



Erasmus+



Project Erasmus+: Training and certification model
for photovoltaic trainers with the use of ECVET system
(EU-PV-Trainer). No 2016-1-PL01-KA202-026279

ΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΕΓΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Μ2.Υ1. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

RESEARCH NETWORK
ŁUKASIEWICZ



FUNDACIÓN *equipo humano*



EDIT.C

EDUCATION & INFORMATION TECHNOLOGY CENTRE

Erasmus+

Cooperation for innovation and the exchange of good practices

Strategic Partnership for vocational education and training

“Μοντέλο κατάρτισης και πιστοποίησης για τους εκπαιδευτές φωτοβολταϊκών με την χρήση του συστήματος ECVET (EU-PV-Trainer)”

No. 2016-1-PL01-KA202-026279

Πνευματικό Προϊόν 4.

*Τράπεζα των ενοτήτων για την εκπαίδευση του Εκπαιδευτή
Φωτοβολταϊκών σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ECVET
(stationary learning)*

Το έργο αυτό ολοκληρώθηκε με την οικονομική υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Το έργο ή η δημοσίευση αντικατοπτρίζουν μόνο τη θέση του συντάκτη τους και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεν είναι υπεύθυνη για το περιεχόμενό τους.

2018-2019

ΕΝΟΤΗΤΑ 2.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΕΓΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Μ2.Υ1. Προγραμματισμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος

ΟΔΗΓΟΣ

ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗ

Πρόγραμμα: Εκπαιδευτής φωτοβολταϊκών

**Ενότητα 2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΕΓΣΥΧΡΟΝΙΣΜΟΣ
ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**M2.U1. Προγραμματισμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκού
συστήματος**

Οδηγός για τον εκπαιδευόμενο και τον εκπαιδευτή

Συγγραφείς:

Stanisław Pietruszko
Kamil Kulma
Radosław Gutowski
Radosław Figura
Mirosław Żurek
Katarzyna Sławińska
Maria Knais
Emilia Pechenau
Adina Cocu
Jose Enrique Val Montros
Alfonso Cadenas Cañamás

Κριτικοί:

Tomasz Magnowski

Σύμβουλοι μεθοδολογίας:

Edyta Kozieł

Έκδοση:

Iwona Nitek

Διόρθωμα κειμένου:

Maria Knais

Ο οδηγός αποτελεί διδακτική ανάπτυξη για τη υποενότητα **M2.U1. Προγραμματισμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος** που περιλαμβάνεται στη μονάδα **M2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΕΓΚΣΥΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ** που περιέχονται στο πρόγραμμα **Εκπαιδευτή Φωτοβολταϊκών συστημάτων**.

2018-2019

TABLE OF CONTENTS

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2. ΑΡΧΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	9
3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	10
4. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	12
4.1. Γενικά θέματα. Βάση για την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων	12
4.2. Φωτοβολταϊκό κύτταρο – δομή και αρχή λειτουργίας.....	15
4.3. Τύποι φωτοβολταϊκών κυττάρων και μονάδων	22
4.4. Τύποι Φωτοβολταϊκών Συστημάτων.....	27
4.5. Στοιχεία και συσκευές της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών	35
4.6. Επιλογή τεχνικών λύσεων.....	41
4.7. Ενεργειακό προφίλ των καταναλωτών	47
4.8. Μέγεθος φωτοβολταϊκού συστήματος	51
4.9. Σύστημα φωτοβολταϊκών– σύνδεση στο δίκτιο.....	61
4.10. Πρότυπα και τεχνικές προδιαγραφές που συνδέονται με μια θεματική ομάδα	69
4.11. Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα.....	74
4.12. Συνεργασία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας.....	81
5. ΑΣΚΗΣΕΙΣ.....	85
5.1. Γενικά Θέματα. Βάση για την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων – ασκήσεις	85
5.2. Φωτοβολταϊκό κύτταρο – δομή και αρχή λειτουργίας – ασκήσεις.....	85
5.3. Τύποι φωτοβολταϊκών κελιών και μονάδες – ασκήσεις	86
5.4. Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων – ασκήσεις.....	86
5.5. Στοιχεία και συσκευές της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης – ασκήσεις	89
5.6. Επιλογή τεχνικών λύσεων – ασκήσεις.....	89
5.7. Ενεργειακό προφίλ των καταναλωτών – ασκήσεις	90

5.8. Μέγεθος φωτοβολταϊκού συστήματος – ασκήσεις.....	91
5.9. Φωτοβολταϊκό σύστημα – ένωση με το δίκτυο – ασκήσεις	93
5.10. Πρότυπα και τεχνικές προδιαγραφές που συνδέονται με την θεματική ομάδα – ασκήσεις	94
5.11. Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα – ασκήσεις.....	95
5.12. Συνεργασία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με εναλλακτικές πηγές ενέργειας – ασκήσεις.....	95
6. ΤΕΣΤ ΠΡΟΟΔΟΥ	97
7. ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ	99
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	101

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ενώ αρχίζει η εκτέλεση των επαγγελματικών καθηκόντων που έχουν ανατεθεί στον εκπαιδευτή φωτοβολταϊκών στο εκπαιδευτικό σύστημα, ως εκπαιδευτικός συμμετέχων θα αποκτήσετε τις απαραίτητες γνώσεις και επαγγελματικές δεξιότητες που περιλαμβάνονται σε δύο ενότητες:

- M1. Ο σχεδιασμός, η οργάνωση, η διεξαγωγή και η αξιολόγηση της επαγγελματικής κατάρτισης,
- M2. Προγραμματισμός, εγκατάσταση, εκσυγχρονισμός και συντήρηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Κάθε ενότητα χωρίζεται σε υποενότητες που αποτελούνται από υλικό διδασκαλίας, κατάλογο ελέγχου, ασκήσεις και δοκιμασία προόδου.

Η μελέτη περιέχει υλικά που έχουν αναπτυχθεί για τη υποενότητα **M2.U1. Σχεδιασμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος** που περιλαμβάνεται στη ενότητα **M2. Σχεδιασμός, εγκατάσταση, εκσυγχρονισμός και συντήρηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης**.

Πριν από την έναρξη της μάθησης, ως εκπαιδευτικός θα πρέπει να εξοικειωθείτε με τις αρχικές απαιτήσεις και τα λεπτομερή μαθησιακά αποτελέσματα, δηλαδή τη γνώση, τις δεξιότητες και τις στάσεις που θα αποκτήσετε μετά το τέλος της εκμάθησης σε μια συγκεκριμένη υποενότητα.

Κατά την ανάπτυξη του διδακτικού υλικού, η εμπειρία των εταίρων του έργου στο πλαίσιο των διδακτικών μαθημάτων στα μαθήματα που προετοιμάζουν τους μελλοντικούς εγκαταστάτες φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Το διδακτικό υλικό έχει συμπληρωθεί με εκπαίδευση ηλεκτρονικής μάθησης που περιλαμβάνει π.χ. εκπαιδευτικά βίντεο.

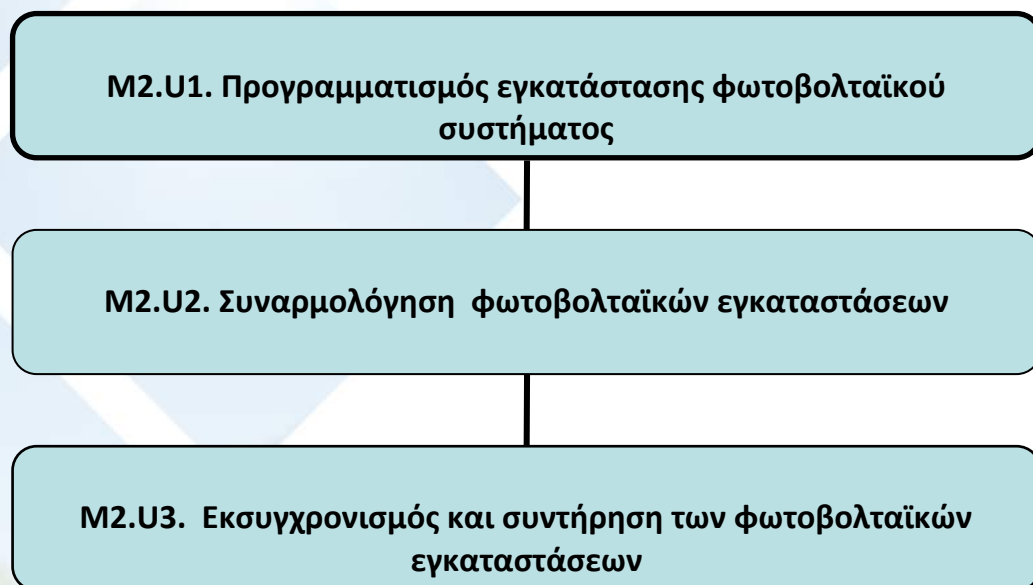
Πριν από την εκτέλεση των ασκήσεων, ελέγξτε αν είστε κατάλληλα προετοιμασμένοι. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήστε λίστες ελέγχου μετά από κάθε διδακτικό υλικό. Κάθε μάθημα ολοκληρώνεται με τεστ προόδου που θα σας επιτρέψει να καθορίσετε το πεδίο των γνώσεων και δεξιοτήτων που αποκτήσατε. Εάν τα αποτελέσματά σας είναι θετικά, μπορείτε να μεταβείτε στο επόμενο θέμα. Αν όχι, θα πρέπει να επαναλάβετε το περιεχόμενο που απαιτείται για συγκεκριμένες δεξιότητες.

Η επιτυχία του τεστ σε μια έκδοση ηλεκτρονικής μάθησης αποτελεί τη βάση για τη διέλευση της υποενότητας.

Σημείωση: σε περίπτωση διδακτικού περιεχομένου που περιλαμβάνει παραπομπές σε νομικές πράξεις, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι είναι έγκυρα κατά την ημερομηνία εξέλιξης της μελέτης και πρέπει να ενημερωθούν. Το εκπαιδευτικό περιεχόμενο της ενότητας είναι σύμφωνο με το νομικό καθεστώς από τις 15 Αυγούστου 2018.

Ο Οδηγός αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος "Πρότυπο εκπαίδευσης και πιστοποίησης για φωτοβολταϊκούς εκπαιδευτές με χρήση του συστήματος ECVET (EU-PV-Trainer)" που συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση στο πρόγραμμα Erasmus+ Συνεργασία για καινοτομία και ανταλλαγή ορθών πρακτικών, Στρατηγική εταιρική σχέση για την επαγγελματική εκπαίδευση και κατάρτιση.

Τα υλικά που περιλαμβάνονται στον Οδηγό αντικατοπτρίζουν μόνο τη θέση των δημιουργών τους και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεν είναι υπεύθυνη για το περιεχόμενό τους.



Οι υποενότητες την ενότητας **M2. Προγραμματισμός, εγκατάσταση, εκσυγχρονισμός και συντήρηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων**

Λίστα των υποενοτήτων και αριθμός εκπαιδευτικών ωρών, κατά προσέγγιση, είναι:

Ονομασία ενότητας	Ονομασία υποενότητας	Αριθμός εκπαιδευτικών ωρών
M2. Προγραμματισμός, εγκατάσταση, εκσυγχρονισμός και συντήρηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων	M2.U1. Προγραμματισμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος	28
	M2.U2. Συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων	20
	M2.U3. Εκσυγχρονισμός και συντήρηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων	16
	Σύνολο:	64

2. ΑΡΧΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Ενώ αρχίζει η εφαρμογή της υποενότητας **M2.U1. Προγραμματισμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος** που περιλαμβάνεται στη ενότητα M2. Προγραμματισμός, εγκατάσταση, εκσυγχρονισμός και συντήρηση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, θα πρέπει να είστε σε θέση:

- να χρησιμοποιείτε διάφορες πηγές πληροφοριών,
- να καθορίσετε τα δικά σας δικαιώματα και υποχρεώσεις,
- να αναγνωρίζετε τις βασικές νομικές πράξεις,
- να συμμετέχετε στη συζήτηση, στην παρουσίαση και στην υπεράσπιση της δικής σας θέσης,
- να αισθανθείτε υπεύθυνος για την υγεία σας (και τη ζωή σας),
- να εφαρμόζετε βασικές αρχές δεοντολογίας (αξιόπιστη εργασία, ακρίβεια, διατήρηση του λόγου, ειλικρίνεια, ευθύνη για συνέπειες, ειλικρίνεια),
- να συνεργάζεστε σε μια ομάδα λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή των καθηκόντων,
- να χρησιμοποιείτε υπολογιστή σε βασικό επίπεδο.

3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

M2.U1. Προγραμματισμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος

Μετά την υποεπάρκεια αυτή, ο εκπαιδευόμενος θα επιτύχει τα ακόλουθα μαθησιακά αποτελέσματα:

Γνώση (γνωρίζει και κατανοεί):	Δεξιότητες (μπορεί):
– Ιστορία και προοπτικές της ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών στην Ευρώπη και στον κόσμο. – Οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη των φωτοβολταϊκών εφαρμογών. – Εθνικοί κανονισμοί και πρότυπα για τη χρήση και χρήση φωτοβολταϊκών. – Κανονισμοί σχετικά με την υγεία και την ασφάλεια στην εργασία, την πυροπροστασία και το περιβάλλον που χρησιμοποιούνται κατά την εγκατάσταση - τον εντοπισμό των κινδύνων. – Παραδείγματα συστημάτων πιστοποίησης προϊόντων (π.χ. Solar Keymark). – Βασικοί όροι και ορισμοί για φωτοβολταϊκά συστήματα. – Βασικές γνώσεις ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων χαμηλής τάσης και φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων (Γενική ηλεκτρολογία σχετικά με φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις). – Αρχεία έργου (τεκμηρίωση). – Ηλιακά κύτταρα - κατασκευή και αρχές λειτουργίας. – Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων και μονάδων. – Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων. – Εξοπλισμός και εξαρτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων. – Επιλογή τεχνικών λύσεων. – Ενεργειακά χαρακτηριστικά των δεκτών. – Διαστασιολόγηση του συστήματος. – Σύνδεση του φωτοβολταϊκού συστήματος στο ηλεκτρικό δίκτυο. – Πρότυπα και τεχνικές προδιαγραφές σχετικά με τη θεματική ομάδα. – Χαρακτηριστικά ρεύματος τάσης των μονάδων.	– Χρήση τεκμηρίωσης και τεχνικού υλικού (οδηγίες λειτουργίας, DTR κλπ.). – Σύνδεση κυττάρων σε δομοστοιχεία(modules) και δομοστοιχεία σε σύνολα(sets). – Μέτρηση παραμέτρων κυψέλης / ηλιακού δομοστοιχείου υπό κανονικές συνθήκες (STC). – Επιλογή του τύπου και της ισχύος των φωτοβολταϊκών μονάδων(photovoltaic modules), διαμόρφωση της ηλιακής γεννήτριας(solar generator). – Προσδιορισμός της απαιτούμενης διατομής καλωδίων σύνδεσης. – Καθορισμός των απαιτήσεων προστασίας από κεραυνό, γείωσης και συστήματος (εγκατάστασης) καταστολής της υπερτάσεως. – Υπολογισμός της επιφάνειας του συστήματος και του ονομαστικού μεγέθους του συστήματος, των απαραίτητων υποσυστημάτων και συσκευών και του κατάλληλου εξοπλισμού. – Επιλογή μετατροπέα(inverter)/ μετατροπέα ως μετατροπέα ενέργειας, τις λειτουργίες ασφαλείας του μετατροπέα , προσδιορίζοντας την απόδοση του μετατροπέα – Ρύθμιση της γεννήτριας στο μετατροπέα – Αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος – ανάλυση δεικτών ποιότητας.

– Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της εργασίας. – Συνεργασία των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων με εναλλακτικές πηγές ηλεκτρικής ενέργειας.	
Κοινωνική Ικανότητα	
– Είναι υπεύθυνος κατά τη διάρκεια της προπαρασκευαστικής εργασίας. – Δείχνει μια καλή επαγγελματική δράση. – Προτείνει εναλλακτικές λύσεις με στόχο τη βελτίωση των αποτελεσμάτων. – Διατηρεί το χώρο εργασίας οργανωμένο και καθαρό όπως απαιτεί και ο οργανισμός. – Συμμετέχει ενεργά και συνεργάζεται στην ομάδα εργασίας. – Ερμηνεύει και εκτελεί τις οδηγίες εργασίας.	



4. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

4.1. Γενικά θέματα. Βάση για την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Ιστορία των φωτοβολταϊκών

Τα φωτοβολταϊκά έχουν μια μακρά ιστορία που ξεκίνησε το 1839 από τις παρατηρήσεις του Edmond Becquerel, γιο του Antoni Cesar Becquerel και πατέρα του Henri Becquerel, και οι δυο διάσημοι φυσικοί. Ο Becquerel παρατήρησε ότι εάν τοποθετήθουν δύο ηλεκτρόδια πλατίνας σε διάλυμα και εκτεθούν στο ηλιακό φως, ρέει ρεύμα. Αυτό το αποτέλεσμα ήταν πολύ μικρό και δεν είχε καμία πρακτική σημασία εκείνη την εποχή, ωστόσο δεν έχει ξεχαστεί.

Η ονομασία των φωτοβολταϊκών χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Α. Αϊνστάιν στην επιστολή του το 1905 που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό *Annalen der Physik* με τίτλο "*On a Heuristic Viewpoint Concerning the Production and Transformation of Light*". Εξήγησε το εξωτερικό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, όπως η εκπομπή ηλεκτρονίων από την μεταλλική επιφάνεια μέσω της απόδοσής του στη λειτουργία εργασίας κάτω από την πρόσκρουση της ακτινοβολίας σωματιδίων με το κατάλληλο μήκος κύματος. Ως εκ τούτου, τα φωτοβολταϊκά είναι ο τομέας της επιστήμης και της τεχνολογίας που ασχολείται με την έρευνα της άμεσης μετατροπής της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Το πρώτο ηλιακό κύτταρο δημιουργήθηκε το 1954 στα Bell Laboratories στο Murray Hill, ΗΠΑ, από τους ερευνητές Chapin, Fuller και Pearson. Το ηλιακό κύτταρο πέτυχε την απόδοση 6%, η οποία σύντομα βελτιώθηκε και αυξήθηκε σε 10%. Την εποχή εκείνη, η διαστημική τεχνολογία αποτελούσε τη σημαντικότερη εφαρμογή των ηλιακών κυττάρων. Η αρχή ήταν το 1958, όταν εγκαταστάθηκαν στο κανάλι Vanguard τα πρώτα 108 κύτταρα. Τα αποτελέσματα ξεπέρασαν τις προσδοκίες – τα κύτταρα παρείχαν στον δορυφόρο ηλεκτρική ενέργεια για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ό, τι αρχικά υπέθεσαν. Επέτρεψε την ανάπτυξη περιορισμένης αγοράς φωτοβολταϊκών κυττάρων, ωστόσο αυτά χαρακτηρίζονταν από την υψηλή ποιότητα τους.

Λόγω του υψηλού κόστους τους, η εφαρμογή φωτοβολταϊκών στη Γη είχε απορριφθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα ως μη ρεαλιστική. Ωστόσο, τα οφέλη της συνάρπασαν τους επιστήμονες και την κοινή γνώμη, συνεπώς οι έρευνες για αυτά δεν έχουν εγκαταλειφθεί ποτέ. Βήμα προς βήμα, τα ηλιακά κύτταρα βρήκαν το δρόμο για αυτόνομες εφαρμογές σε συστήματα τροφοδοσίας ανεξάρτητα από το δίκτυο. Ξεκίνησε με αριθμομηχανές και ρολόγια και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε σε μεγαλύτερες συσκευές, όπως σταθμούς στάθμευσης. Η εμφάνιση της πρώτης κρίσης καυσίμων το 1973 συνοδεύτηκε από τη σκέψη για τη χρήση ηλιακών κυττάρων στη Γη και λίγο αργότερα ξεκίνησαν οι εγκαταστάσεις παραγωγής πυριτικών κυττάρων και μονάδων. Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, το παγκόσμιο εμπόριο ηλιακών κυττάρων ήταν στο επίπεδο κάτω από 20 MWp / έτος. Το 2008, το ετήσιο εμπόριο ηλιακών κυττάρων πέτυχε περισσότερα από 7000 MWp. Η αύξηση αυτή ήταν 400 φορές σε διάστημα μόλις 27 ετών. Το 2017, η συνολική ισχύς των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων ανήλθε σε 40 GW. Ένας βασικός ρόλος στην

ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής ενέργειας διαδραμάτισε η προώθηση της αγοράς ηλιακής ενέργειας, η οποία ξεκίνησε το 1990 από το πρόγραμμα 1000 Roofs στη Γερμανία. Το πρόγραμμα αυτό ήταν πολύ επιτυχές και στη συνέχεια εφαρμόστηκε σε πολλές χώρες. Λίγο καιρό αργότερα, στις αρχές του 1998 και του 1999, εισήχθη το πρόγραμμα 100 Thousand Roofs και το 2004 τέθηκε σε ισχύ ο Νόμος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (EEG). Ο νόμος φαίνεται να είναι το καταλληλότερο εργαλείο για την προώθηση των φωτοβολταϊκών. Η αγορά σημείωσε μια δυναμική αύξηση.

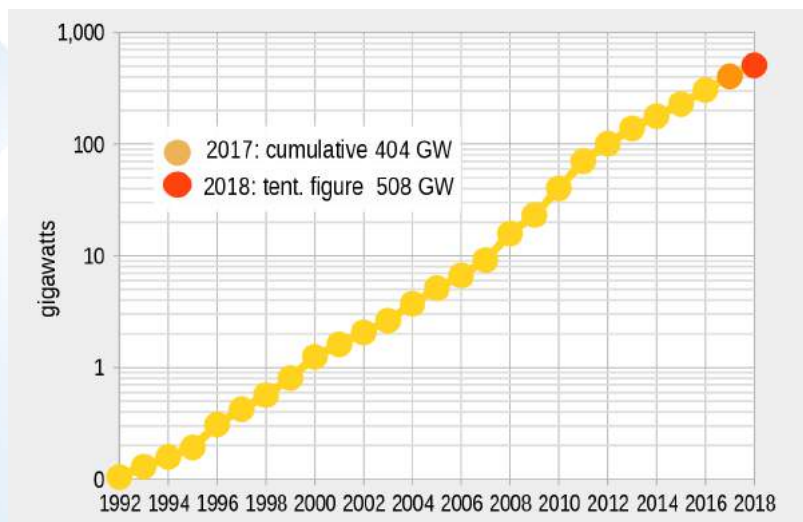
Για πολλές δεκαετίες, έχουν καταβληθεί προσπάθειες για την αντικατάσταση του πυριτίου(silicon) με άλλα υλικά. Υλικά υψηλής απορρόφησης φωτός αναζητούνται προκειμένου να καταστούν τα κύτταρα λεπτότερα και φθηνότερα. Οι αναζητήσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα λεπτά κύτταρα που είναι 100 φορές πιο λεπτά από εκείνα από κρυσταλλικό πυρίτιο. Το πρώτο ηλιακό κύτταρο κατασκευάστηκε από άμορφο πυρίτιο από το 1976 από τους David Carlson και Chris Wronski. Ωστόσο, τη δεκαετία του 1980, οι υψηλές προσδοκίες σχετικά με αυτό το υλικό δεν πραγματοποιήθηκαν. Ένα άλλο υλικό λεπτού στρώματος που βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο της εφαρμογής της αγοράς είναι το CIS (copper indium selenide), γνωστό και ως CIGS, το οποίο περιέχει μια προσθήκη γαλλίου. Αυτά τα κύτταρα χαρακτηρίζονται από υψηλή σταθερότητα και επιτυχάνουν, τουλάχιστον στο εργαστήριο, υψηλή απόδοση. Το Cadium telluride είναι ένα άλλο υλικό λεπτού στρώματος από το οποίο παράγονται τα ηλιακά κύτταρα. Τα λεγόμενα micromorph photovoltaic κύτταρα (δομή από άμορφο και μικροκρυσταλλικό πυρίτιο) υπάρχουν επίσης στην αγορά.

Τα πεδία εφαρμογής των φωτοβολταϊκών συστημάτων ανεξάρτητα από το δίκτυο συνιστούν συνήθως αυτόνομα συστήματα στις αναπτυσσόμενες χώρες, συστήματα ψυχαγωγίας (κατασκήνωση, ιστιοπλοΐα κ.λπ.), τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα, καθώς και τα υβριδικά συστήματα φωτοβολταϊκών / ντίζελ. Ο ρόλος που παίζουν τα φωτοβολταϊκά κύτταρα στα καταναλωτικά προϊόντα (ρολόγια, παιχνίδια, κ.λπ.) δεν πρέπει να υποτιμάται. Στο παρελθόν, τα φωτοβολταϊκά συστήματα εγκαταστάθηκαν σχεδόν αποκλειστικά σε υπάρχουσες στέγες, επομένως θεωρήθηκαν πρόσθετα στοιχεία. Ωστόσο, εδώ και αρκετά χρόνια διατίθενται φωτοβολταϊκά προϊόντα, τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν απευθείας ως καλύμματα οροφής, ώστε να αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της οροφής. Υπάρχουν επίσης φωτοβολταϊκά συστήματα με τη μορφή παραθύρων για τα παραθυρόφυλλα. Επιπλέον, όλοι οι κύριοι παραγωγοί γυαλιού προσφέρουν φωτοβολταϊκά συστήματα που μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν με ζεστές ή αεριζόμενες προσόψεις.

Στον κόσμο σήμερα, οι ενεργειακές προτεραιότητες αλλάζουν. Οι νέες τεχνολογίες, καθαρότερες, εγκατεστημένες ταχύτερα και καλύτερα προσαρμοσμένες στις τοπικές ανάγκες, προσελκύουν το ενδιαφέρον των επενδυτών και των τοπικών αρχών, ανταγωνίζονται σιγά σιγά με τον μονοπωλιακό και κεντρικό ενεργειακό τομέα. Αν και συγκρίνονται διάφορες επιλογές ενέργειας, το οικονομικό κόστος σταδιακά δεν αποτελεί πλέον σημαντικό κριτήριο – υπάρχουν παράγοντες που δύσκολα υπολογίζονται απευθείας στην οικονομική αξία, όπως η ενεργειακή ανεξαρτησία, η διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας ή η σταθερότητα των προμηθειών, και είναι όλο και πιο σημαντικοί. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό απέναντι στην πιθανή εμφάνιση μιας άλλης ενεργειακής κρίσης.

Καθ' όλη τη διάρκεια του 2017, σχεδόν 100 GW ισχύος εγκαταστάθηκαν σε όλο τον κόσμο, το οποίο αποτελεί ένα ακόμη ρεκόρ για τις παγκόσμιες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Η

συνολική εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύς ανήλθε σε 400 GW στο τέλος του έτους 2017, δηλαδή αύξηση κατά 25% σε σύγκριση με το 2016. Το 2017 εγκαταστάθηκαν στην Ευρώπη 9,2 MW νέων φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.



Εικόνα 1. Συνολικές εγκατεστημένες φωτοβολταϊκές από το 1992 μέχρι το 2018

Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Growth_of_photovoltaics#/media/File:PV_cume_semi_log_chart_2014_estimated.svg [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι:

- Η πρωτογενής ενέργεια από το ήλιο είναι μεγαλύτερη από ότι από όλες τις άλλες πηγές ενέργειας.
- Είναι διαθέσιμη σε όλες τις περιοχές του κόσμου.
- Η δομοστοιχειωτή σχεδίασή του κυμαίνεται από milliwatt (mW) σε καταναλωτικά προϊόντα έως gigawatt (GW) σε μονάδες παραγωγής ενέργειας.
- Κατά τη λειτουργία, παράγει ηλεκτρική ενέργεια χωρίς ατμοσφαιρικές εκπομπές και χωρίς παραγωγή αποβλήτων.
- Δεν απαιτεί ουσιαστικά καμία συντήρηση.
- Δεν κάνει θόρυβο κατά τη λειτουργία.
- Δεν απαιτεί νερό για την παραγωγή ηλεκτρισμού.
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα προσφέρουν ένα αποτύπωμα άνθρακα που είναι 10 έως 20 φορές χαμηλότερο από τις συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας.
- Ο χρόνος απόδοσης ενέργειας των φωτοβολταϊκών συστημάτων κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 1,5 ετών ανάλογα με την τεχνολογία και την τοποθεσία.
- αποδεδειγμένη τεχνική διάρκεια ζωής 30+ ετών.

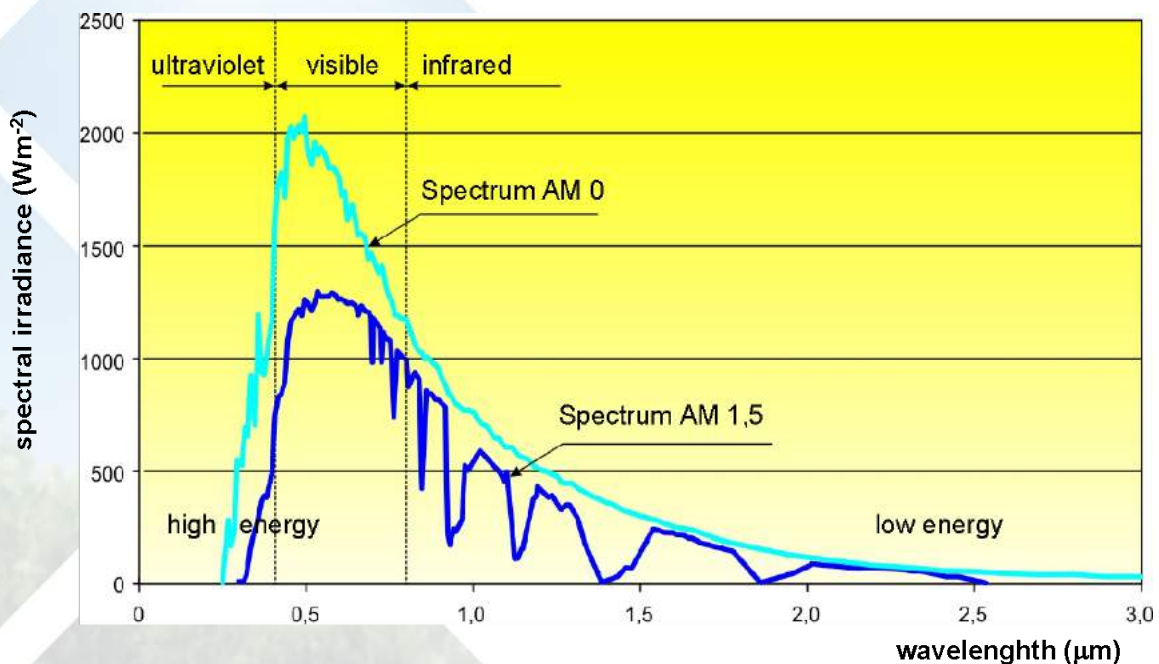
Φωτοβολταϊκά σε συστήματα διασκορπισμένης παραγωγής ενέργειας

Με την απελευθέρωση της ευρωπαϊκής αγοράς ενέργειας σημαίνει ότι θα υπάρξει εντονότερος ανταγωνισμός στον ενεργειακό τομέα στον τομέα της παραγωγής, της διανομής και των πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας. Οι νέοι φορείς θα εμφανιστούν λόγω της ανοικτής πρόσβασης στα ενεργειακά δίκτυα στην αγορά. Θα αυξήσουν την τρέχουσα τάση αύξησης του μεριδίου της διασκορπισμένης παραγωγής ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να αποτελέσουν σημαντικό μέρος της ενεργειακής υποδομής σε αυτή τη διαδικασία.

4.2. Φωτοβολταϊκό κύτταρο – δομή και αρχή λειτουργίας

Αρχές της χρήσης της Ηλιακής Ενέργειας

Μια από τις σημαντικότερες εργασίες σήμερα είναι η ανάπτυξη στρατηγικών και συστημάτων για την παροχή ενέργειας σε μια οικολογικά ορθή βάση. Από τη προοπτική του σήμερα, μόνο οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο ήλιος και ο άνεμος, ικανοποιούν όλες τις συνθήκες, οι οποίες πρέπει να τοποθετηθούν στο ενεργειακό εφοδιασμό για το μέλλον. Επιπλέον, αυτές οι πηγές ενέργειας είναι ανεξάντλητες, ενώ η εκμετάλλευση αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων μπορεί να συνεχιστεί μόνο για περιορισμένο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 1. Φάσμα ηλιακής ακτινοβολίας

Πηγή: Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany; Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της γής

Η ένταση της ακτινοβολίας αλλάζει συνεχώς ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την εποχή και τις καιρικές συνθήκες. Αυτή η ένταση ακτινοβολίας μετράται σε βατ ή σε κιλοβάτ ανά τετραγωνικό μέτρο [Wm⁻², kWm⁻²]. Η ενέργεια της ακτινοβολίας, δηλ. Η ισχύς που παράγεται κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης χρονικής περιόδου, δίδεται σε Watt-ώρες (επίσης κιλοβατώρες ώρες, joules) ανά τετραγωνικό μέτρο. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην κοινή χρήση, ο όρος «ακτινοβολία» αναφέρεται τόσο στην ένταση της ακτινοβολίας όσο και στην ενέργεια.

Η ένταση της ακτινοβολίας έξω από την ατμόσφαιρα της γης είναι μεταξύ 1325 και 1420 Wm⁻². Ο μέσος όρος αυτής της αποκαλούμενης εξω-γήινης ακτινοβολίας είναι η ηλιακή σταθερά.

Ηλιακή σταθερά(solar constant): $E_0 = 1367 \text{ kWm}^{-2}$

Η αντανάκλαση, η διασπορά και η απορρόφηση από την ατμόσφαιρα μειώνουν αυτή την τιμή κατά περίπου 30%, έτσι ώστε περίπου το $1\,000\text{ Wm}^{-2}$ να προσπίπτει στην επιφάνεια της γης το μεσημέρι όταν ο ουρανός είναι χωρίς σύννεφα. Η αποκαλούμενη παγκόσμια ακτινοβολία αποτελείται από δύο συνιστώσες, την άμεση και τη διάχυτη ακτινοβολία. Η άμεση (ή ακτινοβολία) ακτινοβολία προέρχεται απευθείας από τον ήλιο, ενώ η διάχυτη ακτινοβολία προσπίπτει από όλες τις κατευθύνσεις του ουρανού. ο ουρανός φαίνεται να είναι εξίσου φωτεινό σε όλες τις κατευθύνσεις. Το διάχυτο στοιχείο είναι ορατό σε ηλιόλουστες μέρες όπως ο γαλάζιος ουρανός. Όταν ο ουρανός είναι απόλυτα συννεφιασμένος, μόνο η διάχυτη ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια της γης.

Πίνακας 1. Ένταση ακτινοβολίας σε διάφορες καιρικές συνθήκες

Ουρανός			
Καιρός	Καθαρός μπλέ ουρανός	Θερμός/συννεφιασμένος, ο Ήλιος είναι ορατός σαν ένας ασπροκίτρινος δίσκος	Ουρανός με νέφος, θαμπή μέρα
Παγκόσμια ακτινοβολία	$600 - 1000\text{ Wm}^{-2}$	$200 - 400\text{ Wm}^{-2}$	$50 - 150\text{ Wm}^{-2}$
Διάχυτη ακτινοβολία	10 – 20%	20 – 80%	80 – 100%

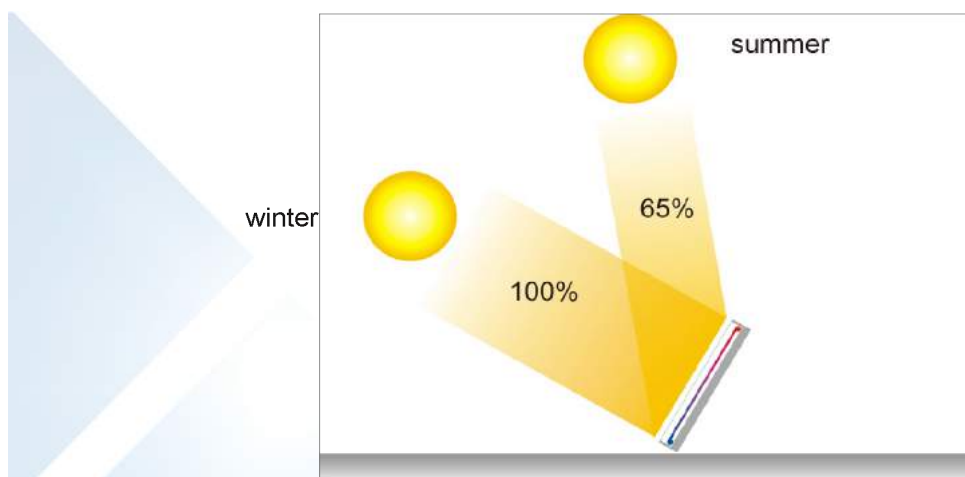
Πηγή: Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany; Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Η ετήσια κατανομή και η συνολική ποσότητα ηλιακής ενέργειας καθορίζονται από κλιματικούς και μετεωρολογικούς παράγοντες που εξαρτώνται από την τοποθεσία και την εποχή. Αυτές οι διαφορές στον καιρό πάνω από τη γη οφείλονται στις αλλαγές κατά τη διάρκεια του έτους της θέσης του ήλιου και του φωτός της ημέρας, που με τη σειρά τους προκαλούνται από την κλίση του άξονα της γης σε σχέση με την τροχιά γύρω από τον ήλιο.

Σε ηλιόλουστες περιοχές όπως στις ερήμους στην Αφρική ή στις νότιες ΗΠΑ, υπάρχει διπλάσια ποσότητα ενέργειας κατά μέσο όρο, όπως στην Κεντρική Ευρώπη.

Υπάρχουν διαφορές στην κατανομή της ενέργειας κατά τη διάρκεια του έτους (Εικόνα 4). Στην Κεντρική Ευρώπη, η ποσότητα ηλιακής ενέργειας που παρατηρείται στους μήνες Νοέμβριο-Ιανουάριο είναι περίπου πενταπλάσια από τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ η παροχή ακτινοβολίας είναι πολύ πιο ομοιόμορφη σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη.

Η βέλτιστη χρήση της άμεσης ακτινοβολίας επιτυγχάνεται μόνο όταν η επιφάνεια του δέκτη είναι πάντα κάθετη προς την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Όσο πιο λοξή είναι η γωνία πρόσπτωσης, τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα χρήσιμης ενέργειας. Στην Κεντρική Ευρώπη, καθώς ο ήλιος είναι χαμηλός στον ουρανό το χειμώνα ακόμα και το μεσημέρι, μια μεγάλη γωνία κλίσης είναι επωφελής, ενώ το καλοκαίρι, μια μικρή γωνία κλίσης είναι καλύτερη (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Άμεση ακτινοβολία σε ένα κεκλιμένο δέκτη

Πηγή: Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany; Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Οι αποκαλούμενοι δέκτες παρακολούθησης (tracking receivers), για τους οποίους ο προσανατολισμός και η κλίση μπορούν να ρυθμίζονται συνεχώς έτσι ώστε να δείχνουν πάντα προς τον ήλιο, γενικά δικαιολογούνται μόνο σε κλιματικές περιοχές όπου η άμεση ακτινοβολία είναι πολύ υψηλή, π.χ. σε ερήμους. Αν και η παρακολούθηση αυξάνει επίσης την ποσότητα ενέργειας που εισπράττεται στην Κεντρική Ευρώπη (κατά περίπου 30%), η αξία της είναι αμφισβητήσιμη, καθώς απαιτεί σημαντική τεχνική πολυπλοκότητα.

Για τη σταθερή τοποθέτηση του δέκτη, η βέλτιστη γωνία κλίσης εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Η γωνιά του δέκτη σε διαφορετικές συνθήκες (στην κεντρική Ευρώπη)

Οριακές συνθήκες	Γωνία
Συνολική Μέγιστη ετήσια παραγωγή ενέργειας	30°
Βελτιστοποίηση για χειμερινούς μήνες	60°
Καλή απόδοση την Άνοιξη και το Φθινόπωρο	45°

Αυτές οι τιμές εξαρτώνται από την τοποθεσία, όσο πιο κοντά το σύστημα είναι στον ισημερινό, τόσο μικρότερη είναι η βέλτιστη γωνία κλίσης του.

