¹⁹ Ελληνική Βιβλιογραφία 3,4

πηγές ενέργειας έφτασε τα 4293MW και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια των 6,5TWh έρχεται σε αντιστοιχία του 10,2% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (63,6TWh).

18.2 Νομοθεσία στην Ελλάδα για τα φωτοβολταϊκά συστήματα

Το νομοθετικό πλαίσιο που καλύπτει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελείται από μια Κοινή Υπουργική Απόφαση καθώς και τρεις νόμους. Ο πρώτος νόμος (N.3468/2006) αποτέλεσε ορόσημο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα καθώς επίσης άλλαξε το σκηνικό αγοράς των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο δεύτερος κατά σειρά νόμος (N.3734/2009) στην ουσία είναι ένα 'φρεσκάρισμα' του πρώτου νόμου με κάποιες νέες τροποποιήσεις για τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Ο τρίτος και πιο πρόσφατος νόμος (N.3851/2010) τροποποιεί μερικές βασικές διατάξεις των δύο προηγούμενων νόμων οι οποίες αφορούν κυρίως τα θέματα αδειοδότησης φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τέλος το 2009 κατατέθηκε για Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) που αφορούσε την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις. Επίσης κατατέθηκε και ο αναπτυξιακός νόμος N.3299/2004 ο οποίος στην ουσία είναι ένα οικονομικό-υποστηρικτικό όργανο που παρέχει κρατικές επιχορηγήσεις για επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (δηλαδή και σε φωτοβολταϊκά), διότι όπως έχει τονιστεί το αρχικό κόστος εξοπλισμού είναι ιδιαίτερος υψηλό. Έτσι με τον αναπτυξιακό νόμο δίνονται κίνητρα στους νέους επενδυτές. Το ποσοστό επιδότησης ή φορολογικής απαλλαγής καθορίζεται από την περιοχή εγκατάστασης της μονάδας. Στη παρακάτω εικόνα φαίνεται η διαίρεση της επικράτειας στις τρεις ζώνες. Σημειώνεται ότι Βιομηχανικές Επιχειρηματικές Περιοχές των νομών Αττικής, Θεσσαλονίκης και των νησιών των νομών αυτών εντάσσονται στη Ζώνη Β.



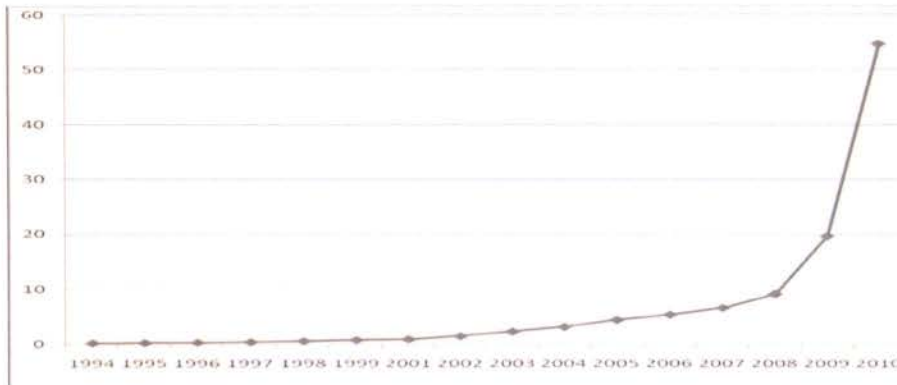
Καταμερισμός της Ελλάδος στις 3 ζώνες

18.3 Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα

Όπως έχει τονιστεί, η Ελλάδα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ένας από τους ιδανικότερους τόπους για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων (και γενικότερα των Α.Π.Ε.). Εκτός από τα κλιματικά και εδαφικά πλεονεκτήματα η Ελλάδα είναι μια χώρα με η οποία απαρτίζεται από ένα μεγάλο νησιωτικό σύμπλεγμα καθώς επίσης και από ορεινές περιοχές. Οι τοποθεσίες αυτές όπως είναι φυσικό έχουν δυσκολότερη πρόσβαση στο δίκτυο, έτσι λοιπόν η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών θα ευνοούσε πολύ και τους κατοίκους των περιοχών αυτών αλλά και την κρατική μηχανή. Παρά ταύτα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα παραμένει πολύ μικρή. Χαρακτηριστικά μέχρι το τέλος του 2009 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς δεν έφτανε τα 55MWp. Στον παρακάτω πίνακα παραθέτουμε την διαχρονική εξέλιξη της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος σε MW στην Ελλάδα από το 1994-2009.

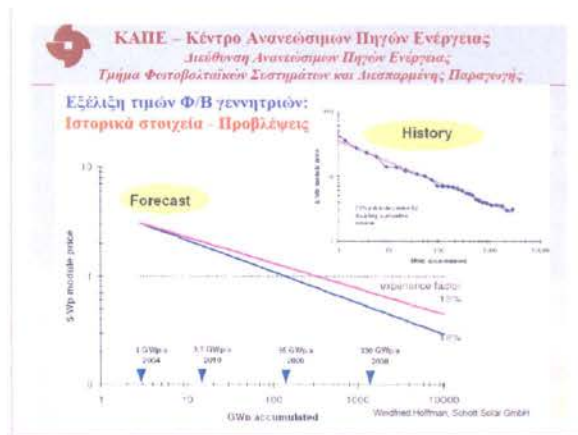
1994	0,27	2003	2,37
1995	0,31	2004	3,25
1996	0,39	2005	4,50
1997	0,48	2006	5,44
1998	0,64	2007	6,69
1999	0,84	2008	9,20
2001	1,00	2009	19,70
2002	1,57	2010	54,70

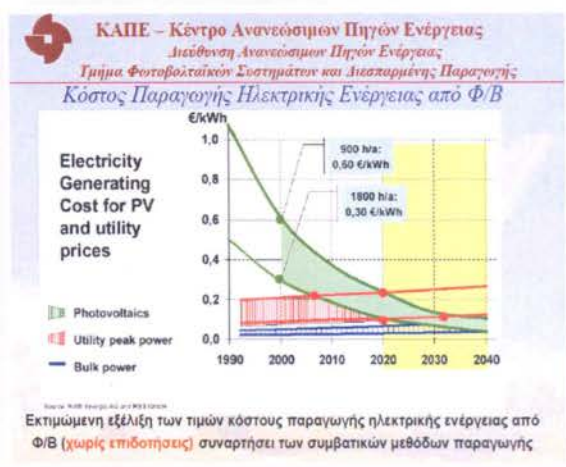
Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η διαχρονική εξέλιξη της ετήσιας εγκατεστημένης ισχύος:



Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα

Παραθέτουμε έναν πίνακα που δείχνει την ολοένα και αυξανόμενη διείσδυση της χρήσης φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελληνική Επικράτεια. Ένα από τα θετικά που μας οδήγησε στην επιλογή φωτοβολταϊκών συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η συνεχώς μειούμενες τιμές τους με την πάροδο του χρόνου ενώ συνεχώς εμφανίζονται νέες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών πάνελ στην αγορά.





Στοιχεία ΚΑΠΕ σχετικά με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα

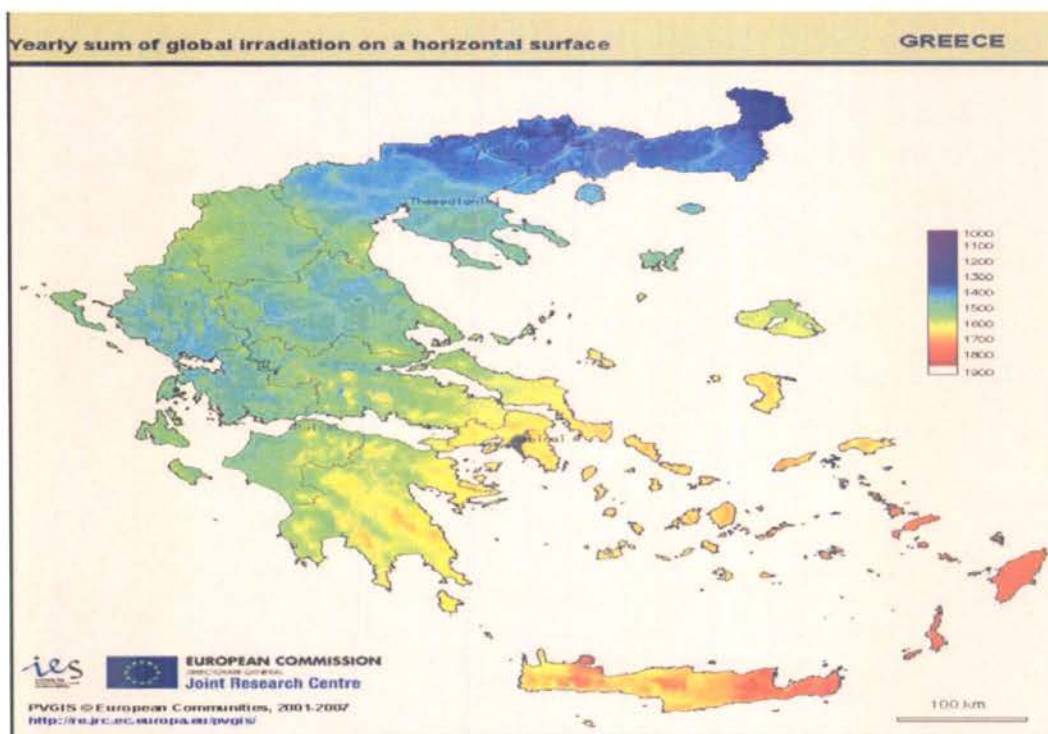
Ένα ακόμα θετικό είναι ότι υπάρχουν πολύ αξιόπιστοι και ποιοτικοί Έλληνες παραγωγοί φωτοβολταϊκών συστημάτων με μεγάλη ποικιλία και εμπειρία στην κατασκευή τους. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε όσους ανήκουν στον σύνδεσμο εταιριών φωτοβολταϊκών:²⁰

- ΑΒΑΚΥΣ SOLAR HELLAS ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Μ.Ε.Π.Ε.
- ΑΔΒΑΡΤΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ
- Αδ.Μο.Τεc. Α.Ε.
- ΑΛΕΟ SOLAR
- ΑΙΡΤΕC Α.Β.Ε.Τ.Ε
- ΑΛΕΧΑΚΙΣ ΕΝΕΡΓΕΥ
- ΑΛΥΜΙΛ SOLAR
- ΑΡΟΣΤΟΛΟΣ ΒΟΒΟΛΑΣ Α.Ε.
- ΒΙΟΣΑΡ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ
- ΒΙG SOLAR Α.Ε.
- CΕΝΤΡΟΣΟΛΑR CΟΝΕΡΓΥ
- DΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΥ
- DΙGΙΝΕΤ
- ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ
- ΔΕΚΤΕΝ Α.Ε.
- ΔΕΛΤΑ ΤΕΧΝΙΚΗ
- ΕCΟSUN
- ΕGΝΑΤΙΑ ΕΝΕΡΓΕΥ
- ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Α.Ε.
- ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΟΕ
- ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΦΑΡΙΔΟΣ ΟΕ
- ΕΝΓΑΙΑ Α.Ε.
- ΕΝΟΛΙΑ SOLAR SYSTEMS SA - ΜΙΤΣΟΣΥΝ
- ΕΝΤΕC CΟΝΤΡΑΚΤΟΡS

²⁰ Ελληνική Βιβλιογραφία 2

18.4 Ηλιοφάνεια στην Ελλάδα

Στο χάρτη που ακολουθεί εμφανίζονται οι ετήσιες τιμές διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας για την Ελλάδα σε Kwh/m^2 και σε επίπεδο οριζόντιο. Διακρίνουμε, ότι καμία περιοχή της Ελλάδας δεν υπολείπεται των $1250 Kwh/m^2$, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της χώρας διαθέτει από 1400 έως $1800 Kwh/m^2$



Διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια στην Ελλάδα για ένα έτος

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα ονομαστικής ισχύος $1 KWr$ (για παράδειγμα 10 φωτοβολταϊκα πάνελ των $100Wr$ το κάθε ένα) αποδίδει στην Ελλάδα από περίπου $1.150 KWh$ (βόρεια Ελλάδα) έως $1.450 KWh$ (νότια Ελλάδα) το έτος. Στην Αττική, τις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα κυμαίνεται γύρω στις $1.300-1350 KWh$. Για να βρούμε τη μέση ημερήσια παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού πάνελ, συνηθίζουμε να πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική του ισχύ επί 5.

Έτσι, ένα φωτοβολταϊκό πάνελ ονομαστικής ισχύος $100Wr$, κατ' εκτίμηση παράγει ημερησίως $500Wh$ ($0,5 A$) κατά μέσο όρο. Είναι προφανές ότι το καλοκαίρι η μέση παραγωγή θα είναι μεγαλύτερη από τη μέση παραγωγή το χειμώνα (τον Ιούλιο ή τον Αύγουστο είναι **σχεδόν** διπλάσια σε σχέση με τον Δεκέμβριο ή τον Ιανουάριο).