Οπτική μάζα αέρος (Optical air mass (AM)) – το μήκος της απόστασης μέσα από την ατμόσφαιρα της Γης που καλύπτεται από μια οπτική δέσμη άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, εκφράζεται ως πολλαπλή απόσταση που καλύπτεται στο σημείο της στάθμης της θάλασσας, στον ήλιο στο ζενίθ. Το AM ορίζεται από τον τύπο:

$$AM = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{1}{\sin \theta}$$

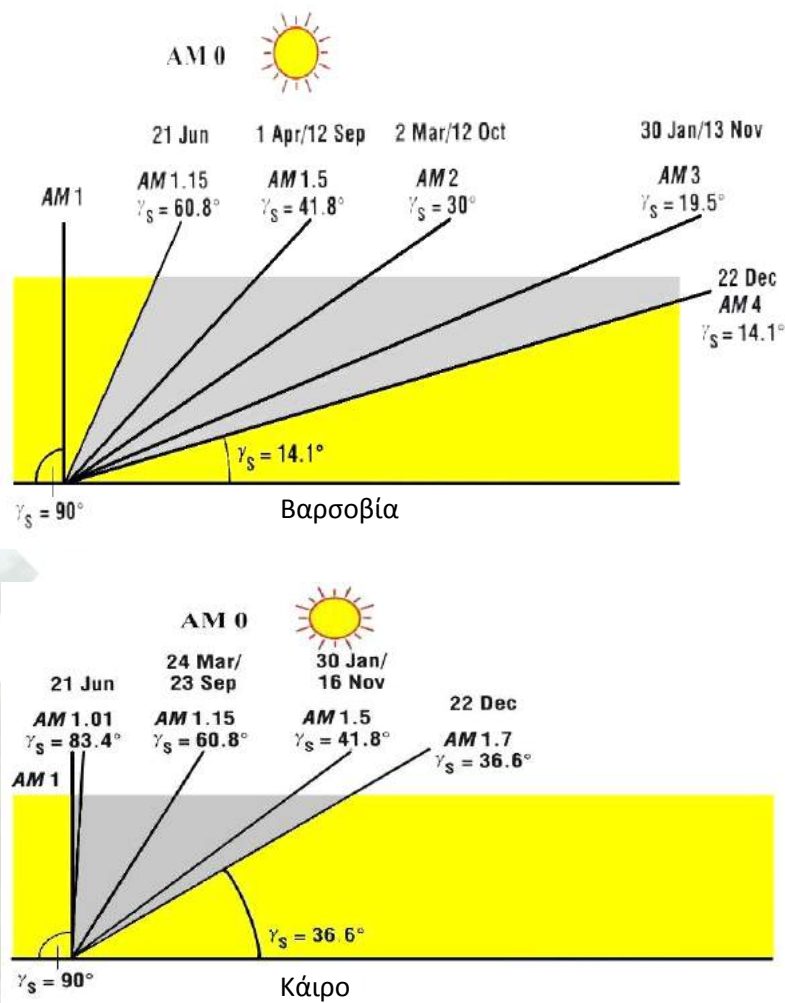
Οπου:

P –τοπική ατμοσφαιρική πίεση(local atmospheric pressure (Pa)),

$P_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Pa (κανονική πίεση),

θ – γωνιά προσβολής του Ήλιου.

Η τιμή AM ισούται με 1 (AM 1) στο επίπεδο της θάλασσας, στον ουρανό χωρίς σύννεφα, όταν ο ήλιος είναι σε ζενίθ και ατμοσφαιρική πίεση $1,013 \cdot 10^5$ Pa (IEC 60904-3). Αν ο ήλιος είναι κάθετος στην επιφάνεια της Γης, το φως του ήλιου περνάει από τη οπτική μάζα αέρα (**AM – μάζα αέρα**) μόνο μία φορά. Μια τέτοια κατάσταση έχει το σύμβολο AM 1. Σε άλλες περιπτώσεις, απόσταση ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του αέρα. Αυτή η απόσταση εξαρτάται από το ύψος στο οποίο βρίσκεται ο ήλιος. Το AM 2 δείχνει ότι η απόσταση του ηλιακού φωτός μέσα τον αέρα είναι διπλάσια από τον AM 1. Το ίδιο συμβαίνει όταν ο ήλιος βρίσκεται σε γωνία 30° στον ορίζοντα ($\gamma_s = 30^\circ$).



Εικόνα 3. Απόσταση της ακτινοβολίας ανάλογα με τη γωνία της ατμοσφαιρικής δέσμης για τη Βαρσοβία και το Κάιρο
 Πηγή: S.M. Pietruszko (red.): *Projektowanie i instalacja systemów fotowoltaicznych. Przewodnik dla instalatorów.* Warszawa, 2016.

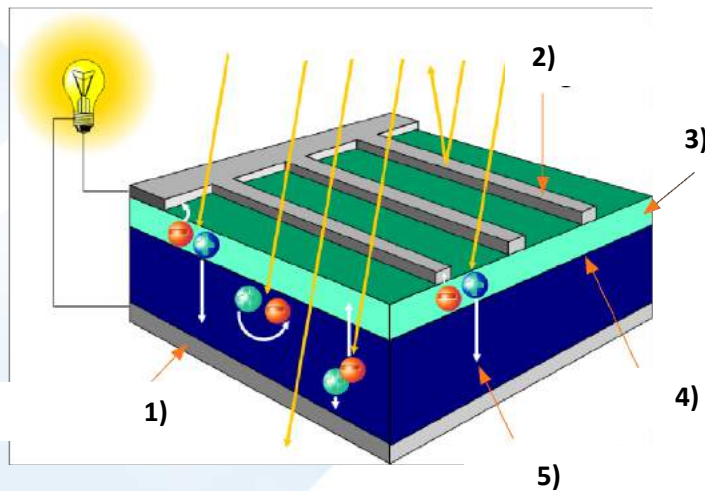
Τεχνολογίες ηλιακών κυττάρων και οι ιδιότητές τους

Το "ηλιακό κύτταρο" αντιπροσωπεύει μια συσκευή η οποία, υπό την ανοικτή ακτινοβολία, ενεργεί ως ηλεκτρογεννήτρια. Πολλά είδη ηλιακών κυττάρων είναι δυνατά, αλλά το κύτταρο που βασίζεται σε δίοδο ημιαγωγού πυριτίου είναι η πιο κοινή έκδοση. Έχει εφευρεθεί πριν από 50 χρόνια, το 1954.

Γενικές πτυχές και ορισμοί

Τα ηλιακά κύτταρα μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Γενικά, πρόκειται για μια διαδικασία τριών βημάτων, η οποία μπορεί να εξηγηθεί με τη βοήθεια του Σχήματος 4:

- **Απορρόφηση φωτός**, παραδίδει ηλεκτρονιά σε μια διεγερμένη κατάσταση.
- Τοπικός **διαχωρισμός των** θετικών και αρνητικών **φορτίων**.
- **Μεταφορά των φορτίων** σε ένα εξωτερικό κύκλωμα.



Εικόνα 4. Διατομή κρυσταλλικού ηλιακού κυττάρου πυριτίου, όπου: 1) θετικό ηλεκτρόνιο, 2) αρνητικό ηλεκτρόνιο, 3) n-ντοπαρισμένο πυρίτιο, 4) σύνδεση p-η, 5) πυριτικό με πρόσμιξη p.
 Πηγή: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Απορρόφηση(Absorption): Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο απορροφητής είναι ημιαγωγός (*semiconductor*) και οι μεταβάσεις που χρησιμοποιούνται είναι μεταβάσεις μεταξύ ζωνών. Η διεγερμένη κατάσταση περιλαμβάνει ένα ηλεκτρόνιο στη ζώνη αγωγιμότητας και μια οπή στη ζώνη σθένους.

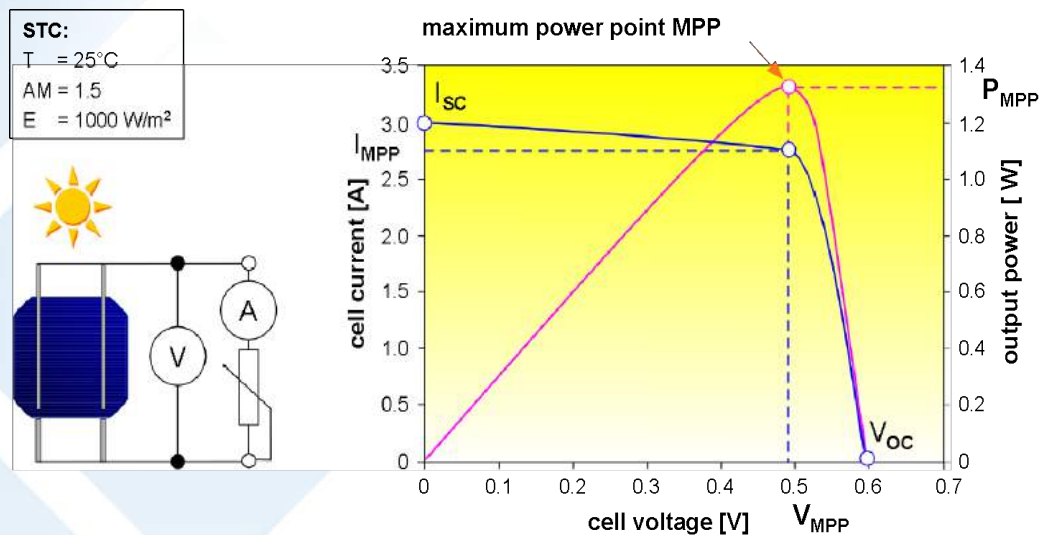
Διαχωρισμός φορτίων (Charge separation): Τα ηλεκτρόνια και οι οπές στους ημιαγωγούς διαχωρίζονται με διάχυση (*diffusion*) ή με μετατόπιση των φορέων φορτίου μιας διακλάδωσης p-n (*charge regime of a p-n-junction*) ή σε μια ετερο-ένωση δύο υλικών (*hetero junction of the two materials*).

Μεταφορά των φορτίων (Conduction of the charges): Ο διαχωρισμός του φορτίου οδηγεί στη δημιουργία τάσης μεταξύ των δύο πλευρών ενός ηλιακού κυττάρου. Οι επαφές πρέπει να εφαρμοστούν για τη μεταφορά των φορτίων σε ένα εξωτερικό κύκλωμα. Αυτό δεν είναι πάντα εύκολο, καθώς οι επαφές πρέπει να έχουν πολύ *χαμηλή αντίσταση στην επαφή (low contact resistance)*, για να αποφευχθούν ηλεκτρικές απώλειες μέσα στη συσκευή. Είναι προφανές ότι τουλάχιστον μία από τις επαφές πρέπει να έχει υψηλή οπτική μετάδοση για να επιτρέψει στο φως να φθάσει στον απορροφητήρα μέσα στη συσκευή. Ένα από τα μέσα είναι η χρήση λεπτών αγωγών διοξειδίου του άνθρακα (TCO) ως διαφανών επαφών, η άλλη τεχνική είναι η χρήση μικρών μεταλλικών δακτύλων ("*πλέγμα*" *gride*) στην κορυφή του κυττάρου, που ανέχεται κάποια σκίαση (4 έως 7%).

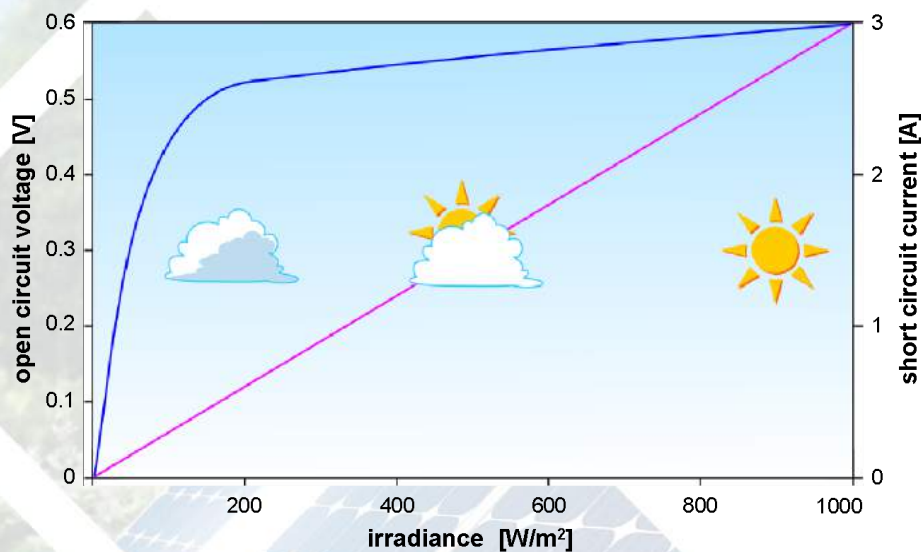
Το ηλιακό κύτταρο ως μια γεννήτρια ενέργειας

Δεδομένου ότι το ηλιακό κύτταρο προορίζεται να παράσχει την υψηλότερη δυνατή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας (σε ένα ορισμένο επίπεδο προσπίπτοντος φωτός), είναι χρήσιμο να αναλυθεί το χαρακτηριστικό I-V σε σχέση με την ισχύ που μπορεί να εξαχθεί. Εάν το σημείο λειτουργίας ενός ηλιακού στοιχείου μετατοπίζεται κατά μήκος της χαρακτηριστικής καμπύλης I-V (αλλάζοντας μια εξωτερική αντιστάθμιση φορτίου), η

ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στο εξωτερικό φορτίο μπορεί να βρεθεί πολλαπλασιάζοντας το ρεύμα με την τάση στο σημείο λειτουργίας. Αυτό έχει γίνει στο γράφημα στο Σχήμα 5. Η ισχύς που μπορεί να εξαχθεί περνάει από ένα μέγιστο σε ένα ορισμένο σημείο, το *Μέγιστο Σημείο Ισχύος (Maximum Power Point MPP)*. Χαρακτηρίζεται από το P_{MPP} , τη μέγιστη ισχύ, από το I_{MPP} , το ρεύμα στη μέγιστη ισχύ και από την V_{MPP} , την τάση στη μέγιστη ισχύ.



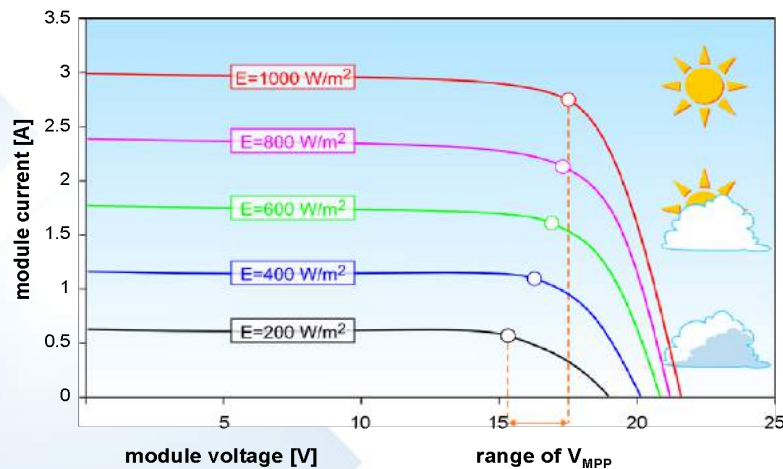
Εικόνα 5. Ενέργεια που παράγεται από ένα ηλιακό κελί ως συνάρτηση του σημείου λειτουργίας
 Πηγή: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.



Εικόνα 6. Εξάρτηση του V_{oc} και I_{sc} στην ένταση του φωτός
 Πηγή: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Όλες οι ηλεκτρικές παραμέτρους του ηλιακού κυττάρου εξαρτώνται από την ένταση και το φάσμα του φωτός, καθώς και από τη θερμοκρασία του ηλιακού κυττάρου. Η εξάρτηση του ρεύματος και της τάσης στο επίπεδο φωτισμού φαίνεται στο Σχήμα 6. Ενώ το ρεύμα του κυττάρου εξαρτάται γραμμικά από την ακτινοβολία, η τάση και το MPP δεν εξαρτώνται και επομένως η περιγραφή της συμπεριφοράς ενός κυττάρου κάτω από διαφορετικά επίπεδα φωτισμού είναι περίπλοκη.

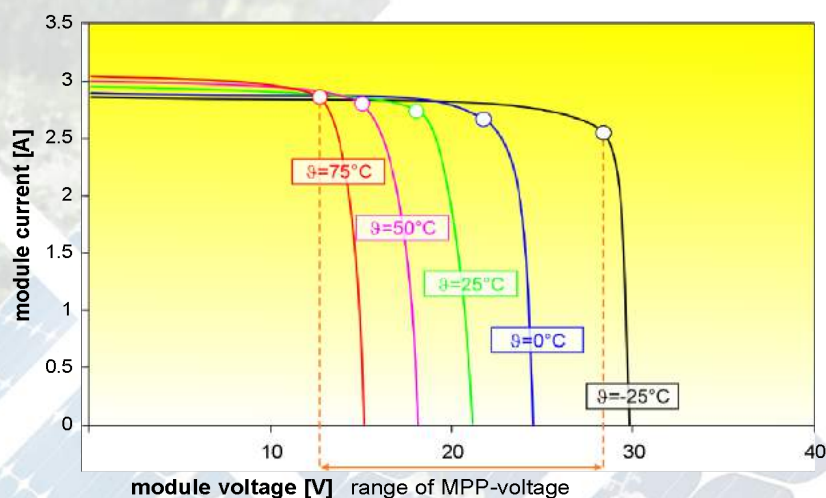
Για διαφορετικά επίπεδα ακτινοβολίας αλλά σταθερή θερμοκρασία κυττάρων, αυτό οδηγεί σε ένα σύνολο χαρακτηριστικών καμπυλών όπως φαίνεται στο σχήμα 7.



Εικόνα 7. I-V-curves των κρυσταλλικών μονάδων πυριτίου (crystalline silicon module) σε διαφορετικά επίπεδα ακτινοβολίας με σταθερή θερμοκρασία
 Πηγή: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Όπως φαίνεται, το ρεύμα του κυκλώματος (short circuit) είναι ευθέως ανάλογο με την αυξανόμενη ακτινοβολία και οι χαρακτηριστικές καμπύλες μετατοπίζονται παράλληλα. Η τάση ανοικτού κυκλώματος (open circuit voltage) αλλάζει ελάχιστα με την μεταβαλλόμενη ακτινοβολία. Ως αποτέλεσμα, το MPP-Τάση μετακινείται μέσα σε ένα μικρό εύρος.

Οι περισσότερες ιδιότητες των ημιαγωγών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την θερμοκρασία – επομένως, το ρεύμα του κυκλώματος, η τάση ανοικτού κυκλώματος καθώς και η μέγιστη ισχύς και το προσαρμοσμένο ρεύμα και τάση εξαρτώνται επίσης από τη θερμοκρασία. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης μιας ηλιακής γεννήτριας ή κατά την επιλογή μιας φωτοβολταϊκής μονάδας για τη φόρτιση της μπαταρίας σε ακραίες κλιματολογικές συνθήκες.



Εικόνα 8. I-V-curves των κρυσταλλικών μονάδων πυριτίου (crystalline silicon module) σε διαφορετικές θερμοκρασίες με σταθερή ακτινοβολία
 Πηγή: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Η αποτελεσματικότητα των ηλιακών κυττάρων και η μέτρηση τους

Η "αποδοτικότητα" (η) είναι η σημαντικότερη ιδιότητα ενός ηλιακού κυττάρου. Περιγράφει ποιο μέρος του προσπίπτοντος φωτός μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Ο ορισμός είναι εύκολος:

$$\eta = \text{παραγόμενη μέγιστη παραγόμενη ηλεκτρικής ενέργειας} / \text{προσπίπτοντος φωτός}.$$

Τρεις συνθήκες πρέπει να είναι γνωστές κατά τη μέτρηση των παραμέτρων ενός ηλιακού κυττάρου: θερμοκρασία, επίπεδο φωτισμού, φάσμα φωτός. Δεδομένου ότι η σύγκριση των ηλιακών κύτταρων πρέπει να είναι δυνατή σε όλο τον κόσμο, έχουν καθοριστεί πρότυπες συνθήκες δοκιμών (STC) οι οποίες γίνονται δεκτές από όλα τα ιδρύματα που χαρακτηρίζουν και πιστοποιούν ηλιακά κύτταρα. Αυτά τα STC είναι:

Θερμοκρασία:	25°C
Επίπεδο φωτισμού(Illumination level):	1.000 W/m ²
Φάσμα Φωτός(Light spectrum):	Air Mass AM1.5

Η μέγιστη ισχύ (σε MPP) κάτω από τις συνθήκες STC ονομάζεται *peak power*, και η μονάδα είναι *peak-Watt* (W_p).

Υλικά ηλιακών κυττάρων και οι τεχνολογίες τους

Πολλά υλικά ημιαγωγών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ηλιακών κυττάρων, τη βασική συσκευή παραγωγής φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα, βρίσκονται σε εξέλιξη πολλοί τύποι υλικών, δομές συσκευών και τεχνολογίες παραγωγής και θα πάρει αρκετό χρόνο μέχρι να παραμείνουν στην αγορά μερικές πιο κερδοφόρες εκδόσεις.

Για την αξιολόγηση των διαφόρων τεχνολογιών πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένα κριτήρια. Τα πιο σημαντικά είναι τα εξής:

- καλή διαθεσιμότητα των απαιτούμενων υλικών,
- αποδεκτή τιμή για τα υλικά,
- δυνατότητα για τεχνικές παραγωγής χαμηλού κόστους,
- σταθερότητα της συσκευής για δεκαετίες,
- Περιβαλλοντική συμβατότητα των προϊόντων και των τεχνικών παραγωγής.

4.3. Τύποι φωτοβολταϊκών κυττάρων και μονάδων

Για σχεδόν πέντε δεκαετίες οι άνθρωποι αναζητούν το βέλτιστο υλικό για ηλιακά κύτταρα. Έχουν ελεγχθεί εκατοντάδες υλικά, αλλά έχουν τελικά παραμείνει λίγες κατηγορίες υλικών, που παρουσιάζουν καλές φωτοηλεκτρικές ιδιότητες και ταυτόχρονα καλή παραγωγικότητα.

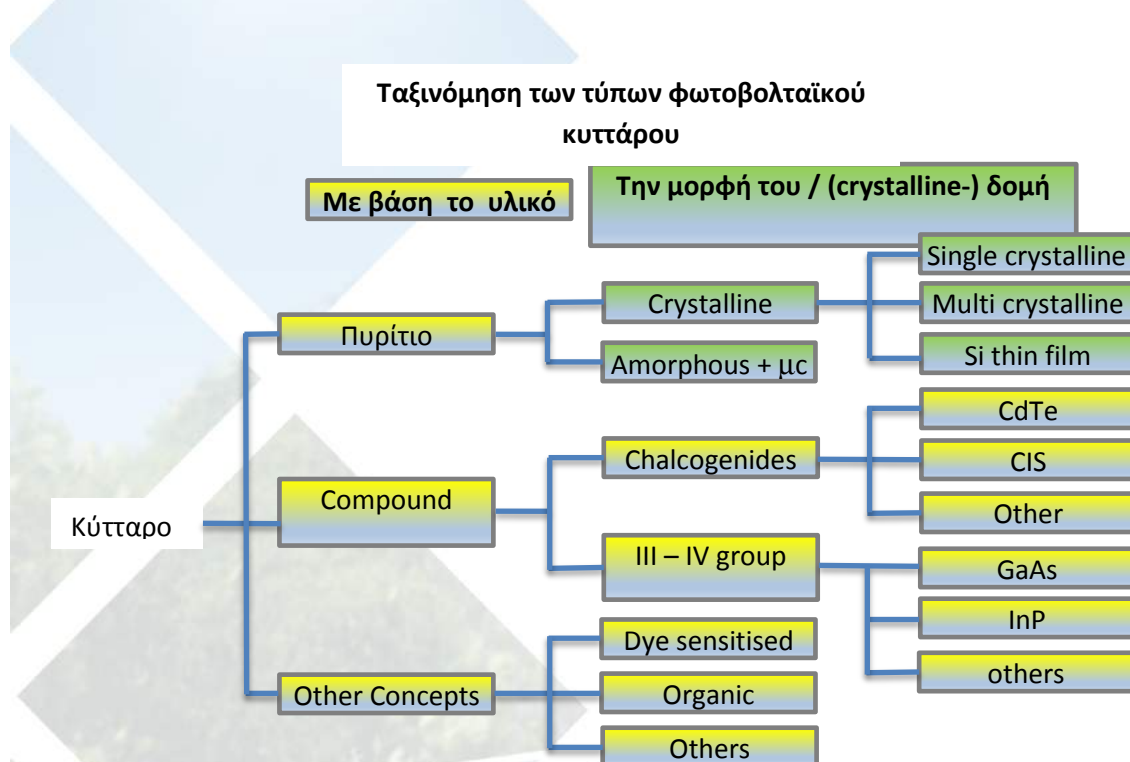
Κρυσταλλικά κύτταρα από πυρίτιο (Crystalline silicon cells)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το πυρίτιο παραμένει το σημαντικότερο υλικό για τα ηλιακά κύτταρα. Το πυρίτιο παράγεται σε τεράστιες ποσότητες για εφαρμογές στη

μεταλλουργία και σε μορφή υψηλής καθαρότητας αποτελεί τη βάση των περισσότερων ηλεκτρονικών και μικροηλεκτρονικών συσκευών.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

- καλά ανεπτυγμένες τεχνολογίες βασιζόμενες στην κοινή επεξεργασία ημιαγωγών,
- καλή απόδοση που επιτυγχάνεται στην παραγωγή,
- εξαιρετικές αποτελεσματικότητες άνω του 24% που λαμβάνονται στο εργαστήριο,
- πολύ σταθερή απόδοση,
- απεριόριστη πηγή πρώτης ύλης,
- καλή περιβαλλοντική συμβατότητα,
- λόγω του χαμηλού συντελεστή απορρόφησης απαιτούνται αρκετά πυκνά στρώματα ($> 100 \mu\text{m}$) για καλή απόδοση. Η απαίτηση μεγάλων ποσοτήτων δαπανηρού πυριτίου υψηλής καθαρότητας είναι ο βασικός παράγοντας κόστους.



Εικόνα 1. Υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ηλιακών κυττάρων

Πηγή: S.M. Pietruszko (red.): *Projektowanie i instalacja systemów fotowoltaicznych. Przewodnik dla instalatorów*. Warszawa, 2016.

Μονοκρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα από πυρίτιο (Monocrystalline silicon solar cells)

Οι κυκλικοί κρύσταλλοι πυριτίου αναπτύσσονται με την τεχνική Czochralski (Cz-Si) από το τήγμα ξεκινώντας από ένα μικρό κρύσταλλο και τραβώντας τον αναπτυσσόμενο κρύσταλλο υπό περιστροφή από την επιφάνεια του τήγματος. Η βιομηχανία είναι σε θέση να παραδώσει κρυστάλλους διαμέτρου μέχρι 30 cm και μήκους μεγαλύτερου του ενός μέτρου. Ο στρογγυλός κρύσταλλος κόβεται σε τετράγωνη ράβδος και στη συνέχεια κόβεται με πριόνια πολλαπλών συρμάτων σε δίσκους με πάχος περίπου 0,3 mm.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

- Οι μονοκρυστάλλοι έχουν εξαιρετικές ιδιότητες αλλά είναι σχετικά ακριβοί,
- καλή απόδοση που επιτυγχάνεται στην παραγωγή (14-17,5%).

Πολυκρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα με πυρίτιο (Multicrystalline Silicon Solar Cells)

Εάν ένα τήγμα πυριτίου σε ένα χωνευτήριο ψυχθεί, το πυρίτιο στερεοποιείται και δημιουργείται ένα χονδροειδής κόκκος ο οποίος ονομάζεται "πολυκρυσταλλική" (mc-Si) η οποία σημαίνει πολυκρυσταλλική με μεγάλους κόκκους στην περιοχή mm προς cm.

Οι τεχνολογίες για την κατασκευή ηλιακών κυττάρων είναι αρκετά παρόμοιες με εκείνες που εφαρμόζονται στα μονοκρυσταλλικές, αλλά λόγω της ελαφρώς κατώτερης ποιότητας υλικών οι αποδοτικότητες των κυττάρων που επιτυγχάνονται είναι μικρότερες. Δεδομένου ότι τα πλακίδια mc-Si είναι φθηνότερα από αυτά των μονοκρυστάλλων, η τεχνολογία mc-Si έχει καταστεί η κυρίαρχη τεχνική στη βιομηχανία.

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα:

- χαμηλότερο κόστος για την παραγωγή πλακιδίων mc-Si από ό, τι με το μονοκρυσταλλικό Si,
- Λόγω της χαμηλής ποιότητας που επιτυγχάνεται η απόδοση των κυττάρων είναι κατά 1 έως 2 ποσοστιαίες μονάδες χαμηλότερη από εκείνη των κυττάρων mono-Si,
- Όλα τα βήματα της διαδικασίας μπορούν εύκολα να κλιμακωθούν.

Άμορφο ηλιακό κύτταρο πυριτίου (Amorphous silicon cell)

Το άμορφο ηλιακό κύτταρο πυριτίου (a-Si) βρίσκεται υπό ανάπτυξη από τις αρχές της δεκαετίας του 1980. Το ηλιακό κύτταρο a-Si έχει τη γοητεία του, καθώς υπόσχεται να συνδυάσει το γνωστό πυρίτιο με ένα πολύ φθηνό υπόστρωμα χρησιμοποιώντας τεχνικές εναπόθεσης μεγάλων περιοχών. Παρά τις μεγάλες αναπτυξιακές προσπάθειες και τις μεγάλες επενδύσεις, τα αποτελέσματα εξακολουθούν να είναι περιορισμένα όσον αφορά την ποιότητα των προϊόντων και το κόστος κατασκευής.

Δομή και κατασκευή

Το άμορφο πυρίτιο παρασκευάζεται με απόθεση πλάσματος από λεπτά στρώματα από σιλάνιο (SiH_4). Το φτηνό γυαλί σόδας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα επειδή η απόθεση πραγματοποιείται σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας πλάσματος ενσωματώνεται υψηλή ποσότητα υδρογόνου και αυτό το υδρογόνο είναι απαραίτητο για την ηλεκτρική αντιστάθμιση των ελαττωμάτων, βελτιώνοντας έτσι σημαντικά την ποιότητα των υλικών.

Πολύ λεπτές στρώσεις στην περιοχή από ένα έως δύο μm είναι επαρκείς αφού το a-Si έχει υψηλό συντελεστή απορρόφησης. Η αγωγιμότητα των καθαρών στρωμάτων είναι εγγενής (τύπου i), αλλά μπορεί να προσδένεται με p- και n-τύπου με προσθήκη ενώσεων βορίου ή φωσφόρου, αντίστοιχα, στο αέριο του αντιδραστήρα.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

- Εύκολη εναπόθεση σε μεγάλο χώρο μάλλον,
- πολύ λίγα υλικά που χρειάζονται καθώς ένα στρώμα με πάχος 1 μm είναι επαρκές,
- ενσωμάτωση σειράς με διαχωρισμό των κυττάρων και δομημένη επαφή καλά ανεπτυγμένη,

- στην απόδοση είναι πάντοτε κάτω από το 10%, η αποδοτικότητα υποβαθμίζεται υπό φωτισμό και οι σταθεροποιημένες αποδοτικότητες των στοιχείων είναι κατά κύριο λόγο περίπου 6 έως 8% για τα κύτταρα πολλαπλών συνδέσμων (multijunction cells) και κάτω από 6% για τα κύτταρα μονής ζεύξης (monojunction cells),
- πολυλειτουργικό κύτταρο δείχνει καλύτερη απόδοση και καλύτερη σταθερότητα, αλλά το κόστος παραγωγής είναι σαφώς υψηλότερο.

Το τρέχον μερίδιο στην αγορά των τεχνολογιών

Το κρυσταλλικό πυρίτιο στις τρεις ποικιλίες Cz-Si (mono-Si), multi-Si και ribbon κυριαρχεί στην αγορά με μερίδιο άνω του 92%. Στην κατηγορία αυτή, το μερίδιο του πολυκρυσταλλικού πυριτίου αυξάνεται σταθερά σε βάρος του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Το τμήμα των φύλλων Si (ribbons) παραμένει μικρό. Για πολλά χρόνια, το τμήμα των κυττάρων λεπτής μεμβράνης, ως επί το πλείστον άμορφου πυριτίου, μειώνεται. Τα κύτταρα CdTe και CIS παίζουν δευτερεύοντα ρόλο, που είναι πολύ κάτω από το 1% της συνολικής αγοράς.

Εμπορικά προϊόντα και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους

Το βασικό προϊόν στην αγορά φωτοβολταϊκών είναι η μονάδα (module) που περιέχει ηλιακά κύτταρα διασυνδεδεμένα ώστε να παρέχουν χρήσιμη ηλεκτρική ισχύ και να είναι ενθυλακωμένα για να τα προστατεύουν από το περιβάλλον.

Οι περισσότεροι παραγωγοί ηλιακών κυττάρων κατασκευάζουν επίσης μονάδες και χρησιμοποιούν τα δικά τους ηλιακά κύτταρα. Μόνο μέρος της παραγωγής ηλιακών κυττάρων βρίσκεται στην αγορά και ανεξάρτητοι κατασκευαστές μονάδων χρησιμοποιούν αυτή την πηγή για τα προϊόντα τους. Μερικές φορές, οι παραγωγοί μονάδων δυσκολεύονται να βρουν μια ασφαλή πηγή ηλιακών κυττάρων για το σκοπό τους.

Πολλά ημιαγώγιμα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλιακών κυττάρων, που αποτελούν βασικά στοιχεία που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκής μετατροπής. Τώρα, προσπαθούν να αναπτύξουν πολλούς τύπους υλικών, δομή κυττάρων ή τεχνολογίες παραγωγής και θα πρέπει να περάσει κάποιο χρονικό διάστημα ώσπου πλέον συμφέρουσες από αυτές να παραμείνουν μόνιμα στην αγορά.

Προκειμένου να συγκριθούν διάφορες τεχνολογίες, θα πρέπει να εξεταστούν διάφορα κριτήρια. Τα πιο σημαντικά από αυτά περιλαμβάνουν:

- δυνατότητα απόκτησης υψηλής απόδοσης,
- Προσβασιμότητα των εφαρμοζόμενων υλικών,
- αποδεκτό κόστος υλικών,
- την πιθανή εφαρμογή φθηνών τεχνικών στη διαδικασία μαζικής παραγωγής,
- Πολυετή (μετρημένες σε δεκαετίες) σταθερότητα των στοιχείων,
- συμβατότητα των προϊόντων και των τεχνολογιών παραγωγής τους με περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Μονάδες Φωτοβολταϊκών (PV modules) και Γεννήτριες Φωτοβολταϊκών (PV generators)

Ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, ένα μόνο ηλιακό κύτταρο παράγει μια τάση MPP περίπου από 0,5 έως 2 V. Συνεπώς, τα ηλεκτρικά φορτία σπάνια μπορούν να λειτουργούν απευθείας σε αυτή τη χαμηλή τάση, εκτός εάν πρόκειται για μικρές συσκευές ή παιχνίδια. Γενικά, απαιτείται υψηλότερη τάση. Η τάση αυτή μπορεί να παραχθεί με τη διάταξη πολλαπλών κυττάρων σε σειρά, όπως γίνεται με τις μπαταρίες. Για να εξασφαλιστεί η επιθυμητή ισχύς της ηλιακής γεννήτριας, μπορούν να συνδεθούν παράλληλα πολλές

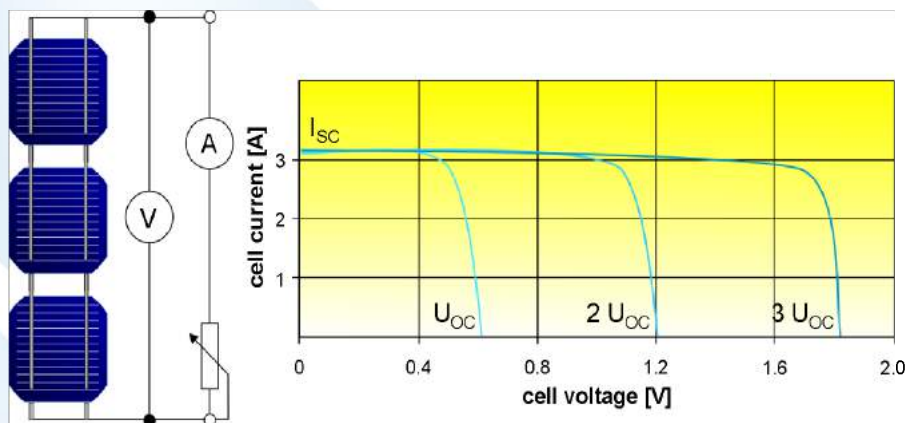
μονάδες ή χορδές, αυξάνοντας έτσι το ρεύμα. Αυτή η αρθρωτή διασύνδεση (modular interconnection) επιτρέπει τη σχεδίαση φωτοβολταϊκών γεννητριών με απόδοση από miliwatts έως megawatts – όλα με την ίδια βασική τεχνολογία.

Ένωση σειρών

Χαρακτηριστικό Ρεύματος-Τάσης

Τα ηλιακά κύτταρα και οι ηλιακές μονάδες συνδέονται σε σειρά για να παράγουν μεγαλύτερες συνολικές τάσεις.

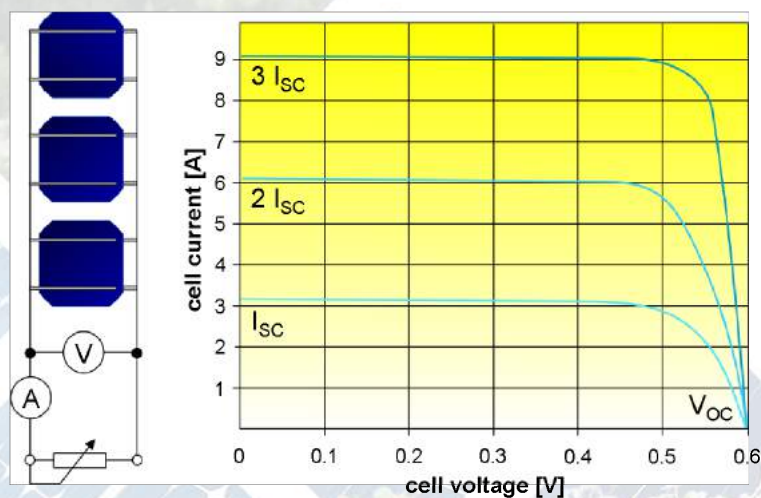
Σε μια σύνδεση σειράς (series connection), το ρεύμα είναι το ίδιο σε όλα τα κύτταρα έτσι ώστε η συνολική τάση – όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 για τρία παρόμοια κύτταρα – να είναι το αποτέλεσμα του αθροίσματος των ατομικών τάσεων.



Εικόνα 2. Σύνδεση σε σειράς τριών παρόμοιων ηλιακών κυττάρων και το διάγραμμα Ρεύμα-Τάσης (I-V) d
Πηγή: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

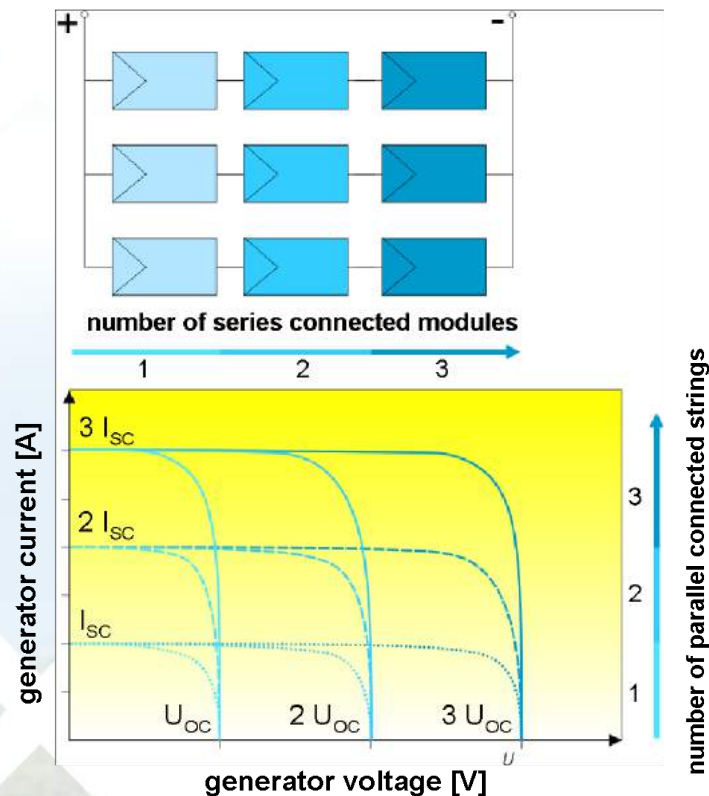
Παράλληλη σύνδεση

Εάν το σύστημα πρέπει να παράγει μεγαλύτερα ρεύματα, οι μονάδες ή οι χορδές μπορούν να συνδεθούν παράλληλα όπως φαίνεται στο σχήμα 3. Σε παράλληλες συνδέσεις, όλα τα κύτταρα έχουν την ίδια τάση και το συνολικό ρεύμα είναι το αποτέλεσμα όλων των ατομικών ρευμάτων.



Εικόνα 3. Παράλληλη σύνδεση τριών παρόμοιων ηλιακών κυττάρων και το διάγραμμα Ρεύμα -Τάσης
Πηγή: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Το διάγραμμα των συρμάτων και οι προκύπτουσες χαρακτηριστικές καμπύλες Τάσης-Ρεύματος για μια ηλιακή γεννήτρια με αρκετές ηλιακές μονάδες συνδεδεμένες σε σειρά και παράλληλα φαίνονται στο σχήμα 4.



Εικόνα 4. Μονάδες συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα και τα χαρακτηριστικά Ρεύματος - Τάσης
 Πηγή: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

4.4. Τύποι Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα πρέπει να παρέχουν καθαρή ενέργεια για μικρούς και μεγάλους καταναλωτές. Σε όλο τον κόσμο, πολλά φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν ήδη, παράγοντας ενέργεια για κατοικίες κατοικιών, ακίνητα, γραφεία και δημόσια κτίρια. Σήμερα, οι πλήρως λειτουργικές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις λειτουργούν τόσο σε κατοικημένες περιοχές όσο και σε περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι δύσκολη ή όπου δεν υπάρχει ενεργειακή υποδομή.

Μεταξύ των φωτοβολταϊκών συστημάτων, μπορεί κανείς να διακρίνει τα ενδοχωρικά συστήματα (islanding systems) που συνεργάζονται με το δίκτυο ή τα υβριδικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων άλλων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας, εκτός από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Τα ενδοχωρικά συστήματα αποτελούνται συνήθως από τρία βασικά στοιχεία. Περιέχουν τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια, την αποθήκευση ενέργειας (συνήθως μπαταρία) και τον ελεγκτή φόρτισης. Είναι μια βασική διαμόρφωση για δέκτες που τροφοδοτούνται με τάση DC.

Εάν είναι απαραίτητη η τροφοδοσία του δέκτη με τάση εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), πρέπει να εγκατασταθεί ένας ενδοχωρικός φωτοβολταϊκός μετατροπέας. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι τα πιο δημοφιλή. Τα συστήματα χαρακτηρίζονται από απλή κατασκευή, που περιλαμβάνει δύο βασικά στοιχεία: φωτοβολταϊκή γεννήτρια και φωτοβολταϊκό μετατροπέα δικτύου. Ανάλογα με την απόδοση εγκατάστασης, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να πωλείται εξ ολοκλήρου ή ένα μέρος της παραγόμενης ενέργειας μπορεί να καταναλώνεται για δικές της ανάγκες.

Εμφανίζονται νέες δομικές λύσεις για φωτοβολταϊκούς μετατροπείς χάρη στους προηγμένους αλγόριθμους ρύθμισης της ροής ενέργειας. Αυτές οι συσκευές προορίζονται κυρίως να χρησιμοποιηθούν σε μικροεγκαταστάσεις.

Οι διαρθρώσεις των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν πρόσθετες πηγές ενέργειας, όπως αιολικά πάρκα, κυψέλες καυσίμου ή γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας. Ο τύπος εγκατάστασης εξαρτάται κυρίως από τις ανάγκες του επενδυτή. Η γνώση πολλών επιλογών διαμόρφωσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς και η λεπτομερής συζήτηση σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα συγκεκριμένων περιπτώσεων, αποτελούν τις βασικές γνώσεις σχετικά με τις επιλογές χρήσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων και το σχετικό σχεδιασμό του φωτοβολταϊκού συστήματος που ανταποκρίνεται στις προσδοκίες του επενδυτή.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ON-GRID και OFF-GRID συστημάτων

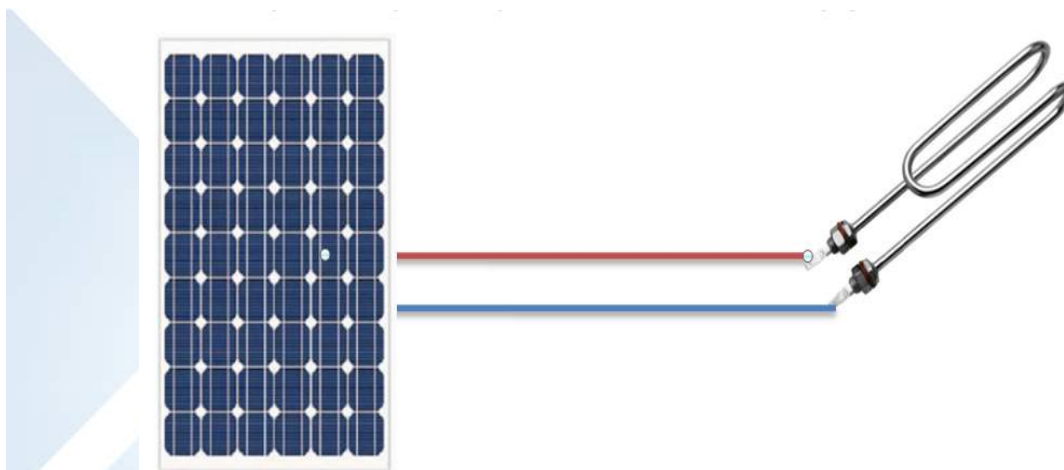
Τα συστήματα που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο – ON-GRID – (συνδεδεμένα στο δίκτυο) χρησιμοποιούν φωτοβολταϊκή ισχύ λόγω οικονομικής κερδοφορίας, ασφάλειας ισχύος ή οικολογίας. Μπορεί να γίνει άλλη διαφοροποίηση μεταξύ των ατόμων (καταναλωτών) και των βιομηχανικών χρηστών.

Συστήματα που συνδέονται με το δίκτυο τροφοδοτούν ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο, εισάγοντάς το στο δίκτυο μέσω του μετατροπέα. Αυτά μπορεί να έχουν συστήματα ισχύος που φθάνουν αρκετές kW, εγκατεστημένα συνήθως στις στέγες των κτιρίων, δημιουργώντας διασκορπισμένα ενεργειακά συστήματα ή κεντρικά συστήματα ισχύος που ανέρχονται σε MW. Σε αυτά τα συστήματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στοιχεία των υπαρχόντων κτιρίων, όπως οροφές, προσόψεις και φράγματα θορύβου (noise barrier), δρόμοι, ή ειδικές ε δομές πλαισίων που βρίσκονται σε ανοικτό χώρο για τη συναρμολόγηση της φωτοβολταϊκής μονάδας.

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα **εκτός δικτύου (OFF-GRID)** χρησιμοποιούνται σε χώρους όπου είναι αδύνατο να συνδεθούν με το δίκτυο (ή όπου το τράβηγμα δικτύου είναι ακριβότερο από τη ρύθμιση του φωτοβολταϊκού συστήματος), π.χ. σε αγροτικές περιοχές ή σε χώρες με που έχουν φτωχά ανεπτυγμένη ενεργειακή υποδομή. Όταν τα συστήματα αυτά έχουν μεγάλες ισχύεις, χρησιμοποιούνται οι όροι όπως τα **αυτόνομα συστήματα και microgrid**.

Φωτοβολταϊκά συστήματα που προμηθεύουν απευθείας το ηλεκτρικό φορτίο

Αυτά είναι τα απλούστερα συστήματα που είναι εξοπλισμένα με φωτοβολταϊκά πάνελ και ηλεκτρικό φορτίο που επιτρέπει τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας μόνο όταν ο ήλιος λάμπει.

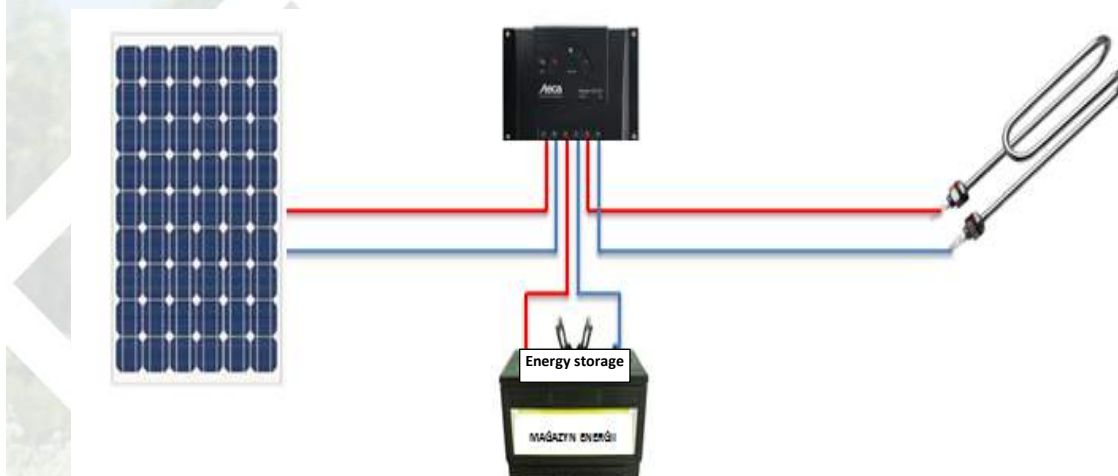


Εικόνα 1. Παράδειγμα ενός συστήματος που προμηθεύει απευθείας ηλεκτρικό φορτίο

Πηγή: αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς

Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα με αποθήκευση ενέργειας με δέκτες DC

Το σύστημα είναι επιπρόσθετα εξοπλισμένο με ελεγκτή φορτίου (charge controller) και ηλεκτροχημικές μπαταρίες που επιτρέπουν την αποθήκευση πλεονασμάτων ηλεκτρικής ενέργειας και τη χρήση τους σε διαφορετικό χρόνο όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι ανεπαρκής για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας ή όταν δεν υπάρχει καθόλου ακτινοβολία.

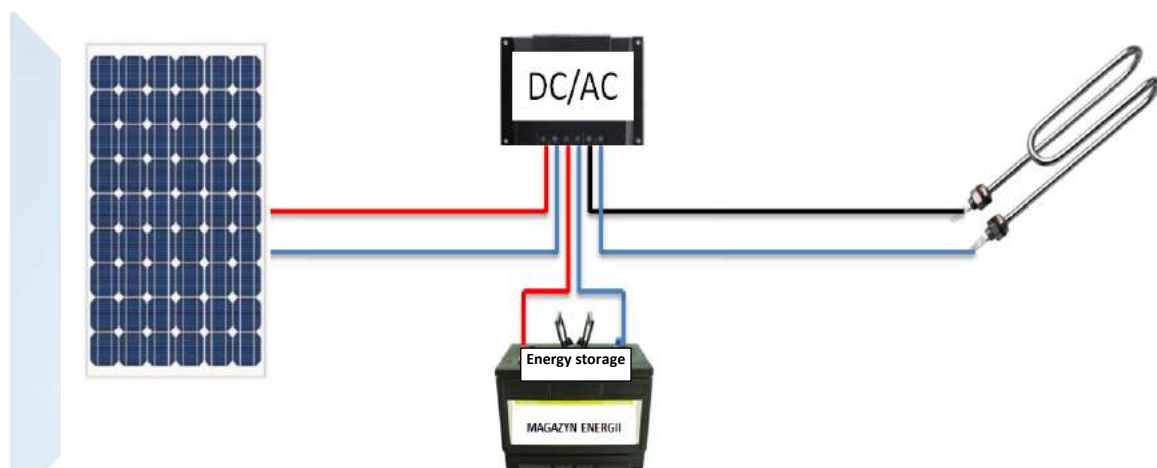


Εικόνα 2. Παράδειγμα αυτόνομου συστήματος με αποθήκευση ενεργείας με δέκτες DC

Πηγή: αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς

Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα με αποθήκευση ενέργειας με δέκτες Συνεχούς Ρεύματος (AC receiver)

Το σύστημα είναι εξοπλισμένο με τον μετατροπέα συνεχούς ρεύματος / εναλλασσόμενου ρεύματος (DC/AC Receiver) που επιτρέπει την τροφοδοσία δεκτών AC, αλλά όχι απαραίτητα συνδεδεμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο. Επιτρέπει την τροφοδοσία εγκαταστάσεων AC όπως από το κλασικό ηλεκτρικό δίκτυο.

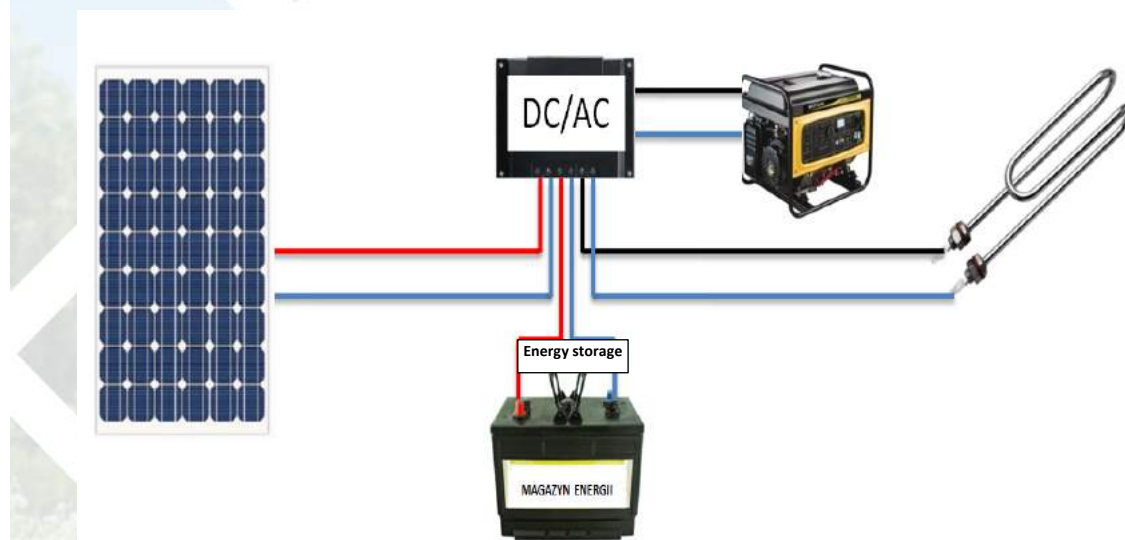


Εικόνα 3. Παράδειγμα αυτόνομου συστήματος με αποθήκευση ενέργειας

Πηγή: αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς

Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα με ισχύ σε αναμονή

Εάν είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί η συνέχεια της ισχύος σε αυτόνομα συστήματα όπου δεν υπάρχει πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο, η λύση είναι να εφαρμοστεί μια γεννήτρια κινητήρας ως πηγή ενέργειας που θα είναι σε αναμονή, προκειμένου να παραχθεί ενέργεια όταν η παραγωγή από φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ανεπαρκής.

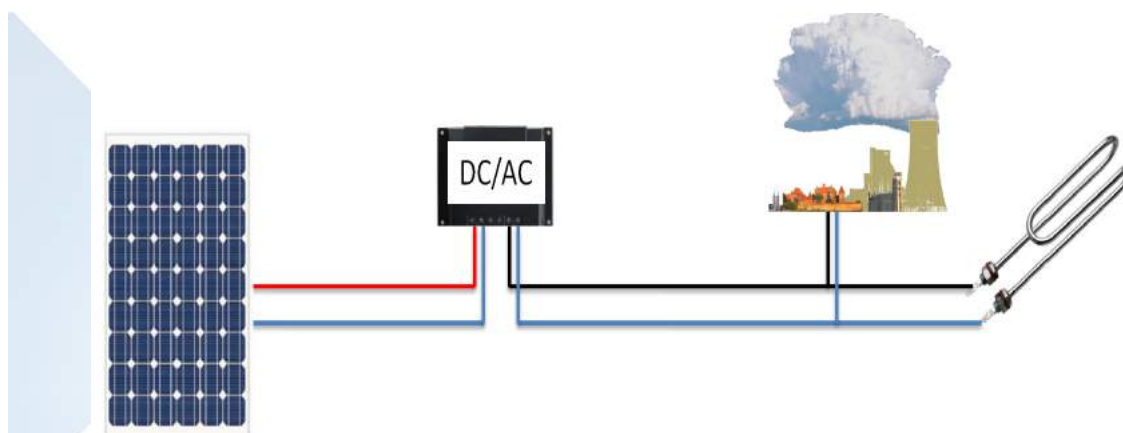


Εικόνα 4. Παράδειγμα αυτόνομου συστήματος με αποθήκευση ενέργειας και ισχύ σε αναμονή

Πηγή: αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς

Φωτοβολταϊκά συστήματα συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο

Το σύστημα είναι επιπρόσθετα εξοπλισμένο με τον μετατροπέα συνεχούς ρεύματος / εναλλασσόμενου ρεύματος που επιτρέπει την τροφοδοσία των δεκτών AC, συνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο. Επιτρέπει την τροφοδοσία των δεκτών AC από το συγχρονισμένο ηλεκτρικό δίκτυο και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και δίνει την ενέργεια που παράγεται σε αυτή την εγκατάσταση στο ηλεκτρικό δίκτυο.



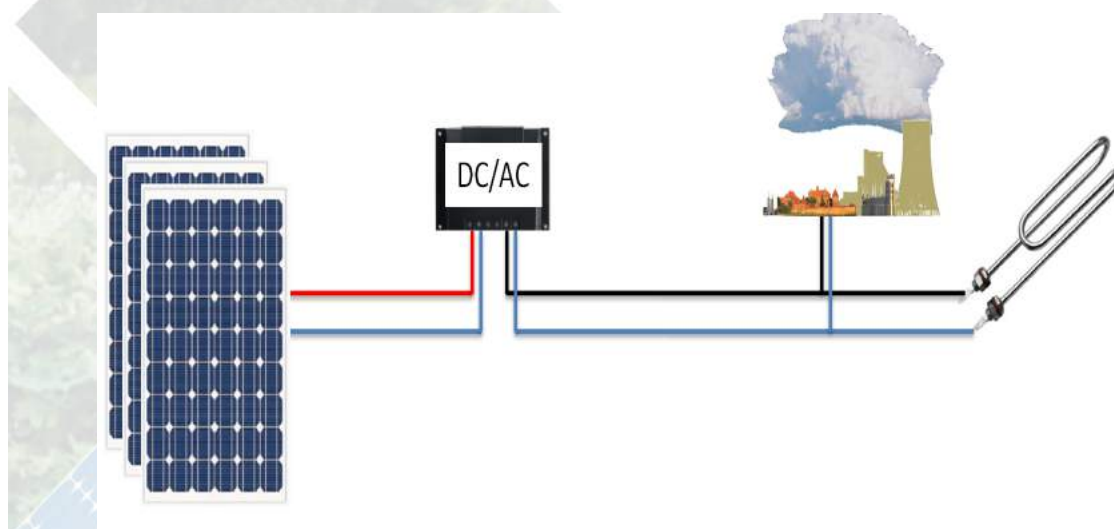
Εικόνα 5. Παράδειγμα συστήματος AC που είναι συνδεδεμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο
Πηγή: αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς

Φωτοβολταϊκά συστήματα για μη ικανοποίηση δικών τους αναγκών– συνολικές πωλήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Τα συστήματα που παρέχουν όλη την παραγόμενη ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο αποτελούν ένα ειδικό παράδειγμα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Αυτή είναι μία από τις απλούστερες λύσεις της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται όταν ο επενδυτικός σκοπός της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι οι πωλήσεις ολόκληρης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Φωτοβολταϊκά συστήματα για μερική ικανοποίηση δικών τους αναγκών

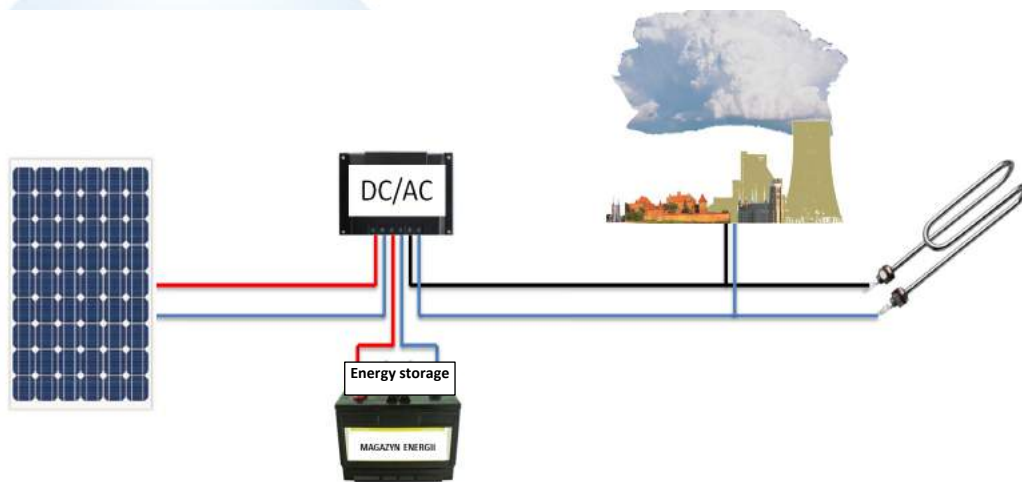
Η λύση που παρουσιάζεται εδώ επιτρέπει τη χρήση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε φωτοβολταϊκά συστήματα για μερική ικανοποίηση των δικών του ανάγκες. Το υπόλοιπο μέρος της ενέργειας τροφοδοτείται από το ηλεκτρικό δίκτυο. Χάρη σε μια τέτοια λύση, ο καταναλωτής μπορεί να μειώσει τους λογαριασμούς ενέργειας μέσω της χρήσης της παραγωγής από το φωτοβολταϊκό σύστημα για δικές του ανάγκες.



Εικόνα 6. Παράδειγμα συστήματος AC s που είναι συνδεδεμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο για να ικανοποιεί εν μέρει τις δικές του ανάγκες (περισσότερες μονάδες)
Πηγή: αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς

Αποθήκευση ενέργειας σε συστήματα ενωμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο

Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με τη χρήση μπαταριών. Υπάρχουν πολλοί τύποι μπαταριών, ξεκινώντας από το οξύ, το τζελ, μέσω του νικελίου, στις μπαταρίες λιθίου. Κάθε τεχνολογία χαρακτηρίζεται με τη διάρκεια ζωής της, υπολογιζόμενη σε χρόνια, τον αριθμό των κύκλων φόρτισης και εκκένωσης, το βάθος εκφόρτισης, το μέγιστο ρεύμα κλπ. Η επιλογή μιας καλής μπαταρίας θα πρέπει να προηγείται με ανάλυση των παραπάνω παραμέτρων σε σχέση με τον προγραμματισμένο σκοπό της μπαταρίας. Επί του παρόντος, η παγκόσμια αγορά προσφέρει ένα ευρύ φάσμα ενεργειακών αποθηκών οποιουδήποτε μεγέθους. Η τεχνολογία ιόντων λιθίου (lithium-ion technology), η οποία εξασφαλίζει την ασφαλή και χωρίς συντήρηση λειτουργία της αποθήκευσης με μεγάλο αριθμό κύκλων που φθάνουν μέχρι και 15.000 κύκλους, είναι η κυρίαρχη τεχνολογία.



Εικόνα 7. Παραδείγματα συστημάτων AC συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο με αποθήκευσης ενέργειας
Πηγή: αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς

Υβριδικά συστήματα με φωτοβολταϊκή πηγή

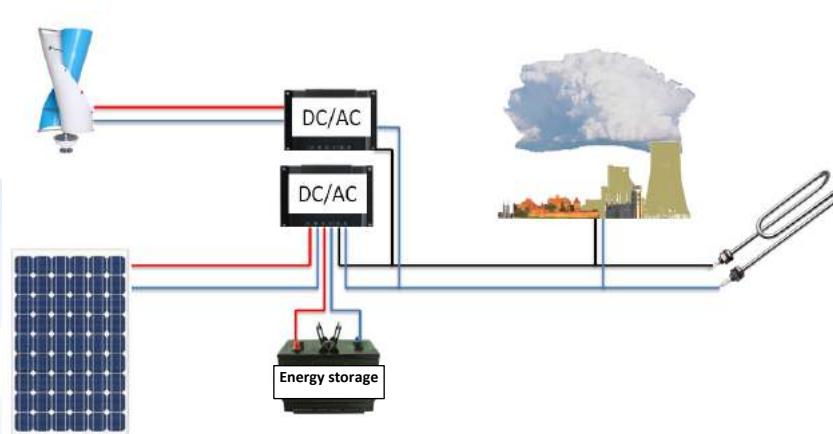
Τα υβριδικά συστήματα με την φωτοβολταϊκή πηγή επιτρέπουν πολλές παραλλαγές χρήσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις, η ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί:

- Τροφοδοτήσει με ενέργεια στον δέκτη απευθείας,
- Τροφοδοτήσει την αποθήκευση ενέργειας,
- Τροφοδοτήσει τον δέκτη και στην συνέχεια να δώσει στο δίκτυο,
- Δώσει στο δίκτυο,
- Ενεργοποιήσει τον δέκτη, ενεργοποιήσει την αποθήκευση και δώσει στο δίκτυο

Συνεργασία των ανεμογεννητριών με την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

Προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της απόκτησης ενέργειας από ΑΠΕ, μπορούν να κατασκευαστούν συστήματα που είναι ενσωματωμένα στην ανεμογεννήτρια. Μια τέτοια εγκατάσταση απαιτεί τη χρήση μετατροπέα, ο οποίος, εκτός από την πιθανή συνεργασία με τις φωτοβολταϊκές μονάδες, μπορεί να συνεργαστεί με την ανεμογεννήτρια. Εάν δεν υπάρχει τέτοιος μετατροπέας, η λύση είναι η εφαρμογή δύο χωριστών μετατροπέων (ένα στο φωτοβολταϊκό σύστημα και το δεύτερο στο σύστημα του ανέμου) με έναν επιπλέον οδηγό που ενώνει τη λειτουργία αυτών των δύο πηγών.

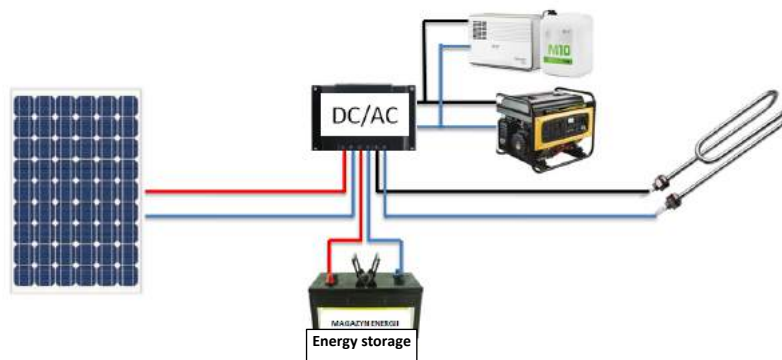


Εικόνα 8. Παράδειγμα του υβριδικού συστήματος AC που είναι συνδεδεμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο, με αποθήκευση ενέργειας και ανεμογεννήτρια.

Πηγή: αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς

Συνεργασία μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και κυψελών καυσίμου (fuel cells) με την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

Μια τέτοια εγκατάσταση που επιτρέπει τη συνεργασία με τη μονάδα παραγωγής ενέργειας και την κυψέλη καυσίμου (fuel cell) αποτελεί έναν ειδικό τύπο της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Σε μια τέτοια περίπτωση, είναι απαραίτητο να εγκατασταθεί ένας ειδικός οδηγός (Driver) για τη διαχείριση της ροής ενέργειας μεταξύ αυτών των ενεργών στοιχείων του δικτύου προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η χρήση ενέργειας και η αλλαγή των στοιχείων του προκειμένου να παρασχεθεί στον καταναλωτή ο συνεχής εφοδιασμός με ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 9. Παράδειγμα του συστήματος AC που είναι συνδεδεμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο με κελί καυσίμου, με αποθήκευση ενέργειας και ανεμογεννήτρια.

Πηγή: αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς

Δομικές Λύσεις για συστήματα ενσωματωμένα σε ένα κτήριο

Σε ανεπτυγμένες περιοχές, μπορεί να εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά συστήματα στο ανώτερο τμήμα της οροφής (κτίριο προσαρμοσμένο σε φωτοβολταϊκά συστήματα – BAPV) ή να ενσωματωθούν στο ανυψωτικό κτίριο ή στην οροφή (γνωστά ως φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματωμένα στο κτίριο – BIPV). Τα σύγχρονα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν περιορίζονται σε τετράγωνα και επίπεδα πλαίσια. Πρέπει να είναι καμπύλες, εύκαμπτες και ενσωματωμένες στη δομή του κτιρίου. Οι πρωτοποριακοί αρχιτέκτονες και μηχανικοί προτείνουν στα σχέδια τους νέες μεθόδους ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών και δημιουργούν κτίρια που είναι δυναμικά, όμορφα και εξασφαλίζουν την ελεύθερη και

καθαρή ενέργεια κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις εφαρμοσμένες σε κτήρια (*Building Applied Photovoltaics, BAPV*) και οι ενσωματωμένες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (*Buidling Intergrated Photovoltaics, BIPV*) αποτελούν φωτοβολταϊκά συστήματα, στα οποία οι μονάδες τοποθετούνται σε κτίρια προκειμένου να λειτουργούν ως κύρια ή βοηθητική πηγή ενέργειας. Αυτές οι λύσεις είναι πολύ οικονομικές, επειδή δεν απαιτούν πρόσθετη επιφάνεια, απλώς χρησιμοποιούν τις ήδη υπάρχουσες, συχνά μη χρησιμοποιούμενες επιφάνειες, όπως στέγες ή προσόψεις. Τα συστήματα BAPV είναι εγκαταστάσεις συναρμολογημένες σε υπάρχοντα στοιχεία του κτιρίου, όπως στέγες, φεγγίτες, προσόψεις, μπαλκόνια, καταφύγια κλπ. Το σύστημα BIPV αποτελείται από φωτοβολταϊκά στοιχεία που αντικαθιστούν τα τυποποιημένα οικοδομικά υλικά και αποτελούν μέρος του κτιρίου. Αυτά μπορεί να είναι π.χ. κυψελωτά κεραμίδια, πλακίδια επένδυσης, υαλοπίνακες κλπ. Τέτοιες επιφάνειες όπως στέγες, προσόψεις, φεγγίτες κ.λπ., μπορούν να κατασκευαστούν από αυτά. Εγκαθίστανται συνήθως σε νέα κτίρια, αλλά μπορούν επίσης να συναρμολογηθούν σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, π.χ. κατά την ανακαίνιση. Το πλεονέκτημα του συστήματος BIPV είναι ότι μέρος του κόστους ενός τέτοιου συστήματος καλύπτεται από τα υλικά που αντικαθίστανται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Αυτά είναι συχνά και πολύ καλά στην εμφάνιση τους.



Εικόνα 10. Ενσωματωμένες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (Building-Integrated Photovoltaics BIPV)
Πηγή: <http://www.wfosigw.lodz.pl> [πρόσβαση: 10 Μαΐου 2018]

Συστήματα που δεν ενσωματώνονται στα κτίρια

Πρόκειται για συστήματα που κατασκευάζονται απευθείας στο έδαφος ως ελεύθερες εγκαταστάσεις (*free-standing installations*). Παρέχουν τη δυνατότητα στους επενδυτές να κατασκευάσουν φωτοβολταϊκά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που εκπέμπουν σε αρκετές εκατοντάδες MWp.

Επιπλέον, δεν αποκλείει την κατασκευή μικρών (οικιακών) ή μεσαίων βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Τα συστήματα αυτά κατασκευάζονται σε ειδικά σχεδιασμένα συστήματα συναρμολόγησης, τα οποία, ανάλογα με την κλιματική ζώνη, τη βάση ή άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες, μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους.



Εικόνα 11. Σύστημα ελεύθερης εγκατάστασης (Free-standing system)

Πηγή: <http://tarnow.naszemiasto.pl/tag/farma-sloneczna-wierzchoslawice.html> [πρόσβαση: 10 Μαΐου 2018]

4.5. Στοιχεία και συσκευές της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών

Η πολυμορφία των διαμορφώσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων αναγκάζει την εφαρμογή διαφόρων τύπων υποσυνόλων τοποθετημένων σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια πρέπει να προσαρμόζεται στις παραμέτρους που απαιτούνται από τη συσκευή λήψης (receiving device), ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να αποθηκεύεται και να διατίθεται εκτός του χρόνου εργασίας της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Η συζήτηση για συγκεκριμένα στοιχεία εγκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνει λεπτομερή περιγραφή της λειτουργίας και των καθηκόντων που εκτελούνται από αυτά στο φωτοβολταϊκό σύστημα. Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση πρέπει να είναι σωστά συνδεδεμένη και ασφαλισμένη σε περίπτωση υπερφόρτωσης, βραχυκυκλώματος, power surges και αστραπής.

Στοιχεία των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα βασικά στοιχεία των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, η ονοματολογία τους και η σημασία τους καθορίζονται στο πρότυπο PN-HD 60364-7-712: 2016-05 Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης – Μέρος 7-712: Απαιτήσεις για ειδικές εγκαταστάσεις ή τοποθεσίες – Φωτοβολταϊκά συστήματα.

Σύμφωνα με το προαναφερθέν πρότυπο, στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορούν να διακριθούν τα ακόλουθα στοιχεία:

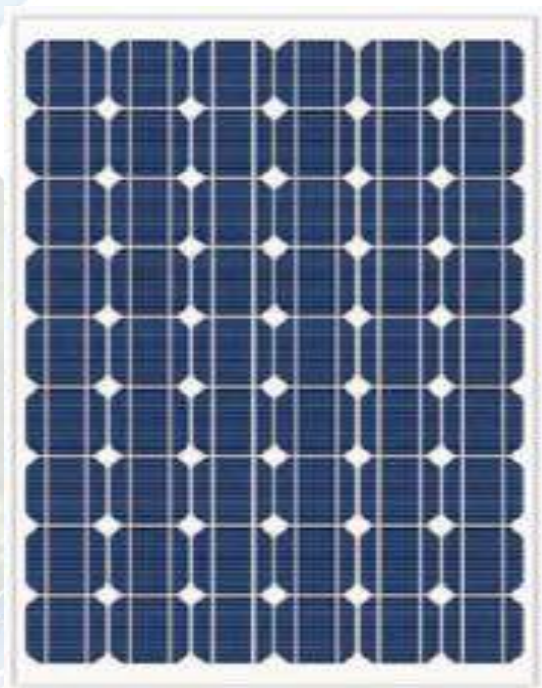
- **Φωτοβολταϊκό κύτταρο (PV cell)** – βασικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού συστήματος που παράγει ηλεκτρική ενέργεια στις συνθήκες έκθεσης στο φως, όπως η ηλιακή ακτινοβολία,



Εικόνα 1. Όψη ενός φωτοβολταϊκού κυττάρου

Πηγή: <https://pveducation.org/pvcdrom/manufacturing/single-crystalline-silicon> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

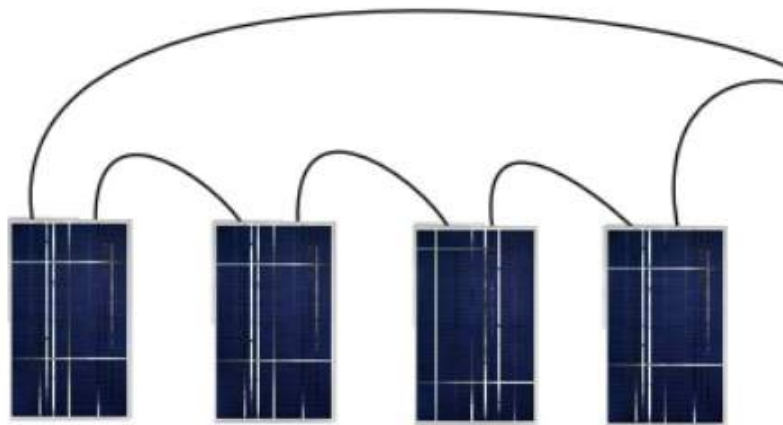
- **Φωτοβολταϊκή μονάδα (PV module)** –το μικρότερο πλήρως προστατευμένο από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, σετ των διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών κυττάρων,



Εικόνα 2. Όψη της φωτοβολταϊκής μονάδας (PV module)

Πηγή: <http://www.photon-solar.eu/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

- **Φωτοβολταϊκή αλυσίδα (PV chain)** – κύκλωμα στο οποίο οι φωτοβολταϊκές μονάδες συνδέονται εν σειρά ώστε να παράγουν την απαιτούμενη τάση εξόδου (output voltage) στον φωτοβολταϊκό συλλέκτη,



Εικόνα 3. Όψη του PV chain

Πηγή: <http://www.nuvisionenergy.co.uk/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

- **PV collector** – μηχανικά και ηλεκτρικά ενσωματωμένο σύνολο φωτοβολταϊκών μονάδων και άλλων απαραίτητων στοιχείων που δημιουργούν μια μονάδα που τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα,
- **junction box of the PV collector** – κιβώτιο στο οποίο όλες οι φωτοβολταϊκές αλυσίδες οποιουδήποτε φωτοβολταϊκού συλλέκτη (photovoltaic collector) είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένες και όπου, εάν απαιτείται, μπορεί να εφαρμοστεί προστασία,



Εικόνα 4. Όψη του DC junction box

Πηγή: <https://www.leoni-solar-windpower.com/en/products-services/generator-combiner-boxes/general-information/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

- **Γεννήτρια φωτοβολταϊκών (PV generator)** – Σύνολο Φωτοβολιών συλλεκτών (PV collectors),
- **PV chain wire** – σύρμα που συνδέει τις φωτοβολταϊκές μονάδες που δημιουργούν μια αλυσίδα,
- **PV collector wire** – σύρμα του PV collector,
- **Κύριο σύρμα DC στο φωτοβολταϊκό σύστημα** – σύρμα που συνδέει το junction box του PV generator με τα DC clamps του PV inverter,
- **PV inverter** – συσκευή που μετατρέπει τη τάση συνεχούς ρεύματος και το ρεύμα σε εναλλασσόμενη τάση και ρεύμα,



Εικόνα 5. Δείγματα τύπων PV inverters

Πηγή: <https://www.ecosoch.com/types-of-solar-on-grid-inverters-micro-string-central-2/>

[πρόσβαση: 20 Ιούνιος 2018]

- **PV power cable** – σύρμα που συνδέει τους σφικτήρες των AC και PV inverter με ιθ κυκλώματα λήψης της ηλεκτρικής εγκατάστασης,
- **Μονάδα AC του φωτοβολταϊκού συστήματος** – ενσωματωμένο σετ συναρμολόγησης / μετατροπέα, όπου όλοι οι σφικτήρες σύνδεσης είναι σφικτήρες AC. Δεν υπάρχει πρόσβαση στην πλευρά DC,
- **Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού** – εγκατεστημένες και συνδεδεμένες συσκευές του συστήματος τροφοδοσίας φωτοβολταϊκών.

Ένα ξεχωριστό ζήτημα στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ασχολείται με τα κριτήρια επιλογής του τύπου προστασίας και στην επιλογή της προστασίας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια των χρηστών και των συσκευών του φωτοβολταϊκού συστήματος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις αρχές της επιλογής των συστημάτων προστασίας από υπερφόρτωση (overload) και προστασίας από αναστρέψιμα ρεύματα (reversible currents).