Το συμπέρασμα που αποκομίζουμε είναι η ουσιαστική και ξεκάθαρη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα. Αναλυτικότερα, τα πρώτα βήματα έγιναν μετά την εφαρμογή του νόμου Ν.3468/2006 (2007), ο οποίος έδωσε την ώθηση για μια νέα τάξη πραγμάτων στο χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Από το 2006 ως το 2010 η αύξηση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος έχει φτάσει το 700%. Η ουσιαστική διαφορά παρατηρήθηκε το 2009 έπειτα από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών εγκατεστημένης ισχύος 35MW όταν το 2008 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ήταν λιγότερο από 20MW. Η μικρή αύξηση εγκατεστημένης ισχύς την περίοδο 2007-2008 οφείλεται στο πάγωμα αιτήσεων της Ρ.Α.Ε. η οποία είναι υπεύθυνη για τις αδειοδότηση των αιτήσεων. Το πάγωμα οφείλεται στον μεγάλο αριθμό αιτήσεων, υπολογίζεται η Ρ.Α.Ε. δέχτηκε περίπου 8000 αιτήσεις με την απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς να φτάνει τα 3756,5 MWp. Ωστόσο με την εφαρμογή του νόμου Ν.3477/2009 και της Κ.Υ.Α. για τα φωτοβολταϊκά σε κτιριακές εγκαταστάσεις δίνουν σημάδια αισιοδοξίας για το μέλλον των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα.

19. Μελέτη

19.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή θα ασχοληθούμε με την μελέτη για την δημιουργία ενός συστήματος φωτοβολταϊκών το οποίο θα τροφοδοτεί με ενέργεια ένα εργοστάσιο παραγωγής στην περιοχή της Αττικής , και με τον αυτοματισμό ο οποίος θα έχει ως σκοπό του , την εναλλαγή μεταξύ του ηλεκτρικού δικτύου και του φωτοβολταϊκού συστήματος , ανάλογα με το κατά ποσό καλύπτουμε από το κάθε σύστημα την ζητούμενη ενέργεια. Τα στοιχεία της μελέτης μας είναι υποθετικά, αλλά βασίζονται σε στοιχεία που προσομοιώνουν υπαρκτά παραδείγματα. Η μελέτη θα μπορούσε να εφαρμοστεί οπουδήποτε , ενώ έχουμε σαν παράδειγμα , στοιχεία από τα εγχώρια δεδομένα.

19.2 Χρησιμοποιούμενη μορφή ενέργειας

Η πρωτογενής μορφή ενέργειας που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ηλιακή ενέργεια. Από τεχνολογικής απόψεως, τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας (φωτοβολταϊκά) αφορούν ηλεκτρονικά στοιχεία που μετατρέπουν την ενέργεια του ηλίου σε ηλεκτρική ενέργεια.

Ως ηλιακό δυναμικό ορίζεται η ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα χρόνου που μπορεί να δεσμευτεί ανά μονάδα επιφάνειας που ακτινοβολείται από τον ήλιο. Ο προσδιορισμός του ηλιακού δυναμικού μιας θέσης γίνεται σε ετήσια βάση με βάση την κατανομή της εντάσεως της ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια του έτους.

Για τις μετρήσεις ηλιοφάνειας χρησιμοποιούνται τα δεδομένα από μια κοντινότερη θέση, τις οποίες θεωρούμε ικανοποιητικές για την εκτίμηση της δικής μας παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος δεδομένου ότι δεν μπορούν να υπάρχουν σημαντικές ποσοστιαίες διαφορές στην ηλιακή ακτινοβολία και κατά συνέπεια και στην παραγόμενη ενέργεια από θέση σε θέση σε τόσο κοντινή απόσταση.

Το εργοστάσιο που επιλέχθηκε για την εφαρμογή του φωτοβολταϊκού συστήματος έχει διαστάσεις ικανές έτσι ώστε να περικλείει τις συστοιχίες του φωτοβολταϊκού και τους αντιστροφείς, κα να μη σκιάζεται κανένα φωτοβολταϊκό του στοιχείο.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ:

Εμβαδόν παραγωγικής εγκατάστασης στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα να τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά πάνελ :	2.000 τ.μ .
Ετήσια κατανάλωση παραγωγικής εγκατάστασης:	2 MWatt/Hour

20. Ενεργειακή μελέτη

20.1 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη για τον υπολογισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας υπακούει στο βασικό μοντέλο υπολογισμού των απωλειών κατά τις ενεργειακές μετατροπές από την είσοδο του συστήματος (προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία) έως την έξοδο του συστήματος (σημείο διασύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.).

Συγκεκριμένα υπολογίζονται με βάση την ηλιακή ακτινοβολία της συγκεκριμένης περιοχής η φωτοβολταϊκή μετατροπή, οι απώλειες καλωδιώσεων μεταφοράς του συνεχούς ρεύματος στον μετατροπέα dc/ac, οι απώλειες μετατροπής από συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα όπως και οι απώλειες του μετατροπέα και οι απώλειες του καλωδίου μεταφοράς του εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι τιμές για την ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής έχουν ληφθεί συνδυαστικά αφενός από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων PVGIS και αφετέρου από την διεθνή βάση METEONORM. Επιπλέον κλιματικά δεδομένα για την ταχύτητα των ανέμων, την υγρασία και την θερμοκρασία της περιοχής αντλήθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία Ελλάδος. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία τόσο της ηλιακής ακτινοβολίας όσο της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος όπως και της ταχύτητας των ανέμων έχει γίνει και ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών.

20.2 Παράμετροι λειτουργίας

Οι ηλεκτρικές παράμετροι των φωτοβολταϊκών πάνελ για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης πάρθηκαν από τα φυλλάδια των κατασκευαστών και αφορούν την λειτουργία σε τυπικές συνθήκες δοκιμών (STC) με ηλιακή σταθερά $S=1376 \text{ W/m}^2$, (η οποία προκύπτει από τα δεδομένα της περιοχής). Αναλυτικά έχουμε:

Ακτινοβολία	1KW /m ²
Φασματική κατανομή	Air Mass 1.5
Θερμοκρασία στοιχείου	25o C ±2o C

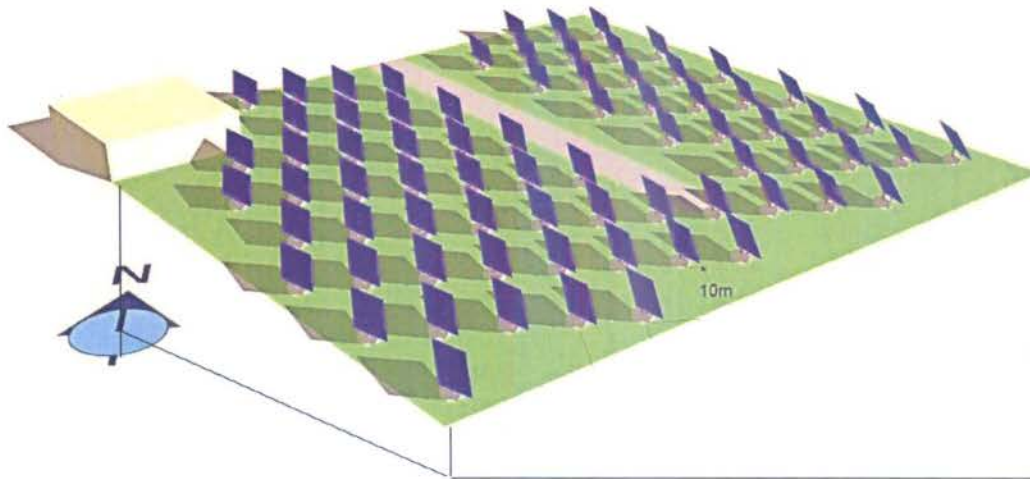
Προσαρμογή παραμέτρων στις συνθήκες λειτουργίας για την γεωγραφική θέση της εγκατάστασης.

Οι θερμοκρασιακές παράμετροι σύμφωνα με τα φυλλάδια των κατασκευαστών για συνθήκες κανονικής λειτουργίας (NOCT, Normal Operating Cell Temperature), είναι:

Ακτινοβολία	0.8 KW/m ²
Φασματική κατανομή	Air Mass 1.5
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	47o C
Ταχύτητα ανέμου	1 m/s

20.3 Προσανατολισμός πάνελ

Στην παρούσα μελέτη λαμβάνεται υπόψη ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι τοποθετημένα σε συστήματα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου (tracker) τα οποία έχουν δυνατότητα κίνησης προς μία κατεύθυνση (μονοαξονικό). Επιπλέον λαμβάνεται υπόψη η όποια σκίαση μεταξύ των συστημάτων tracker καθόλη τη διάρκεια της ημέρας, από την ανατολή έως και την δύση εφόσον κατά την εγκατάσταση θα τηρηθούν οι προτεινόμενες αποστάσεις που έχουν υπολογιστεί. Η χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού σταθμού θα γίνει με νότιο προσανατολισμό. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα εγκατασταθούν σε συστήματα παρακολούθησης της πορείας ήλιου προς μία κατεύθυνση (μονοαξονικό). Η απόσταση μεταξύ των συστημάτων θα είναι τέτοια έτσι ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα σκίασης ακόμη και κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών όταν ο ήλιος φθάνει έως 30° μοίρες σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.

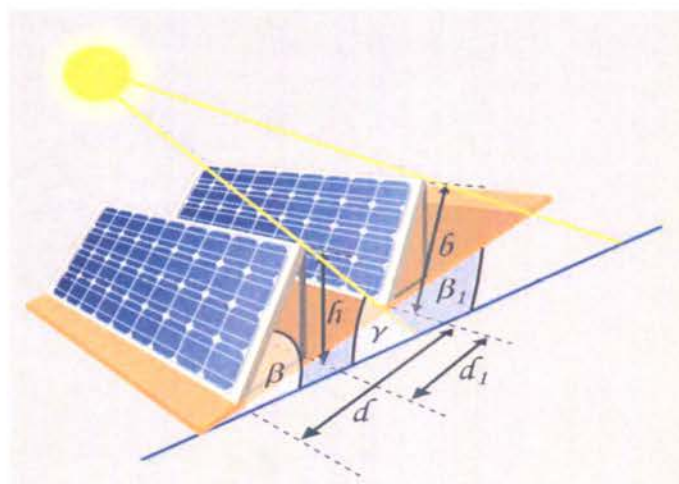


Αποψη του χώρου με τα φωτοβολταϊκά

Κατά τη μελέτη του συστήματος θα δώσουμε ιδιαίτερη έμφαση στα παρακάτω στοιχεία:

- **Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος**


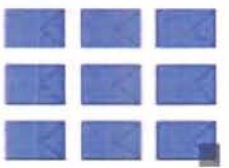
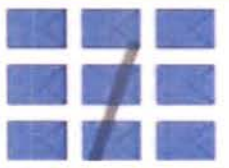
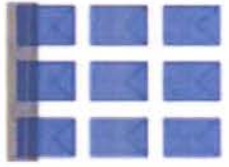

Ως κανόνα υπολογίζουμε πως χρειάζεστε περίπου 1-1,5 τετραγωνικό μέτρο για κάθε 100 Watt για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά του εμπορίου. Δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή ο χώρος να είναι κατά το δυνατόν 100% ασκίαστος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Διαφορετικά, το σύστημά μας θα λειτουργεί με μικρότερη απόδοση. Ένας κανόνας για να βεβαιωθούμε ότι το σύστημά μας δεν θα αποδίδει λιγότερο λόγω σκιάσεων, είναι ο εξής: η απόσταση από το τυχόν εμπόδιο (κτίριο, δέντρο, κ.λπ) πρέπει να είναι διπλάσια του ύψους του εμποδίου.



Τρόπος υπολογισμού του ασκίαστου χώρου

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ






Παρακάτω παραθέτουμε έναν πίνακα που παρουσιάζει τις ενδεικτικές απώλειες απόδοσης από τη σκίαση:

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

Ποσοστά απωλειών από σκίαση

- Τα φωτοβολταϊκά για να έχουν τη μέγιστη απόδοση θα έχουν νότιο προσανατολισμό.
Αποκλίσεις από το Νότο είναι επιτρεπτές, μειώνουν όμως την απόδοση.
- Η σωστή κλίση του φωτοβολταϊκού σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο
Συνήθως επιλέγεται μια κλίση που να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στην Ελλάδα, η βέλτιστη κλίση είναι γύρω στις 25°-30° .

Παρακάτω παραθέτουμε έναν πίνακα που παρουσιάζει την απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση:

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

Ενδεικτική απόδοση φωτοβολταϊκών

20.4 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω σε μια οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια, έχει δυο συνιστώσες: την άμεση και την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι αυτή η οποία φτάνει απ' ευθείας από τον ηλιακό δίσκο στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση (αλλαγή κατεύθυνσης) κατά τη διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα. Εξαρτάται από την απόσταση Ήλιου-Γης, την ηλιακή απόκλιση, το ηλιακό ύψος, το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το υψόμετρο του τόπου, την κλίση της επιφάνειας επί της οποίας

προσπίπτει, καθώς και από την απορρόφηση και διάχυση την οποία υφίσταται μέσα στην ατμόσφαιρα. Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι το ποσό της ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους μετά την ανάκλαση ή σκέδαση μέσα στην ατμόσφαιρα, αλλά και μετά από ανάκλαση πάνω στην επιφάνεια της Γης. Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από το ηλιακό ύψος(α), το υψόμετρο του τόπου, τη λευκαύγεια του εδάφους, το ποσό και το είδος των νεφών, καθώς και από την παρουσία διαφόρων κέντρων σκεδάσεως (αερολυμάτων, υδροσταγόνων κ.α.) που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που διανύει η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στην ατμόσφαιρα, τόσο μικρότερο είναι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης. Για τον λόγο αυτό η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πολύ μεγαλύτερη κατά την θερινή περίοδο σε σχέση με τη χειμερινή. Τέλος, όσο πιο κάθετα προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία πάνω σε μια επιφάνεια στην Γη τόσο μεγαλύτερη είναι η έντασή της.