Λειτουργική αρχή του φωτοβολταϊκού μετατροπέα (photovoltaic inverter)

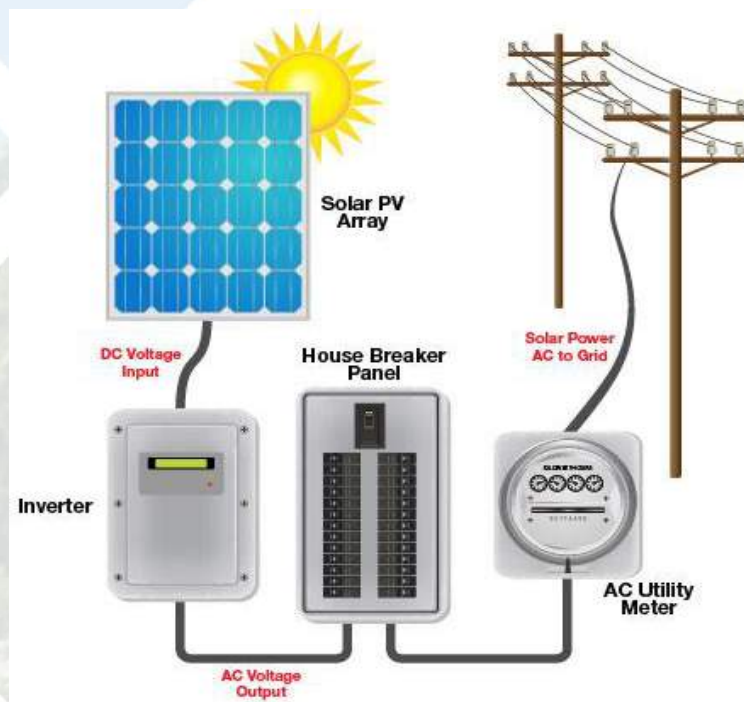
Ο μετατροπέας DC / DC ή DC / AC είναι μια συσκευή που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια που λαμβάνεται από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Ανεξάρτητα από τη φύση της τάσης εξόδου, στην είσοδο του μετατροπέα υπάρχει ο ανιχνευτής μέγιστης ισχύος (maximum power point tracker (MPPT)) που προκύπτει από τα χαρακτηριστικά ρεύματος τάσης της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Η σωστή λειτουργία του συστήματος MPPT επιτρέπει τη μεγιστοποίηση των ενεργειακών αποδόσεων από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μέσω της διατήρησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο υψηλότερο επίπεδο που επιτυγχάνεται υπό τις μεταβαλλόμενες συνθήκες έκθεσης στον ήλιο. Ένα άλλο ενεργειακό ηλεκτρονικό σύστημα είναι υπεύθυνο για τη ρύθμιση της στάθμης τάσης που αντιστοιχεί στο πεδίο των τάσεων φόρτισης της μπαταρίας – αν ισχύει. Σε περίπτωση τροφοδοσίας με εναλλασσόμενο ρεύμα, είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί το σύστημα σχηματισμού τάσης (inverter). Η έξοδος μετατροπέα ON-GRID (ON-GRID Inverter output) συνδέεται απευθείας με κυκλώματα που παρέχονται από το ηλεκτρικό δίκτυο ή το διαχωρισμένο δίκτυο. Η σύνδεση του μετατροπέα με το δίκτυο είναι ισοδύναμη με τη σύνδεση της πηγής τάσης εναλλασσόμενου ρεύματος στο υπάρχον σύστημα. Σε μια τέτοια περίπτωση, είναι

απαραίτητο να εφαρμοστούν συστήματα συγχρονισμού που είναι ενσωματωμένα σε μετατροπείς ON-GRID. Οι μετατροπείς OFF-GRID δεν διαθέτουν τέτοια συστήματα, γι' αυτό και η έξοδος inverter OFF-GRID (OFF-GRID Inverter output) δεν μπορεί να συνδεθεί απευθείας με το ηλεκτρικό δίκτυο. Συσκευές που έχουν και τις δύο λειτουργικές λειτουργίες – OFF-GRID και ON-GRID – αποτελούν εξαιρέσεις.

Μεταξύ των υπαρχόντων μετατροπέων, μπορούν να διακριθούν οι τρεις βασικοί τύποι:

Μετατροπέας τύπου Grid (ON-GRID Inverter)

Η έξοδος του μετατροπέα ON-GRID συνδέεται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο ή στο ξεχωριστό δίκτυο. Η σύνδεση του μετατροπέα με το δίκτυο είναι ισοδύναμη με τη σύνδεση της πηγής τάσης εναλλασσόμενου ρεύματος στο υπάρχον σύστημα. Σε μια τέτοια περίπτωση, είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν συστήματα συγχρονισμού που είναι ενσωματωμένα σε μετατροπείς δικτύου. Οι μετατροπείς δικτύου ρυθμίζουν την παραγόμενη τάση στο μοντέλο που λαμβάνεται από το ηλεκτρικό δίκτυο. Επιπλέον, οι μετατροπείς δικτύου έχουν προστασίες που αποτρέπουν την παραγωγή τάσης σε περίπτωση απώλειας τροφοδοσίας στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτό υπαγορεύεται από την ασφάλεια των προσώπων που εκτελούν εργασίες επισκευής κατά τη διάρκεια σκόπιμων αποσυνδέσεων τάσης.

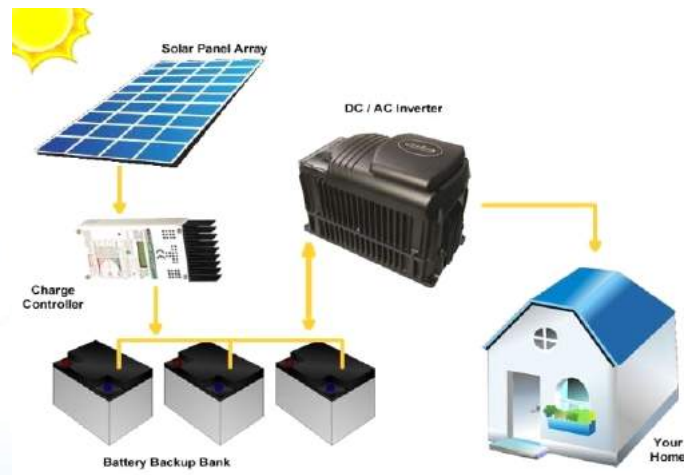


Εικόνα 6. Μετατροπέας τύπου ON-GRID σε εγκατάσταση φωτοβολταϊκών

Πηγή: <http://alternateenergycompany.com/how-solar-pv-panels-works-with-the-grid/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Μετατροπέας τύπου Islanding (OFF-GRID)

Οι μετατροπείς δικτύου ρυθμίζονται σε εναλλασσόμενης τάση σύμφωνα με το προγραμματισμένο μοντέλο τάσης. Λόγω της έλλειψης συστημάτων συγχρονισμού στην έξοδο του μετατροπέα αυτού, είναι αδύνατο να συνδεθεί με το ηλεκτρικό δίκτυο. Θα δημιουργούσε κίνδυνο βλάβης στην έξοδο του μετατροπέα.



Εικόνα 7. Μετατροπέας τύπου OFF-GRID στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

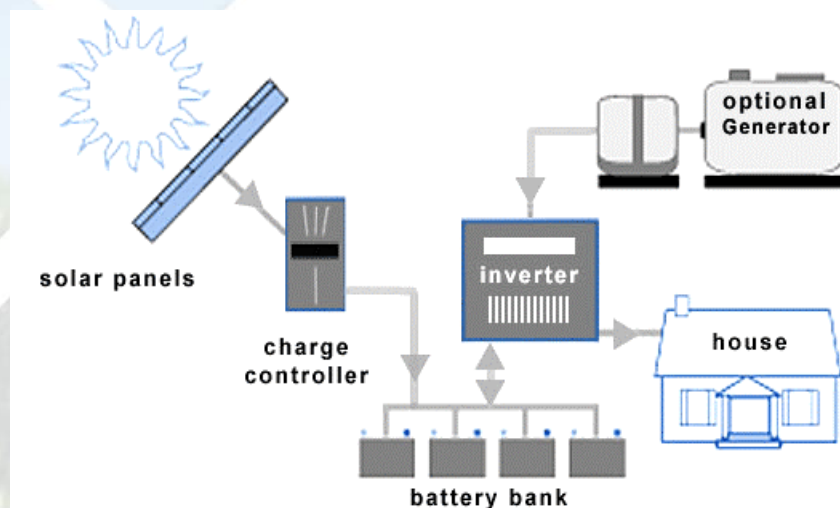
Πηγή: <https://www.quora.com/How-does-off-grid-solar-plant-work> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Υβριδικός μετατροπέας (Hybrid inverter)

Ο υβριδικός μετατροπέας έχει την πιο προηγμένη δομή.

Αυτή η συσκευή μπορεί να λειτουργεί και OFF-GRID και ON-GRID.

Επιπρόσθετα, μπορεί να συνεργάζεται με την αποθήκευση ενέργειας.



Εικόνα 8. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών με υβριδικό μετατροπέα

Πηγή: <http://energyinformative.org/wp-content/uploads/2012/05/off-grid-solar-system.png> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Συστήματα MPPT στους φωτοβολταϊκούς μετατροπείς

Ανεξάρτητα από τον τύπο μετατροπέα, στην είσοδο μετατροπέα υπάρχει ο μηχανισμός παρακολούθησης μέγιστης ισχύος (MPPT). Ο ανιχνευτής μέγιστης ισχύος της φωτοβολταϊκής γεννήτριας αλλάζει υπό την επίδραση τέτοιων παραγόντων όπως η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, η θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών κυττάρων, η γωνία προσβολής της ηλιακής ακτινοβολίας κλπ. Η σωστή λειτουργία του συστήματος MPPT επιτρέπει τη μεγιστοποίηση των ενεργειακών αποδόσεων από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μέσω της διατήρησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο υψηλότερο επίπεδο που επιτυγχάνεται υπό μεταβαλλόμενες ατμοσφαιρικές συνθήκες.

4.6. Επιλογή τεχνικών λύσεων

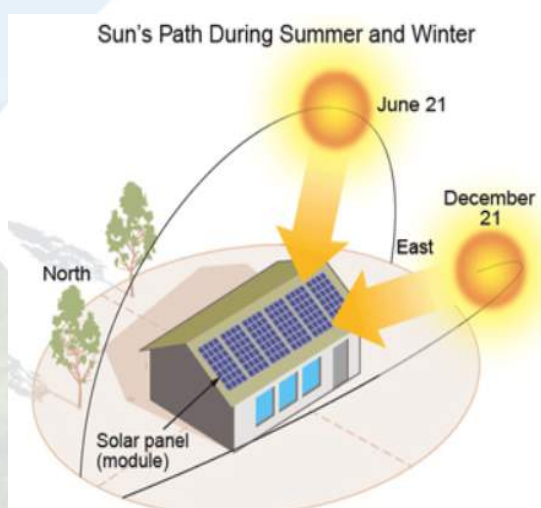
Η γνώση των διαθέσιμων τεχνικών λύσεων αποτελεί τη βάση του προγραμματισμού, του σχεδιασμού και της απόδοσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Ο προγραμματισμός ξεκινά από την εκτίμηση του μεγέθους εγκατάστασης και την επιλογή της τοποθεσίας της.

Επιλογή της τοποθεσίας της εγκατάστασης

Η τοποθεσία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης πρέπει να επιτρέπει τη στροφή των φωτοβολταϊκών μονάδων προς τα νότια. Η εγκατάσταση που κινείται προς τα νότια θα λειτουργεί με χαμηλότερη απόδοση όσο η θέση της αποκλίνει από τη νότια κατεύθυνση.

Κατά την επιλογή του χώρου εγκατάστασης, τα πράγματα που δημιουργούν σκιές, όπως τα δέντρα, τα γειτονικά κτίρια ή ακόμη και οι εναέριες γραμμές ηλεκτροδότησης, θα πρέπει να αποφεύγονται να βρίσκονται στο δρόμο του ηλιακού φωτός προς τις φωτοβολταϊκές μονάδες.

Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση πρέπει να βρίσκεται σε μικρή απόσταση από τον προγραμματισμένο ή τον σημερινό τόπο σύνδεσης του δικτύου – δεν αφορά αυτόνομες εγκαταστάσεις.



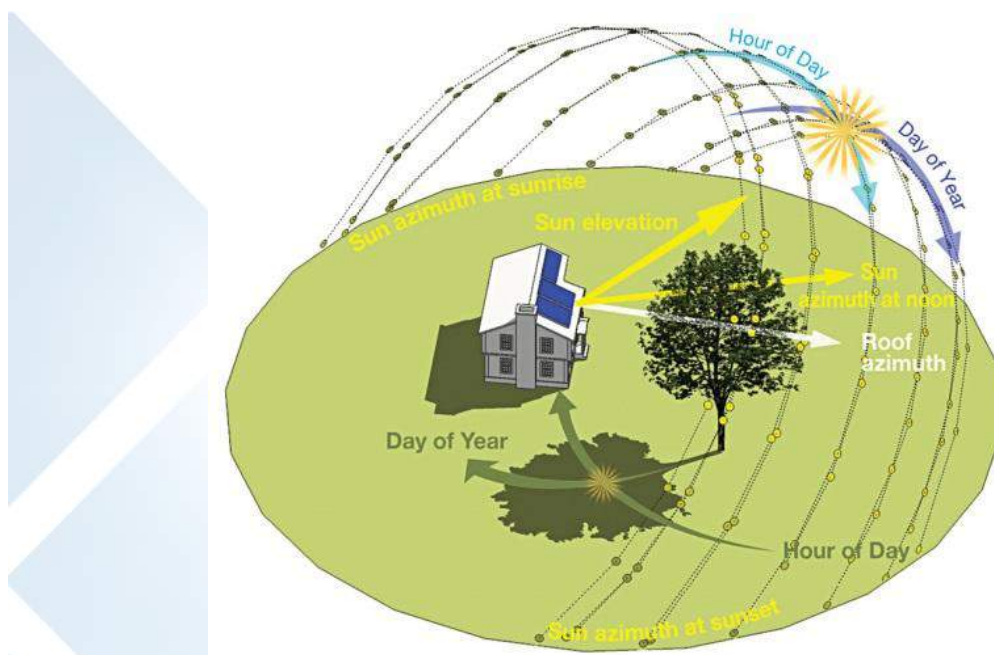
Εικόνα 1. Τοποθεσία φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Πηγή: http://www.thesolarplanner.com/array_placement.html [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Για την επιλεγμένη τοποθεσία υπολογίζεται η αξία της διάρκειας της ηλιοφάνειας, βάσει της οποίας μπορούν να εκτιμηθούν οι προγραμματισμένες ενεργειακές αποδόσεις. Επί του παρόντος, σε όλο τον κόσμο υπάρχει λογισμικό (παραδίδεται από παραγωγούς συστημάτων και από οντότητες εξειδικευμένες μόνο σε αυτό) που επιτρέπει την ακριβή εκτίμηση των ενεργειακών αποδόσεων από τη δεδομένη εγκατάσταση.

Επιπλέον, αυτό το λογισμικό επιτρέπει τη χρήση εξωτερικών μετεωρολογικών δεδομένων, όπως χιονόπτωση, βροχοπτώσεις, μέση ετήσια νέφωση, θερμοκρασία. Μια ανάλυση των ατμοσφαιρικών συνθηκών και των τεχνικών συνθηκών επιτρέπει την επιλογή μιας κατάλληλης ρύθμισης φωτοβολταϊκών μονάδων και του τύπου τους.

Ένα άλλο στοιχείο είναι η αρχική διανομή των φωτοβολταϊκών μονάδων και η λεπτομερής ανάλυση της πιθανής επισκίασης, η οποία μπορεί να επηρεαστεί από υπάρχοντα κτίρια, δέντρα, εναέρια ηλεκτρικά καλώδια κλπ. Εδώ μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ολόκληρο το φάσμα ειδικού λογισμικού που υποστηρίζει τις παραπάνω ενέργειες.



Εικόνα 2. Παραδείγματα σκιάσεων του φωτοβολταϊκού συστήματος

Πηγή: <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/energy-basics-shading-and-solar-electric-systems> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Σε περίπτωση εγκαταστάσεων στην στέγη ή σε προσόψεις, πρέπει να προσδιορίζεται η μάζα εγκατάστασης και η επίδραση της σχεδιαζόμενης εγκατάστασης στη δομική αντοχή του κτιρίου. Σε περίπτωση εγκατάστασης στην οροφή και πρόσοψη, συνιστάται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στη ζώνη που προστατεύεται από την εγκατάσταση αστραπής. Στην πράξη, η εγκατάσταση αστραπής δεν είναι απαραίτητη, αλλά εξαρτάται κυρίως από τα εξαρτήματα που εφαρμόζονται στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Επιπλέον, για τις εγκαταστάσεις στην στέγη, ανάλογα με τη γωνία κλίσης της οροφής, θα πρέπει να οριστεί γωνία κλίσης στόχου εγκατεστημένων μονάδων και θα πρέπει να επιλεγεί κατάλληλη εγκατάσταση συναρμολόγησης που θα εξασφαλίζει τη συντήρηση αυτής της γωνίας. Επιπλέον, θα πρέπει να καθοριστεί η κατεύθυνση στόχευσης της ρύθμισης της φωτοβολταϊκής μονάδας

Υπολογισμός της έκτασης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Κατά την εγκατάσταση στην οροφή έχουμε στη διάθεσή περιορισμένη έκτασή της, μειωμένη επιπλέον από τα απαραίτητα περιθώρια συναρμολόγησης και τα τεχνολογικά εμπόδια, όπως οι καμινάδες, τα παράθυρα οροφής, οι δομικές καταστροφές που δεν επιτρέπουν τη συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών μονάδων.

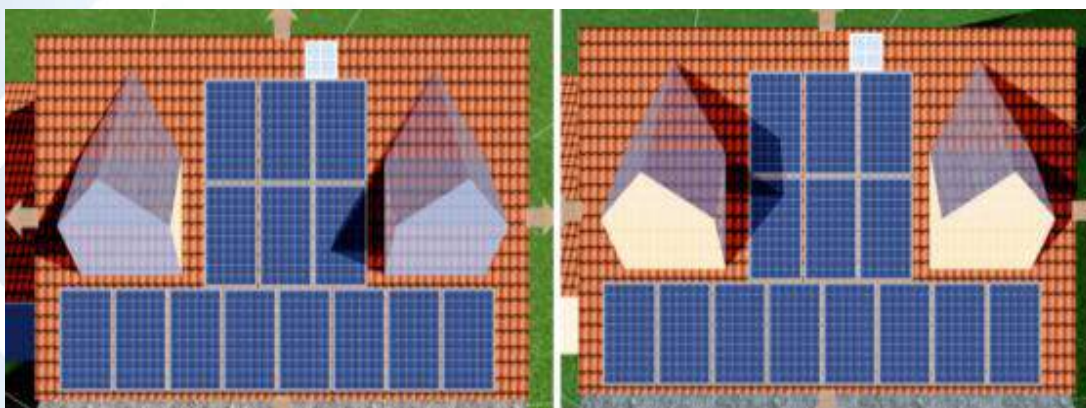


Εικόνα 3. Διαθέσιμη έκταση στέγης για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

Πηγή: <https://news.energysage.com/is-my-roof-even-suitable-for-solar/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Αρχική κατανομή των φωτοβολταϊκών μονάδων

Ένα άλλο βήμα συνίσταται στην αρχική κατανομή φωτοβολταϊκών μονάδων σε μια συγκεκριμένη οροφή. Εάν η τετράπλευρη οροφή έχει μια γραμμή οροφής προσανατολισμένη προς το νότο ή με μικρή παρέκκλιση από αυτήν, η συναρμολόγηση σε άλλες κατευθύνσεις μπορεί να φαίνεται αναποτελεσματική, πράγμα που πρέπει να υποδεικνύεται με προσομοίωση στον υπολογιστή. Εάν μια συγκεκριμένη οροφή δεν είναι προσανατολισμένη προς νότο, η εγκατάσταση στην ανατολή-δυτική κατεύθυνση θα είναι η βέλτιστη.



Εικόνα 4. Διαθέσιμη έκταση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Πηγή: <http://aberdeensolar.com/solar-pv/home-suitable/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Ανάλυση των τεχνικών συνθηκών της σύνδεσης της εγκατάστασης

Στο επόμενο βήμα, θα πρέπει να αναλυθεί η ηλεκτρική σύνδεση, στην οποία πρέπει να προσαρμοστεί μια συγκεκριμένη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Η επιλογή ενός μετατροπέα εξαρτάται από την τιμή της ισχύος σύνδεσης (Connection power). Αν είναι απαραίτητο να τροποποιηθεί, θα πρέπει να ζητηθεί (εάν είναι απαραίτητο) η έκδοση τεχνικών συνθηκών σύνδεσης ή θα πρέπει να υποβληθεί σχετική αίτηση στον διανομέα ηλεκτρικής ενέργειας. Σε περίπτωση αυτόνομων εγκαταστάσεων, η ανάλυση σύνδεσης πρέπει να περιορίζεται στους ίδιους δέκτες ηλεκτρικής ενέργειας που θα προμηθεύονται από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

Επίδραση του Ανέμου στις μονάδες και την υποστηρικτική δομή

Το φορτίο του ανέμου είναι ένα σημαντικό πρόβλημα και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό των ηλιακών εγκαταστάσεων που θα είναι free standing ή σε στέγες των κτιρίων. Η αιολική ενέργεια αυξάνεται ανάλογα από τον τύπο, το μέγεθος και τη διάταξη των κοντινών εγκαταστάσεων και από την κατεύθυνση της ροής της. Ανάλογα με τη μορφή και τη γωνία κλίσης της εγκατάστασης, έτσι και η οροφή, μια πλευρά προς τα εμπρός της εγκατάστασης εκτίθεται στις πιέσεις του ανέμου, ενώ μια πλευρά προς τα κάτω εκτίθεται εξίσου στην αναρρόφηση ανέμου.

Στοίβαγμα χιονιού στις στέγες των κτιρίων

Ο δεύτερος σημαντικός παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι το βάρος όχι μόνο των φωτοβολταϊκών κυττάρων (που έχουν τη μάζα περίπου $10\div 20 \text{ kg/m}^2$, συνεπώς η δύναμη πίεσης έρχεται στα $100\div 200 \text{ N/m}^2$) αλλά και περιοδικές χιονοπτώσεις στα οποία θα εκτεθεί η εγκατάσταση. Για συστήματα free standing, το σύστημα στήριξης θα πρέπει να διατηρεί μηχανικά την πίεσή

του σε όλο το βάρος των εξαρτημάτων και του χιονιού. Για τις εγκαταστάσεις που είναι ενσωματωμένες στο κτίριο, το φορτίο αυτό λαμβάνεται από τη δομή οροφής που πρέπει να επιλεγεί ορθά, στο στάδιο του σχεδιασμού της κατασκευής. Δεδομένου ότι το μέγεθος της χιονοπτώσεως είναι διαφορετικό για διαφορετικές περιοχές του κόσμου (σε μερικές περιπτώσεις δεν υπάρχει ποτέ, σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει χιονόπτωση όλο το χρόνο), συγκεκριμένες χώρες αναπτύσσουν πρότυπα που ορίζουν αποδεκτές τιμές φορτίου χιονιού για τη δομή. Σε μέρη που υπάρχει χιονόπτωση, αυτό το πρόβλημα πρέπει να το σκεφτείτε καθώς το στοίβαγμα χιονιού, από ηλεκτρική άποψη, προκαλεί σκίαση στην μονάδα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο όταν αποφασίσουμε να εγκαταστήσουμε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε χώρους όπου υπάρχει χιόνι μπορεί να επιλέξουμε την εφαρμογή παραδοσιακών μονάδων, έχοντας υπόψη ότι στην περίπτωση στοίβαγματος χιονιού δεν θα έχουμε τρέχουσα παραγωγή ή μπορούμε να επιλέξουμε ακριβότερες μονάδες με σύστημα θέρμανσης που εμποδίζουν την κατάψυξη του νερού στην επιφάνεια της μονάδας.

Τύποι συστημάτων συναρμολόγησης των φωτοβολταϊκών μονάδων

Η βασική διαίρεση των συστημάτων συναρμολόγησης για φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει ως εξής:

Συστήματα συναρμολόγησης στέγης (Roof assembly systems)



Εικόνα 5. Παράδειγμα συστήματος συναρμολόγησης στέγης σε οροφή

Πηγή: <http://www.instsani.pl/519/system-montazu-dla-dachu-pokrytego-dachowka-ceramiczna> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Συστήματα συναρμολόγησης Free-standing



Εικόνα 6. Παράδειγμα συστήματος συναρμολόγησης σε έδαφος

Πηγή: <https://www.indiamart.com/proddetail/aluminium-solar-mounting-structure-10795911762.html> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Κινητά συστήματα συναρμολόγησης (Mobile assembly systems)



Εικόνα 7. Παράδειγμα συναρμολόγησης συστήματος βασισμένο σε ανιχνευτές

Πηγή: <http://www.iparu.com/dual-axis-tracker-pst-2a/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Συστήματα συναρμολόγησης ενσωματωμένα στο κτίριο



Εικόνα 8. Σύστημα συναρμολόγησης ενσωματωμένο στο κτίριο BIPV

Πηγή: <https://www.solarpowerworldonline.com/2014/12/quick-run-bipv/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Μηχανική αντίσταση των συστημάτων συναρμολόγησης των φωτοβολταϊκών μονάδων

Όπως κάθε μηχανική δομή, ένα σύστημα συναρμολόγησης φωτοβολταϊκών μονάδων πρέπει να πληροί τα κατάλληλα πρότυπα ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν για την υλοποίηση του φωτοβολταϊκού έργου. Τα συστήματα συναρμολόγησης θα πρέπει να διαθέτουν πιστοποιητικά που να διασφαλίζουν τη σωστή και μόνιμη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών μονάδων.

Αρχές τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών μονάδων σε οροφές κτηρίων

Ο βασικός ρόλος των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο, κατά την εγκατάσταση του συστήματος στην οροφή του κτιρίου λόγω περιορισμένης ενεργούς επιφάνειας για χρήση, θα πρέπει να οργανώσουμε τις μονάδες σύμφωνα με τις ακόλουθες αρχές:

- αποφυγή της επισκίασης των μονάδων από τα στοιχεία και τα χόρτα που προεξέχουν έξω από το επίπεδο της οροφής,
- όλες οι μονάδες που είναι συνδεδεμένες σε ένα σημείο μέγιστης ισχύος πρέπει να έχουν εξασφαλίσει τις ίδιες συνθήκες ηλιοφάνειας (πρέπει να τοποθετηθούν στην ίδια γωνία κάθετα και οριζόντια),
- Παροχή αναγκαίων περιθωρίων στην συναρμολόγηση και την τεχνολογία για την περαιτέρω λειτουργία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Αποφυγής της σκίασης

Το βασικό ζήτημα είναι να τοποθετηθούν οι φωτοβολταϊκές μονάδες έτσι ώστε η επιφάνεια τους να μην επισκιάζεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, τουλάχιστον το καλοκαίρι, τα τέλη της άνοιξης και τις αρχές του φθινοπώρου, όταν η διάρκεια της ηλιοφάνειας είναι η ισχυρότερη. Εντούτοις, συνήθως, παρά τη σημαντική "ελεύθερη" επιφάνεια στέγης, υπάρχει συχνά σκίαση από υπάρχοντα στοιχεία, όπως καμινάδες εξαερισμού, παράθυρα οροφής, κεραίες, βασικοί τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί, μονάδες κλιματισμού, σοφίτες, και τα λοιπα.

Αποφυγή αμοιβαίας επισκίασης

Τα σετ φωτοβολταϊκών μονάδων που είναι διατεταγμένα σε σειρά το ένα μετά το άλλο μπορούν να επισκιάσουν το ένα το άλλο. Όσο μεγαλύτερη είναι η δεδομένη σειρά, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος. Προκειμένου να αποφευχθεί αυτό, τα σύνολα φωτοβολταϊκών μονάδων πρέπει να τοποθετούνται σε μεγαλύτερη απόσταση το ένα από το άλλο. Σε χαμηλή πτώση του χειμερινού ήλιου, επομένως σχετικά μακρύτερου φωτός και σκιάς, αυτή η απόσταση θα πρέπει να είναι τουλάχιστον τριπλάσια σε ύψος από το σύνολο των φωτοβολταϊκών πλασιών.

Εξέταση των ατμοσφαιρικών συνθηκών

Επιπλέον, ένα τέτοιο σύνολο πρέπει να είναι ανυψωμένο σε κάποιο ύψος για να εξαλείψει τις αρνητικές συνέπειες του χιονιού και της συσσώρευσης νερού. Η κλίση των μονάδων αυξάνει το ύψος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, ωστόσο απαιτεί σχετικά οριζόντιο επίπεδο της οροφής.

Ικανοποίηση των απαιτήσεων των μηχανικών φορτίων

Εδώ θα πρέπει να λάβετε υπόψη και τις δομικές απαιτήσεις σχετικά με τα μέγιστα φορτία που μπορεί να αντέξει η επίπεδη οροφή. Άλλοι περιορισμοί συνίστανται από τεχνικές συνθήκες και δομικά πρότυπα που αφορούν π.χ. σχέσεις ανύψωσης μεταξύ στέγων ή εκπαίδευση κλιματισμού και κατασκευής στοιχείων στέγης. Εκτός από την τοποθεσία στις παραδοσιακές στέγες, οι φωτοβολταϊκές μονάδες χρησιμοποιούνται ολοένα και συχνότερα στον τομέα των γυάλινων οροφών. Αποτελεί ένα ακόμη βήμα στην ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας στον κατασκευαστικό κλάδο και στην αρχιτεκτονική.

4.7. Ενεργειακό προφίλ των καταναλωτών

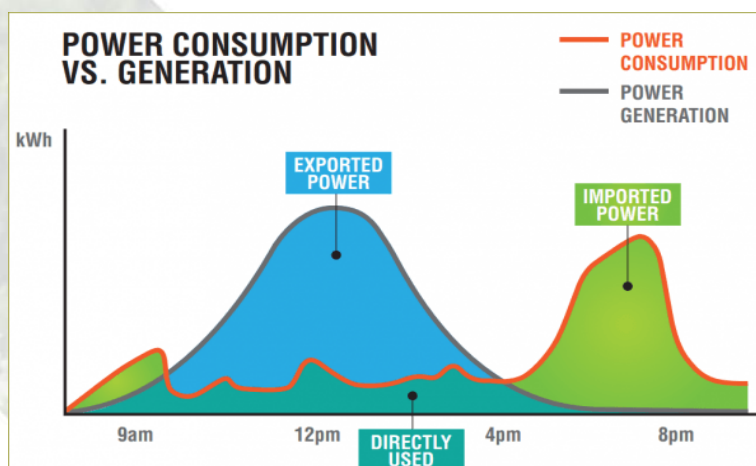
Πριν από τον προσδιορισμό της ισχύος φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, πρέπει να αναλυθεί το ενεργειακό προφίλ του καταναλωτή, καθορίζοντας τη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό γίνεται καλύτερα σε ημερήσιο, εβδομαδιαίο, μηνιαίο και ετήσιο κύκλο. Ο σωστός προσδιορισμός της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί τη βάση για την επιλογή της ισχύος της φωτοβολταϊκής γεννήτριας και την πιθανή χωρητικότητα αποθήκευσης ενέργειας. Η βέλτιστη απόδοση μιας ανάλυσης, η σωστή επιλογή ενός τύπου εγκατάστασης και των εξαρτημάτων της πρέπει να επιτρέπουν την ταχεία απόδοση της επένδυσης και τη σωστή λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος που συμμορφώνεται με τις προσδοκίες του επενδυτή.

Κατανάλωση ηλεκτρισμού σε οικίες

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο σπίτι εξαρτάται από τον αριθμό των κατοίκων της, από τους τύπους ηλεκτρικών συσκευών που υπάρχουν και από τη διάρκεια χρήσης αυτών των συσκευών και την συχνότητα χρήσης τους.

Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού στο σπίτι

Σύμφωνα με επίσημες στατιστικές, το νοικοκυριό 2 + 2 καταναλώνει από 1900 kWh έως 2500 kWh ετησίως (δύο γονείς και δύο παιδιά). Τα άτομα καταναλώνουν περίπου 1000 kWh ετησίως, ενώ μια οικογένεια 1 + 1 από 1200 έως 1500 kWh. Ως εκ τούτου, ο αριθμός των μελών της οικογένειας είναι πολύ σημαντικά για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι δυνατή χάρη στη μεταβολή των συνηθειών των μελών της οικογένειας ή στις επενδύσεις σε συσκευές με υψηλή ενεργειακή απόδοση.



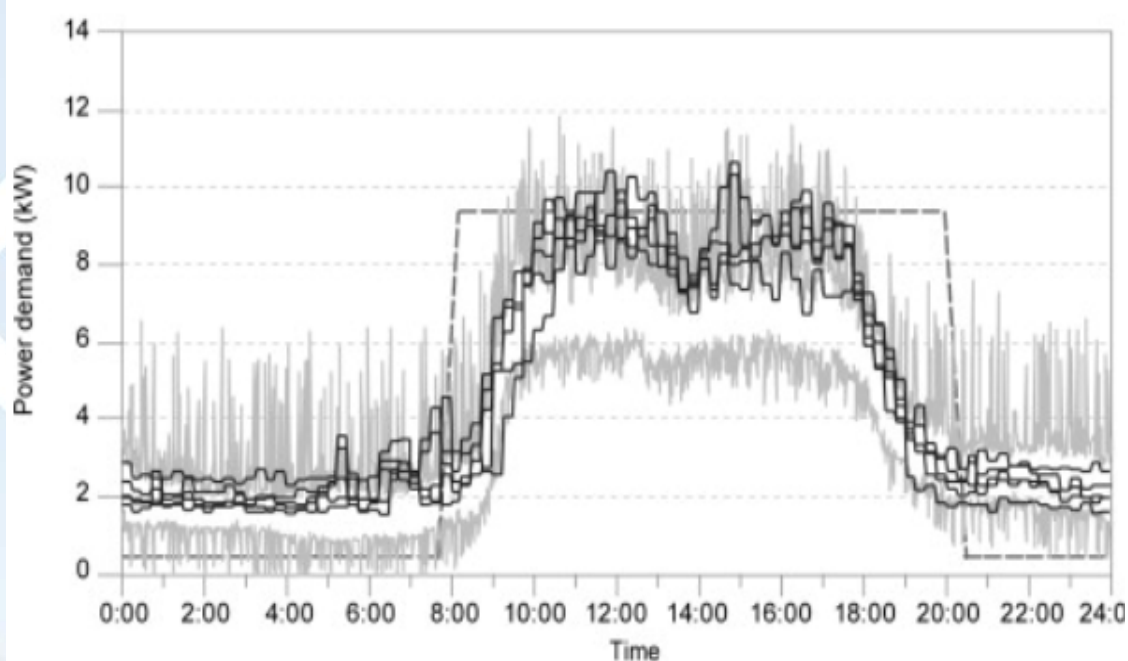
Εικόνα 1. Κατανάλωση ηλεκτρισμού στο σπίτι

Πηγή: <http://thatpowerguy.nz/solar/solar-power-system-size/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Κατανάλωση ηλεκτρισμού σε βιομηχανίες

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις καταναλώνουν το 33% της παγκόσμιας ενέργειας, η οποία είναι μεγαλύτερη από ό, τι σε άλλα τμήματα πελατών, όπως οι μεταφορές, τα κτίρια κοινής ωφέλειας ή τα κτίρια κατοικιών. Οι ιδιοκτήτες επιχειρήσεων γνωρίζουν συνήθως τις επιπτώσεις της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο κόστος λειτουργίας της επιχείρησης, ωστόσο δεν χρησιμοποιούν πολλές επιλογές βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Σύμφωνα με τον τομέα, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας έχει διαφορετικό χαρακτήρα. Υπάρχουν βιομηχανίες που λειτουργούν σε συνεχή λειτουργία 24/7 και υπάρχουν βιομηχανίες που λειτουργούν από Δευτέρα έως Παρασκευή. Ορισμένες εταιρείες εργάζονται μία βάρδια από τις 6 π.μ. έως τις 2 μ.μ., μερικές – δύο βάρδιες από τις 6 π.μ. έως τις 2 μ.μ. και από τις 2 μ.μ. έως τις 10 το βράδυ. Οι εγκαταστάσεις των γραφείων λειτουργούν από τις 8 π.μ. έως τις 6 μ.μ.



Εικόνα 2. Καθημερινή κατανάλωση ηλεκτρισμού σε βιομηχανία

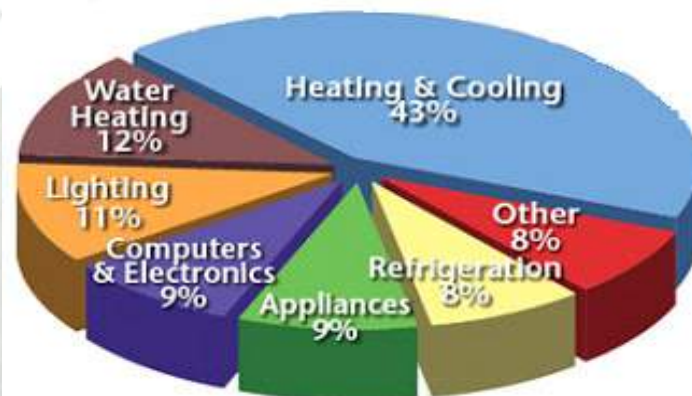
Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814001224#fig0025> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Ενεργειακά προφίλ επιλεγμένων δεκτών

Το ενεργειακό προφίλ ενός πελάτη μπορεί να αποτελείται από τα ενεργειακά προφίλ συγκεκριμένων συσκευών που χρησιμοποιούνται από τους πελάτες. Για τα νοικοκυριά μπορούν να διακριθούν οι ακόλουθοι δέκτες:

- **Η ηλεκτρική σκούπα** (τυπική) έχει ισχύ περίπου. 1500W. Υποθέτοντας ότι χρησιμοποιείται ηλεκτρική σκούπα για 15 λεπτά κάθε τρεις ημέρες, η ηλεκτρική σκούπα λειτουργεί 30,4 ώρες (h) ανά έτος. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του έτους: $30,4 \text{ ώρες} \times 1,5 \text{ kW} = 45,63 \text{ kWh}$.
- **Ψυγείο** – η κατανάλωση ενέργειας από το ψυγείο εξαρτάται κυρίως από την κατηγορία της ενεργειακής απόδοσης, από τον τόπο που καταλαμβάνει στο σπίτι (όσο πιο μακριά από τα παράθυρα και τους θερμαντήρες, τόσο χαμηλότερη είναι η κατανάλωση ενέργειας), καθώς και από τις συνθήκες λειτουργίας, δεν ανοίγει τις πόρτες κάθε λεπτό), η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη διάρκεια του έτους ανέρχεται σε 300-400 kWh.
- **Ο ηλεκτρικός λέβητας νερού** είναι μια συσκευή που καταναλώνει πολύ ενέργεια. Η μέση ισχύς της συσκευής είναι 2000 W, ενώ το βρασμό νερού διαρκεί δύο λεπτά. Χρησιμοποιείται περίπου. τρεις φορές την ημέρα, παράγει ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε επίπεδο: $365 \times 3 \times 2 \times 2 \text{ kW} = 2190 \text{ min} \times 2 \text{ kW} = 36,5 \text{ h} \times 2 \text{ kW} = 73 \text{ kWh}$.

- **Φωτισμός** – με τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων ισχύος 4-10 W, ο φωτισμός δεν παράγει μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο φωτισμός χρησιμοποιείται περίπου. πέντε ώρες την ημέρα, χωρίς διαίρεση στη χειμερινή ή καλοκαιρινή περίοδο. Στο σπίτι, υπάρχουν περίπου. Περισσότερους από δώδεκα λαμπτήρες ενώ μόνο 8 από αυτούς εργάζονται για τις υποτιθέμενες πέντε ώρες την ημέρα. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του έτους: 5 ώρες x 365 ημέρες x 6 W = 10,95 kWh.
- **Τηλεόραση** – εάν ο χρόνος εργασίας των συσκευών εξετάζεται μόνο, ο ρυθμός θα είναι χαμηλότερος, αλλά δυστυχώς οι συσκευές αυτές καταναλώνουν ενέργεια ακόμη και όταν δεν τις χρησιμοποιούμε, καθώς βρίσκονται στη λεγόμενη κατάσταση αναμονής. Αυτό ενισχύεται από τους ενισχυτές. Η μέση κατανάλωση ενέργεια κατά τη διάρκεια μιας ώρας στην κατάσταση αναμονής είναι 15 W. Κατά τη διάρκεια της εργασίας είναι περίπου. 25 W. Ας υποθέσουμε ότι η τηλεόραση είναι μία για έξι ώρες την ημέρα, ενώ για 18 ώρες βρίσκεται στην κατάσταση αναμονής. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του έτους: $25\text{W} \times 6\text{h} \times 365 \text{ ημέρες} = 54,75 \text{ kWh} + 10\text{W} \times 18\text{h} \times 365 \text{ ημέρες} = 65,7 \text{ kWh}$. Κατά τη διάρκεια που είναι αναμένει, η τηλεόραση καταναλώνει λιγότερη ενέργεια από ό, τι για τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας στην κατάσταση αναμονής.
- **Το πλυντήριο** που χρησιμοποιείται δύο φορές την εβδομάδα κάνει 104 πλύσεις κατά τη διάρκεια του έτους. Ένα μέσο πλυντήριο ρεύματος κατηγορίας A καταναλώνει 1,2 kWh ανά πλύσιμο. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: $1,2 \text{ kWh} \times 104 = 124,8 \text{ kWh}$.

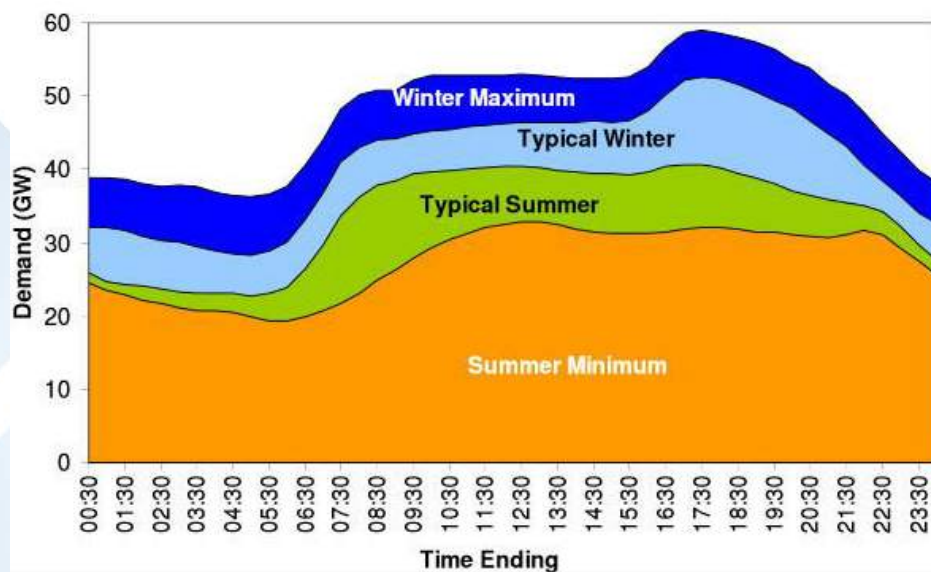


Εικόνα 3. Κατανάλωση ενέργειας από μερικούς δέκτες

Πηγή: <https://greenpowerworksinc.com/energy-efficiency-for-residential/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Ζήτηση ηλεκτρισμού την ημέρα

Η καθημερινή μεταβλητότητα των φορτίων επηρεάζεται κυρίως από το ρυθμό και τη ζωή των ανθρώπων. Επιπλέον, μπορεί επίσης να παρατηρηθεί μια ξεχωριστή επίδραση της εποχικότητας στην πορεία της καθημερινής κατανάλωσης ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούνται ξεκάθαρα δύο κορυφές - το πρωί και το απόγευμα.

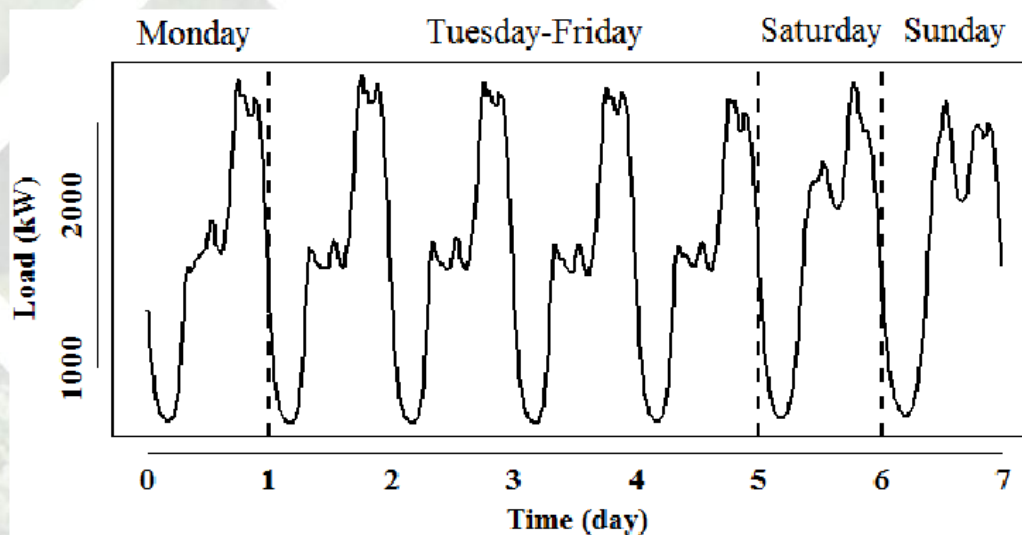


Εικόνα 4. Παραδειγματική ημερήσια ζήτηση ηλεκτρισμού Exemplary daily demand for electricity (Προφίλ Καλοκαιρινής και Χειμερινής ημερήσιας ζήτησης το 2010/11)

Πηγή: <https://energymag.net/daily-energy-demand-curve/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Ζήτηση ηλεκτρισμού την βδομάδα

Η εβδομαδιαία μεταβλητότητα των φορτίων προκύπτει κυρίως από την εμφάνιση εργασιμων ημερών και αργιών και από τον κύκλο εργασίας και την ένταση που σχετίζεται με αυτήν. Οι προσλήψεις ενέργειας από τη Δευτέρα έως την Παρασκευή είναι σαφώς υψηλότερες από την περίοδο του Σαββατοκύριακου, όταν η δραστηριότητα της κοινωνίας είναι σημαντικά μικρότερη (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Εβδομαδιαία ζήτηση ηλεκτρισμού

Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Mean-weekly-profile_fig1_313453567 [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Δείκτες που χαρακτηρίζουν την αλλαγή στο φορτίο των πελατών

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των φορτίων ηλεκτρικού ρεύματος είναι η μεγάλη διακύμανση τους στο χρόνο. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να είναι κανονικές ή τυχαίες. Οι τακτικές αλλαγές φορτίου προκύπτουν από αστρονομικούς παράγοντες, ανθρώπινα έθιμα ή από άλλους

λόγους εύκολο να προβλεφθούν. Οι τυχαίες αλλαγές εμφανίζονται ακανόνιστα και προκαλούνται από τυχαίους παράγοντες, όπως είναι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες ή οι αστοχίες στο ηλεκτρικό δίκτυο. Οι βασικοί δείκτες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται συχνότερα για τον χαρακτηρισμό της ημερήσιας μεταβλητότητας των φορτίων, περιλαμβάνουν:

- ημερήσια ενέργεια A_d ,
- ημερήσια μέγιστη ισχύς P_{ds} ,
- ημερήσια μέση ισχύς $P_{d_{sr}}$,
- ημερήσια ισχύς βασικού φορτίου P_{do} ,
- Μέσος ημερήσιος βαθμός φορτίου m_d ,
- ημερήσιος βαθμός ισορροπίας βασικού φορτίου I_{do} ,
- ημερήσιος βαθμός βασικού φορτίου m_{do} ,
- Ημερήσιος μέγιστος βαθμός ισορροπίας I_{ds} ,
- ημερήσιος συντελεστής παρατυπίας k_{dn} ,
- ημερήσιος χρόνος χρήσης μέγιστης ισχύος T_{ds} .

4.8. Μέγεθος φωτοβολταϊκού συστήματος

Το σωστό μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία. Προκειμένου να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία του συστήματος, θα πρέπει να επιλεγεί κατάλληλη τεχνολογία των φωτοβολταϊκών μονάδων, τύπος μετατροπέα, σύστημα συναρμολόγησης και συστήματα προστασίας σύμφωνα με τις τεχνικές και οικονομικές συνθήκες. Τα κριτήρια επιλογής πρέπει να περιλαμβάνουν τεχνικές πτυχές των συγκεκριμένων στοιχείων του συστήματος, ποιότητα των επιδόσεων, συνθήκες εγγύησης και τιμές. Θα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι υπάρχει μια εξάρτηση μεταξύ της απόδοσης της μονάδας και της περιοχής που καταλαμβάνει. Προκειμένου να επιτευχθεί μια δεδομένη ισχύς της γεννήτριας, η επιφάνεια της θα αυξηθεί μαζί με τη μείωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών μονάδων. Κατά την επιλογή των μονάδων, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ηλεκτρικές τους παράμετροι. Κατά τη σύνδεση φωτοβολταϊκών μονάδων σε σειρά ή παράλληλα, η ισχύς τους και η τάση απόδοσης πρέπει να είναι παρόμοιες. Σε περίπτωση μεγάλων αποκλίσεων μεταξύ των ηλεκτρικών παραμέτρων των μονάδων, η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση δεν πρέπει να λειτουργεί σωστά. Κατά τη σύνδεση σε σειρά, η τάση των φωτοβολταϊκών αλυσίδων (photovoltaic chains) πρέπει να είναι ένα άθροισμα των τάσεων (voltages) των συνδεδεμένων μονάδων, ενώ το μέγιστο ρεύμα της αλυσίδας πρέπει να αντιστοιχεί με την μονάδα με την χαμηλότερη απόδοση ρεύματος. Στην παράλληλη σύνδεση μονάδων ή αλυσίδων, η τάση των μονάδων / αλυσίδων πρέπει να είναι η ίδια. Διαφορετικά, στον φωτοβολταϊκό συλλέκτη θα εμφανιστούν ισοδύναμα ρεύματα που ρέουν μεταξύ κλαδιών που συνδέονται παράλληλα, μειώνοντας την ενεργειακή απόδοση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Η παράλληλη σύνδεση των φωτοβολταϊκών αλυσίδων της ίδιας τάσης προκαλεί τα ρεύματα από συγκεκριμένες αλυσίδες να συγκεντρώνονται και σε ένα καλώδιο που συνδέει τον φωτοβολταϊκό συλλέκτη με τον μετατροπέα, η ροή του ρεύματος ισούται με το άθροισμα των ρευμάτων από συγκεκριμένες φωτοβολταϊκές αλυσίδες.

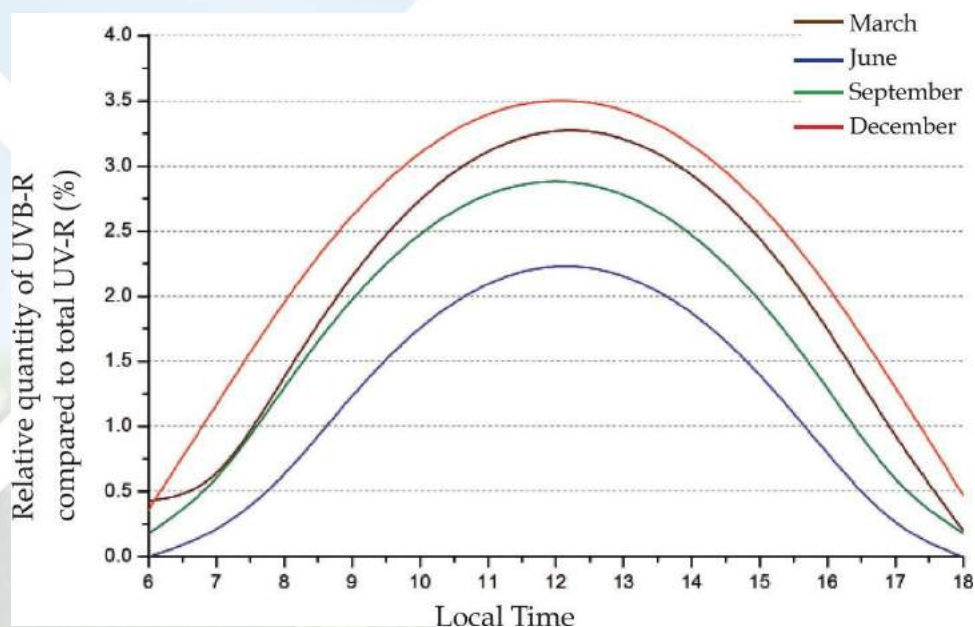
Τόσο η τάση όσο και το ρεύμα μιας μονάδας μπορούν να αλλάξουν λόγω αλλαγών στην ηλιακή ακτινοβολία και την θερμοκρασία. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η σύνδεση των

μονάδων σε σειρά και παράλληλα θα πρέπει να πραγματοποιείται μόνο για μονάδες που χαρακτηρίζονται με ίση έκθεση στο ηλιακό φως. Έτσι, οι επιφάνειες των μονάδων τοποθετούνται στην ίδια κατεύθυνση, με την ίδια γωνία κλίσης με τη γραμμή του ορίζοντα, και καμία από τις μονάδες δεν επισκιάζεται.

Επίδραση των αλλαγών των καιρικών συνθηκών στην παραγωγή ηλεκτρισμού στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης ποικίλλει ανάλογα με την εποχή του έτους, τις κλιματολογικές συνθήκες σε ένα δεδομένο γεωγραφικό πλάτος και από τον χρόνο (λεπτά, δευτερόλεπτα) από τα σύννεφα που κινούνται στον ορίζοντα.

Οι κλιματικές συνθήκες, και ειδικότερα τα μέσα ετήσια αθροίσματα της διάρκειας της ηλιοφάνειας που φθάνουν στο οριζόντιο επίπεδο, είναι οι κυριότεροι καθοριστικοί παράγοντες της οικονομικής κερδοφορίας των αναφερομένων φωτοβολταϊκών συστημάτων.



Εικόνα 1. Διανομή ηλιοφάνειας κατά την διάρκεια του έτους

Πηγή: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962015000300297 [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Διαθεσίμες βάσεις δεδομένων για τον καιρό

Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες βάσεις δεδομένων για τον καιρό με παγκόσμιο και τοπικό πεδίο εφαρμογής για μια συγκεκριμένη χώρα. Η Παγκόσμια Υπηρεσία Καιρού (WWIS) είναι μία από αυτές. Συλλέγει επίσημες μετεωρολογικές παρατηρήσεις, μετεωρολογικές προβλέψεις και κλιματολογικές πληροφορίες για επιλεγμένες πόλεις. Τα στοιχεία παρέχονται από τις Εθνικές Μετεωρολογικές και Υδρολογικές Υπηρεσίες, που λειτουργούν σε όλο τον κόσμο και παρέχουν επίσημες μετεωρολογικές πληροφορίες για συγκεκριμένες χώρες. Στην ιστοσελίδα του WWIS υπάρχουν επίσης διαθέσιμες συνδέσεις με επίσημες ιστοσελίδες μετεωρολογικών υπηρεσιών. Τον Απρίλιο του 2018, το WWIS παρέδωσε επίσημες πληροφορίες καιρού για 2191 πόλεις. Την ίδια στιγμή, 135 μετεωρολογικές

υπηρεσίες έστειλαν προβλέψεις για 2052 θέσεις. Τα κλιματικά δεδομένα ήταν διαθέσιμα για 1985 πόλεις και δόθηκαν από 169 συμμετέχουσες υπηρεσίες.

Εμπορικό λογισμικό για ανάλυση των μετεωρολογικών συνθηκών

Μία από τις βάσεις δεδομένων αποτελείται από τη βάση του Ευρωπαϊκού Ινστιτούτου Ενέργειας και Μεταφορών (European Institute of Energy and Transport), το οποίο ιδρύθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Βάσεις δεδομένων σχετικά με ένα ετήσιο άθροισμα της διάρκειας της ηλιοφάνειας στο κατακόρυφο και το βέλτιστα κεκλιμένο επίπεδο είναι διαθέσιμα στο κοινό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν π.χ. μέσω εφαρμογών Διαδικτύου όπως το PVGIS (Φωτοβολταϊκό Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών). Αυτές οι εφαρμογές επιτρέπουν την αξιολόγηση των πόρων της ηλιακής ενέργειας σε επιλεγμένες τοποθεσίες και εκτιμούν τις ενεργειακές αποδόσεις από τις μονάδες παραγωγής φωτοβολταϊκών, ανάλογα με τη δύναμή τους και τη θέση τους.

Προσδιορισμός μέσων τιμών ακτινοβολίας για δεδομένη τοποθεσία

Προκειμένου να επιλεγεί σωστά η τιμή της μέγιστης ισχύος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, οι μέσες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας για μια δεδομένη τοποθεσία πρέπει να προσδιορίζονται σε μηνιαίο κύκλο.



Εικόνα 2. Μέσες μηνιαίες τιμές ακτινοβολίας

Πηγή: https://www.met.hu/en/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas/
[πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

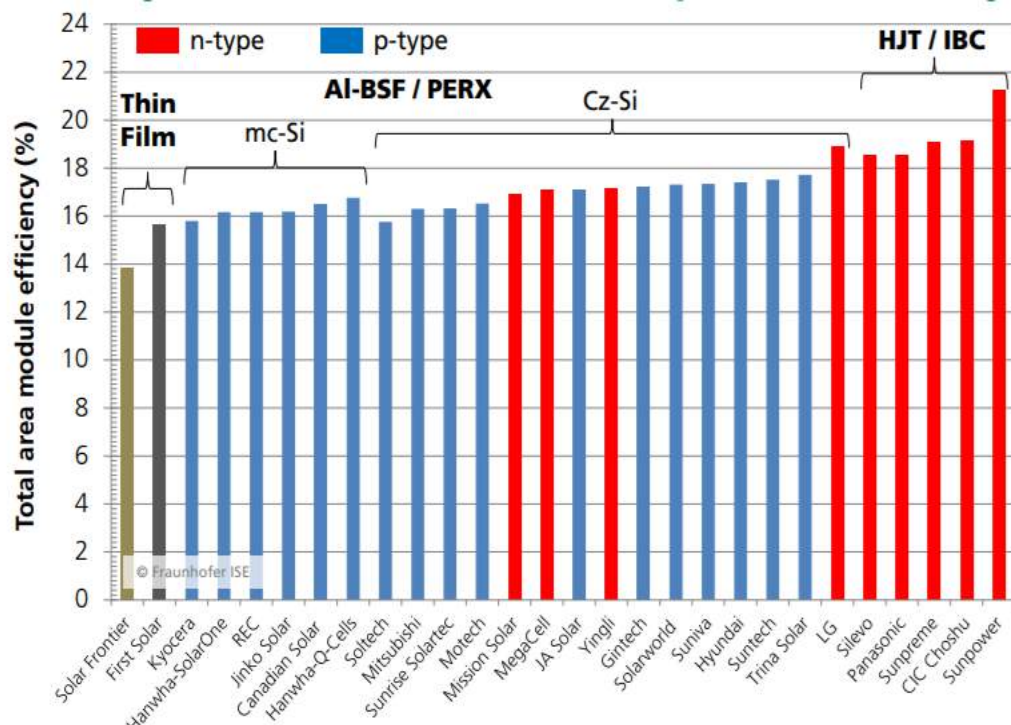
Η αποδοτικότητα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Η αποδοτικότητα του φωτοβολταϊκού συστήματος εξαρτάται από την απόδοση των συγκεκριμένων στοιχείων του. Τα στοιχεία και οι συσκευές που αποτελούν το φωτοβολταϊκό σύστημα μετατρέπουν την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια, δημιουργώντας απώλειες.

Η αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών μονάδων που πωλούνται σήμερα είναι εντός των ορίων των 17-21% για τα κύτταρα πυριτίου. Η αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών μετατροπέων είναι εντός των ορίων του 96-98%.

Λόγω της χαμηλής αποδοτικότητας μετατροπής της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας σε φωτοβολταϊκά κύτταρα, θα πρέπει να καταβληθούν όλες οι προσπάθειες ώστε οι απώλειες που σχετίζονται με τη μετάδοση παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες. Πρόκειται κυρίως για σωστή επιλογή συνδέσεων και για προσεκτική

απόδοση των συνδέσεων στο φωτοβολταϊκό σύστημα. Η φροντίδα για την ποιότητα των επιδόσεων των συνδέσεων στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση θα έχει ως αποτέλεσμα μειωμένες απώλειες ενέργειας και ταυτόχρονα θα αυξήσει την αποτελεσματικότητα της μετατροπής της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας.



Note: Exemplary overview without claim to completeness; Selection is primarily based on modules with highest efficiency of their class and proprietary cell concepts produced by vertically integrated PV cell and module manufacturers; Graph: Jochen Rentsch, Fraunhofer ISE. Source: Company product data sheets. Last update: Nov. 2015.

Εικόνα 3. Αποτελεσματικότητα των μονάδων διαφορετικών παραγωγών για διαφορετικές τεχνολογίες
 Πηγή: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Προσδιορισμός της ενεργειακής απόδοσης με βάση τις μέσες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας

Διαθέτοντας μέσες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας για συγκεκριμένους μήνες σε μια δεδομένη τοποθεσία, μπορεί να καθοριστεί ενεργειακή απόδοση μιας δεδομένης εγκατάστασης, υποθέτοντας την πιο ευνοϊκή γωνία κλίσης των φωτοβολταϊκών μονάδων και του azimuth τους.

Αντίκτυπος γωνίας κλίσης φωτοβολταϊκών μονάδων στον ορίζοντα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Υπό την προϋπόθεση, μια γωνία ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει μόνιμα επί μιας επιφάνειας της μονάδας χαρακτηρίζεται από καθημερινές και ετήσιες μεταβολές. Ανάλογα με την ώρα της ημέρας, του έτους και του σημείου τοποθέτησης της εγκατάστασης, μια γωνία ηλιαχτίδων στην επιφάνεια της μονάδας μπορεί να αλλάξει εντός του πεδίου από 0 έως 180°. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποκτούν την υψηλότερη απόδοση μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε γωνία ηλιακής ακτινοβολίας ίση με 90° σε σχέση με την επιφάνεια της μονάδας. Η συντήρηση αυτής της γωνίας σε έναν ημερήσιο και ετήσιο κύκλο είναι δυνατή μόνο χάρη στην εφαρμογή συστημάτων τροχιάς που ακολουθούν τις θέσεις του Ήλιου. Σε εγκαταστάσεις όπου οι φωτοβολταϊκές μονάδες τοποθετούνται μόνιμα, μια γωνία

ηλιακής ακτινοβολίας μεταβάλλεται και, κατά συνέπεια, η απόδοση μετατροπής της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας μειώνεται

Αντίκτυπος γωνίας azimuth των φωτοβολταϊκών μονάδων στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η παροχή της νότιας κατεύθυνσης, δηλαδή η κατεύθυνση που συνιστάται περισσότερο λόγω της αποτελεσματικότητας των φωτοβολταϊκών κυττάρων, είναι συνήθως (ειδικά για τις εγκαταστάσεις στην στέγης) αδύνατη. Γνωρίζοντας τη γωνία azimuth ως εκτροπή της επιφάνειας του φωτοβολταϊκού πλαισίου από τη νότια κατεύθυνση, μπορούμε να καθορίσουμε τον αντίκτυπο του στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Azimuth

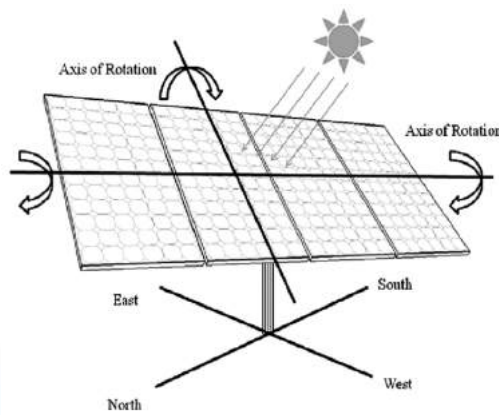
	90 °	75 °	60 °	45 °	30 °	15 °	0 °	- 15 °	- 30 °	- 45 °	- 60 °	- 75 °	- 90 °
90 °	56%	60%	64%	67%	69%	71%	71%	71%	71%	69%	65%	62%	58%
80 °	63%	68%	72%	75%	77%	79%	80%	80%	79%	77%	74%	69%	65%
70 °	69%	74%	78%	82%	85%	86%	87%	87%	86%	84%	80%	76%	70%
60 °	74%	79%	84%	87%	90%	91%	93%	93%	92%	89%	86%	81%	76%
50 °	78%	84%	88%	92%	95%	96%	97%	97%	96%	93%	89%	85%	80%
40 °	82%	86%	90%	95%	97%	99%	100%	99%	98%	96%	92%	88%	84%
30 °	86%	89%	93%	96%	98%	99%	100%	100%	98%	96%	94%	90%	86%
20 °	87%	90%	93%	96%	97%	98%	98%	98%	97%	96%	94%	91%	88%
10 °	89%	91%	92%	94%	95%	95%	96%	95%	95%	94%	93%	91%	90%
0 °	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Slope

Εικόνα 4. Πίνακας των σχέσεων της απόδοσης με την γωνία κλίσης και την γωνία azimuth
 Πηγή: <http://www.twojaenergia.pl/poradnik> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

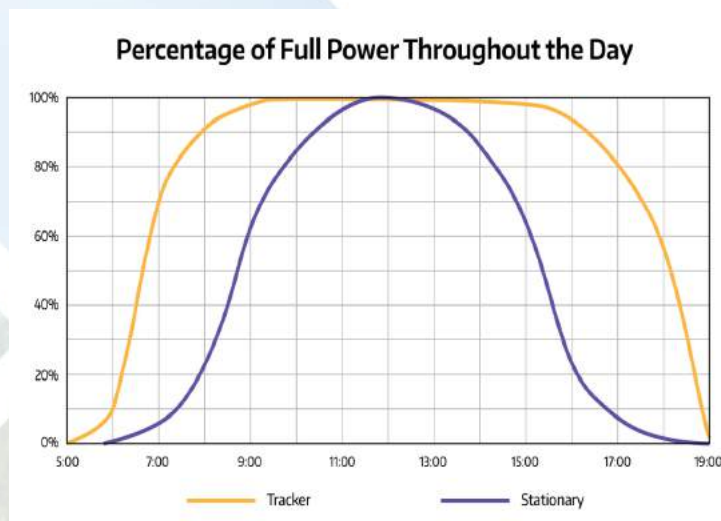
Αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της εφαρμογής συστημάτων ανίχνευσης (tracking systems)

Προκειμένου να βελτιωθεί η ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στα φωτοβολταϊκά συστήματα, εφαρμόζονται συστήματα ανίχνευσης (tracking systems). Αυτή η συσκευή επιτρέπει την αύξηση της αποτελεσματικότητας της εξοικονόμησης ενέργειας ακόμη και κατά 30-40%. Κυρίως, αυτές είναι διαξονικές δομές που επιτρέπουν την παρακολούθηση του Ήλιου στον ορίζοντα κατά τη διάρκεια της ημέρας, με ταυτόχρονη διόρθωση της θέσης ανάλογα με την εποχή του έτους, δηλαδή στη θέση του Ήλιου στον ορίζοντα.



Εικόνα 5. Επεξηγηματικό σχήμα του συστήματος ανίχνευσης

Πηγή: <https://www.semanticscholar.org/paper/Design%2C-implementation-and-performance-analysis-of-Munna-Bhuyan/d143c1d713073ec0ada345f7b28ebdc7428b7c71/figure/0> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]



Εικόνα 6. Σύγκριση της παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά από την εγκατάσταση με και χωρίς σύστημα ανίχνευσης

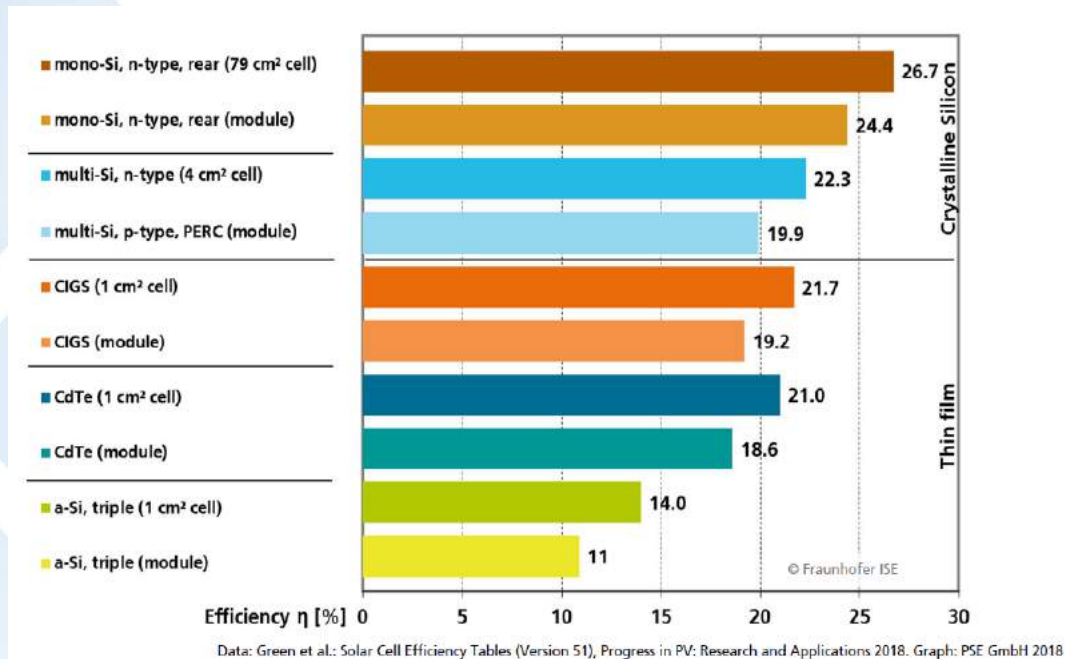
Πηγή: <https://solarips.com/2016/02/like-a-sunflower-solar-pv-panels-track-the-sun/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Απόφαση για τον τύπο φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Αφού προσδιορίσουμε τις βασικές παραμέτρους ενέργειας που μπορούμε να έχουμε σε μια δεδομένη τοποθεσία, μπορούμε να ξεκινήσουμε τον προσδιορισμό ενός τύπου εγκατάστασης. Είτε πρόκειται για εγκατάσταση στέγης είτε για έδαφος. Αν πρόκειται για εγκατάσταση στο έδαφος, αν είναι μόνιμη ή με σύστημα ανίχνευσης. Είναι καθοριστικής σημασίας εάν μια συγκεκριμένη εγκατάσταση θα λειτουργήσει για τις ανάγκες μας, μεταφέροντας μικρές ποσότητες ενέργειας στο δίκτυο ή γενικότερα ή ίσως αντίθετα – στόχος της είναι να μεγιστοποιήσει την παραγωγή όσον αφορά την επιστροφή στο δίκτυο. Κάθε μία από αυτές τις επιλογές συνεπάγεται την ανάγκη εφαρμογής ειδικών μονάδων, μετατροπέων, που επηρεάζουν το κόστος του συστήματος. Τώρα θα πρέπει να επιλεγεί ένας τύπος μετατροπέα – σε δίκτυο, εκτός δικτύου ή με αποθήκευση ενέργειας. Επιπλέον, πρέπει να προσδιοριστεί ο αριθμός των ανεξάρτητων εισροών MPPT.

Επιλογή τύπου φωτοβολταϊκών μονάδων – αποτελεσματικότητα, ποιότητα απόδοσης, τιμή

Ανάλογα με τον προϋπολογισμό, μπορούμε να επιλέξουμε μονάδες πυκνού και λεπτού στρώματος, από πυρίτιο ή κατασκευασμένες από άλλες ημιαγωγικά υλικά, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες μας.



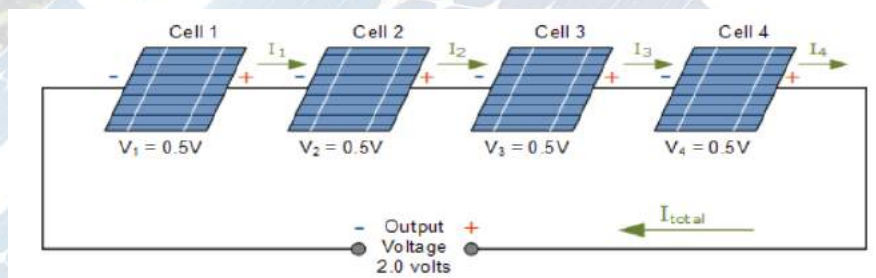
Εικόνα 7. Αποτελεσματικότητα διάφορων τύπων φωτοβολταϊκών κελιών

Πηγή: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Απόφαση για τον αριθμό των φωτοβολταϊκών μονάδων

Εάν έχει ήδη ληφθεί απόφαση για έναν τύπο φωτοβολταϊκών μονάδων είναι διαθέσιμο το παραγόμενο προϊόν και υπάρχει μια κάρτα καταλόγου που περιγράφει τις βασικές του παραμέτρους (τάση, ρεύματα, απόδοση κ.λπ.), πρέπει να αποφασιστεί ο αριθμός μονάδων που απαιτείται για την απόκτηση της υποτιθέμενης ισχύος του συστήματος. Ο αριθμός των μονάδων προσδιορίζεται διαιρώντας την υποτιθέμενη ισχύ της φωτοβολταϊκής γεννήτριας με την ισχύ μιας επιλεγμένης μονάδας φωτοβολταϊκής μονάδας. Για να προσδιοριστεί ο αριθμός των μονάδων, μπορεί να ακολουθηθεί μια προσέγγιση που σχετίζεται με το μέγεθος της περιοχής (στέγη, υψόμετρο, οικόπεδο) όπου θα γίνει η κατασκευή της φωτοβολταϊκής γεννήτριας.

Σύνδεση των φωτοβολταϊκών μονάδων σε σειρά (in series) λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή τάσης της θερμοκρασίας



Εικόνα 8. Σύνδεση φωτοβολταϊκών μονάδων σε σειρές

Πηγή: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Έχοντας έναν επιλεγμένο μετατροπέα με μία ή περισσότερες εισόδους MPPT, δημιουργείται ένας μέγιστος ή ελάχιστος αριθμός μονάδων για συγκεκριμένες εισόδους του Φ / Β μετατροπέα, αλυσίδες κτιρίων σε σειρά με τάση που δεν υπερβαίνει την αποδεκτή τάση εισόδου που καθορίζεται στα έγγραφα του φωτοβολταϊκού μετατροπέα. Καθώς υπολογίζουμε τον μέγιστο αριθμό μονάδων στις φωτοβολταϊκές αλυσίδες, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η επίδραση των αλλαγών της τάσης στη λειτουργία θερμοκρασίας της φωτοβολταϊκής μονάδας.

$$L_{\text{mod_max}} < \frac{U_{MPPT \text{ max}}}{U_{OC} \left(1 + (t_{\text{min}} - t_{STC}) \frac{\beta}{100\%} \right)} \quad (1)$$

Όπου:

- $L_{\text{mod_max}}$ – μέγιστος αριθμός μονάδων στην φωτοβολταϊκή αλυσίδα,
- $U_{MPPT \text{ max}}$ – μέγιστη τάση του MPPT input system του φωτοβολταϊκού μετατροπέα,
- U_{OC} – τάση του ανοικτού κυκλώματος της φωτοβολταϊκής μονάδας,
- t_{min} – ελάχιστη υποτιθέμενη θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής μονάδας από τον σχεδιαστή,
- t_{STC} – θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής μονάδας κατά τον έλεγχο των συνθηκών STC ($t_{STC}=25^{\circ}\text{C}$),
- β – συντελεστής μεταβολής της τάσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου στην συνάρτηση θερμοκρασίας που εκφράζεται σε [%/°C].

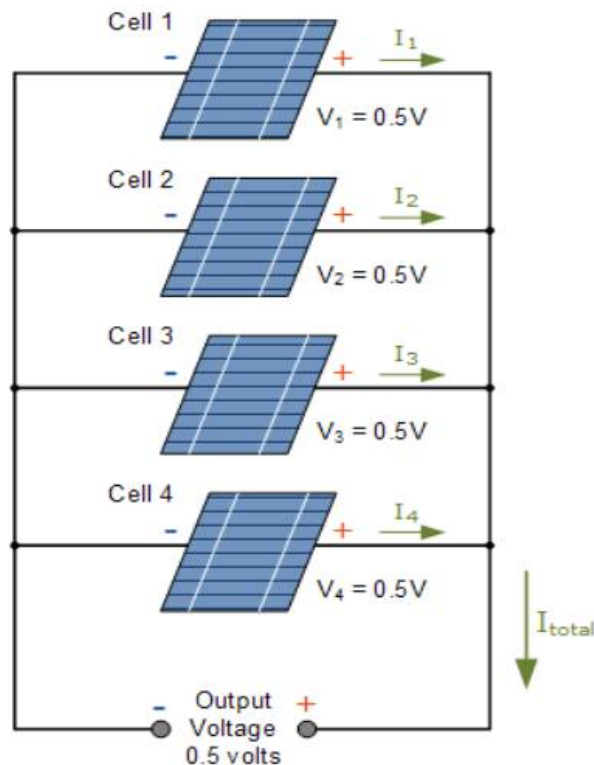
Κατά την επιλογή ενός αριθμού φωτοβολταϊκών μονάδων που συνδέονται σε σειρά, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η τάση που παράγεται στην φωτοβολταϊκή μονάδα ήταν υψηλότερη από την τάση εκκίνησης του φωτοβολταϊκού μετατροπέα. Για το σκοπό αυτό πρέπει να καθοριστεί ένας ελάχιστος αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων.

$$L_{\text{mod_min}} > \frac{U_{MPPT \text{ min}}}{U_N \left(1 + (t_{\text{max}} - t_{STC}) \frac{\beta}{100\%} \right)} \quad (2)$$

όπου:

- $L_{\text{mod_min}}$ – ελάχιστος αριθμός μονάδων στην φωτοβολταϊκή αλυσίδα,
- $U_{MPPT \text{ min}}$ – ελάχιστη τάση του MPPT input system του φωτοβολταϊκού μετατροπέα,
- U_N – ονομαστική τάση της φωτοβολταϊκής μονάδας- τάση στο μέγιστο σημείο ισχύος,
- t_{max} – μέγιστη θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής μονάδας που αναλαμβάνει ο σχεδιαστής,
- t_{STC} – θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής μονάδας κατά τη διάρκεια της δοκιμής σε συνθήκες STC ($t_{STC} = 25^{\circ}\text{C}$),
- β – συντελεστής μεταβολής της τάσης της φωτοβολταϊκής μονάδας στην συνάρτηση θερμοκρασίας που εκφράζεται σε [%/°C].

Παράλληλη σύνδεση (Parallel connection) φωτοβολταϊκών μονάδων, λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή της θερμοκρασίας του ρεύματος



Εικόνα 9. Παράλληλη σύνδεση φωτοβολταϊκών μονάδων

Πηγή: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html> [πρόσβασης: 20 Ιουνίου 2018]

Εάν η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι αρκετά μεγάλη ώστε να είναι απαραίτητη η παράλληλη σύνδεση στοιχείων, πρέπει να υπολογίζονται τα ολικά ρεύματα εξόδου που παράγονται από κάθε φωτοβολταϊκή αλυσίδα, λαμβάνοντας υπόψη την αλλαγή του ρεύματος που παράγεται στην συνάρτηση της θερμοκρασίας της μονάδας. Ο μέγιστος αριθμός παράλληλων συνδεδεμένων αλυσίδων πρέπει να προσδιορίζεται λαμβάνοντας υπόψη το μέγιστο ρεύμα εισόδου του φωτοβολταϊκού μετατροπέα και τις μεταβολές των τιμών του ρεύματος στην συνάρτηση θερμοκρασίας.

$$n \leq \frac{I_{DCmax}}{I_{SC} \left(1 + (t_{max} - t_{STC}) \frac{\alpha}{100\%} \right)} n \leq \frac{I_{DCmax}}{I_{SC} \left(1 + (t_{max} - t_{STC}) \frac{\alpha}{100\%} \right)} \quad (3)$$

όπου:

- n – μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών αλυσίδων που συνδέονται παράλληλα,
- I_{DCmax} – μέγιστο ρεύμα μιας μόνο εισόδου του φωτοβολταϊκού μετατροπέα,
- I_{SC} – ρεύμα βραχυκυκλώματος της φωτοβολταϊκής μονάδας,
- t_{max} – μέγιστη θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής μονάδας που αναλαμβάνει ο σχεδιαστής,
- t_{STC} – θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής μονάδας κατά τη διάρκεια της δοκιμής σε συνθήκες STC ($t_{STC} = 25^\circ C$),
- α – συντελεστής μεταβολής του ρεύματος του φωτοβολταϊκού στοιχείου στη συνάρτηση θερμοκρασίας που εκφράζεται σε $[\%/^\circ C]$.