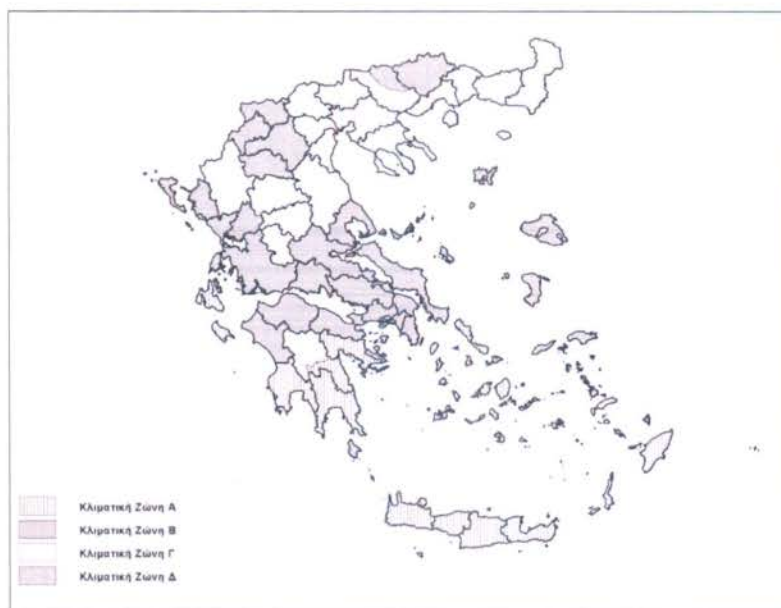
Η Ελλάδα παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου 1,400-1,800 (kWh/(m².yr)) ετησίως σε οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μια μορφή ενέργειας με σχεδόν σταθερή και προβλέψιμη ένταση (W/m²) στην διάρκεια του χρόνου και της ημέρας. Η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει την μέγιστη ένταση της κατά την διάρκεια του μεσημεριού (μέγιστο ηλιακό ύψος), τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο. Η ηλιακή ενέργεια είναι μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο, λόγω την θέσης του ήλιου, αλλά και λόγω της αύξησης των ωρών ηλιοφάνειας (μείωση των νεφώσεων). Για τον υπολογισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε οποιαδήποτε κεκλιμένη ή/και περιστρεφόμενη επιφάνεια, είναι απαραίτητη η γνώση της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο. Στην Ελλάδα η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) καταγράφει εδώ και πολλά χρόνια τις ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα (hr/day), αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις την ολική ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m²) για διάφορες περιοχές της χώρας μας. Οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών επιλέγονται ώστε οι μετρήσεις να είναι αξιόπιστες και να μην επηρεάζονται από φυσικά εμπόδια ή τοπικά φαινόμενα που να αλλοιώνουν το αποτέλεσμα.

20.5 Ηλιακά κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής

Από κλιματολογικά δεδομένα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY) και με την χρήση κατάλληλων εμπειρικών και θεωρητικών μαθηματικών μοντέλων, εκτιμήθηκαν όλες οι απαραίτητες για τον σκοπό της παρούσας μελέτης. Ο νομός της Ελλάδος που θα γίνει η εγκατάσταση είναι ο νομός της Αττικής και για να είμαστε ακόμα πιο συγκεκριμένοι στη συλλογή των στοιχείων επικεντρωθήκαμε με στοχαστικό τρόπο στην περιοχή του Ελληνικού. Επομένως προκύπτουν τα εξής στοιχεία:

Πόλη	Αθήνα (Ελληνικό)
Περιοχή (Νομός)	Αττικής
Γεωγραφικό πλάτος	37° 54'
Γεωγραφικό μήκος	23° 45'
Υψόμετρο Βαρομέτρου (m)	15,0

Η περιοχή της Αττικής ανήκει στη **Β κλιματική ζώνη**. Η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη). Παρακάτω παρουσιάζεται η απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι στη Β ζώνη μαζί με την Αττική ανήκουν οι νομοί Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας.



Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία 24ωρου σε βαθμούς Κελσίου για την περιοχή Ελληνικό του νομού Αττικής είναι:

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αθήνα(Ελληνικό)	10,3	10,6	12,3	16,0	20,7	25,4	28,1	28,0	24,3	19,6	15,4	12,0

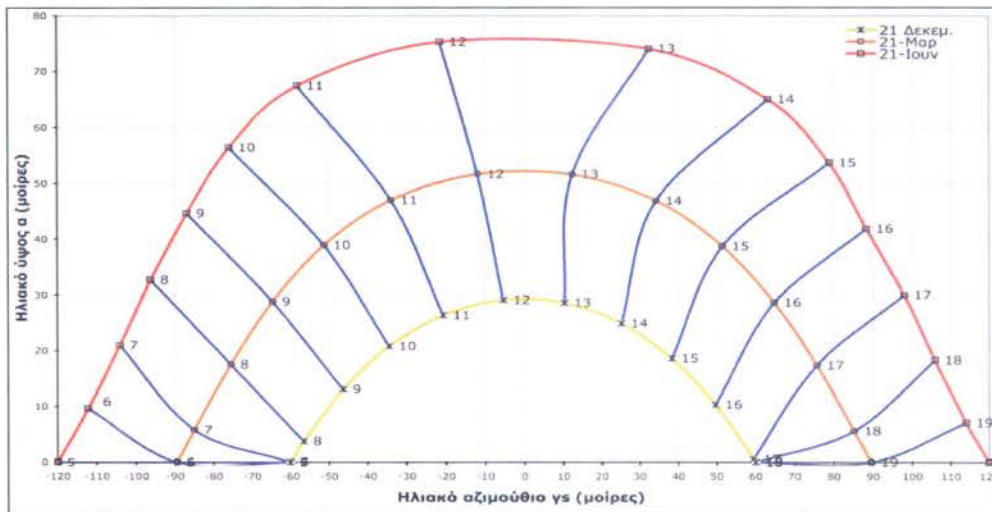
Η μέση ταχύτητα του ανέμου σε m/s για την περιοχή του Ελληνικού στο νομό Αττικής είναι:

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αθήνα(Ελληνικό)	3,9	4,0	3,8	3,3	3,1	3,3	3,9	4,0	3,6	3,7	3,4	3,8

Στον παραπάνω πίνακα δίνονται οι τιμές της μέσης μηνιαίας ακτινοβολίας για κεκλιμένες επιφάνειες 90° και 45° και για διάφορους προσανατολισμούς.

ΑΘΗΝΑ- ΕΛΛΗΝΙΚΟ: Μέση Ακτινοβολία (kWh/m^2)											
Μήνες	Οριζόντιο επίπεδο	Για κλίση επιφάνειας 90°					Για κλίση επιφάνειας 45°				
		Β	ΒΑ/ΒΔ	Α/Δ	ΝΑ/ΝΔ	Ν	Β	ΒΑ/ΒΔ	Α/Δ	ΝΑ/ΝΔ	Ν
ΙΑΝ	63	19	21	43	75	95	23	30	58	89	104
ΦΕΒ	79	24	28	49	73	88	30	42	69	95	108
ΜΑΡ	118	37	48	71	89	95	52	75	103	126	135
ΑΠΡ	154	49	65	86	93	89	94	108	131	146	151
ΜΙΑ	195	69	92	111	105	88	143	151	168	174	171
ΙΟΥΝ	214	78	102	119	107	85	165	169	182	183	178
ΙΟΥΛ	222	78	105	125	114	92	167	173	191	194	189
ΑΥΓ	203	64	91	119	119	103	132	148	177	190	190
ΣΕΠΤ	153	43	60	91	108	110	73	98	133	158	167
ΟΚΤ	109	31	37	65	95	113	37	58	94	128	144
ΝΟΕ	71	20	23	48	82	103	25	33	65	98	114
ΔΕΚ	56	17	18	40	73	94	20	25	53	83	98

Στο σχήμα που ακολουθούν φαίνεται η ηλιακή τροχιά για το γεωγραφικό πλάτος 37° της περιοχής της Αττικής.



Ηλιακό αζιμούθιο

20.6 Υπολογισμός Παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

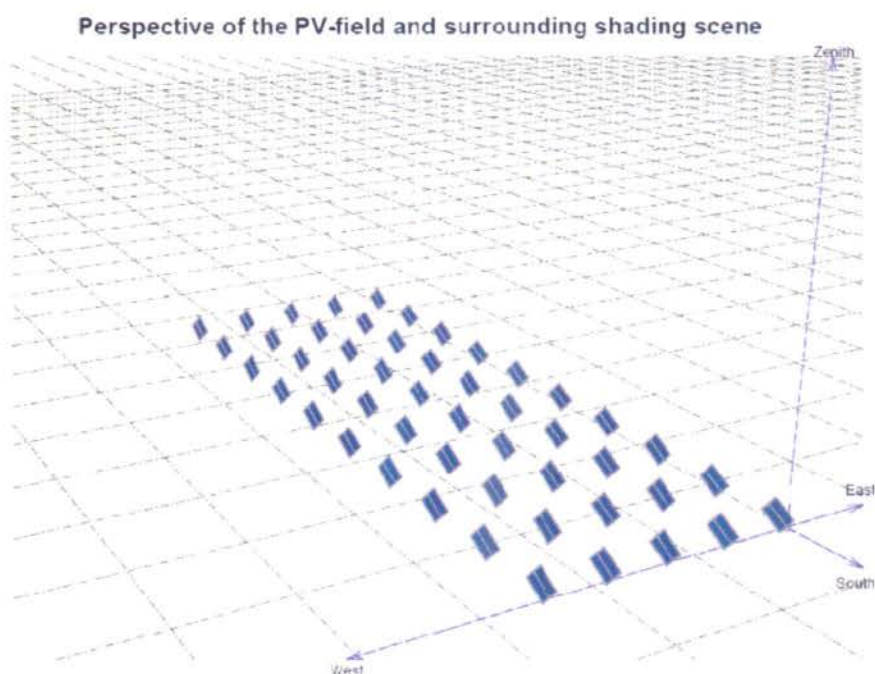
Η πραγματικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη την συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια E_s , την ισχύ αιχμής της εγκατάστασης P_s , τον λόγο επίδοσης της εγκατάστασης PR_s , τη μέση πυκνότητα ολικής ηλιακής ενέργειας στο επίπεδο του πλαισίου H_t και την πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε συνθήκες εργαστηρίου G_{stc} . Η σχέση που συνδέει όλες αυτές τις παραμέτρους είναι:

$$E_s = P_s \times PR_s \times H_t / G_{stc}$$

Ο λόγος επίδοσης της εγκατάστασης εκφράζεται αναλυτικά με βάση τον συντελεστή ανακλαστικότητας PR_r , τον συντελεστή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας PR_ϕ , τον συντελεστή χαμηλών τιμών ακτινοβολίας PR_λ , τον συντελεστή διαφοροποίησης πόλωσης της ακτινοβολίας PR_χ , τον συντελεστή απωλειών λόγω μη σύμπτωσης του σημείου λειτουργίας του στοιχείου με το σημείο μέγιστης λειτουργίας της συστοιχίας PR_{nit} , το λόγο επίδοσης διαφοροποίησης θερμοκρασίας κυψέλης PR_t και τον συντελεστή απωλειών λόγω ανομοιογένειας στοιχείων, δόδων αντεπιστροφής, καλωδιώσεων και απόδοσης μετατροπέα H_{aa} . Με βάση όλα τα παραπάνω έχουμε:

Βασικές παράμετροι συστήματος

- **Τύπος συστήματος:** Συνδεδεμένο στο δίκτυο (Grid-Connected)
- **Ορίζοντας:** Μέσο ύψος (Average Height) 0.7°
- **Προσανατολισμός:** Σύστημα παρακολούθησης πορείας ήλιου προς μία κατεύθυνση(μονοαξονικό).
- **Φωτοβολταϊκά πάνελ:** ESP series60 Poly Premium (θα αναλύσουμε παρακάτω την επιλογή μας)
- **Συνολική ισχύς πάνελ:** PV modules 1241 / total 235 kWp
- **Μετατροπείς :** IPG 5000, Conergy Pnom 5 kW ac




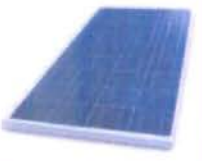

Άποψη του χώρου με τα φωτοβολταϊκά

21. Τεχνική Μελέτη

Για τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις Βιομηχανικών Κτιρίων για τις οποίες η χωροθέτηση και κατεύθυνση της στέγης τους είναι δεδομένη, αποκτά καθοριστική σημασία η στρατηγική με την οποία θα γίνει η επιλογή του εξοπλισμού ο οποίος θα εγκατασταθεί. Η ενσωμάτωση δεδομένων του κτιρίου (επιφάνεια, κατεύθυνσης και κλίση στέγης), σε συνδυασμό με την επάρκεια στατικού Φορέα, για την επιλογή του Τύπου των φωτοβολταϊκών τα οποία θα τοποθετηθούν οδηγούν στον ορισμό του κόστους επένδυσης. Στόχος είναι η κατάθεση της βέλτιστης και τεκμηριωμένης πρόταση στον επενδυτή: Κτίριο, Τεχνικά και Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά Κτιρίου, Προτεινόμενος Εξοπλισμός φωτοβολταϊκών στοιχείων, Προϋπολογισμός Κόστους Εγκατάστασης, Λειτουργίας και Συντήρησης, Ανάλυση/Τεκμηρίωση Απόδοσης επένδυσης.

21.1 Επιλογή είδους φωτοβολταϊκού στοιχείου²¹

Το πρώτο το οποίο χρειάστηκε να σκεφτούμε μετά την ενεργειακή μελέτη είναι το είδος του φωτοβολταϊκού που θα χρησιμοποιήσουμε δηλαδή εάν θα είναι μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Η επιλογή μας στο είδος των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών μας, του διαθέσιμου χώρου μας σκεπτόμενοι παράλληλα την οικονομική ευχέρεια του χρήστη. Παρακάτω φαίνεται ένας πίνακας με την αναμενόμενη απόδοση κάθε ενός από τα τρία είδη. Η τελική μας επιλογή ήταν να χρησιμοποιήσουμε πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά εξαιτίας της υψηλής τους απόδοσης ανά έκταση την οποία καταλαμβάνουν.

Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών			
ΤΥΠΟΣ	'Λεπού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση ανά μονάδα επιφάνειας	a-Si: 4,5-6,5% μ-Si: 8-9% CIS-CIGS: 6-12% CdTe: 6-11%	11-16%	11-19%
Επιφάνεια ανά kWp	9-25 m ²	7-9 m ²	5,5-9 m ²

²¹ Ξένη Βιβλιογραφία 7,8

Για να είμαστε απόλυτα ακριβής και σίγουρη με την επιλογή του φωτοβολταϊκού συστήματος που επιλέξαμε συγκεντρώσαμε στοιχεία για τα δύο βασικά είδη φωτοβολταϊκών, τα ανάγαμε στις ανάγκες της δικής μας μελέτης η οποία έχει ως στόχο την κάλυψη ενός βιομηχανικού κτιρίου στην περιοχή της Αττικής και τα συγκρίναμε. Παρακάτω ακολουθεί ένας πίνακας με την έρευνα που πραγματοποιήσαμε η οποία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το καταλληλότερο είδος φωτοβολταϊκού είναι το πολυκρυσταλλικό.

Πίνακας Αξιολόγησης Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Στη Στέγη Βιομηχανικού Κτιρίου του νομού Αττικής

Εγκατάσταση	Ελληνικό, Αττικής	
Τύπος Εγκαταστάσεων	Βιομηχανικό Κτίριο	Βιομηχανικό Κτίριο
Επιφάνεια Στέγης	2000m ²	2000m ²
Επιπλέον Φορτίο	20-22Kg/m ²	20-22Kg/m ²
Τύπος Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	Μονοκρυσταλλικά	Πολυκρυσταλλικά
Ισχύς Panel	190W	230W
Εγκατεστημένα Τεμάχια	1241	968
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς	235,7KWp	968KWp

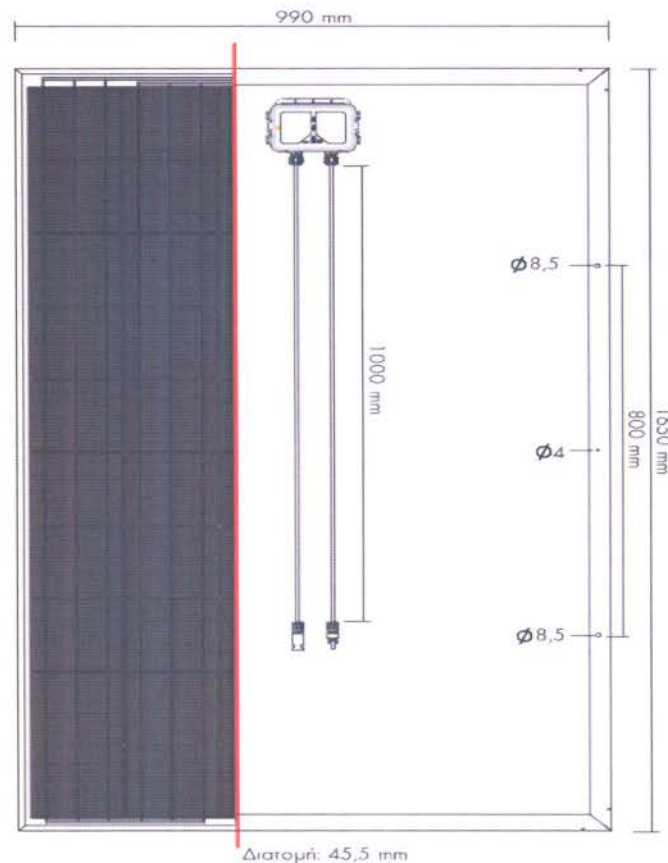
21.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκής μονάδας ESPseries60 225 Poly Premium

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες, που θα εγκατασταθούν είναι ονομαστικής ισχύος 225 W έκαστο. Ο κύριος ηλεκτρολογικός εξοπλισμός του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- 3 φωτοβολταϊκά στοιχεία από ημιαγωγούς μονοκρυσταλλικού Si (φωτοβολταϊκά κελιά).
- Γυάλινη επίπεδη άνω επιφάνεια πάχους 5χιλ.
- Κάψουλες ημιαγωγών από πλαστικό υλικό και ρητίνες.
- Μη πολυστρωματικό φιλμ πλαστικού για την επίπεδη κάτω επιφάνεια.
- Ηλεκτρικές συνδέσεις και επαφές.
- Παρακαμπήριες διόδους.
- Μεταλλικά πλαίσια και βάσεις στήριξης από αλουμίνιο.

Ακολούθως παρατίθενται τα γενικά, τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του ESPseries60 225 Poly Premium.

Ονομαστική ισχύς (Wp) (Watt)	225
Απόδοση (%)	13,77
Φωτοβολταϊκή κυψέλη	Πολυκρυσταλλική, τριών αγωγών, 156x156 mm (6 ίντσες)
Αρ. κυψελών	60 (6x10)
Διαστάσεις	1650x990x45,5 mm
Βάρος	20 κιλά
Περιμετρικό Πλαίσιο	Ανοδειωμένο Αλουμίνιο
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (Isc) (A)	6,62
Θερμοκρασία	-40 οC έως +85 οC
Κουτί σύνδεσης	Με 3 διόδους παράκαμψης. Βαθμός προστασίας IP65
Εγγύηση	5έτη



Διατομή φωτοβολταϊκού πάνελ.

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες της σειράς ESPseries60 225 Poly Premium χρησιμοποιούν την τεχνολογία πολύκρυσταλλικού πυριτίου. Παρουσιάζουν μέγιστο συντελεστή απόδοσης ενέργειας 13,77% στην ηλιακή ακτινοβολία. Η ενθυλάκωση κάτω από υψηλής μετάδοσης ενισχυμένο γυαλί επιτυγχάνεται με χρήση ανθεκτικού σε UV, θερμικά σχηματιζόμενου πλαστικού. Το περίβλημα φιλοξενεί τα ηλιακές κυψέλες εντός της στρωματοποιημένης κατασκευής και εξασφαλίζει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών κυψελών κάτω από οιοσδήποτε κλιματολογικές συνθήκες. Η πίσω όψη της φωτοβολταϊκής μονάδας είναι σφραγισμένη και πλήρως στεγανή από υγρασία και μηχανική ζημιά, από ένα υψηλής αντοχής πολυμερές φύλλο. Τα υλικά κατασκευής της μονάδας ελαχιστοποιούν το βάρος και εξασφαλίζουν την προστασία των φωτοβολταϊκών κυψελών. Σε συνδυασμό με το πλαίσιο από ανοδειωμένο αλουμίνιο, έχει γίνει σχεδιασμός για την εύκολη και γρήγορη εγκατάστασή τους.

21.2 Λοιπός βασικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση και λειτουργία του φωτοβολταϊκού

- **Μετατροπέας DC/AC (inverter)**

Ο μετατροπέας τύπου Conergy 5000 μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που παράγεται ως συνεχής τάση σε εναλλασσόμενο ρεύμα κατάλληλης τάσης (230V) για τον μετασχηματισμό του και την σύνδεσή στο δίκτυο. Λειτουργεί αυτόνομα και η απόδοσή του εξαρτάται από το φορτίο,δίνοντας μία μέγιστη απόδοση της τάξης του 95,6%.
- **Δίοδος**

Η δίοδος τοποθετείται στη σειριακή σύνδεση των τριών παράλληλα συνδεδεμένων πλαισίων με σκοπό την αποφυγή φαινομένων αναστροφής ρεύματος.
- **Σύστημα Ελέγχου**

Τα connection boxes συνδέονται με οπτική ίνα με το κεντρικό σύστημα ENERGRID, το οποίο φιλοξενείται στο κέντρο ελέγχου. Τα δεδομένα τα οποία μεταφέρονται είναι ισχύος, έντασης, τάσης και συχνότητας.
- **Διακόπτες ισχύος**

Χρησιμοποιείται ένα πεδίο μέσης τάσης, στο οποίο περιέχεται ένας αυτόματος διακόπτης ισχύος αερίου SF6, ο οποίος έχει την ικανότητα να προστατεύει το σύστημα από υπερένταση, υποένταση, υπέρταση και υπόταση καθώς επίσης και κάθε ανωμαλία της συχνότητας.
- **Μετρητές**

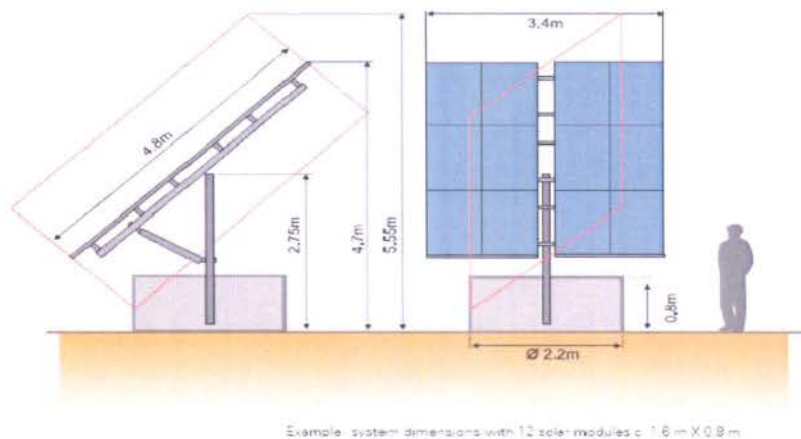
Χρησιμοποιούνται κατάλληλα πεδία μέσης τάσης, τα οποία περιέχουν μετασχηματιστές έντασης και τάσης κατάλληλα συνδεδεμένα. Οι ενδείξεις των παραπάνω μετασχηματιστών αποτελούν τις μετρήσεις και καταγράφονται σε ένα σύστημα ENERGRID.
- **Καλώδια – συνδέσεις**

Τα καλώδια τα οποία οδεύουν μέσα στο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι κατά κύριο λόγο καλώδια χαμηλής τάσης, κατάλληλα για υπόγεια όδευση. Οι διατομές τους διαφέρουν ανάλογα με την ένταση του ρεύματος από την οποία διαρρέονται.

22. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος

22.1 Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών συστοιχιών

Συνολικά θα εγκατασταθούν 968 φωτοβολταϊκά πλαίσια σε 80 συστήματα παρακολούθησης του ήλιου προς μία κατεύθυνση (μονοαξονικό). Το σύστημα παρακολούθησης έχει διαστάσεις 5.550 χιλ ύψος και 3.400 χιλ πλάτος.

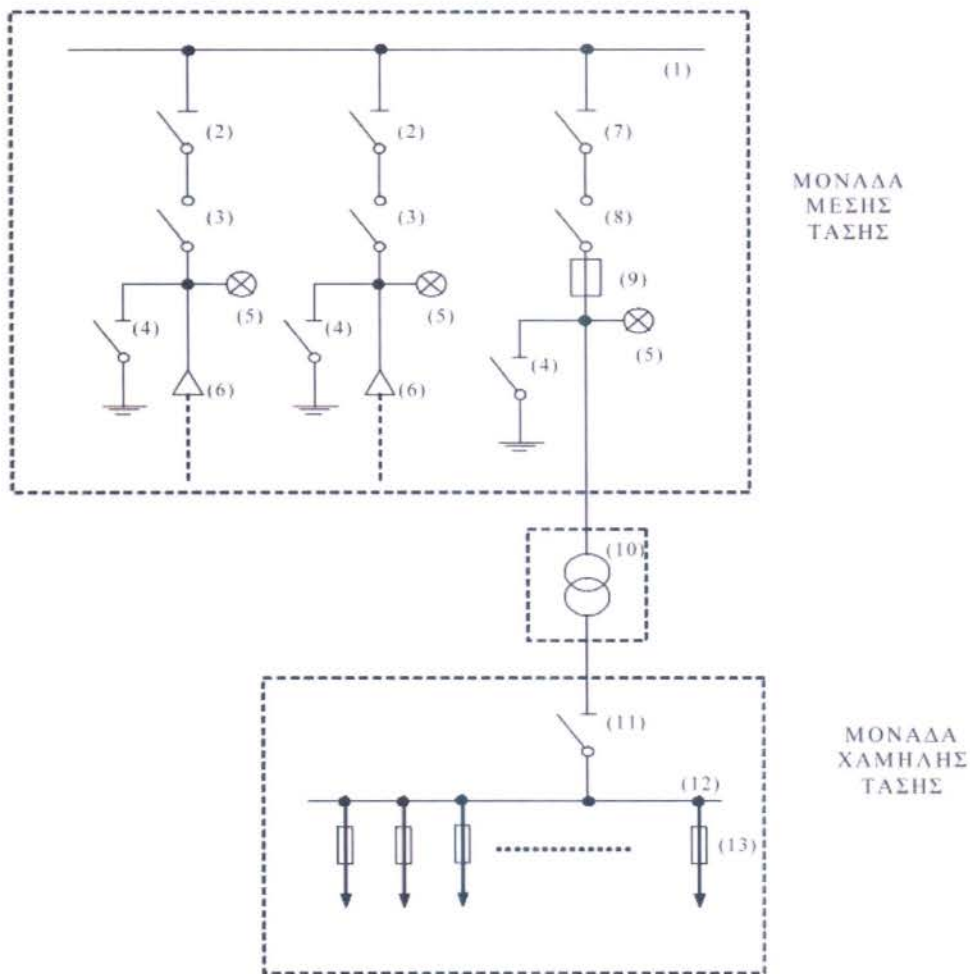


Διαστάσεις φωτοβολταϊκού πάνελ

22.2 Προκαταρκτική εκτίμηση του τρόπου σύνδεσης με το δίκτυο ή το σύστημα

Η διασύνδεση του φωτοβολταϊκού σταθμού θα γίνει μέσω του μετασχηματιστή χαμηλής τάσεως και του κεντρικού αυτόματου ηλεκτρολογικού πίνακα και του γνώμονα μέτρησης με το δίκτυο ΔΕΗ 220V που βρίσκεται πλησίον του γηπέδου εγκατάστασης. Το σημείο διασύνδεσης βρίσκεται σε απόσταση 500 περίπου μ. από το φωτοβολταϊκό σταθμό. Το δίκτυο σύνδεσης μέσης τάσης θα αποτελείται από γραμμές μήκους 500μ. (αγωγοί αλουμινίου τύπου ACRS-95 επί ξύλινων στύλων ενδεικτικού ύψους 9 μέτρων), οι οποίες ξεκινούν από την έξοδο του μετατροπέα και τερματίζουν στη θέση που συναντούν το υπάρχον δίκτυο 220 V. Η ηλεκτρική συνδεσμολογία του υποσταθμού διανομής (εντός του αντιστροφέα) είναι σύμφωνη με το σύστημα που περιγράφεται στην Τεχνική Περιγραφή ΔΕΗ/ΔΜΚΛΔ-148/17-10-95 της ΔΕΗ. Το μονογραμμικό ηλεκτρικό διάγραμμα δείχνει συνοπτικά τον υποσταθμό Χ.Τ./Μ.Τ Ο μετασχηματιστή θα συνδέεται στους ζυγούς μέσης τάσης μέσω αποζεύκτη, διακόπτη φορτίου και ασφάλειας ταχείας τήξεως. Η