Προσδιορισμός της μέγιστης τιμής ρεύματος στο καλώδιο της φωτοβολταϊκής αλυσίδας(maximum current value in the photovoltaic chain's wire)

Το ρεύμα μίας μόνο φωτοβολταϊκής αλυσίδας ισούται με τουλάχιστον την τιμή ρεύματος μιας φωτοβολταϊκής μονάδας. Επομένως, η μέγιστη τιμή της φωτοβολταϊκής αλυσίδας είναι ίση με τη μέγιστη τιμή ρεύματος της φωτοβολταϊκής μονάδας. Κατά τον προσδιορισμό της μέγιστης τιμής ρεύματος της φωτοβολταϊκής αλυσίδας, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι αλλαγές στο ρεύμα της μονάδας στην συνάρτηση της θερμοκρασίας.

$$I_{str_max} = I_{SC} \left(1 + (t_{max} - t_{STC}) \frac{\alpha}{100\%} \right) \quad (4)$$

όπου:

- I_{str_max} – μέγιστο ρεύμα της φωτοβολταϊκής αλυσίδας,
- I_{SC} – ρεύμα βραχυκυκλώματος της φωτοβολταϊκής μονάδας,
- t_{max} – μέγιστη θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής μονάδας που αναλαμβάνει ο σχεδιαστής,
- t_{STC} – θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής μονάδας κατά τη διάρκεια της δοκιμής σε συνθήκες STC ($t_{STC} = 25^\circ \text{C}$),
- α – συντελεστής μεταβολής του ρεύματος της φωτοβολταϊκής μονάδας στη συνάρτηση θερμοκρασίας που εκφράζεται σε [%/°C].

Απόφαση της μέγιστης τιμής ρεύματος στο σύρμα φωτοβολταϊκού συλλέκτη (photovoltaic collector's wire)

Εάν τουλάχιστον δύο αλυσίδες συνδέονται παράλληλα στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια, δημιουργείται ο φωτοβολταϊκός συλλέκτης. Το μέγιστο ρεύμα που ρέει στο σύρμα του φωτοβολταϊκού συλλέκτη θα είναι το άθροισμα των ρευμάτων των συνδεδεμένων φωτοβολταϊκών αλυσίδων που δημιουργούν τον συλλέκτη.

$$I_{k_max} = n \cdot I_{str_max} \quad I_{k_max} = n \cdot I_{str_max} \quad (5)$$

όπου:

- I_{k_max} – μέγιστο ρεύμα στο σύρμα φωτοβολταϊκού συλλέκτη,
- n – αριθμός συνδεδεμένων φωτοβολταϊκών αλυσίδων,
- I_{str_max} – μέγιστο ρεύμα της φωτοβολταϊκής αλυσίδας.

Απόφαση της μέγιστης τιμής του ρεύματος στο σύρμα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας

Όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια αποτελείται από αρκετούς φωτοβολταϊκούς συλλέκτες που συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους, το μέγιστο ρεύμα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι ίσο με το άθροισμα των μέγιστων ρευμάτων των συνδεδεμένων συλλεκτών

$$I_{G_max} = n_k \cdot I_{k_max} \quad I_{G_max} = n_k \cdot I_{k_max} \quad (6)$$

όπου:

- I_{G_max} – μέγιστο ρεύμα στο καλώδιο της φωτοβολταϊκής γεννήτριας,
- n_k – αριθμός των φωτοβολταϊκών συλλεκτών που συνδέονται παράλληλα,
- I_{k_max} – μέγιστο ρεύμα στο σύρμα φωτοβολταϊκού συλλέκτη

Ακεραιότητα των φωτοβολταϊκών συρμάτων (Ampacity of photovoltaic wires)

Η βασική παράμετρος που χαρακτηρίζει το σύρμα DC της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι το μέγιστο συνεχόμενο ρεύμα που μπορεί να ρεύσει στο ηλεκτρικό κύκλωμα που κατασκευάστηκε με τη χρήση αυτού του καλωδίου. Όπως προκύπτει από το σχέδιο της φωτοβολταϊκής γεννήτριας, το μικρότερο ρεύμα ρέει στην φωτοβολταϊκή αλυσίδα, μεγαλύτερο στον συλλέκτη, και το μεγαλύτερο – στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Ενώ γνωρίζουμε τις αρχές των υπολογισμών της διατομής καλωδίων, cross-section (που περιλαμβάνονται στις οδηγίες των παραγωγών καλωδίων DC για φωτοβολταϊκά συστήματα), υπολογίζουμε τις σταγόνες τάσης για συγκεκριμένα καλώδια της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Πρέπει να διασφαλιστεί ότι η πτώση τάσης (voltage drop) στα καλώδια φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, τόσο στην πλευρά DC όσο και στην πλευρά AC, δεν υπερβαίνει το 1%. Εάν οι υπολογισμένες πτώσεις τάσης υπερβαίνουν το 1%, οι διατομές των καλωδίων πρέπει να αυξηθούν.

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \cdot I \cdot l}{U \cdot \gamma \cdot s} \cdot 100\%$$

Όπου:

- $\Delta U_{\%}$ – σχετική πτώση τάσης στο αναλυτικό τμήμα του καλωδίου [%],
- I – μακροπρόθεσμο ρεύμα που ρέει μέσω του καλωδίου [A],
- l – μήκος του αναλυθέντος τμήματος του καλωδίου [m],
- s – διατομή καλωδίου [mm²],
- γ – αγωγιμότητα υλικού από το οποίο κατασκευάζονται σύρματα [S * m / mm²] (για cuprum = 58,6).

4.9. Σύστημα φωτοβολταϊκών – σύνδεση στο δίκτυο

Νομικές πτυχές σχετικά με τη σύνδεση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στο ηλεκτρικό δίκτυο

Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις που είναι συνδεδεμένες στο ηλεκτρικό δίκτυο (ON-GRID) επιτρέπουν την πώληση της παραγόμενης ενέργειας. Η ενσωμάτωση του φωτοβολταϊκού συστήματος στο δίκτυο είναι εφικτή μόνο μετά την απόκτηση και την ικανοποίηση των συνθηκών σύνδεσης, για την οποία πρέπει κάποιος να κάνει αίτηση στον ένας αρμόδιο φορέα του ενεργειακού συστήματος

Αίτηση για σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο

Ανάλογα με τη χώρα στην οποία πραγματοποιείται αυτή η εγκατάσταση, οι ιδιοκτήτες εγκαταστάσεων μπορούν να χρησιμοποιήσουν την απλοποιημένη (για μικροεγκαταστάσεις) ή την πλήρη διαδικασία. Στην αίτηση για τις προϋποθέσεις σύνδεσης της εγκατάστασης στο ηλεκτρικό δίκτυο, ο αιτώντας πρέπει να παράσχει λεπτομερή στοιχεία σχετικά με τον αριθμό και τύπο μετατροπών και τον αριθμό και τύπο φωτοβολταϊκών μονάδων που θα εγκαταστηθούν. Επίσης η αίτηση θα περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο σχέδιο της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Ανάλογα με το ισχύον δίκαιο ενέργειας σε μια χώρα, το σχέδιο μπορεί να εκτελείται μόνο από πρόσωπα που είναι εργασία τους να διεξάγουν τέτοιου είδους έργων.

Προσδιορισμός των ονομαστικών τιμών της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης: ονομαστική τάση, ονομαστική ισχύς

Ανάλογα με το μέγεθος εγκατάστασης, οι πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς συγκατάθεση – για την εγκατάσταση ισχύος μικρότερης από την προβλεπόμενη από το νόμο της συγκεκριμένης χώρας.

Για την εγκατάσταση μεγαλύτερης ισχύος, είναι απαραίτητο να λαμβάνεται συγκατάθεση για πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με τον τοπικό νόμο σε ένα δεδομένο κράτος μέλος της ΕΕ. Και στις δύο περιπτώσεις απαιτείται η σύναψη συμφωνίας με έναν πάροχο για την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαδικασία απόκτησης συγκατάθεσης, ανάλογα με τη χώρα, διαρκεί αρκετούς μήνες και είναι καλύτερο να το γνωρίζουμε αυτό στην αρχή την επένδυση για να λάβουμε σχετική άδεια για το εμπόριο ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε ένα έγγραφο που παραδίδεται στο διαχειριστή του δικτύου διανομής, θα πρέπει να παρέχονται επίσης ονομαστικοί παράμετροι της εγκατάστασης, π.χ. ονομαστική τάση (μονοφασική ή τριφασική) και αναμενόμενη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας την οποία μια συγκεκριμένη εγκατάσταση μπορεί να παραδώσει στο δίκτυο. Αυτά τα δεδομένα πρέπει να επιτρέπουν στον διανομέα ηλεκτρικής ενέργειας να ισορροπήσει σωστά την ενέργεια σε μια δεδομένη περιοχή λειτουργίας.

Επιλογή των προστατευτικών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στην πλευρά εναλλασσόμενης τάσης

Καθώς το σύστημα στο δίκτυο συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο ενός συγκεκριμένου χειριστή, ο σχεδιασμός της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνει τις απαραίτητες προστασίες που συνιστά ο φορέας χειρισμού.

Στο πλαίσιο της επιλογής των προστασιών στην πλευρά του AC, πρέπει να επιλεγούν:

- προστασία υπερφόρτωσης (overcurrent protection)
- προστασία από υπέρταση (surge protection),
- Διακόπτης προστασίας υπολειπόμενου ρεύματος (residual current circuit breaker).

Η Προστασία υπερφόρτωσης (overcurrent protection) συνήθως ορίζεται από τον παραγωγό στο τεχνικό έγγραφο του μετατροπέα. Εξαρτάται από το μέγιστο εναλλασσόμενο ρεύμα του φωτοβολταϊκού μετατροπέα. Εάν ο παραγόμενος μετατροπέας δεν καθορίζει την ονομαστική ονομαστική τιμή I_{zab} της προστασίας του ρεύματος, πρέπει να υιοθετηθεί η πλησιέστερη τιμή από μια σειρά προστατευτικών, μεγαλύτερη από τη μέγιστη AC I_{ACmax} του φωτοβολταϊκού μετατροπέα, ανάλογα με την εξάρτηση:

$$I_{zab} > I_{ACmax}$$

Η προστασία από υπέρταση (surge protection), επιλέγεται σύμφωνα με τον εκτιμώμενο κίνδυνο άμεσης αστραπής και τη δομή του φωτοβολταϊκού μετατροπέα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Πιν. 1. Επιλογή προστασίας από υπέρταση (surge)

Εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών εφαρμοσμένες σε κτήρια (οροφές, ανυψώσεις)			
Προστασία από κεραυνό	Μετατροπέας εξοπλισμένο με μετασχηματιστή μόνωσης	Τύποι προστασίας από υπερτάσεις Πλευρά DC	Τύποι προστασίας από υπερτάσεις Πλευρά AC
Έλλειψη προστασίας από αστραπές*	ΝΑΙ	ΤΥΠΟΣ 2	ΤΥΠΟΣ 2
	ΟΧΙ	ΤΥΠΟΣ 2	ΤΥΠΟΣ 2
Υπάρχει εγκατάσταση αστραπής, διατηρούνται οι αποστάσεις από κάθετους και οριζόντιους ακροδέκτες	ΝΑΙ	ΤΥΠΟΣ 2	ΤΥΠΟΣ 2
	ΟΧΙ	ΤΥΠΟΣ 2	ΤΥΠΟΣ 2
Υπάρχει εγκατάσταση αστραπής, οι αποστάσεις από κάθετους και οριζόντιους ακροδέκτες δεν διατηρούνται	ΝΑΙ	ΤΥΠΟΣ 1+2	ΤΥΠΟΣ 1+2
	ΟΧΙ	ΤΥΠΟΣ 1+2	ΤΥΠΟΣ 1+2
Εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών εδάφους			
Έλλειψη εγκατάστασης αστραπής	ΝΑΙ	ΤΥΠΟΣ 2	ΤΥΠΟΣ 2
	ΟΧΙ	ΤΥΠΟΣ 2	ΤΥΠΟΣ 2

* εάν ο παραγωγός φωτοβολταϊκών μονάδων συστήνει τη γείωση τους, πρέπει να γίνει γείωση φωτοβολταϊκών μονάδων και εγκατάσταση αλεξικέραυνου.

Η προστασία από υπερτάσεις (surge protection), εγκαθίσταται σε μη γειωμένα καλώδια επιστροφής. Αν η απόσταση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας από τον φωτοβολταϊκό μετατροπέα είναι μικρότερη από 10 μέτρα, οι αντιστάσεις υπερτάσεων συναρμολογούνται μόνο στον φωτοβολταϊκό μετατροπέα. Εάν η απόσταση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας από τον φωτοβολταϊκό μετατροπέα είναι μεγαλύτερη από 10 m, οι αντιστάσεις θα πρέπει να συναρμολογούνται στον φωτοβολταϊκό μετατροπέα και στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια.

Η επιλογή του διακόπτη προστασίας υπολειπόμενου ρεύματος (residual current circuit breaker) εξαρτάται από τη δομή και τις ιδιότητες του φωτοβολταϊκού μετατροπέα. Κατά την επιλογή του διακόπτη προστασίας υπολειπόμενου ρεύματος, πρέπει να δοθεί προσοχή στις συστάσεις του παραγωγού του μετατροπέα εντός του πεδίου εφαρμογής του ρεύματος διαρροής. Η δομή του μετατροπέα είναι ένα σημαντικό στοιχείο.

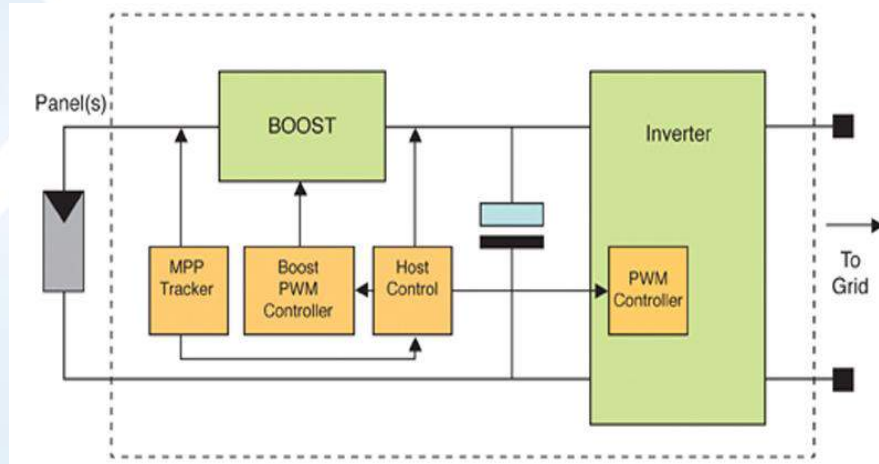
Πιν. 2. Επιλογή διακόπτη προστασίας υπολειπόμενου ρεύματος (residual current circuit breaker)

Μετατροπέας εξοπλισμένο με μετασχηματιστή μόνωσης	Ονομαστικό διαφορικό ρεύμα προστασίας*	Τύπος διακόπτη προστασίας υπολειπόμενου ρεύματος
ΝΑΙ	30 mA	AC
ΟΧΙ	30 mA	B

* Εάν ο παραγωγός συστήσει διαφορετική τιμή προστασίας, θα πρέπει να προσαρμοστεί στις συστάσεις του παραγωγού του φωτοβολταϊκού μετατροπέα.

Μετατροπείς On-grid

Ο μετατροπέας είναι ένα από τα δύο πιο σημαντικά στοιχεία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Η αποστολή του είναι να μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγεται από το ρεύμα DC σε εναλλασσόμενο ρεύμα συγχρονισμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο.



Εικόνα 1. Βασικό διάγραμμα του μετατροπέα

Πηγή: <https://www.powersystemsdesign.com/articles/the-promise-of-solar-technology/28/6289> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

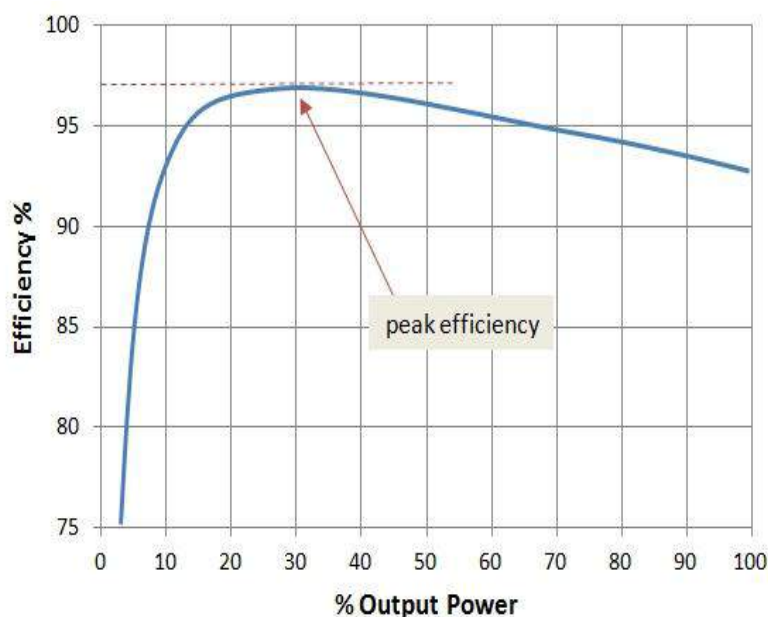
Στην αγορά, μπορούμε να δούμε ολόκληρο το φάσμα των μετατροπέων:

- με τον μετασχηματιστή,
- χωρίς τον μετασχηματιστή,
- μονοφασικό ή τριφασικό,
- Κεντρική και αλυσίδα,
- να διαθέτει μία ή περισσότερες ανεξάρτητες εισόδους MPPT,
- Μικρομετατροπέας που ονομάζεται modular.

Ο μετατροπέας χαμηλής ισχύος (μονοφασικός ή τριφασικός) ή μια ομάδα μικρομετατροπέων απαιτείται για μικρές οικιακές εγκαταστάσεις. Για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις πρέπει να εφαρμοστούν μετατροπείς υψηλής ισχύος, κεντρικής ή αλυσίδας. Ο ηλιακός μετατροπέας πρέπει να χαρακτηρίζεται από υψηλή απόδοση και δυνατότητα συνεργασίας με όσο το δυνατόν περισσότερες φωτοβολταϊκές μονάδες. Η απόδοση του μετατροπέα είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος, καθώς επιτρέπει την απόκτηση της μέγιστης ενέργειας από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση με ελάχιστες απώλειες. Οι καλύτεροι μετατροπείς χαμηλής ισχύος επιτυγχάνουν απόδοση 97%, ενώ οι μετατροπείς με υψηλότερη ισχύ μπορούν να επιτύχουν το 98% της απόδοσης. Εάν συγκρίνουμε τον μετατροπέα σε σχέση με την απόδοση, πρέπει να γίνει σε σχέση με τη μέση απόδοση που ζηγίζεται για το διαφορετικό φορτίο του μετατροπέα. Αυτή η απόδοση πρέπει πάντα να είναι σε μια κάρτα καταλόγου με την ονομασία ΕΥΡΩ αποτελεσματικότητα (EURO efficiency).

$$\eta_{EUR} = 0.03 \eta_{5\% \text{ of load}} + 0.06 \eta_{10\%} + 0.13 \eta_{20\%} + 0.1 \eta_{30\%} + 0.48 \eta_{50\%} + 0.2 \eta_{100\%}$$

Όπως βλέπουμε στην παραπάνω φόρμουλα, η ευρωπαϊκή απόδοση θεωρεί τη λειτουργία του μετατροπέα σε όλο το φάσμα του φορτίου, που στην πράξη χαρτογραφεί καλύτερα τη λειτουργία του σε πραγματικές συνθήκες.



Εικόνα 2. Περιγραφή της αποτελεσματικότητας του μετατροπέα

Πηγή: <https://www.e-education.psu.edu/eme812/node/738> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Λειτουργίες ασφαλείας σε μετατροπείς δικτύου

Σύμφωνα με τη νομοθεσία της ΕΕ, οι μετατροπείς θα πρέπει να συμμορφώνονται με το βασικό πρότυπο που περιγράφει την ασφάλεια των μετατροπέων σε φωτοβολταϊκά συστήματα:

- 1) IEC 62109-1: 2010, EN 62109-1: 2010, DIN EN 62109-1: 2011 Ασφάλεια μετατροπέων ισχύος για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος – Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις.
- 2) IEC 62109-2: 2011, EN 62109-2: 2011, DIN EN 62109-2: 2012 Ασφάλεια μετατροπέων ισχύος για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος – Μέρος 2: Ειδικές απαιτήσεις για μετατροπείς.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, οι μετατροπείς που δεν πληρούν τα παραπάνω πρότυπα δεν μπορούν να εφαρμοστούν στις εγκαταστάσεις.

Βασικές παράμετροι που περιγράφονται στα παραπάνω έγγραφα περιλαμβάνουν:

- Τάση λειτουργίας AC,
- Τάση λειτουργίας DC,
- γείωση,
- γείωση,
- Προστασία υπερφόρτωσης,
- Προστασία από βραχυκύκλωμα,
- Θερμική προστασία,

- Θερμοκρασίες αφής,
- Όρια θερμοκρασίας για την τοποθέτηση επιφανειών,
- Προστασία από ηλεκτροπληξία και ενεργειακούς κινδύνους,
- Προστασία από ηλεκτροπληξία,
- Σύνδεση σε κυκλώματα PELV και SELV,
- Παλμική τάση εργασίας,
- Προστατευτικός διαχωρισμός,
- Μόνωση περιλαμβανομένων των αποστάσεων εκκαθάρισης και τις απομακρυσμένες αποστάσεις

Δεδομένα των φωτοβολταϊκών μετατροπών

Υπάρχει μια σειρά βασικών παραμέτρων των μετατροπών για τις φωτοβολταϊκά συστήματα.

Οι πιο σημαντικοί παράμετροι για τους μετατροπείς είναι:

Παράμετροι εισόδου (input parameters):

- μέγιστη τάση εισόδου (πολύ ευαίσθητη όταν ξεπεραστεί),
- μέγιστη ισχύ εισόδου (πλευρά DC),
- αριθμός καταχωρήσεων / εντοπισμών,
- μέγιστο ρεύμα ανά είσοδο /εντοπιστής MPP,
- Εύρος τάσης MPPT.

Παράμετροι εξόδου (output parameters):

- μέγιστη ισχύ εξόδου (πλευρά AC),
- σύστημα φάσης (μονοφασικό, τριφασικό),
- Εύρος συγχρονισμού τάσης εξόδου,
- φάσμα συχνοτήτων,
- αποτελεσματικότητα.

Άλλοι παράμετροι των μετατροπών:

- Επίπεδο ασφάλειας (IP54, IP65),
- Τάση εξόδου φάσης προς φάση,
- W_{sp} THD (περιεχόμενο της αρμονικής),
- Διαστάσεις και βάρος,
- Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας,
- Πρόσθετες προστασίες AC / DC (ασφάλειες στις εισόδους, προστασία από υπέρταση, παρακολούθηση μόνωσης, έλεγχος πόλωσης),
- Μέθοδος ψύξης του συστήματος (βαρύτητα, αναγκαστική),
- Μέθοδος μετατροπής DC σε AC (με μετασχηματιστή, χωρίς μετασχηματιστή),
- Συστήματα παρακολούθησης ηλεκτρικών παραμέτρων.

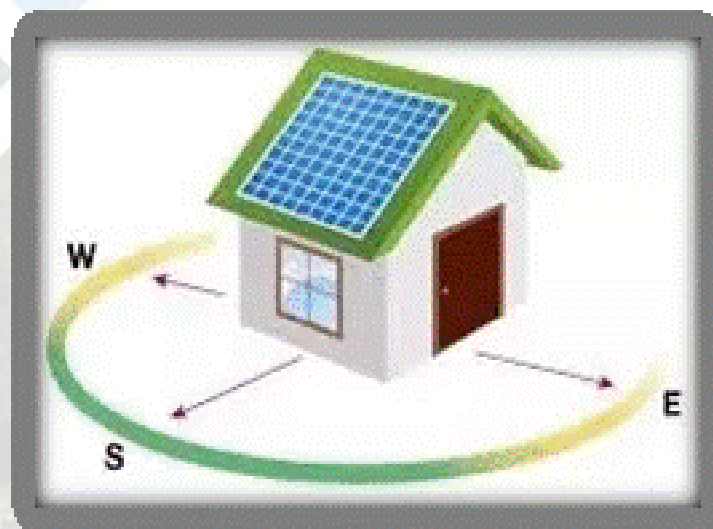
Επιλογή ενός αριθμού συστημάτων εντοπισμού της μέγιστης ενέργειας στον μετατροπέα

Σύμφωνα με τις τοποθεσίες στέγης κατά τη νότια κατεύθυνση, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το μετατροπέα με ένα σύστημα MPPT (για εγκατάσταση εξ ολοκλήρου προσανατολισμένο προς το νότο) ή με δύο συστήματα MPPT (για εγκατάσταση με μονάδων τοποθετημένες δυτικά και ανατολικά).



Εικόνα 3. Εγκατάσταση μονάδων που βλέπουν Ανατολή –Δύση

Πηγή: <https://www.solarquotes.com.au/blog/an-eastwest-split-of-solar-panels-on-a-single-string-can-work-well/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

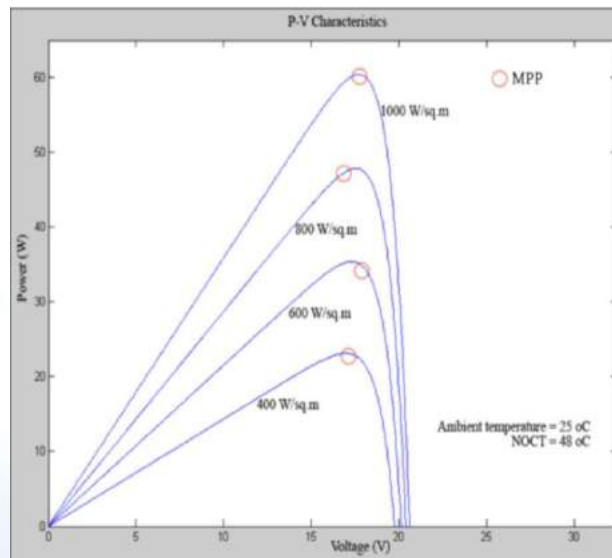


Εικόνα 4. Εγκατάσταση μονάδων που βλέπουν το Βορά

Πηγή: <https://www.quora.com/Why-do-solar-panels-face-south> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Επιπλέον, για λύσεις με υψηλότερη ισχύ, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερος αριθμός ανεξάρτητων κυκλωμάτων με μονάδες συνεχούς ρεύματος, είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν μετατροπείς με κυκλώματα 3 και 4 MPPT.

Η αποδοτικότητα του μετατροπέα εξαρτάται επίσης απευθείας από έναν αλγόριθμο αναζήτησης ενός σημείου μέγιστης ισχύος. Σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα, σύμφωνα με την ακτινοβολία, το σημείο λειτουργίας αλλάζει και ο μετατροπέας πρέπει να ακολουθεί αυτές τις αλλαγές χάρη στον εφαρμοσμένο αλγόριθμο.



Εικόνα 5. Μεταβλητότητα του σημείου λειτουργίας των μετατροπέων με το σύστημα MPPT
 Πηγή: <https://www.semanticscholar.org/paper/Maximum-power-point-tracking-controller-using-P-and-Singh-Sarkar/89cc1255f020c31698f6c90bc6d0872b523b39b/figure/1> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Επιλογή των προστατευτικών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στην πλευρά της απευθείας τάσης

Η προστασία του κυκλώματος DC στη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση αποτελείται από την επιλογή των ακόλουθων:

- 1) προστασία από υπέρταση (σύμφωνα με τον πίνακα 1),
- 2) προστασία υπερφόρτωσης.

Η σωστά επιλεγμένη φωτοβολταϊκή γεννήτρια δεν απαιτεί την εφαρμογή προστασίας υπερφόρτωσης στις εισόδους του φωτοβολταϊκού μετατροπέα, επειδή ο φωτοβολταϊκός μετατροπέας δεν παράγει περισσότερο ρεύμα από το μέγιστο ρεύμα βραχυκυκλώματος της γεννήτριας. Οι προστασίες υπερφόρτωσης εφαρμόζονται όταν παράλληλες συνδέσεις φωτοβολταϊκών αλυσίδων εμφανίζονται στη γεννήτρια. Εάν συνδέονται τρεις ή περισσότερες φωτοβολταϊκές αλυσίδες, σε κάθε συνδεδεμένη φωτοβολταϊκή αλυσίδα έχει εγκατασταθεί η προστασία από υπερφόρτωση που εμποδίζει τη ροή του αντιστρεπτού ρεύματος με τιμή μεγαλύτερη από $2 \times I_{PVmax}$. Η περιγραφή της προστασίας από υπερφόρτωση πρέπει να αντιστοιχεί στην περιγραφή των προστατευτικών διατάξεων που εφαρμόζονται σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, οι οποίες συνήθως περιγράφονται με σύμβολα "gPV". Το ρεύμα προστασίας I_{zabDC} επιλέγεται με βάση το ρεύμα βραχυκυκλώματος I_{SC} της φωτοβολταϊκής μονάδας από μια σειρά προστατευτικών στοιχείων, αφού ικανοποιεί την ακόλουθη εξάρτηση:

$$1,4I_{SC} \leq I_{zabDC} \leq 2I_{SC}$$

Συνιστάται η τιμή της τρέχουσας προστασίας I_{zabDC} που επιλέγεται από την περιοχή να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερη προς το κατώτερο άκρο της καθορισμένης περιοχής. Κατά την επιλογή ενός συνδέσμου ασφαλειών πρέπει να έχετε κατά νου ότι η τάση λειτουργίας της ασφάλειας είναι τουλάχιστον κατά 20% υψηλότερη από τη μέγιστη τάση U_{DCmax} της προστατευμένης φωτοβολταϊκής αλυσίδας.

4.10. Πρότυπα και τεχνικές προδιαγραφές που συνδέονται με μια θεματική ομάδα

Διαχωρισμός παραγωγών φωτοβολταϊκής ενέργειας σε σχέση με το μέγεθος της εγκατάστασης

Μικροεγκατάσταση – εγκατάσταση ανανεώσιμης πηγής ενέργειας με συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ που δεν υπερβαίνει τα 50 kW, συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο με ονομαστική τάση μικρότερη από 110 kV ή με επιτευχθείσα θερμική ισχύ σε συμπαραγωγή που δεν υπερβαίνει τα 120 kW.

Μικροεγκαταστάσεις – συνδεδεμένη με το δίκτυο

- Στην Πολωνία ισχύουν οι διατάξεις του Ενεργειακού Νόμου για τη σύνδεση εγκατάστασης ΑΠΕ.
- Η απουσία τέλους για τη σύνδεση μίας μικροεγκατάστασης στο δίκτυο αποτελεί τη βάση για την άρνηση μιας απόφασης.
- Η σύνδεση της μικροεγκατάστασης στο δίκτυο συμβαίνει με βάση την αίτηση, όταν μια οντότητα που υποβάλλει αίτηση για τη σύνδεση μικροεγκατάστασης είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο ως τελικός καταναλωτής και η εγκατεστημένη ισχύς της μικροεγκατάστασης δεν είναι μεγαλύτερη από αυτή που καθορίζεται στις εκδοθείσες συνθήκες σύνδεσης. Μια αίτηση υποβάλλεται μετά την εγκατάσταση των κατάλληλων συστημάτων προστασίας και ενός συστήματος μέτρησης και διακανονισμού (με έξοδα της επιχείρησης).
- Καμία υποχρέωση απόκτησης των όρων σύνδεσης και σύναψη συμφωνίας σύνδεσης.

Μικρή εγκατάσταση – εγκατάσταση ανανεώσιμης πηγής ενέργειας με συνολική εγκατεστημένης ηλεκτρική ισχύ μεγαλύτερη από 50 kW και να μην ξεπερνά τους 500 kW, συνδεδεμένης στο ηλεκτρικό δίκτυο με ονομαστική τάση μικρότερη από 110 kV ή με θερμοκόλληση σε συνδυασμένη παραγωγή μεγαλύτερη από 120 kW και μέχρι 600 kW.

Μικρές εγκαταστάσεις – συνδεδεμένες στο δίκτυο – συμπέρασμα

- Αίτηση για τοπικό διαχειριστή δικτύου για την έκδοση των όρων σύνδεσης.
- Στην αίτηση πρέπει να συμπεριληφθεί ένα απόσπασμα και το μέρος του χωροταξικού σχεδίου που θα δείχνει την τοποθεσία και σε περίπτωση που δεν υπάρχει τέτοιο σχέδιο, απόφαση για την ανάπτυξη της γης και τις συνθήκες διαχείρισης.
- Σχέδιο ανάπτυξης ή σχέδιο που καθορίζει τη θέση μιας συνδεδεμένης εγκατάστασης.
- Το έγγραφο που επιβεβαιώνει τον νόμιμο τίτλο χρήσης της τοποθεσίας όπου πρόκειται να γίνουν οι συνδεδεμένες εγκαταστάσεις.

Δικαιώματα και υποχρεώσεις του παραγωγού φωτοβολταϊκής ενέργειας ανάλογα με το μέγεθος εγκατάστασης

Υποχρεώσεις πληροφόρησης ενός παραγωγού στην μικροεγκατάσταση στον διαχειριστή του συστήματος διανομής (Distribution System Operator, OSD):

1. Πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην μικροεγκατάσταση και την ηλεκτρική ενέργεια που πωλείται στον υπόχρεο πωλητή, ο οποίος παράχθηκε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη μικροεγκατάσταση και

- εισήχθη στο δίκτυο στον διαχειριστή ενός ηλεκτρικού συστήματος διανομής – εντός επτά ημερών από την ημερομηνία λήξης του τριμήνου.
2. Πληροφορίες σχετικά με τις αλλαγές στη δραστηριότητα (τύπος και ισχύς της μικροεγκατάστασης, της αναστολής ή της ολοκλήρωσης της παραγωγής) εντός 14 ημερών από την ημερομηνία αλλαγής αυτών των δεδομένων.
 3. Πληροφορίες για την ημερομηνία της πρώτης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την μικροεγκατάσταση (παραγωγή και εισαγωγή στο δίκτυο) ή την ημερομηνία ολοκλήρωσης του εκσυγχρονισμού της εγκατάστασης – εντός 7 ημερών από την ημερομηνία αυτή.

Οι νομικές ρυθμίσεις για τις επιχειρήσεις ενέργειας και τους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας

Υποχρεώσεις πληροφόρησης του Διαχειριστή του Συστήματος Διαμονής (ΔΣΔ) προς τον Πρόεδρο της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας – πληροφορίες

Ο ΔΣΔ παρέχει πληροφορίες για:

- Παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη μικροεγκατάσταση,
- Θέση, τύπο και εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ των μικροεγκαταστάσεων που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυό της

εντός 14 ημερών από την ημερομηνία σύνδεσης ή κοινοποίησης της σύνδεσης της μικροεγκατάστασης στο δίκτυό της, και για:

- Αλλαγή τύπου μικροεγκατάστασης και εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος,
- Αποσύνδεση της μικροεγκατάστασης από το δίκτυό της

εντός 14 ημερών από την ημερομηνία λήψης πληροφοριών σχετικά με τα δεδομένα ή από την ημερομηνία της αποσύνδεσης μικροεγκατάστασης από αυτό το δίκτυο.

Υποχρεώσεις πληροφόρησης του ΔΣΔ προς τον Πρόεδρο της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας – τριμηνιαίες δηλώσεις

Εντός 45 ημερών από την ημερομηνία λήξης του τριμήνου, ο ΔΣΔ παρέχει στον Πρόεδρο της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας τριμηνιαία δήλωση που περιλαμβάνει:

- πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τη μικροεγκατάσταση από συγκεκριμένους παραγωγούς και το συνολικό ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που πωλείται στον υποχρεωμένο πωλητή που παράγεται στην μικροεγκατάσταση και εισάγεται στο δίκτυο διανομής,
- κατάλογο των παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας στη μικροεγκατάσταση, με ένδειξη της ημερομηνίας παραγωγής συγκεκριμένων παραγωγών για πρώτη φορά ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη μικροεγκατάσταση,
- ένδειξη ενός τύπου μικροεγκατάστασης και της εγκατεστημένης ηλεκτρικής της ισχύος.

Κυρώσεις για μη εκπλήρωση υποχρεώσεων ενημέρωσης από τον ΔΣΔ

Ο Πρόεδρος της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας επιβάλλει χρηματική ποινή για:

- έλλειψη έγκαιρης υποβολής πληροφοριών,
- έλλειψη έγκαιρης υποβολής δήλωσης.

Κάποιος μπορεί να ζητήσει την επανεξέταση απόφασης σχετικά με ποινές από τον SOKiK.

Ένωση στο δίκτυο – υποχρέωση ένωσης

- Οι επιχειρήσεις ενέργειας που είναι διαχειριστές δικτύου υποχρεούνται να συνδέουν μια πηγή ανανεώσιμης ενέργειας στο δίκτυό τους, εφόσον υπάρχουν οικονομικοί ή τεχνικοί όροι σύνδεσης.
- Εάν δεν υπάρχουν τεχνικές προϋποθέσεις σύνδεσης με το δίκτυο, ο διαχειριστής πρέπει να καθορίσει την προγραμματισμένη ημερομηνία και τους όρους για την εκτέλεση του εκσυγχρονισμού και της ανάπτυξης του δικτύου και την ημερομηνία σύνδεσης.
- Ο διαχειριστής ενημερώνει επίσης για το ποσό της διαθέσιμης ισχύος σύνδεσης, όταν είναι μικρότερο από αυτό που ζητείται από μια οντότητα που υποβάλλει αίτηση σύνδεσης.
- Οι όροι σύνδεσης ισχύουν για δύο έτη από την ημερομηνία παράδοσής τους. συνιστούν υποχρεωτική υποχρέωση σύνδεσης με το δίκτυο.

Άλλες επιπρόσθετες υποχρεώσεις του ΔΔΣ που απορρέουν από τον Νόμο ΑΠΕ

- Συλλογή και διακανονισμός του τέλους ΑΠΕ.
- Παροχή στον Πρόεδρο της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας αιτήσεων για την έκδοση εγγύησης προέλευσης.

Πιστοποιητικά προέλευσης και άλλα συστήματα υποστήριξης για παραγωγούς ενέργειας από ΑΠΕ

Ο τομέας των καταναλωτών υποστηρίζεται από μηχανισμό εκπτώσεων. Οι καταναλωτές υποχρεούνται να καταναλώνουν ενέργεια από τις μικρο-εγκαταστάσεις. Για τροφοδοσία 1 kWh στο πλέγμα, οι χρήστες μπορούν να λάβουν 0,8 kWh σε περίπτωση συστημάτων κάτω των 10 kW και 0,7 kWh για συστήματα μεταξύ 10 και 50 kW. Αυτός ο μηχανισμός υποστήριξης φαίνεται να έχει σχετικά χαμηλό αναπτυξιακό δυναμικό. Οι σημαντικές επιδοτήσεις προέρχονται από ευρωπαϊκά και εγχώρια προγράμματα που υποστηρίζουν την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Εκτιμάται ότι κάθε χρόνο θα εμφανιστούν αρκετές χιλιάδες φωτοβολταϊκές μικροεγκαταστάσεις.

Δημοπρασίες – γενικές αρχές

1. Τα νέα έργα μπορούν να συμμετέχουν στο σύστημα στήριξης **μόνο μέσω του μηχανισμού δημοπράτησης.**
2. Π.χ. οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν βιομάζα **με ισχύ άνω των 50 MW εξαιρούνται** από το σύστημα πλειστηριασμών.
3. Μέχρι τις 30 Νοεμβρίου, το Υπουργικό Συμβούλιο καθορίζει με διάταγμα **το μέγιστο ποσό και την αξία της ενέργειας** που μπορεί να αγοράσει σε επόμενο έτος (25% για εγκαταστάσεις κάτω του 1 MW).
4. Οι πλειστηριασμοί (τουλάχιστον μία φορά το χρόνο) **οργανώνονται και διεξάγονται από τον Πρόεδρο της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας** (χωριστά για πηγές έως και πάνω από 1 MW).
5. Ένας παραγωγός που προσφέρει τη **φθηνότερη** ενέργεια γίνεται νικητής δημοπρασίας.
6. Η τιμή της ενέργειας υποδεικνύεται βάσει τιμής **αναφοράς που καθορίζεται από τον Υπουργό Οικονομικών** τουλάχιστον 60 ημέρες πριν από τη δημοπρασία σύμφωνα με τις αρχές που καθορίζονται στο Νόμο περί ΑΠΕ.