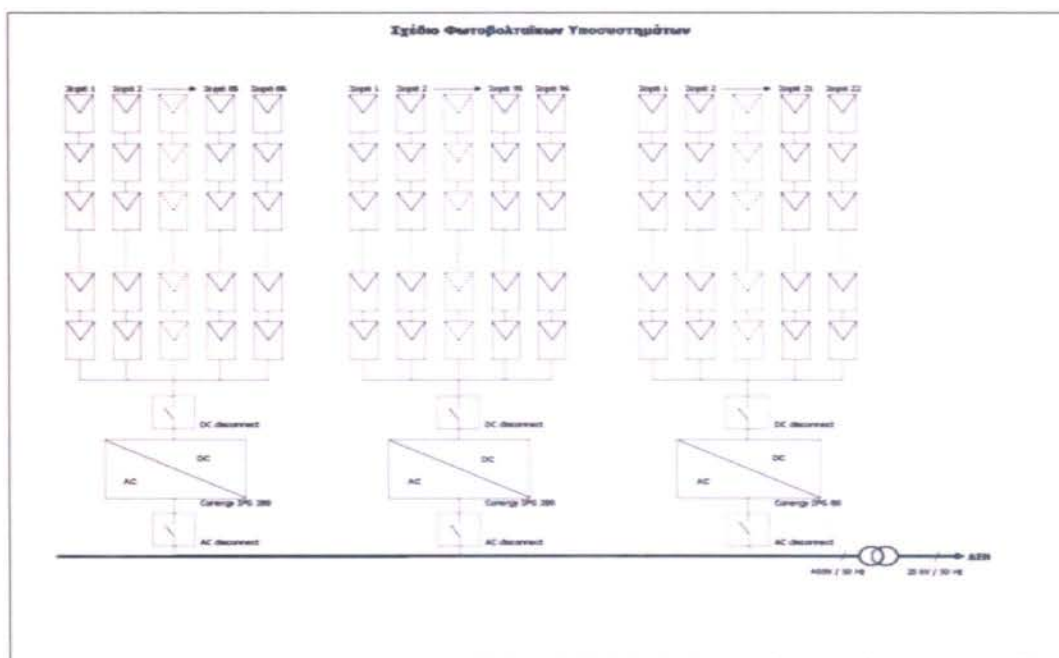
ασφάλεια θα παρέχει προστασία έναντι ρευμάτων βραχυκυκλώματος. Η ονομαστική τιμή εντάσεως της ασφάλειας θα καθορισθεί αφού καθοριστούν τα στοιχεία των διατάξεων προστασίας της ΔΕΗ, ώστε να υπάρχει αντίστοιχη συνεργασία. Ο διακόπτης φορτίου προστασίας του μετασχηματιστή θα παρέχει προστασία υπερφόρτισης, με έλεγχο κατ' ελάχιστο της θερμοκρασίας ελαίου του μετασχηματιστή.



Σύνδεση μονάδων μέσης και χαμηλής τάσης

Για τις φωτοβολταϊκές συστοιχίες με την είσοδο του μετατροπέα θα πρέπει να πληρούνται τα όρια του κατασκευαστή. Η υψηλή τεχνολογία των μετατροπέων επιτρέπει παροχή ηλεκτρικής ισχύος υψηλής ποιότητας ενώ για λόγους ασφαλείας διακόπτουν τη λειτουργία τους σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας του δικτύου. Οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες θα συνδέονται με τους αντιστροφείς και με τους αγωγούς μέσης τάσης και με το δίκτυο της ΔΕΗ. Συνολικά, θα εγκατασταθούν 30 αντιστροφείς ισχύος 5000W έκαστος. Οι μετασχηματιστές διανομής μέσης τάσης θα συνδέονται στο δίκτυο 220 V.

Γενικό σχέδιο συνδεσμολογίας φωτοβολταϊκών πλαισίων



Καλώδια:

Το εσωτερικό δίκτυο Μ.Τ. του φωτοβολταϊκού σταθμού θα υλοποιηθεί με την εγκατάσταση τριφασικού συστήματος υπόγειων καλωδίων διατομής 120mm² Cu για τους αγωγούς φάσεων, με αγωγό γης ή συγκεντρικά περιπλεγμένα συρματίδια Cu, μονώσεως XLPE με εξωτερικό μανδύα PVC, κατασκευασμένο σύμφωνα με την Τεχνική Περιγραφή ΔΜΚΛΔ-182/15.11.94. Η εγκατάσταση του καλωδίου θα γίνει σύμφωνα με τις διατάξεις U της ΔΕΗ. Τα καλώδια των φωτοβολταϊκών συστοιχιών θα πληρούν τις προδιαγραφές του κατασκευαστή για την χαμηλή τάση αυτών (συνεχής τάση)

Διατάξεις για προστασία και ζεύξη:

Το εσωτερικό δίκτυο μέσης τάσης θα φέρει μέσα προστασίας και ζεύξεως εγκατεστημένα στο σημείο σύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ (ΣΣΔ). Όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα στο ΣΣΔ είναι εγκατεστημένος αυτόματος τριπολικός διακόπτης

BIBΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

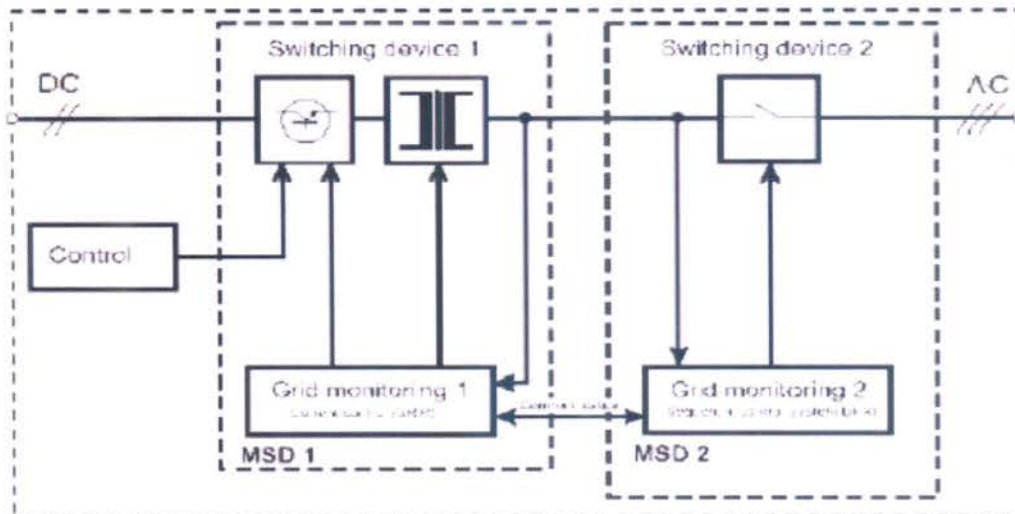
ισχύος (“Αυτόματος Διακόπτης Διασύνδεσης” -ΑΔΔ). Στον ΑΔΔ εφαρμόζεται το σύστημα προστασίας, το οποίο περιλαμβάνει:

- Προστασία ορίων τάσης (ελάχιστης και μέγιστης),
- Προστασία ορίων συχνότητας (ελάχιστης και μέγιστης),
- Ομοπολικής συνιστώσας της τάσης
- Προστασία υπερέντασης.

Η επιτήρηση θα εφαρμόζεται και στις τρεις φάσεις του δικτύου. Οι ηλεκτρονόμοι ελέγχου του ΑΔΔ για διακοπή βραχυκυκλώματος θα είναι εξαιρετικά αντιστρόφου χρόνου, ενώ οι ρυθμίσεις τους θα υπολογιστούν κατάλληλα ώστε να υπάρχει διαβάθμιση με τα μέσα προστασίας του δικτύου της ΔΕΗ.

Αποφυγή απομονωμένης λειτουργίας:

Ο αντιστροφέας χρησιμοποιεί την εγκεκριμένη μέθοδο : Mains Monitoring With Allocated All-Pole Switching Devices Connected in Series. (MSD) ή (ENS). Η μέθοδος αυτή είναι πλέον σήμερα προδιαγραφή για τους αντιστροφείς που συνδέονται στα ηλεκτρικά δίκτυα της Γερμανίας και ουσιαστικά αποτελεί ένα συνδυασμό δύο ξεχωριστών μεθόδων ανίχνευσης και αποσύνδεσης. Οι δύο διατάξεις είναι συνδεδεμένες σε σειρά στα καλώδια εξόδου του αντιστροφέα και στον ουδέτερο, αλλά παρ’ ότι είναι συνδεδεμένες εν σειρά ελέγχονται ανεξάρτητα. Οι δύο διατάξεις μετράνε την τάση, την αντίσταση και την συχνότητα του δικτύου. Ανάλογα με τις τιμές των παραθύρων που καθορίζονται για το κάθε μέγεθος μπορούν να διακόπτουν την λειτουργία ανιχνεύοντας απομονωμένη λειτουργία, με τη βοήθεια ηλεκτρονόμων ή αυτόματων διακοπών. Η μέτρηση της σύνθετης αντίστασης του δικτύου γίνεται συνήθως με τη βοήθεια ενός μικρού παλμού ρεύματος που εισάγεται σε αυτό. Η διάταξη ανιχνεύει την μεταβολή στην αντίσταση αυτή για κάποιο καθορισμένο χρονικό διάστημα. Η τιμή αυτή εξαρτάται πάντα από τα χαρακτηριστικά του κεντρικού δικτύου και διαφέρει στους κανονισμούς από χώρα σε χώρα (για τα δίκτυα της Ευρώπης συνήθως $\Delta z > 1,2 \Omega \text{m}$). Σε κάθε περίπτωση η μέθοδος αυτή μπορεί να υλοποιηθεί σε στιβαρά δίκτυα. Διαφορετικά μικρές τιμές των παραθύρων Δz είναι δυνατόν να προκαλούν αναίτιες και συχνές αποσυνδέσεις του αντιστροφέα. Η μέθοδος αυτή, λόγω των πολλαπλών ελέγχων προσφέρει μεγάλη αξιοπιστία στον έλεγχο για απομονωμένη λειτουργία .



Εσωτερική όψη των αντιστροφών

Μετρητικές διατάξεις:

Στο ΣΔΔ θα εγκατασταθούν και οι μετρητικές διατάξεις. Θα εγκατασταθούν δύο μετρητές, εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας, εφοδιασμένοι με μηχανισμό εμπλοκής. Ο μετρητής που καταχωρεί την παρεχόμενη στη ΔΕΗ ενεργό ενέργεια (kWh) θα είναι τριπλού τιμολογίου με μετασχηματιστή τάσεως 220V/100V. Οι μετασχηματιστές εντάσεως θα είναι σχέσεως 60/5 και κλάσεως 0.5G. Ο ΑΔΔ, το σύστημα προστασίας και οι μετρητικές διατάξεις θα εγκατασταθούν σε οικίσκο προσιτό σε αρμόδια πρόσωπα της ΔΕΗ για μετρήσεις και ελέγχους, καθώς και χειρισμό ζεύξης/απόζευξης του ΑΔΔ.