7. Ο φορέας που επιθυμεί να συμμετάσχει στη δημοπρασία **υπόκειται στη διαδικασία επίσημης αξιολόγησης** – υποχρέωση παράδοσης εγγράφων και σύστασης τραπεζικής εγγύησης ή κατάθεσης.
8. Ο Πρόεδρος της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας εκδίδει πιστοποιητικό αποδοχής στη δημοπρασία ή αρνείται να την εκδώσει **εντός 30 ημερών** από την κατάθεση της αίτησης.
9. **Μπορεί να υποβληθεί καταγγελία** για την άρνηση έκδοσης του πιστοποιητικού.
10. Το πιστοποιητικό ισχύει για **12 μήνες**.
11. Η σύναψη σύμβασης με τον υπόχρεο πωλητή πραγματοποιείται **εντός έξι μηνών από το κλείσιμο του πλειστηριασμού**.
12. Η ενέργεια αγοράζεται σε **τιμή που καθορίζεται στη δημοπρασία**, με την επιφύλαξη της τιμαριθμικής αναπροσαρμογής με το ποσοστό πληθωρισμού.
13. Η υποχρέωση αγοράς αφορά **αποκλειστικά την ενέργεια στο ποσό που καθορίζεται στην προσφορά του παραγωγού**.
14. Ο διακανονισμός της υποχρέωσης παραγωγής ενέργειας στο ποσό που παρέχεται στην προσφορά πραγματοποιείται σε **τριετείς περιόδους** (υπό την απειλή χρηματικής ποινής).
15. Ο υπόχρεος πωλητής και ο παραγωγός έχουν **το δικαίωμα κάλυψης του αποκαλούμενου αρνητικού υπολοίπου**.

Ο νόμος για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τροποποιήθηκε στις 07 Ιουνίου 2018. Κύριος στόχος της νέας νομοθεσίας ΑΠΕ είναι η βελτίωση των κανόνων του συστήματος δημοπράτησης, που θα επιτρέψουν την απελευθέρωση της επόμενης δημοπρασίας και την έναρξη νέων επενδύσεων σε ΑΠΕ. Στην τροποποιημένη Πράξη υπάρχει ένας νέος κανόνας για τη συσσώρευση δημόσιας στήριξης. Μία από τις προϋποθέσεις είναι η απαίτηση ότι η λειτουργική στήριξη πρέπει να μειωθεί από οποιαδήποτε προηγούμενη επενδυτική στήριξη. Ο όρος αυτός ονομάζεται κανόνας συσσώρευσης, σκοπός του οποίου είναι να εξασφαλιστεί ότι η συνδρομή (ή άλλου είδους στήριξη) για ένα μόνο έργο – που χορηγείται από διάφορες πηγές – είναι ανάλογης φύσης. Πρέπει να περιοριστεί στο ελάχιστο για τη διεξαγωγή αυτής της δέσμευσης. Οι δημοπρασίες θα χωριστούν σε πολλά καλάθια, που αντιστοιχούν στη διαίρεση που έγινε για τον καθορισμό των τιμών αναφοράς. Το φωτοβολταϊκό είναι στο καλάθι με την αιολική ενέργεια στην ξηρά. Το Υπουργείο Ενέργειας προβλέπει τη στήριξη φωτοβολταϊκών σταθμών ισχύος έως 750 MW (τιμή αναφοράς PLN 420 / MWh) και μικρότερων αιολικών πάρκων έως 120 MW (τιμή αναφοράς PLN 320 / MWh).

Δικαιώματα και υποχρεώσεις του Πιστοποιημένου Εγκαταστάτη ΑΠΕ στην Πολωνία

Οδηγία για ΑΠΕ

Κατά τον προσδιορισμό των κατευθύνσεων λειτουργίας στο πλαίσιο αυτού του πεδίου εφαρμογής, η οδηγία ΑΠΕ (2009/28/ΕΚ) επιβάλλει στα κράτη μέλη τη δημιουργία αμοιβαία αναγνωρισμένων συστημάτων πιστοποίησης. Σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/ΕΚ σχετικά με την προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), προβλέπεται η εφαρμογή συστημάτων πιστοποίησης ή ίσων συστημάτων πιστοποίησης για μικρούς εγκαταστάτες συστημάτων ΑΠΕ (λέβητες και κλιβάνους βιομάζας μικρής κλίμακας, Φωτοβολταϊκά συστήματα, ηλιακά θερμικά συστήματα, ρηχά γεωθερμικά συστήματα και αντλίες θερμότητας). Αυτά τα συστήματα πιστοποίησης πρέπει να ολοκληρωθούν έως το

τέλος του 2012. Κάθε κράτος μέλος αναγνωρίζει πιστοποιητικά που χορηγούνται σε άλλα κράτη μέλη σύμφωνα με τα κριτήρια που καθορίζονται στην οδηγία.

Το πρόσωπο που εγκαθιστά μικροεγκαταστάσεις, μικρές εγκαταστάσεις, εγκατάσταση ανανεώσιμης πηγής ενέργειας συνολικής θερμικής εγκατεστημένης ισχύος που δεν υπερβαίνει τα 600 kW (σχέδιο νόμου ΑΠΕ) μπορεί να ζητήσει από τον Πρόεδρο της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας την έκδοση του πιστοποιητικού του εγκαταστάτη.

Ωστόσο, το πιστοποιητικό δεν είναι υποχρεωτικό και οι επιχειρήσεις ενέργειας που εξαρτώνται από τη σύνδεση της εγκατάστασης με την ύπαρξη πιστοποιητικού **λειτουργούν χωρίς τη νομική βάση**, παραβιάζοντας τον κανονισμό του άρθρου 56, παράγραφος 1, σημείο 4 του Ενεργειακού Νόμου (πληροφορίες του Προέδρου της Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας αριθ. 40/2013).

Συνθήκες για απόκτηση και ανανέωση του πιστοποιητικού

Οι όροι και ο τρόπος έκδοσης των πιστοποιητικών στους εγκαταστάτες μικροηλεκτρικών εγκαταστάσεων και μικρών εγκαταστάσεων καθορίζονται στον νόμο της 10ης Απριλίου 1997 – Ενεργειακός νόμος.

Όροι για την απόκτηση του πιστοποιητικού εγκατάστασης μικροεγκαταστάσεων ή μικρών εγκαταστάσεων:

- 1) πλήρη νομική ικανότητα και χρήση όλων των δημόσιων δικαιωμάτων ·
- 2) καμία καταδικαστική απόφαση για εγκληματικότητα κατά της αξιοπιστίας των εγγράφων και των εμπορικών συναλλαγών.
- 3) κατοχή ενός από τα ακόλουθα έγγραφα:
 - δίπλωμα που πιστοποιεί τα επαγγελματικά προσόντα που εκδίδονται σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου της 7ης Σεπτεμβρίου 1991 σχετικά με το Εκπαιδευτικό Σύστημα ή άλλο ισοδύναμο έγγραφο που πιστοποιεί τα προσόντα για την εγκατάσταση υδραυλικών, ηλεκτρικών, θερμαντικών, ψυκτικών ή ηλεκτρικών συσκευών ή εγκαταστάσεων,
 - Τεκμηρίωση τριετούς επαγγελματικής πείρας στο πλαίσιο της εγκατάστασης ή του εκσυγχρονισμού των υγειονομικών, ηλεκτρικών, θερμαντικών, ψυκτικών ή ηλεκτρικών συσκευών ή εγκαταστάσεων,
 - Πιστοποιητικό ολοκλήρωσης² τετραμήνων μεταπτυχιακού κύκλου σπουδών ή ισοδύναμου το οποίο πρόγραμμα σπουδών αφορούσε θέματα που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα εκπαίδευσης που καθορίζονται στις διατάξεις που εκδόθηκαν σύμφωνα με το άρθρο 20β σημείο 2,
 - πιστοποιητικό ολοκλήρωσης της εκπαίδευσης ενός παραγωγού συγκεκριμένου τύπου ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, το οποίο σε θεωρητικό και πρακτικό μέρος περιλάμβανε θέματα που εμπίπτουν στο πεδίο του σχεδιασμού, της εγκατάστασης, του εκσυγχρονισμού ή της συντήρησης σε κατάλληλη τεχνική κατάσταση της ανανεώσιμης πηγής ενέργειας,
4. Ολοκλήρωση της βασικής εκπαίδευσης για άτομα που υποβάλλουν αίτηση για την έκδοση πιστοποιητικού εγκαταστάτη μικροκατάστασης ή μικρής εγκατάστασης, επιβεβαιωμένο με πιστοποιητικό, το οποίο διενεργείται από διαπιστευμένο οργανωτή εκπαίδευσης που αναφέρεται στο άρθρο 20α παράγραφος 1 ή στο άρθρο 20ω, εντός του πεδίου εφαρμογής σχετικά με την εγκατάσταση ενός συγκεκριμένου τύπου πηγής ανανεώσιμης ενέργειας.

- 4) πέρασμα της εξέτασης που ορίζεται από εξεταστική επιτροπή, ανάλογα με την περίπτωση μιας πηγής ανανεώσιμης ενέργειας, το αργότερο εντός 12 μηνών από την ημερομηνία λήξης της βασικής εκπαίδευσης.
- 5) πλήρη νομική ικανότητα και χρήση όλων των δημόσιων δικαιωμάτων.
- 6) καμία καταδικαστική απόφαση για εγκληματικότητα κατά της αξιοπιστίας των εγγράφων και των εμπορικών συναλλαγών.
- 7) κατοχή ενός από τα ακόλουθα έγγραφα:
 - δίπλωμα που πιστοποιεί τα προσόντα στο επάγγελμα του τεχνικού εξοπλισμού και συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας,
 - δίπλωμα που πιστοποιεί τα επαγγελματικά προσόντα που εμπίπτουν στο πεδίο των συσκευών και συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας που εκδίδονται σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου για το Εκπαιδευτικό Σύστημα,
 - δίπλωμα αποφοίτησης από τις σπουδές του πανεπιστημίου στον τομέα ή στην εξειδίκευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή υγειονομικής, ηλεκτρικής, θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού ή ηλεκτρικών συσκευών και εγκαταστάσεων, που εκδόθηκε σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου της 27ης Ιουλίου 2005 σχετικά με το Εκπαιδευτικό Σύστημα.

Επεκταση πιστοποιητικού

Προκειμένου να επεκταθεί το πιστοποιητικό, η αίτηση θα πρέπει να κατατεθεί όχι αργότερα από 30 ημέρες πριν από την ημερομηνία λήξης ισχύος ενός πιστοποιητικού που εκδόθηκε προηγουμένως. Θα πρέπει να περιέχει τα ίδια δεδομένα με μια πρωτότυπη αίτηση, καθώς και μια δήλωση ότι ο εγκαταστάτης πληροί τις προϋποθέσεις του πιστοποιητικού.

Απώλεια του πιστοποιητικού – λόγοι απόσυρσης του πιστοποιητικού

1. Περιορισμός ή απώλεια νομικής ικανότητας του εγκαταστάτη.
2. Στέρηση του εγκαταστάτη από τα δημόσια δικαιώματα του με τελική απόφαση.
3. Καταδίκη του εγκαταστάτη με την έκδοση οριστικής απόφασης για σκόπιμη εγκληματικότητα κατά της αξιοπιστίας των εγγράφων και των εμπορικών συναλλαγών.
4. Όταν ο εγκαταστάτης χρησιμοποιεί το πιστοποιητικό αντίθετα από την χρήση του ή υπάρχουν αποδεδειγμένα στοιχεία ότι μια μικροεγκατάσταση ή μια μικρή εγκατάσταση συναρμολογείται αντίθετα προς τους ισχύοντες κανονισμούς.

Ο εγκαταστάτης του οποίου το πιστοποιητικό έχει αποσυρθεί μπορεί να ζητήσει την ανανέωση του πιστοποιητικού μετά από ένα έτος από την ημερομηνία απόσυρσης του πιστοποιητικού.

4.11. Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελεί μια σειρά από στοιχεία στα οποία συμβαίνουν μετασχηματισμοί ενέργειας. Στα φωτοβολταϊκά κύτταρα γίνεται μετατροπή της ενέργειας των φωτονίων σε ηλεκτρική ενέργεια, σε ρυθμιστές τάσης, ηλεκτρική ενέργεια τάσης και συνεχούς ρεύματος διαφορετικών παραμέτρων, ενώ στον μετατροπέα συμβαίνει μετασχηματισμός ηλεκτρικής ενέργειας από συνεχές ρεύμα και τάση σε εναλλασσόμενο ρεύμα και τάση, ενώ στις μπαταρίες η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική ενέργεια και αντίστροφα.

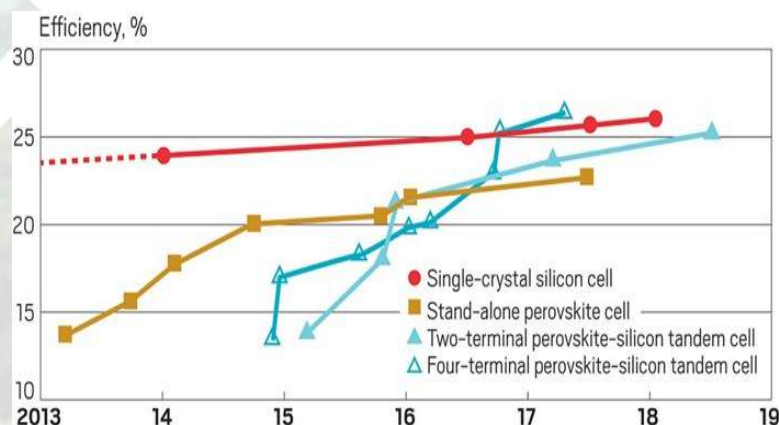
Κάθε μετατροπέας ηλεκτρικής ενέργειας (Electrical energy converter) χαρακτηρίζεται με κάποια απόδοση – λιγότερη από μία. Η γενική αποδοτικότητα του συνόλου του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι προϊόν αποτελεσματικότητας συγκεκριμένων στοιχείων του συστήματος. Προκειμένου να επιτευχθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος, τα εξαρτήματα του συστήματος θα πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα έτσι ώστε να λειτουργούν ως επί το πλείστον με τις υψηλότερες αποδόσεις.

Μια ανάλυση των αλλαγών στην αποδοτικότητα συγκεκριμένων στοιχείων του συστήματος στη λειτουργία φορτίου και η παρουσίαση των κριτηρίων επιλογής των στοιχείων του συστήματος θα επιτρέψει τη λήψη ενεργειακά αποδοτικών διαμορφώσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Απόδοση των φωτοβολταϊκών μονάδων

Ανάλογα με τον εφαρμοζόμενο τύπο φωτοβολταϊκών μονάδων, η απόδοσή τους θα είναι διαφορετική. Επιπλέον, η επίδραση της θερμοκρασίας στη λειτουργία των κυττάρων πρέπει να είναι διαφορετική για κάθε τύπο μονάδας, πράγμα που μπορεί επίσης να επηρεάσει την αποτελεσματικότητά της σε συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας. Επομένως, κατά το σχεδιασμό του φωτοβολταϊκού συστήματος, πρέπει επίσης να εξεταστεί η σωστή επιλογή ενός τύπου μονάδας για συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις κατασκευάζονται από μονάδες που είναι κατασκευασμένες από πυριτικές τεχνολογίες (μονο – και πολυκρυσταλλικές). Η απόδοσή τους κυμαίνεται μεταξύ 17 και 21%.



Εικόνα 1. Απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων με διαφορετικές τεχνολογίες

Πηγή: <https://cen.acs.org/energy/solar-power/Perovskite-progress-pushes-tandem-solar/96/i24> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

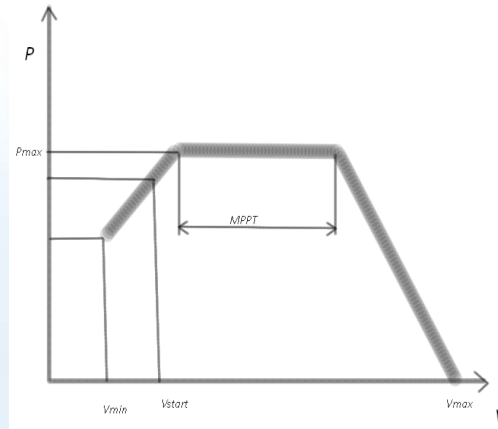
Απόδοση των φωτοβολταϊκών μετατροπέων (photovoltaic inverters)

Η μέγιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών μετατροπέων είναι υψηλή και φτάνει τις τιμές από 96 έως 98,5%. Παρ' όλα αυτά, λόγω των διακυμάνσεων των τάσεων εισόδου DC, η λειτουργία με τη μέγιστη απόδοση συμβαίνει σπάνια. Επομένως, για να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή απόδοση, θα πρέπει να διεξάγεται προσεκτικά η διαδικασία ρύθμισης τάσης συνεχούς ρεύματος μεταξύ της φωτοβολταϊκής μονάδας και της εισόδου του μετατροπέα MPPT.

Το εύρος λειτουργίας του μετατροπέα είναι μεταξύ U_{start} και U_{max} , ενώ η απόδοσή του ανάλογα με την τιμή τάσης εισόδου είναι μεταβλητή.

Όταν η τάση στην πλευρά DC φθάσει στην τιμή V_{start} , ο μετατροπέας ανάβει και ξεκινά την αναζήτηση για το μέγιστο σημείο ισχύος. Αν το σημείο αυτό βρίσκεται μεταξύ V_{min} και V_{start} , ο μετατροπέας τίθεται σε λειτουργία και αρχίζει να λειτουργεί. Λειτουργεί με ελλιπή ισχύ, εκτός εάν η τάση υπερβεί την ελάχιστη τιμή του MPPT. Ο μετατροπέας έχει την υψηλότερη απόδοση στην τάση V_{nom} .

Επομένως, η διαμόρφωση των αλυσίδων φωτοβολταϊκών πάνελ θα πρέπει να παρέχει τάση κοντά στο V_{nom} του μετατροπέα.



Εικόνα 2. Ισχύς διαθέσιμη από τον μετατροπέα ανάλογα με τη τάση που παρέχεται

Προσαρμογές των μονάδων στον μετατροπέα

Κάθε μετατροπέας έχει δύο χρήσιμες ισχύς στο δελτίο δεδομένων ασφαλείας:

- ονομαστική ισχύς συνεχούς ρεύματος DC,
- ονομαστική ισχύς εναλλασσόμενου ρεύματος AC.

Ονομαστική ισχύς εναλλασσόμενου ρεύματος AC για τον μετατροπέα είναι η ισχύς που μπορεί να τροφοδοτεί συνεχώς σε θερμοκρασία περιβάλλοντος $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Η ονομαστική ισχύς συνεχούς ρεύματος DC για τον μετατροπέα ($P_{INV DC}$) είναι περίπου 5% υψηλότερη από την ονομαστική ισχύ AC.

Στην επιλογή του μετατροπέα, η περιοχή ισχύος μπορεί να οριστεί ως εξής:

$$0.8 P_{PV} < P_{INV DC} < 1.2 P_{PV}$$

Όπου: P_{PV} – Ισχύς ενός συνόλου Φωτοβολιών μονάδων [Wp].

Η εξάρτηση μεταξύ της ισχύος των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών μονάδων και της μέγιστης ισχύος του μετατροπέα εκφράζεται με το συντελεστή διαστασιολόγησης C_{INV} του μετατροπέα και μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$C_{INV} = \frac{P_{PV}}{P_{INV AC}}$$

Όπου:

P_{PV} – ισχύ εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών μονάδων,

$P_{INV AC}$ – ονομαστική ισχύς AC του μετατροπέα.

Η τυπική τιμή C_{INV} κυμαίνεται από $0,83 < C_{INV} < 1,25$, αλλά από οικονομικής απόψεως είναι καλύτερο εάν το $C_{INV} > 1$.

Κατάλληλη επιλογή του μήκους και των διατομών των συρμάτων DC και AC

Ο κύριος σκοπός για την επιλογή μιας κατάλληλης διατομής καλωδίων είναι να επιτυγχάνονται όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες στην μετάδοση / πτώση της τάσης.

Συνιστάται η πτώση τάσης (voltage drop) στο κύκλωμα συνεχούς ρεύματος DC να είναι μικρότερη από 1% της ονομαστικής τάσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στο STC, προκειμένου να περιοριστούν οι απώλειες ισχύος σε όλα τα καλώδια συνεχούς ρεύματος σε επίπεδο χαμηλότερο από 1% στο STC. Οι απώλειες σε αυτό το επίπεδο μπορούν να διατηρηθούν με τη χρήση τυποποιημένων διατομών καλωδίων για φωτοβολταϊκά συστήματα με μετατροπείς που λειτουργούν με υψηλότερες τάσεις εισόδου DC ($V_{MPP} > 120V$) (ΣΕΚ, 2008).

Προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη διατομή καλωδίων με διατήρηση της πτώσης τάσης κάτω από 1% (σε STC), για τον υπολογισμό της επιφάνειας διατομής του καλωδίου εφαρμόζεται η κατωτέρω εξίσωση:

$$A_M = \frac{2 \cdot L_M \cdot I_{SC}}{1\% \cdot V_{MPP} \cdot \kappa}$$

Όπου:

L_M – μήκος των συρμάτων μονάδας / αλυσίδας [m],

I_{SC} – ρεύμα αλυσίδας [A],

V_{MPP} – τάση αλυσίδας [V],

κ – αγωγιμότητα [$m / \Omega mm^2$], για χάλκινο $\kappa_{Cu} = 56$, για αλουμίνιο $\kappa_{Al} = 34$].

Η ληφθείσα τιμή θα πρέπει να στρογγυλοποιείται μέχρι την πλησιέστερη τυποποιημένη διατομή καλωδίου.

Η επόμενη εξίσωση καθορίζει τις συνολικές απώλειες ισχύος (W) σε καλωδιώσεις μονάδας / αλυσίδας για την επιλεγμένη διατομή καλωδίου:

$$P_M = \frac{2 \cdot n \cdot L_M \cdot I_{SC}^2}{A_M \cdot \kappa}$$

Όπου:

n – αριθμών των αλυσίδων των φωτοβολταϊκών μονάδων.

Όταν εφαρμόζονται διάφορα μήκη καλωδίων για αλυσίδες, θα πρέπει να εφαρμοστεί η παρακάτω εξίσωση:

$$P_M = \frac{2 \cdot I_{SC}^2}{\kappa} \cdot \left(\frac{L_1}{A_1} + \frac{L_2}{A_2} + \frac{L_3}{A_3} + \dots \right)$$

Τα κύρια καλώδια DC και τα καλώδια ράγας DC για υποσύνολα φωτοβολταϊκών μονάδων πρέπει να είναι ικανά να μεταδίδουν το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να παράγεται από αυτές τις μονάδες. Για το κύριο καλώδιο συνεχούς ρεύματος, πρέπει να υιοθετηθεί μέγιστο ρεύμα

με τιμή 1,25 φορές μεγαλύτερο από το μέγιστο ρεύμα βραχυκυκλώματος του συνόλου των φωτοβολταϊκών μονάδων για τις συνθήκες STC.

$$I_{max} = 1.25 I_{SC PV}$$

Η διατομή του καλωδίου πρέπει να επιλέγεται σύμφωνα με το επιτρεπόμενο μέγιστο ρεύμα του καλωδίου. Και πάλι, αναμένεται μείωση κατά 1% σε σχέση με την ονομαστική ισχύ ενός συνόλου φωτοβολταϊκών μονάδων.

Η διατομή του καλωδίου DC ορίζεται από την εξάρτηση:

$$A_{DCcable} = \frac{2 \cdot L_{DCcable} \cdot I_n^2}{(v \cdot P_{PV} - P_M) \cdot \kappa}$$

Όπου:

- Καλώδιο L_{DC} – μήκος καλωδίων μονάδας / αλυσίδας [m],
- I_n – ονομαστικό ρεύμα της φωτοβολταϊκής μονάδας [A],
- P_{PV} – ονομαστική ισχύς της φωτοβολταϊκής μονάδας [WP],
- P_M – απώλεια ισχύος στη γραμμή του κύριου κυκλώματος [W],
- κ – αγωγιμότητα,
- v – συντελεστής απωλειών $v = 1\%$ ή $v = 2\%$ για χαμηλή τάση.

Η ληφθείσα τιμή θα πρέπει να στρογγυλοποιείται μέχρι την πλησιέστερη τυποποιημένη διατομή καλωδίου.

Η επόμενη εξίσωση καθορίζει τις συνολικές απώλειες ισχύος (W) σε καλωδιώσεις μονάδας / αλυσίδας για την επιλεγμένη διατομή καλωδίου:

$$P_M = \frac{2 \cdot L_{DCcable} \cdot I_n^2}{A_{DCcable} \cdot \kappa}$$

Ο υπολογισμός της διατομής του καλωδίου για την εναλλασσόμενη σύνδεση εναλλασσόμενου ρεύματος γίνεται με την παραδοχή μιας πτώσης τάσης 3% σε σχέση με την ονομαστική τάση δικτύου. Η διατομή καλωδίου AAC υπολογίζεται με τη χρήση του τύπου:

$$A_{ACcable} = \frac{2 \cdot L_{ACcable} \cdot I_{nAC} \cdot \cos \varphi}{3\% \cdot V_n \cdot \kappa}$$

Για μονοφασικό:

- Καλώδιο L_{AC} – μήκος καλωδίου σύνδεσης AC [m],
- I_{nAC} – ονομαστική τάση εναλλασσόμενου ρεύματος μετατροπέα AC [A],
- $\cos \varphi$ – συντελεστής ισχύος (μεταξύ 0,8 και 1,0),
- V_n – ονομαστική τάση δικτύου, μονοφασική: 230 V.

Στην περίπτωση τριφασικής σύνδεσης:

$$A_{ACcable} = \frac{\sqrt{2} \cdot L_{ACcable} \cdot I_{nAC} \cdot \cos \varphi}{3\% \cdot V_n \cdot \kappa}$$

Όπου: V_n : ονομαστική τάση δικτύου, τριφασικό: 400 V.

Η απώλεια στο καλώδιο $P_{ACcable}$ για την επιλεγμένη διατομή καλωδίου ορίζεται με τη χρήση του τύπου:

Για μονοφασικό:

$$P_{ACcable} = \frac{2 \cdot L_{ACcable} \cdot I_{nAC}^2 \cdot \cos \varphi}{A_{ACcable} \cdot \kappa}$$

Για τριφασικό:

$$P_{ACcable} = \frac{3 \cdot L_{ACcable} \cdot I_{nAC}^2}{A_{ACcable} \cdot \kappa}$$

Επιλογή μιας γωνιάς κλίσης (tilt angle) για τις φωτοβολταϊκές μονάδες

Τα οφέλη από τα φωτοβολταϊκά συστήματα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον προσανατολισμό και την κλίση των μονάδων. Σχετίζονται με τον προσανατολισμό και την κλίση των οροφών και προσόψεων:

- Βέλτιστος προσανατολισμός = νότος,
- Βέλτιστη κλίση = γεωγραφικό πλάτος (°) – 10° (πάνω από 30° στην Ευρώπη).

Οι μονάδες που είναι τοποθετημένες σε προσόψεις είναι 30% πιο αποδοτικές από αυτές των οροφών.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει συντελεστές για τον υπολογισμό των απωλειών στην απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση των μονάδων.

	WEST					SOUTH					EAST				
	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°		
90°	56	60	64	67	69	71	71	71	71	69	65	62	58		
80°	63	68	72	75	77	79	80	80	79	77	74	69	65		
70°	69	74	78	82	85	86	87	87	86	84	80	76	70		
60°	74	79	84	87	90	91	93	93	92	89	86	81	76		
50°	78	84	88	92	95	96	97	97	96	93	89	85	80		
40°	82	86	90	95	97	99	100	99	98	96	92	88	84		
30°	86	89	93	96	98	99	100	100	98	96	94	90	86		
20°	87	90	93	96	97	98	98	98	97	96	94	91	88		
10°	89	91	92	94	95	95	96	95	95	94	93	91	90		
0°	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90		

Εικόνα 3. Απόδοση της εγκατάστασης ανάλογα με τον προσανατολισμό και την γωνιά κλίσης

Πηγή: <http://www.freesolarpanelsuk.co.uk/the-best-angle-and-orientation-for-solar-panels-in-the-uk.php>
[πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Εξωτερικές συνθήκες – πιθανή επισκίαση (overshadowing)

Ακόμα και εάν προγραμματιστεί ο καλύτερος προγραμματισμός και η καλύτερη γωνιά κλίσης, το σύστημα μπορεί να μην είναι αποδοτικό εάν δεν λήφθηκε υπόψη η επισκίαση. Υπάρχουν δύο τύποι επισκιάσεων:

- που προκαλούνται από γειτονικά κτίρια, δέντρα, τοπογραφία,
- αυτο-επισκίαση (over shadowing).

Ο πρώτος τύπος επισκιάσεως πρέπει να εξεταστεί λαμβάνοντας υπόψη:

- χειμερινή περίοδο, πρωί και βράδυ,
- ανάπτυξη δένδρων,
- πρόσφατα σχεδιασμένα κτίρια στην περιοχή.

Προκειμένου να αποφευχθούν αυτά τα ζητήματα, πρέπει να προγραμματιστούν συστήματα παράκαμψης και ανωμαλίες μονάδας σε σκιασμένες θέσεις. Συνιστάται προσοχή, καθώς το φως που διαχέεται από τα εμπόδια ρίχνει σκιά και μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Προκειμένου να αποφευχθεί η αυτοσκίαση πρέπει να δοθεί προσοχή στη γεωμετρία του κτιρίου και σε στοιχεία όπως:

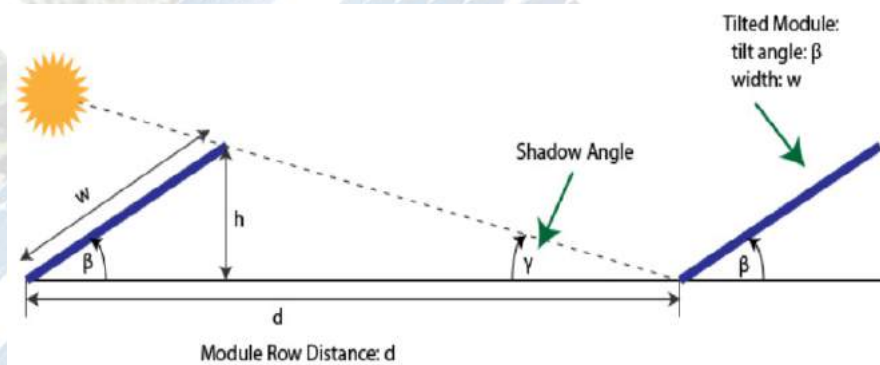
- δορυφορικά πιάτα,
- Καμινάδες και αερισμός,
- φεγγίτες και άλλα προεξέχοντα στοιχεία,
- κρεμαστά στοιχεία.

Σε μέρη που υπόκεινται σε υπερβολική σκίαση, θα πρέπει να εγκατασταθούν ανωμαλίες μονάδας ή συστήματα παράκαμψης.



Εικόνα 4. Επισκίαση από δέντρα

Πηγή: <https://news.energysage.com/solar-panels-work-shade/> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]



Εικόνα 5. Επιλογή της απόστασης μεταξύ των σειρών

Πηγή: <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/performance/shading.php> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Επιλογή αποθήκευσης ενέργειας

Η φυσική λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πέφτει τις απογευματινές ώρες. Στις περισσότερες περιπτώσεις οικιακών εγκαταστάσεων και σε σημαντικό τμήμα των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, δεν αντιστοιχεί στο μέγιστο φορτίο, το οποίο φυσικά θα χρησιμοποιεί την παραγόμενη ενέργεια ταυτόχρονα. Επομένως, για αυτές τις περιπτώσεις είναι δικαιολογημένη η εξέταση της χρήσης της αποθήκευσης ενέργειας προσαρμοσμένης στο προφίλ φορτίου (ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια). Η επιλογή μιας σωστής τεχνολογίας συσσωρευτή και η χωρητικότητά του πρέπει να επιτρέπουν την αποθήκευση υπερπαραγωγής ενέργειας, τη διατήρηση και τη χρήση της οποτεδήποτε είναι βολική για τον χρήστη. Ανάλογα με τα ποσοστά των τιμών ενέργειας σε συγκεκριμένες χώρες, η διαδικασία αυτή είναι λιγότερο ή περισσότερο αποδοτική, ωστόσο παρατηρείται γενική τάση αύξησης του μεριδίου αποθήκευσης ενέργειας στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

Τακτική συντήρηση, καθαρισμός φωτοβολταϊκών μονάδων

Η αποτελεσματικότητα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης μπορεί να βελτιωθεί με την τακτική συντήρηση του συστήματος. Ξεκινώντας από το κανονικό πλύσιμο των μονάδων, την επιθεώρησή τους σε ζημιές, μέσω της αναθεώρησης της σωστής θέσης των καλωδίων και των συνδέσεων, τον έλεγχο του εξαερισμού κοντά στον μετατροπέα και της προστασίας DC και AC. Αξίζει να αναθέσετε αυτά τα έργα σε μια εταιρεία εγκατάστασης που παρέχουν υπηρεσίες συντήρησης. Μια τέτοια διαδικασία μπορεί να μας σώσει από μεγαλύτερες βλάβες του συστήματος, κατά τις οποίες η παραγωγή ενέργειας θα είναι σαφώς χαμηλότερη ή μηδενική.



Εικόνα 8. Πλύσιμο της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών

Πηγή: <http://gramwzielone.pl/energia-sloneczna/17916/czyszczenie-instalacji-fotowoltaicznej-zwiekszy-jej-wydajnosc> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

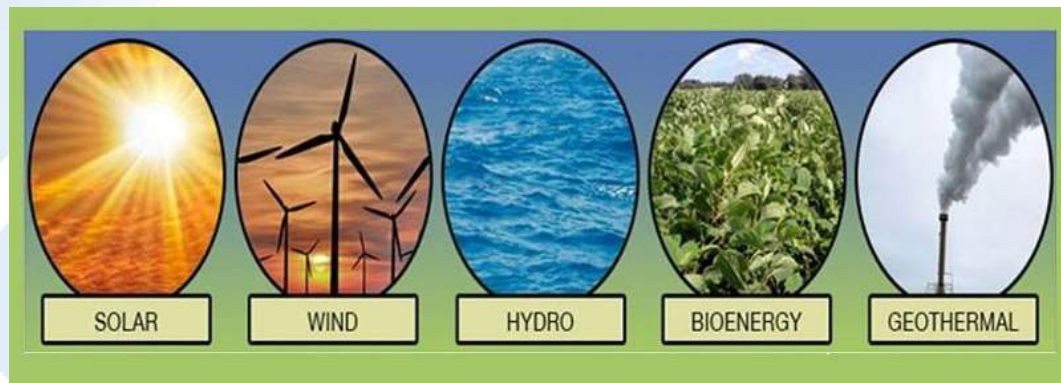
4.12. Συνεργασία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας

Τύποι και ιδιαιτερότητα των εναλλακτικών πηγών ενέργειας

Ένας φωτοβολταϊκός σταθμός είναι μια από τις πολλές εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Λαμβάνοντας υπόψη τη φύση του, μπορεί να ειπωθεί ότι είναι μια ασταθής πηγή, καθώς δεν είναι σε θέση να εξασφαλίσει τη συνέχεια της παραγωγής κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η αιολική μονάδα παραγωγής ενέργειας είναι η δεύτερη πηγή αυτού του τύπου, η οποία δεν μπορεί να λειτουργήσει 24 ώρες το 24ωρο.

Δύο άλλες πηγές παροχής εναλλακτικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, δηλαδή η βιομάζα και τα βιοκαύσιμα, λειτουργούν ως σταθερές πηγές, καθώς η λειτουργία τους βασίζεται στη διαδικασία καύσης που μπορεί να ελεγχθεί αποτελεσματικά από τον άνθρωπο.



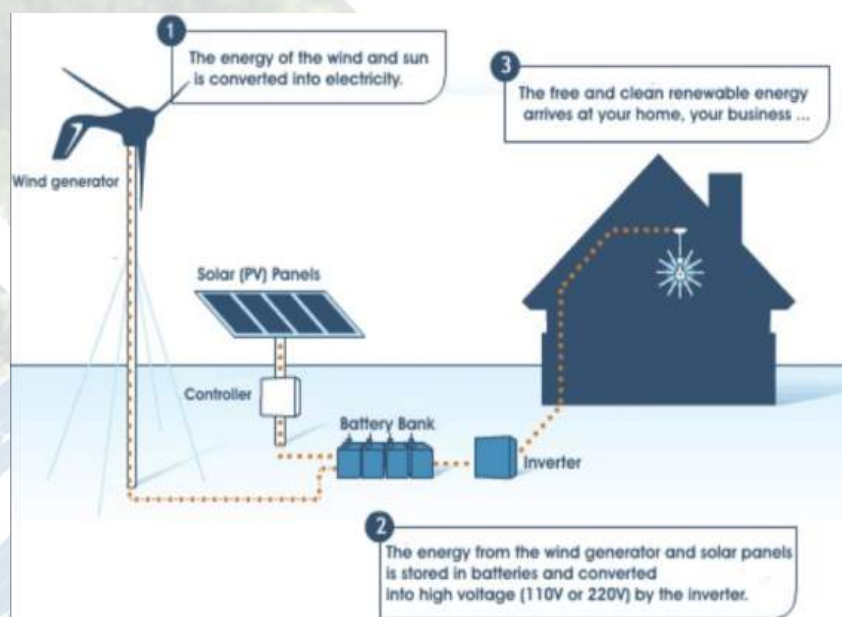
Εικόνα 1. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Πηγή: <http://www.studymumbai.com/renewable-energy-resources.html> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Φωτοβολταϊκά συστήματα που συνεργάζονται με εναλλακτικές πηγές ενέργειας

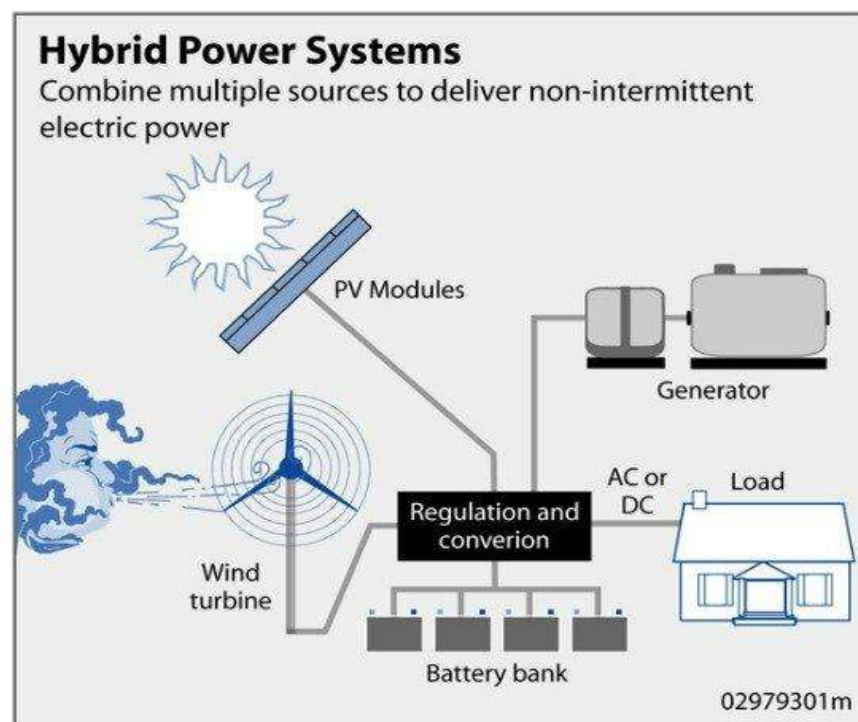
Το φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να συνεργάζεται αποτελεσματικά με κάθε πηγή των τριών προαναφερθέντων πηγών ενέργειας.

Σε περίπτωση σύνδεσης αιολικής ενέργειας με φωτοβολταϊκό σταθμό, τα συστήματα αλληλοσυμπληρώνονται, καθώς ουσιαστικά αν φυσούν οι άνεμοι και παράγεται ενέργεια από ανεμόμυλους, έχουμε να κάνουμε με νέφοι που ελαχιστοποιούν την παραγωγή της φωτοβολταϊκής ενέργειας. Και αντίστροφα – σε περιόδους μεγάλης ηλιοφάνειας, η παραγωγή ενέργειας από τον Ήλιο μεγιστοποιείται, ενώ η παραγωγή των αιολικών σταθμών είναι πρακτικά ελάχιστη, καθώς ο άνεμος είναι σχετικά ελαφρής.



Εικόνα 2. Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση με ανεμογεννήτρια

Στην περίπτωση των βιοκαυσίμων και της βιομάζας, οι πηγές αυτές αποτελούν στοιχείο που σταθεροποιεί την παραγωγή μιας τέτοιας υβριδικής πηγής παραγωγής. Λόγω του χαρακτήρα τους, μπορούμε να επιλέξουμε το μέγεθος και τη μέθοδο διαχείρισης τους έτσι ώστε η παραγωγή ενέργειας να είναι σταθερή από την άποψη του πελάτη.