23. Υβριδικό σύστημα συνδυασμού φωτοβολταϊκών πάνελ και δικτύου

23.1 Προσαρμοστικός λογικός ελεγκτής

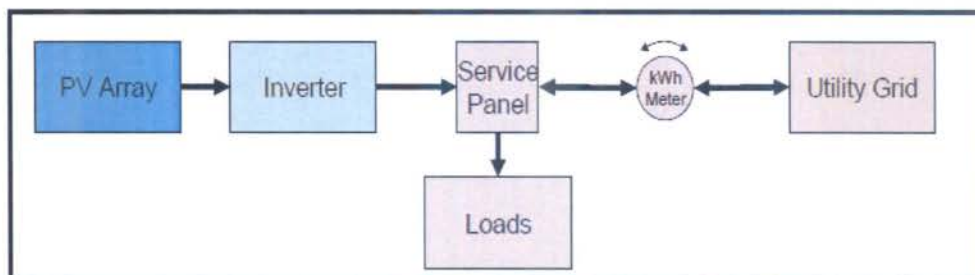
Εκτελεί έλεγχο φορτίων και τη διαχειρίζεται της ροής της διαθέσιμης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα, την ροή της ενέργειας από και προς το δίκτυο, καθώς και προς φορτία με σκοπό τη μεγιστοποίηση της αξίας του συστήματος. Τόσο η ηλιακή ενεργεία και η ζήτηση των πόρων του εργοστάσιου, συμπεριλαμβανομένης της σε πραγματικό χρόνο τιμολόγησης, είναι συνάρτηση των καιρικών συνθηκών καθώς και της ώρας της ημέρας, ημέρας της εβδομάδας, και της ημέρας του έτους. Για να αποφευχθεί η ανάγκη για ενεργεία κατά τη διάρκεια των ωρών ενεργειακής αιχμής ή αν έχουμε υψηλές απαιτήσεις για μόλις 30 λεπτά το μήνα, που μπορεί να αυξήσει σημαντικά το λογαριασμό χρήσης, απαιτεί πλήρη αντίληψη των αποθεμάτων ηλιακής ενέργειας σε σχέση με το επίπεδο της ενέργειας που αποθηκεύεται και τις πιθανές μελλοντικές ενεργειακές ανάγκες. Ένας προσαρμοστικός λογικός ελεγκτής, ο οποίος παρακολουθεί επίσης τις μετεωρολογικές προβλέψεις θα μπορούσε να αυξήσει την αξία του συστήματος με διαχείριση αυτών των ροών ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, αντί να βασίζεται μόνο σε προ-προγραμματισμένες στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας, αναπτύσσει τους δικούς του προσαρμοστικούς αλγορίθμους από προηγούμενες ενεργειακές απαιτήσεις, καθορίζει τα χρησιμοποιούμενα στοιχεία τις διαθέσιμες ηλιακές πηγές ενέργειας, που σχετίζονται με τα καιρικά πρότυπα, την ώρα της ημέρας, κ.λπ. ένας τέτοιος ελεγκτής θα μπορούσε να είναι μέρος ενός μετατροπέα ή θα μπορούσε να είναι μια ξεχωριστή μονάδα που θα μπορεί να επικοινωνήσει με το μετατροπέα, ή τον έξυπνου μετρητή, και το διαδίκτυο.



Προσαρμοστικός λογικός ελεγκτής

23.1.1 Πρότυπο δίκτυο

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την τοπολογία ενός τυπικού δικτύου μέτρησης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος στο οποίο η ενέργεια παρέχεται στο δίκτυο όταν είναι διαθέσιμη και ο μετατροπέας επιβλέπει το δίκτυο όπως επιβάλλει το πρότυπο IEEE 1547. Δεν υπάρχει καμία επικοινωνία μεταξύ συστήματος και δικτύου.



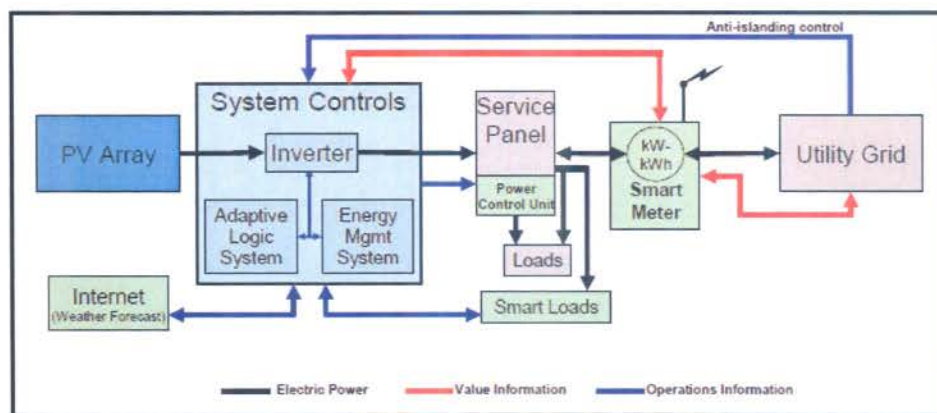
Πρότυπο δίκτυο

23.1.2 Προηγμένο σύστημα

Το σύστημα στο παρακάτω σχήμα βελτιστοποιεί την αξία και τη διαχείριση της ροής ενέργειας από και προς την υπηρεσία ελέγχου φορτίων. Το έξυπνο σύστημα μέτρησης μπορεί να παρέχει σε πραγματικό χρόνο τιμές ή μπορεί απλά να παρουσιάσει ένα σύνολο προκαθορισμένων δόμων των συντελεστών (χρόνο χρήσης και τις ενεργειακές απαιτήσεις), η οποία θα διαχειρίζεται από το υβριδικό

σύστημα συνδυασμού φωτοβολταϊκών πάνελ και δικτύου (SEGIS). Η γνώση των συντελεστών χρησιμότητας επιτρέπει στο SEGIS τον έλεγχο των φορτίων και να συνδυάζει τη ροή ενέργειας από και προς το δίκτυο, για να παρέχει στο εργοστάσιο την μέγιστη δυνατή απόδοση. Τα έξυπνα φορτία ελέγχονται από ένα σήμα πληροφορίας από το Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας. Μια μονάδα ελέγχου ισχύος χρησιμοποιείται για να αφαιρεί ενέργεια από τα φορτία τα οποία είναι επιθυμητό να ελέγχουν, αλλά δεν περιλαμβάνει συνδέσεις πληροφοριών. Ένας προσαρμοστικός λογικός ελεγκτής επιτρέπει στο σύστημα να παρακολουθεί τα φορτία, τα ποσοστά χρήσης ενέργειας, και, μέσω διαδικτύου τις καιρικές συνθήκες και προβλέψεις και να παρέχει βέλτιστο έλεγχο των ενεργειακών ροών με σκοπό να μεγιστοποιήσει την

αξία για την εγκατάσταση. Ο ελεγκτής θα μπορούσε επίσης να παρακολουθεί αναμενόμενη απόδοση συστήματος ως συνάρτηση λαμβανομένης ηλιακής ενέργειας.



Προηγμένο σύστημα

23.2 Επικοινωνία διαχειριστή-συστήματος

Η επικοινωνία είναι μια σημαντική λειτουργία για το SEGIS. Καθώς τα φωτοβολταϊκά συστήματα αυξάνουν σε αριθμό, η επικοινωνία με το διαχειριστή του συστήματος διανομής θα είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί καθώς και η ασφαλής και αξιόπιστη λειτουργία. Άλλες λειτουργίες επικοινωνίας κρίσιμης σημασίας για τη βελτιστοποίηση της αξίας του συστήματος είναι να ενεργοποιήσουμε την εκτεταμένη χρήση, όπως να χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα που βασίζονται σε ανοιχτά πρότυπα συστήματος, προκειμένου να προσφέρει την ευρύτερη εφαρμογή. Πρόσθετη ανάπτυξη προτύπων μπορεί να είναι αναγκαία, για παράδειγμα, για την υποστήριξη αντι-Islanding ελέγχου (φαινομένου νησίδας). Αναπτύσσοντας τις δυνατότητες επικοινωνίας ώστε να είναι συμβατές με άλλα εθνικά πρότυπα.

22.3 Μετατροπέας-inverter

Η ανάπτυξη του μετατροπέα / ελεγκτή αποτελεί κεντρικό στοιχείο του προγράμματος SEGIS. Ο μετατροπέας μετατρέπει το DC ρεύμα από τη συστοιχία φωτοβολταϊκών σε ρεύμα AC ποιότητας δικτύου. Ανάλογα με την αρχιτεκτονική του συστήματος, ο μετατροπέας μπορεί επίσης να φορτωθεί και να αποφορτίσει με αποθήκευση ενέργειας, και μπορεί να ελέγχει έξυπνα φορτία, π.χ. έξυπνες συσκευές, ειδικά σε κατοικημένα συστήματα. Ο μετατροπέας / ελεγκτής, αν περιέχει προσαρμοστική λογική, μπορεί επίσης να καθορίσει το πότε το πλεόνασμα της ενέργειας αποστέλλεται στο δίκτυο ή θα αποθηκευτεί. Τα εμπορικά συστήματα είναι πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ένα ξεχωριστό σύστημα διαχείρισης ενέργειας με το οποίο ο μετατροπέας πρέπει να επικοινωνεί.

Ορισμένα στοιχεία έχουν προσδιοριστεί για την έρευνα, την ανάπτυξη και την πιθανή ένταξη στο μετατροπέα και άλλα στοιχεία του SEGIS όπως ολοκληρωμένα κυκλώματα, σχεδιαγράμματα και πακέτα εφαρμογών, για τη βελτίωση της ευελιξίας, τη διευκόλυνση της θερμικής διαχείρισης, λειτουργίες επιβίωσης σε υψηλές θερμοκρασίες, και να βοηθούν στις ολοκληρώσεις κτιρίων.

Συστήματα (MEMS) ή καινοτόμα στοιχεία και μηχανική.

- Μηχανική παροδική τάση υπερφόρτωσης από υπερτάσεις τόσο στην AC όσο και στην DC πλευρά, αξιοποίηση των νέων συσκευών και ολοκληρωμένος σχεδιασμός του συστήματος που ελαχιστοποιούν επαγωγικές ζεύξεις και προκαλούν κύματα DC, συσκευές καταστολής "πάνω πλευράς" τάσης, πρέπει να είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν σε μεταβολές μέχρι 300 V / μονάδα και 100 V / sec.
- Πρωτόκολλα ανοικτής επικοινωνίας και καθορισμός του βέλτιστου μετατροπέα / ελεγκτή με "νοημοσύνη" για φωτοβολταϊκές εφαρμογές.
- Κατάργηση των λιγότερο αξιόπιστων εξαρτημάτων (προς το παρόν, ηλεκτρολυτικών πυκνωτών) ή χρήση των επιλεκτικών μειώσεων που οδηγεί σε χαμηλού κόστους βελτιώσεις για αξιοπιστία.
- Αξιοποίηση των νέων, αλλά αποδεδειγμένα την τελευταία λέξη της τεχνολογίας σε συσκευές (όπως η συσκευή ευρείας ζώνης του ελλείμματος 10, νέοι μακρόβιοι πυκνωτές, προηγμένοι μαγνήτες χαμηλής απώλειας, και καινοτόμες διατάξεις συσκευασίας και τα κυκλώματα).
- Μειωμένο κόστος και την πολυπλοκότητα της εγκατάστασης μέσω καινοτόμων μεθόδων εγκατάστασης, μείωση των εξαρτημάτων της DC πλευράς σε αριθμό, και μειώσεις στο πλαίσιο του προγραμματισμού του χώρο και των τεχνικών απαιτήσεων.
- Καινοτόμες ενσωμάτωση των ηλεκτρονικών / ελέγχου και επικοινωνιών με φωτοβολταϊκές μονάδες ή σε καταχωρημένα πακέτα φωτοβολταϊκών.
- Αυτόματη διάγνωση για τον μετατροπέα / ελεγκτή / διαχειριστή της ενέργειας και του συστήματος υποβολής αναφορών με δυνατότητες πρόβλεψης για το υπόλοιπο ζωής.
- Μικρο-πλέγματα ελέγχου που να επιτρέπουν την υποστήριξη έξυπνων ηλεκτρικών δικτύου, όπως κατηγορημένες εκ προθέσεως ή νησίδας.
- Ενσωματωμένος έλεγχος αποθήκευσης ενέργειας και βελτιστοποίηση για να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη των ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων.
- Ενοποίηση με τις οικιστικά και εμπορικά ενεργειακά συστήματα του κτιρίου

για τον εκ των υστέρων εξοπλισμό και αγορά νέων κτιρίων (π.χ. σπίτια μηδενικής ενέργειας)

- Έξυπνο, ολοκληρωμένο σύστημα το οποίο ελέγχει με αλγορίθμους και εξασφαλίζει δυνατότητες επικοινωνίας για τη βελτιστοποίηση της αξίας του συστήματος .
- Η συμμόρφωση "ΔΕΗ" και "κτηρίου" με κώδικες των εγχώριων και διεθνών προτύπων και πιστοποιήσεων.

23.4 Συστήματα διαχείρισης ενέργειας(EMS)

Η λειτουργία διαχείρισης ενέργειας αποτελεί βασικό στοιχείο στο SEGIS. Ο παραδοσιακός ρόλος είναι να βελτιστοποιηθεί η ενέργεια του κτιρίου με τον έλεγχο του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί ενέργεια (φωτισμός, κλιματισμός, κλπ.) σε σχέση με τη χρήση κτιρίου (ώρα ημέρας/εβδομάδα), καιρικές συνθήκες (διαθέσιμο φως της ημέρας ...) και τα ποσοστά χρησιμότητας (χρόνος της χρήσης και τα τέλη της ζήτησης). Η προσθήκη ενός διαλείποντος πόρου ηλιακής ενέργειας προσθέτει μια νέα και πολύπλοκη μεταβλητή στην εξίσωση της διαχείρισης της ενέργειας.

Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS) είναι συνήθη σε μεγάλα εμπορικά κτίρια, αλλά τις περισσότερες φορές δεν έχουν συνεργαστεί με την καταμεμημένη παραγωγή ενέργειας. Για οικιακές εγκαταστάσεις και μικρά εμπορικά συστήματα, είναι πιθανό ότι οι λειτουργίες διαχείρισης ενέργειας μπορεί να ενσωματωθεί στον μετατροπέα. Για μεγαλύτερα συστήματα, είναι πιο πιθανό ότι η διαχείριση της ενέργειας και ο μετατροπέας/ελεγκτής θα είναι ξεχωριστά υποσυστήματα SEGIS. Για να επιτραπεί στο SEGIS να βελτιστοποιεί την αξία του συστήματος, θα απαιτηθεί η ανάπτυξη του ελέγχου και της ασφαλούς επικοινωνίας μεταξύ των διαφόρων υποσυστημάτων και ενδέχεται να απαιτηθεί η ανάπτυξη πρόσθετων δυνατοτήτων του EMS.

23.5 Προσαρμοζόμενος λογικός ελεγκτής

Ο έλεγχος φορτίων και η διαχείριση της ροής της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας, η ροή της ενέργειας από και προς το δίκτυο, καθώς και στα φορτία με σκοπό την μεγιστοποίηση της αξίας του συστήματος δεν είναι ένα ασήμαντο έργο. Τόσο το ηλιακό δυναμικό όσο και η ενεργειακή ζήτηση, είναι συνάρτηση των καιρικών συνθηκών καθώς και της ώρας της ημέρας, της ημέρας της εβδομάδας, και της ημέρα του έτους. Για να αποφευχθεί η ανάγκη για ενέργεια κατά τη διάρκεια της υψηλής περιόδου ενεργειακής ζήτησης ή αν έχουμε υψηλή ζήτηση για μόλις 30 λεπτά το μήνα που μπορεί να αυξήσει σημαντικά το κόστος απαιτείται πρόβλεψη των ηλιακών πόρων σε σχέση με το επίπεδο της ενέργειας και τις πιθανές μελλοντικές ενεργειακές ανάγκες. Ένας προσαρμοστικός λογικός ελεγκτής, ο οποίος παρακολουθεί επίσης τις προβλέψεις του καιρού θα μπορούσε να αυξήσει την αξία του συστήματος με τη διαχείριση των ρών της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο προσαρμοστικός λογικός ελεγκτής έχει τη δυνατότητα να μαθαίνει. Έτσι, αντί να βασίζεται μόνο σε προ-προγραμματισμένες στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας, αναπτύσσει τους δικούς του αλγορίθμους βελτιστοποίησης της

προηγούμενης ζήτησης, τον καθορισμό των τιμών χρησιμότητας, τους διαθέσιμους ηλιακούς πόρους σε σχέση με τις καιρικές συνθήκες, την ώρα της ημέρας, κ.λπ. Ένας τέτοιος ελεγκτής μπορεί να είναι μέρος του μετατροπέα ή μπορεί να είναι μια ξεχωριστή μονάδα που μπορεί να επικοινωνήσει με τον μετατροπέα, τον έξυπνο μετρητή και το διαδίκτυο.

24. Προϋπολογισμός επένδυσης²²

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας ο οποίος περιέχει συνοπτικά τα κόστη της επένδυσης ενός συστήματος φωτοβολταϊκών συστημάτων σύμφωνα με τα στοιχεία τα οποία διαμορφώθηκαν παραπάνω. Τα κόστη αυτά έχουν χωριστεί σε κατηγορίες ανάλογα με τις διεργασίες που περιλαμβάνουν και τέλος έχουν υπολογιστεί συνολικά. Τα ποσά που αναγράφονται έχουν προκύψει από έγκυρες και έγκαιρες πηγές στο διαδίκτυο καθώς και από έρευνα αγοράς που πραγματοποιήσαμε.

Ισχύς εγκατάστασης σε KWp	
Φωτοβολταϊκά πάνελ	290.400 €
Μετατροπείς	27.000€
Κόστος tracker	86.000€
Καλωδιώσεις	50.000€
Αντικεραυνική προστασία	4.000€
Διαμόρφωση χώρου	8.000€
Σύνδεση Δ.Ε.Η.	10.000€
Μεταφορά εξοπλισμού	8.000€
Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός	9.000€
Δαπάνες εγκατάστασης	100.000€
Σύνολο:	592.400€

²² Διαδικτυακός Τόπος 8

25. Μελλοντικές εξελίξεις φωτοβολταϊκών συστημάτων

Οι χώρες οι οποίες κάνουν χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορούμε να τις κατατάξουμε σε τρεις επιμέρους κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν η Η.Π.Α., η Γερμανία και η Ιαπωνία. Οι τρεις αυτές χώρες αποτελούν την κορυφή στην πυραμίδα ανάπτυξης και προόδου στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Η αρκετά καλή οικονομική κατάσταση των χωρών αυτών που επιτρέπει την μεγάλη χρηματοδότηση σε συνδυασμό με την άριστη διαχείριση των νομοθετικών πλαισίων που παρουσίασαν κατά καιρούς, έχουν ως αποτέλεσμα οι χώρες αυτές να ηγούνται με διαφορά στην αναπτυξιακή πρόοδο των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν η Ισπανία και η Ιταλία. Είναι χώρες όπου οι προσπάθειες για ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής επιστήμης είναι σημαντικές και πολύ ελπιδοφόρες. Η καλή νομοθετική διαχείριση σε συνδυασμό με την μεγάλη ηλιοφάνεια των χωρών αυτών έχουν δημιουργήσει τις βάσεις για την εξέλιξη τους σε ηγέτες της παγκόσμιας κατάταξης φωτοβολταϊκών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της ανάπτυξης είναι η Ισπανία, η οποία με μια σειρά σπουδαίων μέτρων που έλαβε η κυβέρνηση έβαλε την χώρα σε τροχιά ανόδου εδώ και μια επταετία. Άξιο αναφοράς είναι ότι στην κατηγορία αυτή θα μπορούσαμε να κατατάξουμε και χώρες όπως η Δημοκρατία της Κορέας και η Γαλλία.

Στην τελευταία κατηγορία θα κατατάξουμε την Ελλάδα. Η Ελλάδα είναι μια χώρα η οποία βρίσκεται ακόμα βρίσκεται σε πολύ χαμηλό επίπεδο συγκριτικά με τις υπόλοιπες χώρες που αναφέρθηκαν. Ωστόσο από το 2006 και έπειτα, όταν δηλαδή η χώρα μπήκε στο πρόγραμμα *feed-in tariff*, έχει κάνει αξιόλογα βήματα ανάπτυξης. Το γεγονός της χαμηλής ανάπτυξης έρχεται σε αντίθεση με τις προοπτικές της χώρας λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας και της μορφής του εδάφους. Κύριος ανασταλτικός παράγοντας ήταν η αργή κρατική αντίδραση για την λήψη αναγκαίων μέτρων όσο αναφορά την ενίσχυση της αγοράς φωτοβολταϊκών και τα γραφειοκρατικά προβλήματα που καθιστούν της εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων χρονοβόρα και πολύπλοκη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να κλονίζεται η εμπιστοσύνη των υποψήφιων επενδυτών και να αποθαρρύνεται η ενασχόληση με την συγκεκριμένη αγορά. Η Ελλάδα την δεδομένη στιγμή είναι πολύ δύσκολο να πλησιάσει τις χώρες της πρώτης κατηγορίας. Ωστόσο θα μπορούσε να συμβαδίσει με τις αγορές της Ισπανίας και της Ιταλίας λόγω των παρόμοιων κλιματικών συνθηκών. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι και σε αυτή τη περίπτωση οι διαφορές είναι αρκετά μεγάλες. Το πιο ανησυχητικό όμως για την ελληνική ανάπτυξη φωτοβολταϊκών είναι ότι υστερεί ακόμα και από χώρες που δεν έχουν τις δικές της προδιαγραφές ανάπτυξης (ηλιοφάνεια και κατάλληλο έδαφος). Χώρες όπως Ολλανδία και Ελβετία οι οποίες έχουν σχετικά ίδιο πληθυσμό με την Ελλάδα αλλά χωρίς τη μεγάλη ηλιοφάνεια της, έχουν καταφέρει να αναπτυχθούν περισσότερο στο χώρο των φωτοβολταϊκών. Επομένως μπορούμε πλέον εμπεριστατωμένα να πούμε ότι όλα αυτά τα προβλήματα έχουν δημιουργήσει τον ρόλο κομπάρσου για

την Ελλάδα στην παγκόσμια φωτοβολταϊκή αγορά. Ωστόσο τα τελευταία 6 χρόνια παρατηρούνται σημάδια άνθησης. Ήδη από το 2009 έχει καταγραφεί μια αξιοσημείωτη αύξηση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος ενώ σταδιακά αρχίζει να αναπτύσσεται και η ελληνική βιομηχανία φωτοβολταϊκών. Όπως ανέφεραν το 2010 οι Luigi Dusonchet και Enrico Telaretti (καθηγητές στο τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο του Παλέρμο, Ιταλία) μέσα από το βιβλίο τους *'Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in eastern European Union countries'* η Ελλάδα μαζί με την Ιταλία, τη Γαλλία και την Πορτογαλία παρουσιάζουν τις σημαντικότερες προοπτικές ανάπτυξης στο χώρο των φωτοβολταϊκών για τα επόμενα χρόνια.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη μέλη δεσμεύτηκαν να αυξήσουν το μερίδιο των ΑΠΕ σε 20% έως το 2020. Καθώς η θερμότητα αποτελεί το 50% περίπου της τελικής χρήσης ενέργειας στην Ευρώπη, σημαίνει ότι το μερίδιο της θερμότητας από ΑΠΕ (Βιομάζα, Γεωθερμία, Ηλιακή Ενέργεια) πρέπει να αναπτυχθεί ιδιαίτερα για να συμβάλει στην επίτευξη του στόχου. Καθώς η βαθιά γεωθερμία περιορίζεται σε κάποιες θέσεις και η αβαθής γεωθερμία αποτελεί τεχνολογία ενεργειακής αποδοτικότητας, η βιομάζα πρέπει επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοκαυσίμων, ηλεκτροπαραγωγή και εφαρμογές μέσων και υψηλών θερμοκρασιών, γίνεται φανερό ότι τα ηλιακά θερμικά συστήματα πρέπει να έχουν μεγάλη συμμετοχή στη θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών. Με πρωτοβουλία της ESTIF ολοκληρώθηκε μια μελέτη για το μακροχρόνια δυνητική αγορά ηλιακής ενέργειας. Η εργασία βασίστηκε στη λεπτομερή μελέτη πέντε αντιπροσωπευτικών Ευρωπαϊκών αγορών και την εφαρμογή των ευρημάτων και στις υπόλοιπες. Αξιολογήθηκαν τόσο οι τεχνολογικές όσο και οι οικονομικές δυνατότητες των διάφορων εφαρμογών. Για να καθορισθεί το ποσοστό συμμετοχής των ηλιακών θερμικών στη ζήτηση για θερμότητα στις επιλεγμένες χώρες αναφοράς, χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο για τη μελλοντική ζήτηση ενέργειας, παίρνοντας υπόψη και τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας βάση αυτό το μοντέλο υπολογίστηκαν οι ανάγκες για θερμότητα και ψύξη για τα έτη 2020,2030 και 2050. Το μοντέλο περιλαμβάνει τρία σενάρια και είναι επικεντρωμένο στους ακόλουθους τομείς:

- Θέρμανση χώρου κατοικιών.
- Ζεστό νερό οικιακού τομέα
- Θέρμανση χώρου σε επαγγελματικά κτίρια
- Θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών για βιομηχανική χρήση (<250°C)
- Κλιματισμός και ψύξη στον οικιακό τομέα και στο τομέα των υπηρεσιών

BIBΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Τα τρία σενάρια ήταν Συνέχιση της παρούσας κατάστασης(BAU), - Ανάπτυξη Αγοράς και Δυναμικής προώθησης (AMD) που περιλαμβάνει μηχανισμούς οικονομικής και πολιτικής υποστήριξης όπως επιδοτήσεις και υποχρεώσεις εφαρμογής και βελτιωμένες δράσεις ανάπτυξης- Σενάριο πλήρους αξιοποίησης Πολιτικής και

Έρευνας και Ανάπτυξης(RDP), που περιλαμβάνει σημαντικούς οικονομικές και πολιτικές στήριξης τόσο της αγοράς όσο και της έρευνας και ανάπτυξης.

Η συμμετοχή των Ηλιακών θερμικών στο στόχο του 20%, υποθέτοντας μείωση 9% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας λόγω εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης έως το 2020 σε σχέση με το 2006, θα ήταν 6,3% με βάση το RDP σενάριο και 2.4% με βάση το λιγότερο αισιόδοξο σενάριο AMD. Σε σχέση με το συνολικό στόχο του 11,5% αύξηση από όλες τις ΑΠΕ (8,5% το μερίδιο των ΑΠΕ το τέλος του 2005) η συνεισφορά των ηλιακών θερμικών θα ήταν 12% με βάση το RDP σενάριο, 4.5% με βάση το AMD και μόλις 2.9% με βάση το BAU σενάριο. Αν επιτευχθεί ο στόχος του δυναμικού σεναρίου RDP προβλέπεται μέση ετήσια αύξηση της Ευρωπαϊκής αγορά κατά 26% όταν για το AMD προβλέπεται 15% και για το BAU 7% αύξηση έως το 2020. Αυτό σημαίνει ότι το πεδίο των εγκατεστημένων ηλιακών συλλεκτών θα είναι μεταξύ των 97 εκατομμυρίων (BAU) ως 388 εκατομμυρίων τετραγωνικών μέτρων (RDP). Η αντίστοιχη ισχύς είναι από 67.9 GWth έως 271.6 GWth.