Εικόνα 3. Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση με ανεμογεννήτρια και γεννήτρια με βιοκαύσιμα

Πηγή: <https://www.energy.gov/energysaver/buying-and-making-electricity/hybrid-wind-and-solar-electric-systems> [πρόσβαση: 20 Ιουνίου 2018]

Ο ρόλος της αποθήκευσης ενέργειας σε συστήματα με πολλές εναλλακτικές πηγές ενέργειας

Σε κάθε μία από τις προαναφερθείσες περιπτώσεις λειτουργίας φωτοβολταϊκών συστημάτων με εναλλακτικές πηγές ενέργειας, απαιτείται η χρήση της κατακράτησης ισχύος στο σύστημα. Η λειτουργία του συνίσταται στην παραλαβή ενέργειας σε περιόδους αυξημένης παραγωγής, με ταυτόχρονη έλλειψη δυνατότητας λήψης ενέργειας και παράδοσης όταν οι απαιτήσεις ενέργειας του πελάτη είναι μεγαλύτερες από τη δυνατότητα παραγωγής του. Τα φωτοβολταϊκά και αιολικά πάρκα είναι η πιο κρίσιμη σύνδεση εδώ, καθώς μπορεί η μια πηγή να ολοκληρώνει την άλλη. Στη συνέχεια, ο ρόλος αποθήκευσης δεν μπορεί να υποτιμηθεί. Όταν έχουμε να κάνουμε με φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις που σχετίζονται με βιοκαύσιμα ή βιομάζα, η αποθήκευση ενέργειας θα χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή πλεονασμάτων από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, ενώ σε περίπτωση μη παραγωγής από τον Ήλιο, ο πελάτης θα έχει παραδώσει ενέργεια από βιοκαύσιμα και αυτή που αποθηκεύτηκε.

Ο ρόλος των προηγμένων συστημάτων ελέγχου και του λογισμικού για την συνεργασία με εναλλακτικές πηγές ενέργειας

Σε όλες τις υβριδικές λύσεις αυτού του τύπου, όπου έχουμε να κάνουμε με τη συνεργασία διαφόρων πηγών παραγωγής, το προηγμένο λογισμικό είναι ένα κλειδί. Μπορεί να βρίσκεται απευθείας στον μετατροπέα σε έναν ανεξάρτητο, αποκλειστικό οδηγό, ο οποίος θα διαχειρίζεται τη λειτουργία εναλλακτικών πηγών, αποθήκευσης ενέργειας και δεκτών. Χάρη στην απομακρυσμένη επικοινωνία και την ανταλλαγή πληροφοριών με τα συστήματα καιρού της βάσης δεδομένων, το λογισμικό διαχείρισης πρέπει να είναι σε θέση να διαχειρίζεται αποτελεσματικά τη ροή ενέργειας μεταξύ φωτοβολταϊκών πηγών και άλλων εναλλακτικών πηγών και του συστήματος παραλαβής, του δικτύου και της συναφούς αποθήκευσης ενέργειας. Η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος εξαρτάται από δύο βασικούς παράγοντες: κατάλληλα επιλεγμένους χώρους για την ανάγνωση δεδομένων και κατάλληλα εφαρμοσμένους αλγόριθμους. Για τον χρήστη, είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει διαφανής και απλή διεπαφή χρήστη (user interface).



5. ΑΣΚΗΣΕΙΣ

5.1. Γενικά Θέματα. Βάση για την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων – ασκήσεις

Άσκηση 1. (στο θέμα 4.1)

Βάλτε ✓ στην ορθή απάντηση:

Η ιστορία των φωτοβολταϊκών ξεκίνησε το έτος:

- a) 1905
- b) 1798
- c) 1839
- d) 1918

Άσκηση 2. (στο θέμα 4.1)

Αντιστοιχήστε τα ιστορικά γεγονότα με το ορθό έτος:

Αρ.	Ιστορικό γεγονός	Ημερομηνία
1.	Το πρώτο ηλιακό κύτταρο κατασκευάστηκε στα Bell Laboratories στο Murray Hill, ΗΠΑ, από τους ερευνητές Chapin, Fuller και Pearson.	1976
2.	Τα πρώτα 108 κελιά τοποθετήθηκαν στον δορυφόρο Vanguard.	1954
3.	Το πρώτο ηλιακό κύτταρο κατασκευάστηκε από άμορφο πυρίτιο από τους David Carlson και Chris Wronski.	1958

Άσκηση 3. (στο θέμα 4.1)

Τοποθετήστε τις χώρες σύμφωνα με την συνολική εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ενέργεια το έτος 2018 σε φθίνουσα σειρά:

- a) Ιαπωνία
- b) Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
- c) Κίνα
- d) Γερμανία

5.2. Φωτοβολταϊκό κύτταρο – δομή και αρχή λειτουργίας – ασκήσεις

Άσκηση 1. (στο θέμα 4.2)

Αντιστοιχήστε τα σύμβολα με τους ορισμούς των παραμέτρων των φωτοβολταϊκών που μετρούνται και υπολογίζονται.

Ισχύς φωτοβολταϊκών μονάδων που μετράται σε κανονικές συνθήκες (STC)	NOCT
Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας (σφαιρική) που μετράται στο επίπεδο των φωτοβολταϊκών μονάδων	P_{MSTC}
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας μονάδων	T_{amb}
Θερμοκρασία περιβάλλοντος (αέρα)	G_{POA}

Άσκηση 2. (στο θέμα 4.2)

Αντιστοιχήστε τα τυπικά λάθη ενός συστήματος Φωτοβολταϊκών με την μέθοδο της διάγνωσης του

Υπερβολική θέρμανση φωτοβολταϊκών μονάδων, θερμών σημείων	Ρεύμα DC, Ρεύμα AC, εσωτερικός μετατροπέας data logger
Διακοπές στις αλυσίδες συνεχούς ρεύματος (καμένες ασφάλειες σε κουτιά DC, χαλασμένα καλώδια, συνδέσεις, κιβώτια διασταύρωσης φωτοβολταϊκών μονάδων)	Οπτική επιθεώρηση, θερμική κάμερα
Σφάλμα εσωτερικού μετατροπέα (ηλεκτρονικά, διακόπτες, υλικό λογισμικό)	Ρεύμα DC στην αλυσίδα(σε σύγκρισή με άλλες αλυσίδες)

5.3. Τύποι φωτοβολταϊκών κελιών και μονάδες – ασκήσεις

Άσκηση 1. (στο θέμα 4.3)

Το φωτοβολταϊκό κύτταρο παράγει τάση 0,5 V. Υπολογίστε την τάση τεσσάρων κυττάρων που συνδέονται σε σειρά και σημειώστε τη σωστή απάντηση:

- a) 2.0 V
- b) 0.5 V
- c) 2.5 V
- d) V

Άσκηση 2. (στο θέμα 4.3)

Το φωτοβολταϊκό κύτταρο παράγει ρεύμα 0,6 A. Τρία κύτταρα συνδέθηκαν παράλληλα, υπολογίστε το ρεύμα που διέρχεται από το φορτίο και επιλέξτε τη σωστή απάντηση:

- a) 2.0 A
- b) 0.6 A
- c) 1.8 A
- d) A

5.4. Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων – ασκήσεις

Άσκηση 1. (στο θέμα 4.4)

Ενώστε τις αρχές με το τέλος των προτάσεων για να είναι αληθής

Συστήματα φωτοβολταϊκών On-grid	είναι συστήματα που περιέχουν μια πρόσθετη πηγή ενέργειας που επιτρέπει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όταν η φωτοβολταϊκή πηγή δεν λειτουργεί
Συστήματα φωτοβολταϊκών Off-grid	επιτρέπουν τη χρήση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από την εγκατάσταση παραλαβής
Συστήματα φωτοβολταϊκών με μπαταρίες	είναι συστήματα που προορίζονται για συνεργασία με το ηλεκτρικό δίκτυο
Υβριδικά συστήματα φωτοβολταϊκών	είναι συστήματα που επιτρέπουν την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας
Φωτοβολταϊκά συστήματα που ικανοποιούν μερικώς τις δικές τους ανάγκες	είναι συστήματα που επιτρέπουν την αυτόνομη ισχύ των δεκτών

Άσκηση 2. (στο θέμα 4.4)

Συμπληρώστε τις προτάσεις με λέξεις από τον πίνακα.

1. είναι εγκαταστάσεις συναρμολογημένες σε υπάρχοντα στοιχεία κτιρίου, όπως οροφές, φεγγίτες, προσόψεις, μπαλκόνια, καταφύγια κλπ.
2. Τα συστήματα αυτά συνίστανται στην αντικατάσταση τυποποιημένων οικοδομικών υλικών όπως πλακάκια, παράθυρα, μπαλκόνια, φεγγίτες, με κατάλληλες έτοιμες φωτοβολταϊκές μονάδες.

HDMI	BAPV	SEE	BIPV
------	------	-----	------

Άσκηση 3. (στο θέμα 4.4)

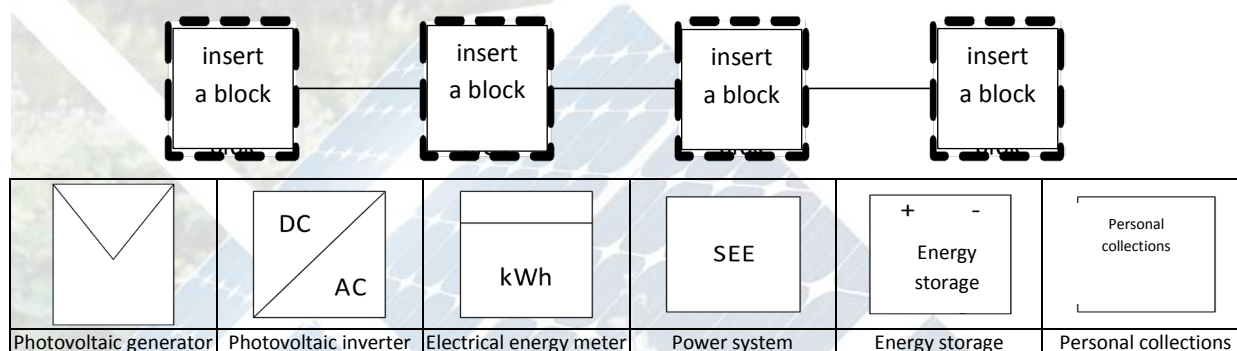
Από τις πιο κάτω παράμετρους επιλέξτε 4 που περιγράφουν την αποθήκευση ενέργειας
Η αποθήκευση ενέργειας πρέπει να χαρακτηρίζεται από τις ακόλουθες παράμετρους:

1.
2.
3.
4.

Γαλβανική απομόνωση	Χωρητικότητα	Συχνότητα τάσης	απορροφητικότητα
μέγιστο ρεύμα εξόδου	Διάρκειά ζωής	Μετρημένη ηλεκτρική τάση	Ρεύμα βραχυκύκλωσης

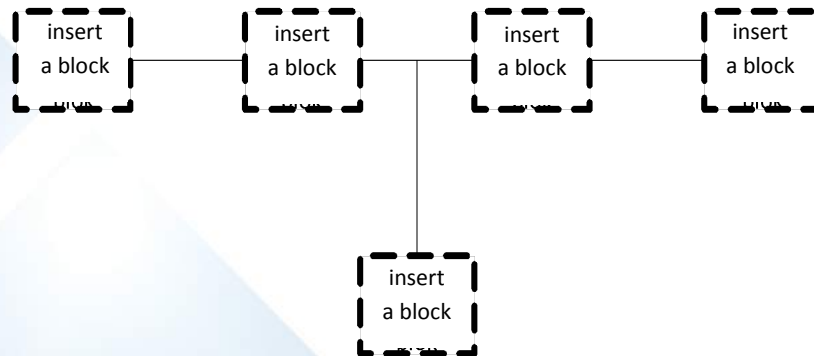
Άσκηση 4. (στο θέμα 4.4)

Ζωγραφίστε ένα απλό διάγραμμα ενός απλού φωτοβολταϊκού συστήματος που είναι ενωμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο και λειτουργεί μόνο με το ηλεκτρικό δίκτυο.



Άσκηση 5. (στο θέμα 4.4)

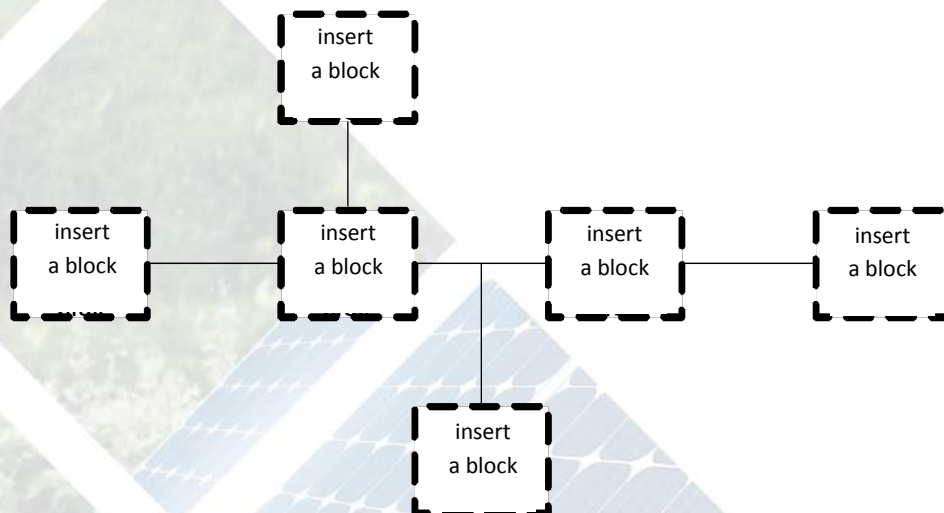
Ζωγραφίστε ένα απλό διάγραμμα ενός απλού φωτοβολταϊκού συστήματος που είναι ενωμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο για μερική ικανοποίηση των δικών του αναγκών.



Photovoltaic generator	Photovoltaic inverter	Electrical energy meter	Power system	Energy storage	Personal collections

Άσκηση 6. (στο θέμα 4.4)

Ζωγραφίστε ένα απλό διάγραμμα ενός απλού φωτοβολταϊκού συστήματος που είναι ενωμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο για μερική ικανοποίηση των δικών του αναγκών, που διαθέτει αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας.



Photovoltaic generator	Photovoltaic inverter	Electrical energy meter	Power system	Energy storage	Personal collections

5.5. Στοιχεία και συσκευές της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης – ασκήσεις

Άσκηση 1. (στο θέμα 4.5)

Αντιστοιχήστε τις ονομασίες των στοιχείων του φωτοβολταϊκού συστήματος με την ορθή περιγραφή.

Βασικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού συστήματος που παράγει ηλεκτρική ενέργεια στις συνθήκες έκθεσης στο φως, όπως η ηλιακή ακτινοβολία	Φωτοβολταϊκή αλυσίδα
το μικρότερο πλήρως προστατευμένο από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, σετ των διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών κυττάρων	Φωτοβολταϊκό κύτταρο
Κύκλωμα στο οποίο οι φωτοβολταϊκές μονάδες συνδέονται σε σειρά προκειμένου να παράγουν την απαιτούμενη τάση εξόδου	Φωτοβολταϊκή Μονάδα
Μηχανικά και ηλεκτρικά ενσωματωμένο σύνολο φωτοβολταϊκών πλασιών και άλλα απαραίτητα στοιχεία που δημιουργούν μια μονάδα που τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα	Φωτοβολταϊκή γεννήτρια
Σετ φωτοβολταϊκών συλλεκτών	Φωτοβολταϊκός μετατροπέας
Συσκευή μετατροπής τάσης και ρεύματος συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενη τάση και ρεύμα	Φωτοβολταϊκός Συλλέκτης

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.5)

Αντιστοιχήστε τις αρχές των προτάσεων με το τέλος των προτάσεων για να είναι αληθινές

Grid inverter	επιτρέπει την τροφοδοσία ηλεκτρικών δεκτών σε μέρη όπου το ηλεκτρικό δίκτυο είναι απρόσιτο δίκτυο.
Islanding inverter	μπορεί να παρέχει στους ηλεκτρικούς δέκτες ανεξάρτητα από την προσβασιμότητα του ηλεκτρικού δικτύου και να επιτρέπει τη συνεργασία με το ηλεκτρικό δίκτυο, εάν υπάρχει.
Hybrid inverter	μπορεί να συνδεθεί απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο.

5.6. Επιλογή τεχνικών λύσεων – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για θέμα 4.6)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν την υψηλότερη απόδοση ενέργειας όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια προσανατολίζεται προς

Δύση	Ανατολή	Νότο	Βορά
------	---------	------	------

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.6)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Ενώ σχεδιάζετε τη διάταξη των φωτοβολταϊκών μονάδων, θα πρέπει να έχετε κατά νου ότι αν επισκιάστε ένα μέρος της μονάδας ή αρκετές μονάδες της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Δεν επηρεάζει την απόδοση	Αυξάνει την απόδοση	Μειώνει την απόδοση	Βελτιώνει την λειτουργία
---------------------------	---------------------	---------------------	--------------------------

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.6)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Η ισχύς της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης πρέπει να είναι από την ισχύ σύνδεσης στην εγκατάσταση.

μεγαλύτερη	Μικρότερη	Πολύ μεγαλύτερη	Δένε έχει σημασία
------------	-----------	-----------------	-------------------

Άσκηση 4. (για το θέμα 4.6)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Τύποι συναρμολόγησης των φωτοβολταϊκών μονάδων:

- Συστήματα συναρμολόγησης στέγης
- Συστήματα συναρμολόγησης ενσωματωμένα στο κτίριο
- Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα
- Συστήματα συναρμολόγησης
- Κινητά συστήματα συναρμολόγησης

Άσκηση 5. (για το θέμα 4.6)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Τα συστήματα συναρμολόγησης των φωτοβολταϊκών μονάδων θα πρέπει να εξασφαλίζουν τη αντίσταση στα /στο /στην / στις

έντομα	σχίσσιμο	Λειτουργία αδιάλειπτης τάσης	Ατμοσφαιρικές συνθήκες, κυρίως τις ριπές του ανέμου
--------	----------	------------------------------	---

5.7. Ενεργειακό προφίλ των καταναλωτών – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.7)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Το ενεργειακό προφίλ του πελάτη είναι σε μια δεδομένη στιγμή.

Κατανάλωση ενέργειας από την συσκευή	Διανομή εξωτερικών θερμοκρασιών	Διανομή της ζήτησης για ηλεκτρισμό	Η ενέργεια που παράγεται από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση
--------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	---

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.7)

Μεταξύ των αναφερόμενων παραγόντων, επιλέξτε εκείνους που επηρεάζουν την εβδομαδιαία μεταβλητότητα της ζήτησης του πελάτη για ηλεκτρική ενέργεια.

	Παράγοντες που επηρεάζουν την εβδομαδιαία μεταβλητότητα της ζήτησης του πελάτη για ηλεκτρική ενέργεια
Εργάσιμες μέρες	
Εποχές του χρόνου	
Κυκλικότητα που σχετίζεται με την ανατολή του ήλιου και την δύση του ήλιου	
Μέρες άδειας – Σάββατο, Κυριακή	
Αλλαγή ατμοσφαιρικών συνθηκών	

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.7)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Μεταξύ των περιόδων μεταβλητότητας της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, μπορούν να διακριθούν οι

- Ημερήσια μεταβλητότητα,
- Εβδομαδιαία μεταβλητότητα,
- Χρόνια μεταβλητότητα,
- Σταθερή μεταβλητότητα.

5.8. Μέγεθος φωτοβολταϊκού συστήματος – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.8)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Η τάση της φωτοβολταϊκής αλυσίδας που δημιουργείται πρέπει να είναι τη μέγιστη τάση του συστήματος MPPT και ταυτόχρονα την χαμηλότερη τάση (threshold voltage) του φωτοβολταϊκού μετατροπέα.

Υπολογίζεται ανεξάρτητα από	Ψηλότερη από	Ίση με	Χαμηλότερη από
-----------------------------	--------------	--------	----------------

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.8)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια αποτελείται από:

- Φωτοβολταϊκές μονάδες,
- Φωτοβολταϊκές αλυσίδες
- Φωτοβολταϊκού συλλέκτες,
- Φωτοβολταϊκούς μετατροπείς.

Άσκησή 3. (για το θέμα 4.8)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Κατά τη σύνδεση των φωτοβολταϊκών μονάδων σε σειρά, της φωτοβολταϊκής αλυσίδας αυξάνεται.

Συνολική τάση	Συνολικό ρεύμα	Θερμοκρασία	Ρίσκο ζημιάς
---------------	----------------	-------------	--------------

Άσκηση 4. (για το θέμα 4.8)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Στην παράλληλη σύνδεση των φωτοβολταϊκών μονάδων, της φωτοβολταϊκής αλυσίδας αυξάνεται.

Θερμοκρασία	Συνολική τάση	Συνολικό ρεύμα	Ρίσκο ζημιάς
-------------	---------------	----------------	--------------

Άσκηση 5. (για το θέμα 4.8)

Υπολογίστε τον μέγιστο αριθμό φωτοβολταϊκών μονάδων που μπορούν να συνδεθούν στην είσοδο του φωτοβολταϊκού μετατροπέα για τα παρακάτω δεδομένα, λαμβάνοντας υπόψη τη χαμηλότερη θερμοκρασία της μονάδας στους -20°C .

Δεδομένα της φωτοβολταϊκής μονάδας

Παράμετρος	Τιμή
Power rating	270 Wp
Short-circuit current	9.15 A
Voltage of an unloaded module	38.25 V
Rated current	8.65 A
Rated voltage	31.25 V
Temperature current coefficient	0.049 %/ $^{\circ}\text{C}$
Temperature voltage coefficient	-0.30 %/ $^{\circ}\text{C}$

Δεδομένα φωτοβολταϊκού μετατροπέα

Δεδομένα	
Maximum input current	16.0 A / 16.0 A
Maximum short-circuit current, module field	24.0 A / 24.0 A
Minimal input voltage	150 V
Work start voltage	200 V
Rated input voltage	595 V
Maximum input voltage	1000 V
Scope of MPP voltage	267-800 V

Άσκηση 6. (για το θέμα 4.8)

Υπολογίστε τον ελάχιστο αριθμό φωτοβολταϊκών μονάδων που μπορούν να συνδεθούν στην είσοδο του φωτοβολταϊκού μετατροπέα για τα παρακάτω δεδομένα, λαμβάνοντας υπόψη την υψηλότερη θερμοκρασία της μονάδας στο επίπεδο των 70°C .

Δεδομένα της φωτοβολταϊκής μονάδας

Παράμετρος	Τιμή
Power rating	270 Wp
Short-circuit current	9.15 A
Voltage of an unloaded module	38.25 V
Rated current	8.65 A
Rated voltage	31.25 V
Temperature current coefficient	0.049 %/ $^{\circ}\text{C}$
Temperature voltage coefficient	-0.30 %/ $^{\circ}\text{C}$

Δεδομένα του φωτοβολταϊκού μετατροπέα

Δεδομένα	
Maximum input current	16.0 A / 16.0 A
Maximum short-circuit current, module field	24.0 A / 24.0 A
Minimal input voltage	150 V
Work start voltage	200 V
Rated input voltage	595 V
Maximum input voltage	1000 V
Scope of MPP voltage	267-800 V

Άσκηση 7. (για το θέμα 4.8)

Υπολογίστε τον μέγιστο αριθμό φωτοβολταϊκών αλυσίδων που μπορεί να είναι παράλληλα συνδεδεμένες με την είσοδο του φωτοβολταϊκού μετατροπέα για τα παρακάτω δεδομένα, λαμβάνοντας υπόψη την υψηλότερη θερμοκρασία της μονάδας στο επίπεδο των 70°C.

Δεδομένα της φωτοβολταϊκής μονάδας

Παράμετρος	Τιμή
Power rating	270 Wp
Short-circuit current	9.15 A
Voltage of an unloaded module	38.25 V
Rated current	8.65 A
Rated voltage	31.25 V
Temperature current coefficient	0.049 %/°C
Temperature voltage coefficient	-0.30 %/°C

Δεδομένα του φωτοβολταϊκού μετατροπέα

Δεδομένα	
Maximum input current	16.0 A / 16.0 A
Maximum short-circuit current, module field	24.0 A / 24.0 A
Minimal input voltage	150 V
Work start voltage	200 V
Rated input voltage	595 V
Maximum input voltage	1000 V
Scope of MPP voltage	267-800 V

5.9. Φωτοβολταϊκό σύστημα – ένωση με το δίκτυο – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.9)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι εξοπλισμένη με τον μετατροπέα χωρίς μετασχηματιστή. Ποιος τύπος διακόπτη προστασίας υπολειπόμενου ρεύματος πρέπει να εφαρμοστεί;

A	AC	B	D
---	----	---	---

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.9)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Η προστασία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στην πλευρά του AC συνίσταται στην επιλογή των ακόλουθων τύπων προστασίας:

- διακόπτη προστασίας υπολειπόμενου ρεύματος,
- προστασία από υπέρταση (surge protection),
- προστασία υπερφόρτωσης (overcurrent protection),
- Προστασία από χαμηλή τάση.

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.9)

Στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια, 4 πανομοιότυπες φωτοβολταϊκές αλυσίδες συνδέονται παράλληλα. Χρησιμοποιώντας το παρεχόμενο εύρος υπερσυνδέσμων με την περιγραφή gPV, επιλέξτε έναν κατάλληλο προστατευτικό σύνδεσμο στην φωτοβολταϊκή αλυσίδα, το με μέγιστο ρεύμα βραχυκυκλώματος $I_{SC} = 10,62$ A και μέγιστη τάση αλυσίδας $U_{DCmax} = 650$ V.

Πεδίο προστατευτικών συνδέσμων

Απάντηση	Υπολογιζόμενο ρεύμα του προστατευτικού συνδέσμου (Rated current of the protective link) I_{zabDC} [A]	Τάση λειτουργίας του προστατευτικού συνδέσμου [V]
1	6	700
2	8	700
3	10	700
4	12	700
5	16	700
6	20	700
7	25	700
8	6	900
9	8	900
10	10	900
11	12	900
12	16	900
13	20	900
14	25	900

5.10. Πρότυπα και τεχνικές προδιαγραφές που συνδέονται με την θεματική ομάδα – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.10)

Επιλέξτε το κατάλληλο τέλος πρότασης από τον πίνακα:

Μικροεγκατάσταση είναι:

Μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας συνολικής εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος που δεν υπερβαίνει τα 10 kW, συνδεδεμένη στο ηλεκτρικό δίκτυο με ονομαστική τάση μικρότερη από 6 kV ή με συνολική εγκατεστημένη θερμική ισχύ που δεν υπερβαίνει τα 12 kW

Μια πηγή ενέργειας συνολικής εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος που δεν υπερβαίνει τα 50 kW, συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο με ονομαστική τάση μικρότερη από 110 kV ή με συνολική εγκατεστημένη θερμική ισχύ που δεν υπερβαίνει τα 120 kW

Μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ που δεν υπερβαίνει τα 50 kW, συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο με ονομαστική τάση μικρότερη από 110 kV ή με επιτευχθείσα θερμική ισχύ σε συμπαραγωγή που δεν υπερβαίνει τα 120 kW

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.10)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Ο Πρόεδρος της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας ανακαλέσει πιστοποιητικό του εγκαταστάτη εγκατάστασης ΑΠΕ:

- εάν ο εγκαταστάτης χρησιμοποιεί το πιστοποιητικό αντίθετα προς το πεδίο εφαρμογής του.
- εάν υπάρχουν αποδεδειγμένα στοιχεία ότι μια μικροεγκατάσταση ή μια μικρή εγκατάσταση συναρμολογείται σε αντίθεση με τους ισχύοντες κανονισμούς.
- εάν η εταιρεία στην οποία εργάζεται ο πιστοποιημένος εγκαταστάτης δεν εκτέλεσε τη σύμβασή της με τον επενδυτή στο πλαίσιο της κατασκευής της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

5.11. Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.11)

Μεταξύ των παραγόντων που αναφέρονται πιο κάτω, επιλέξτε αυτούς που επηρεάζουν την εβδομαδιαία ενεργειακή απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

	Παράγοντες που επηρεάζουν την εβδομαδιαία ενεργειακή απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
Καλή τεχνική κατάσταση των ηλεκτρικών φορτίων	
Αποτελεσματικότητα φωτοβολταϊκών μετατροπών	
Τιμή για παραγόμενα kWh	
Απώλειες σε καλώδια συνεχούς ρεύματος	
Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μονάδων	
Τακτική συντήρηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης	
Απώλειες σε καλώδια εναλλασσόμενου ρεύματος	
Διατάξεις συμφωνίας με τον διαχειριστή του δικτύου διανομής	
Αποτελεσματικότητα φωτοβολταϊκών μονάδων	

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.11)

Σβήστε ένα αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Οι δραστηριότητες που έχουν να κάνουν με την συντήρηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων περιλαμβάνουν:

- τακτικό καθαρισμό των φωτοβολταϊκών μονάδων.
- σωστή επιλογή των φωτοβολταϊκών μονάδων στον φωτοβολταϊκό μετατροπέα.
- έλεγχος της κατάστασης του συστήματος εξαερισμού του φωτοβολταϊκού μετατροπέα.
- έλεγχος της κατάστασης των καλωδίων που περιλαμβάνονται στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

5.12. Συνεργασία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με εναλλακτικές πηγές ενέργειας – ασκήσεις

Άσκησή 1. (για το θέμα 4.12)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Σε περίπτωση σύνδεσης αιολικής ενέργειας και φωτοβολταϊκής μονάδας, αναπτύσσεται το σύστημα

Μη οικονομικό	Συμπληρωματικό	Μειώνει την διαθεσιμότητα της ηλεκτρικής ενέργειας	Εμποδίζει την συνεργασία των πηγών ηλεκτρικής ενέργειας
---------------	----------------	--	---

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.12)

Σβήστε ένα αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Συνεργασία δύο ή περισσότερων τύπων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας:

- είναι δυνατή,
- αυξάνει τη διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας στον τελικό χρήστη,
- αυξάνει τη σταθερότητα των πηγών ηλεκτρικής ενέργειας,
- είναι παράνομη.

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.12)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια λέξη από τον πίνακα.

Η διαχείριση και ο έλεγχος της λειτουργίας πολλών ενεργειακών πηγών στο σύστημα ΑΠΕ επιτρέπονται από

Αφοσιωμένο σύστημα ελέγχου και διεύθυνσης	Ορθή επιλογή του αριθμού των φωτοβολταϊκών μονάδων στην ισχύ του φωτοβολταϊκού μετατροπέα	εφαρμογή αιολικής ενέργειας	Πρόσληψη τουλάχιστον 5 υπαλλήλων
---	---	-----------------------------	----------------------------------

6. ΤΕΣΤ ΠΡΟΟΔΟΥ

Μπορείτε να:	Ναι	Όχι
Εξηγήσετε την έννοια του αποτυπώματος από άνθρακά (carbon footprint)		
1) Γράψετε τουλάχιστον 6 πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών;		
2) Περιγράψετε την ιστορία των φωτοβολταϊκών;		
3) Περιγράψετε τις προοπτικές των φωτοβολταϊκών;		
4) Εξηγήσετε την έννοια του ποιοτικού παράγοντα του φωτοβολταϊκού συστήματος;		
5) Καταγράψετε τουλάχιστον έξι μετρημένες παραμέτρους του φωτοβολταϊκού συστήματος;		
6) Συζητήσετε την ποιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο;		
7) Συζητήσετε την εγκυρότητα της μέτρησης της θερμοκρασίας της μονάδας;		
8) Εξηγήσετε την έννοια των "hot spots";		
9) Καταγράψετε τις φάσεις της διαδικασίας της παραγωγής των κρυσταλλικού φωτοβολταϊκού φωτοκύτταρου;		
10) Συζητήσετε την διατομή της φωτοβολταϊκής μονάδας;		
11) Συζητήσετε την σύνδεση των μονάδων σε σειρές;		
12) Καταγράψετε τα βασικά στοιχεία του ενδοχωρικού φωτοβολταϊκού συστήματος;		
13) Καταγράψετε τα βασικά στοιχεία των υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος;		
14) Καταγράψετε τα βασικά στοιχεία του φωτοβολταϊκού συστήματος σε δίκτυο;		
15) Συζητήσετε τις διάφορες λειτουργίες που πρέπει να γίνονται από τον φωτοβολταϊκό μετατροπέα;		
16) Εντοπίσετε τις διαφορές μεταξύ του ενδοχωρικού και σε δίκτυο μετατροπέα;		
17) Εξηγήστε την διαφορά μεταξύ του φωτοβολταϊκού συστήματος ON-GRID και OFF-GRID?		
18) Καταγράψετε τους τύπους των φωτοβολταϊκών συστημάτων;		
19) Συζητήσετε την αρχή της λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος που συνεργάζεται με το ηλεκτρικό δίκτυο;		
20) Συζητήσετε την αρχή της λειτουργίας του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος;		
21) Εντοπίσετε τα κύρια στοιχεία του συστήματος OFF-GRID ;		
22) Καταγράψετε τα βασικά στοιχεία του islanding photovoltaic system?		
23) Καταγράψετε τα βασικά στοιχεία του υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος;		
24) Καταγράψετε τα βασικά στοιχεία του φωτοβολταϊκού συστήματος σε δίκτυο;		
25) Συζητήσετε τις λειτουργίες που πρέπει να γίνουν από τον φωτοβολταϊκό μετατροπέα;		
26) Εντοπίσετε τις διαφορές μεταξύ του islanding και grid inverter;		
27) Εξηγήστε την ανάγκη για αποφυγή της επισκίασης κατά τον προγραμματισμό και την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών μονάδων;		
28) Γράψετε τα είδη των συστημάτων συναρμολόγησης;		
29) Συζητήσετε τους βασικούς τύπους των συστημάτων συναρμολόγησης που εφαρμόζονται στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μονάδων;		

Μπορείτε να:	Ναι	Όχι
30) Συζητήσετε τις αρχές της τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών μονάδων;		
31) Εντοπίσετε θέματα που πρέπει να λάβετε υπόψη κατά τον προγραμματισμό της τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών μονάδων;		
32) Εξηγήσετε τι περιέχει η καθημερινή μεταβλητότητα του φορτίου;		
33) Καταγράψτε τους τύπους μεταβλητότητας της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της περιόδου που αναλύεται;		
34) Συζητήστε δείκτες που χαρακτηρίζουν τη μεταβλητότητα του φορτίου του πελάτη;		
35) Συζητήστε τα ενεργειακά προφίλ των επιλεγμένων δεκτών;		
36) Αναφέρετε παράγοντες που επηρεάζουν τον σχηματισμό της εβδομαδιαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας		
37) Εξηγήστε την αρχή της επιλογής των φωτοβολταϊκών συστημάτων προστασίας;		
38) Περιγράψτε τους τύπους προστασίας που εφαρμόζονται σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις;		
39) Συζητήστε τη μέθοδο επιλογής της προστασίας από υπερτάσεις		
40) Συζητήστε τη μέθοδο επιλογής προστασίας υπερέντασης στην πλευρά AC και DC;		
41) Αναφέρετε τις λειτουργίες ασφαλείας σε μετατροπείς δικτύου;		
42) Συζητήστε τις υποχρεώσεις πληροφόρησης του OSD με τον Πρόεδρο της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας;?		
43) Να αναφέρετε τους λόγους απόσυρσης του πιστοποιητικού του εγκαταστάτη;		
44) Συζητήστε το σύστημα υποστήριξης των παραγωγών ενέργειας από ΑΠΕ;		
45) Συζητήστε τη μέθοδο επιλογής προστασίας υπερφόρτωση στην πλευρά AC και DC;		
46) Ορίστε μια μικρή εγκατάσταση;		
47) Καθορίστε τυπικές τιμές απόδοσης των φωτοβολταϊκών μετατροπέων;		
48) Καταγράψτε παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης;		
49) Συζητήστε την επιλογή γωνίας κλίσης φωτοβολταϊκών μονάδων;		
50) Συζητήστε την επιλογή της αποθήκευσης ενέργειας στη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση;		
51) Αναφέρετε δραστηριότητες που σχετίζονται με τη συντήρηση των φωτοβολταϊκών μονάδων;		
52) Εξηγήστε την αρχή της συνεργασίας δύο πηγών ηλεκτρικής ενέργειας;		
53) Γράψτε πηγές ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούν να συνεργαστούν με την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση;		
54) Συζητήστε το ρόλο των συστημάτων ελέγχου που εφαρμόζονται στις εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας;		
55) Συζητήστε τις επιπτώσεις της αποθήκευσης ενέργειας σε εγκαταστάσεις που περιέχουν δύο ή περισσότερες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας;		
56) Εντοπίσετε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της συνεργασίας δύο πηγών ηλεκτρικής ενέργειας;		

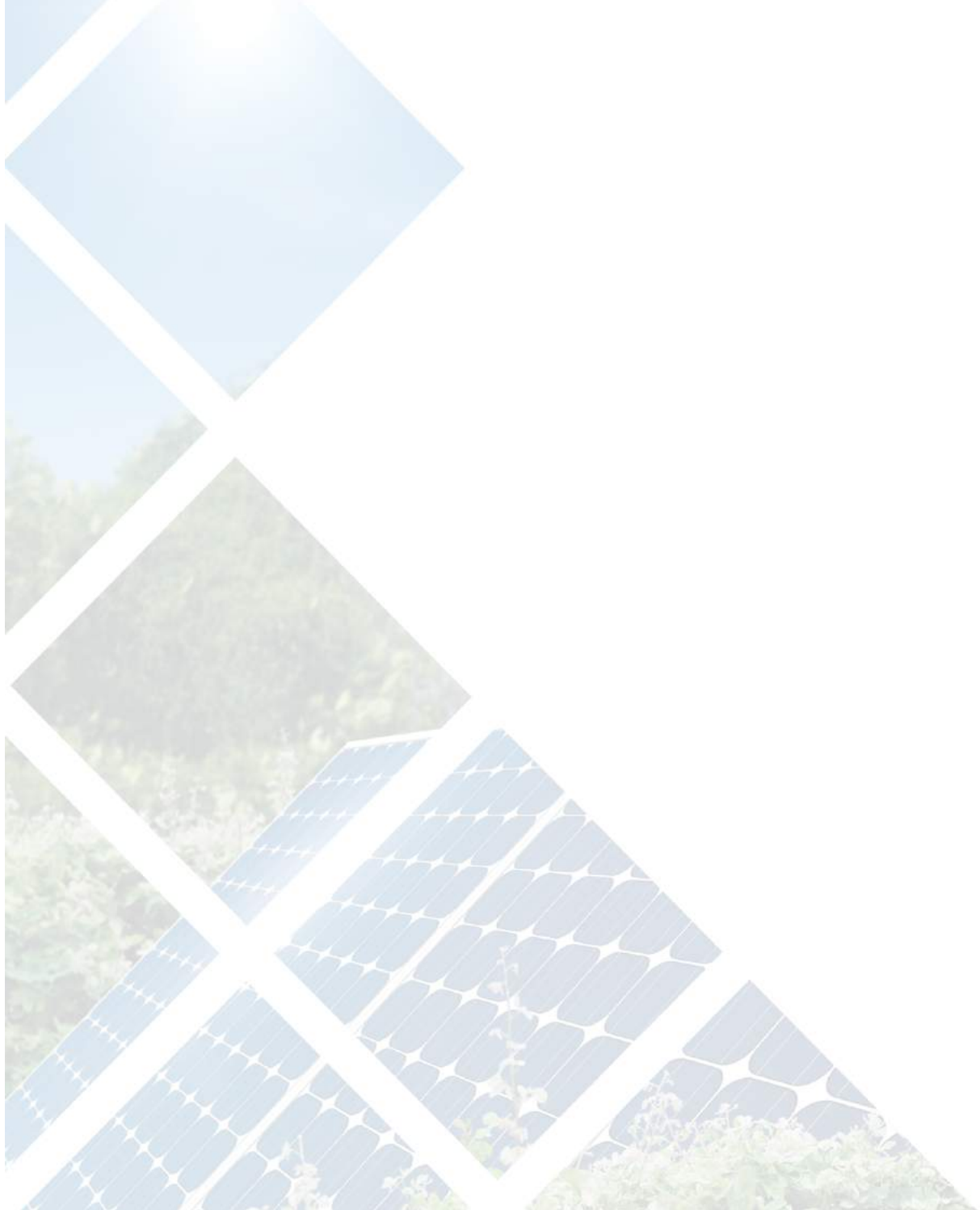
Αν επιλέξατε την απάντηση "ΟΧΙ", σας