26. Επίλογος

Σύμφωνα με την παρούσα πτυχιακή εργασία, είναι φανερό ότι η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών έχει μεγάλες προοπτικές ανάπτυξης για το μέλλον. Το γεγονός ότι συγκαταλέγεται στις ήπιες μορφές ενέργειας και μπορεί η κάθε χώρα να τα χρησιμοποιήσει έτσι ώστε να διαφυλάξει την ενεργειακή της ανεξαρτησία (σε όποιο ποσοστό είναι αυτό δυνατό), δίνει την δυνατότητα στα φωτοβολταϊκά συστήματα μέρα με τη μέρα να κάνουν σημαντικά βήματα εξέλιξης.

Τέλος σε αυτούς τους δύσκολους καιρούς που διανύει η ανθρωπότητα τόσο με την ατμοσφαιρική ρύπανση και την υπερθέρμανση του πλανήτη, όσο και με την δύσκολη οικονομική κατάσταση αρκετών χωρών, τα φωτοβολταϊκά δίνουν την απάντηση με την προσφορά καθαρής ενέργειας και με την δημιουργία νέων θέσεων εργασίας αντίστοιχα. Έτσι λοιπόν, αγορές όπως της Γερμανίας, Η.Π.Α. και Ιαπωνίας (οι οποίες αποτελούν τις ηγέτιδες στον χώρο) θα πρέπει να γίνουν παράδειγμα προς μίμηση σχετικά με τον τρόπο που χειρίζονται το θέμα των φωτοβολταϊκών. Το μεγάλο μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι το υψηλό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο γίνονται προσπάθειες για να μειωθεί και αυτό είναι φανερό τα τελευταία χρόνια. σημαντικό ρόλο στην μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών παίζουν και οι κυβερνήσεις.

Θεωρείται ακόμα απαραίτητη η εφαρμογή κάποιων προγραμμάτων ενίσχυσης της αγοράς των φωτοβολταϊκών. Το μέτρο που κυριαρχεί και φαίνεται και στην παρούσα μελέτη, είναι το σύστημα επιδότησης της παραγόμενης από φωτοβολταϊκά ηλεκτρικής ενέργειας (*feed-in tariff*), το οποίο προσφέρει τα πιο ευνοϊκά κίνητρα και τις περισσότερες φορές συνδυάζεται με κάποια άλλη μορφή ενίσχυσης όπως επιχορηγήσεις ή φορολογικά κίνητρα. Είναι πολύ σημαντικό να γίνει κατανοητό από τις κυβερνήσεις ότι θα πρέπει να συνδέσουν τα πολιτικά μέτρα που εφαρμόζουν με την ανάπτυξη και την ενίσχυση της βιομηχανίας τους. Μια υγιής και σωστή βιομηχανία μπορεί να προσφέρει θέσεις εργασίας, να καλύψει τις ανάγκες της χώρας για φωτοβολταϊκά συστήματα και να δημιουργήσει σημαντικά οικονομικά οφέλη για τη χώρα.

Είναι πλέον αναγκαίο να τονιστεί ότι στην παρούσα μελέτη συνυπολογίστηκε και η οικονομική κατάσταση πολλών χωρών λόγω της οικονομικής κρίσης που διανύουμε τα τελευταία χρόνια και ταλαιπωρεί αρκετές χώρες όπως η Ελλάδα. Παρά ταύτα θα πρέπει να αναφερθεί ότι εκτιμάται μια ύφεση στο χώρο των φωτοβολταϊκών συστημάτων για ένα χρονικό διάστημα τόσο στη ζήτηση όσο και στον βιομηχανικό τομέα. Ωστόσο, η διάθεση των κυβερνήσεων σε συνδυασμό με την μόλυνση του περιβάλλοντος και την διασφάλιση ενεργειακής αυτονομίας, θέτουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα σε μια ελπιδοφόρο τροχιά στα επόμενα χρόνια.

27. Βιβλιογραφία

27.1 Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Γ.Κοντορούπης: *Ενεργειακός-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & οικισμών*
2. Ε.Μ.Π.: *Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία*
3. Greenpeace: *Ηλιακός Ηλεκτρισμός στο σπίτι σας*
4. Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών Ο.Ε.Δ.Β. :*Ηλεκτρική ενέργεια και περιβάλλον*

27.2 Ξένη Βιβλιογραφία

1. Kreith, F., and Kreider, J.F. 1978. *Principles of Solar Engineering*
2. Kumar, L., Skidmore, A.K. and Knowles, E., 1997. *Modelling topographic variation in solar radiation in a GIS environment*. International Journal for Geographical Information Science
3. Partridge, G. W. and Platt, C. M. R. 1976. *Radiative Processes in Meteorology and Climatology*.
4. Duffie, J. A. and Beckman, W. A. 1991. *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2nd edn. J. Wiley and Sons, New York.
5. Joe Michalsky, J. J. 1988. *The astronomical almanac's algorithm for approximate solar position (1950-2050)*, Solar Energy, 40, 227-235.
6. Watt Engineering Ltd. *On the Nature and Distribution of Solar Radiation US Government Printing Office Stock No. 016-000-00044-5*, March 1978
7. Wehrli, C. Extraterrestrial Solar Spectrum, Publication no. 615, *Physikalisch-Meteorologisches Observatorium*
8. *American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards (E-891) and (E-892)*.
9. Meeus, J.: *Astronomical Algorithms*; Willman-Bell Inc., Richmond, VI, 1999.
10. Scharmer, K, Greif, J.: *The European Solar Radiation Atlas, Vol. 1: Fundamentals and maps*.

11. Scharmer, K, Greif, J.: *The European Solar Radiation Atlas*, Vol. 2: Database and exploitation software.
12. Bodart and De Herde, 2002 M. Bodart and A. De Herde, *Global energy savings in offices buildings by the use of daylighting*, *Energy and Buildings*

27.3 Διαδικτυακός Τόπος

1. Κέντρο ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας (www.cres.gr)
2. Σύνδεσμος εταιριών φωτοβολταϊκών (www.helapco.gr)
3. Υπουργείο ανάπτυξης (www.ypan.gr)
4. Υπουργείο Περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής (www.ypeka.gr)
5. Επιχειρησιακό πρόγραμμα ανταγωνιστικότητας (www.antagonistikotita.gr)
6. Ρυθμιστική αρχή ενέργειας (www.rae.gr)
7. Hekiosystems (www.selasenergy.gr)
8. Κόστος λογιστικής και φορολογικής ενημέρωσης TAXHEAVEN (www.taxheaven.gr)
9. Επενδύσεις της γενικής φορολογικής επένδυσης και ανάπτυξης(www.ependyseis.gr)
10. Invest in Greece agency (www.investingreece.gov.gr)
11. Psi group (www.psigroup.gr)
12. International energy (www.iea.org)
13. European renewable energy council (www.erec.org)

28 Τεχνικά φυλλάδια (prospectus) του εξοπλισμού

ETATRACK active 1500

Active Solar Tracking System

LORENTZ 

Characteristics

- total module surface 2.4 m x 4.8 m (ca. 15m²) up to c. 2.5 kWp
- maintenance free
- high reliability and life expectancy
- low power consumption (c. 1.35 kWh/year)

- no failure-prone light sensor
- no unnecessary tracking movements
- suitable according to German and European standards
- cost-efficient tracking system

Application

Suitable tracking system for solar modules. Additional power output of up to 40% in comparison to fixed module installation.

Design

Tracking Unit

- single-axis tracking system with 4-axis adjustment, tilt-adjustable 0-40° elevation (azimuth: 0°)
- module surface 2.4 m x 4.8 m (15 m²) c. 2.5 kWp
- frame made of hot dip galvanized
- module fixation with stainless steel bolts on galvanized light sensor
- energy capacity 12 kWh per hour (range to 325 V, proportional to the tracking module's tracking control by one of the stacked modules)
- low energy consumption (c. 1.35 kWh/year)
- module tracking, depending on the solar radiation and the length of day
- suitable for high wind speeds, suitable according to German and European standards
- maintenance free

Drive

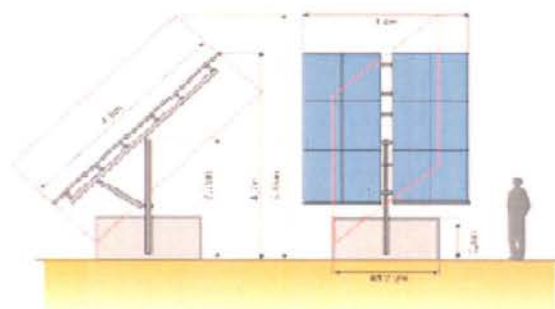
- DC linear drive
- maintenance free

Foundation

- concrete foundation (3 m²)
- screw foundation
- steel foundation

Included in Delivery

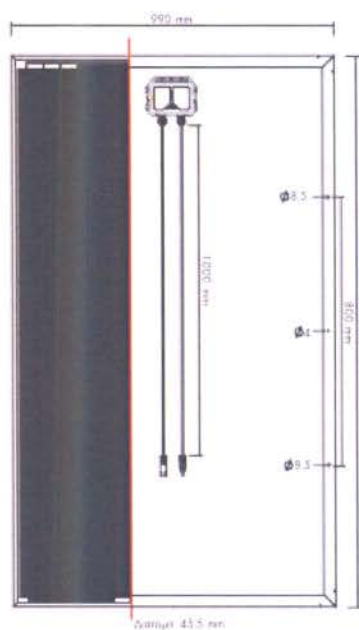
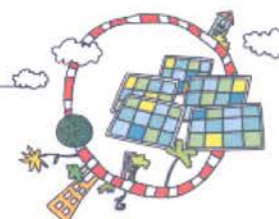
- frame and fixation elements made of steel, zinc-plated
- stainless steel electrical cable fixation
- electrical tracking system in stainless housing
- track drive mechanism
- 40 m² solar module (surface 2.4 x 4.8 m, 2.5 kWp)
- 20 m² solar module (surface 2.0 x 4.0 m, 2.0 kWp)
- 10 m² solar module (surface 1.6 x 3.2 m, 1.6 kWp)



© 2012 Lorentz Solar Tracking Systems. All rights reserved. Lorentz Solar Tracking Systems is a registered trademark of Lorentz Solar Tracking Systems.

ESPseries60 Poly Premium

Τεχνικές προδιαγραφές



Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά

Όνομαστική ισχύς (Wp) (Watt)	200	205	210	215	220	225	230	235	240
Τάση ανοικτού κυκλώματος (Voc) (V)	35,30	35,70	35,90	36,11	36,30	36,51	36,84	36,95	37,20
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (Isc) (A)	7,78	7,96	8,04	8,09	8,21	8,28	8,32	8,39	8,43
Βέλτιστη Τάση λειτουργίας (Vmp) (V)	28,35	28,47	28,50	28,73	28,91	29,17	29,48	29,81	30,10
Βέλτιστο Ρεύμα λειτουργίας (Imp) (A)	7,06	7,21	7,38	7,48	7,62	7,72	7,80	7,89	7,99
Μέγιστη Ισχύς υπό πρότυπες συνθήκες δοκιμής (STC) (Pmax) (Watt)	200	205	210	215	220	225	230	235	240
Απόδοση (%)	12,24	12,55	12,86	13,16	13,47	13,77	14,08	14,39	14,69

* Όλες οι συνθήκες δοκιμής: STC. Έπιση ακτινοβολίας: 1000 W/m². Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 25°C. AM1,5. υγρασία αέρα: ± 3%.

Μέγιστη Ισχύς (Wp) (Watt)	146	149	153	156	160	164	167	171	175
Τάση ανοικτού κυκλώματος (Voc) (V)	32,71	32,9	33,08	33,27	33,45	33,65	33,95	34,05	34,28
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (Isc) (A)	6,22	6,36	6,43	6,47	6,56	6,62	6,65	6,71	6,74
Βέλτιστη Τάση λειτουργίας (Vmp) (V)	25,83	25,94	25,97	26,17	26,35	26,38	26,86	27,16	27,43
Βέλτιστο Ρεύμα λειτουργίας (Imp) (A)	5,64	5,76	5,89	5,97	6,08	6,16	6,23	6,3	6,38

Όνομαστική Θερμοκρασία λειτουργίας κυψέλης (NOCT): Έπιση ακτινοβολία: 800 W/m². Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 20°C. ταχύτητα ανέμου: 1m/s.

Μηχανικά Χαρακτηριστικά

Φωτοβολταϊκή κυψέλη	Πολυκρυσταλλική, τριών αγωγών, 156x156 mm (6 ίντσες)
Αρ. κυψελών	60 (6x10)
Διαστάσεις	1650x990x45,5 mm
Βάρος	20 κιλά
Εμπρόσθιο γυαλί	Γυαλί σκληρόμενο (ηλεκτρομαγνητική) χαμηλής περιεκτικότητας σε αζήλιο, υψηλής διαπερατότητας
Περιμετρικό Πλαίσιο	Ανοξείδωτο Αλουμίνιο
Κουτί σύνδεσης	Με 3 διόδους παράκαμψης, Βαθμός προστασίας IP65
Καλώδια σύνδεσης	2x4 mm ² , συμμετρικό μήκη 1000 mm, αεροδυναμικές MC4

Πιστοποιημένα Όρια Λειτουργίας

Θερμοκρασία	-40 °C έως +85 °C
Μέγιστη Φόρτιση	2400 Pascal Φορτίο Ανέμου / 5400 Pascal Φορτίο Παναή
Μέγιστη Τάση Συστήματος	1000V

Θερμοκρασιακοί συντελεστές

Θερμ.συντελ. Voc: -0,34 [%/°C]

Θερμ.συντελ. Isc: 0,07 [%/°C]

Θερμ.συντελ. Pmp: -0,45 [%/°C]

NOCT: 45 °C

Όρια κατηγοριοποίησης

+0 έως +5 Wp

Σφραγίδα Εξουσιοδοτημένου Συνεργάτη:

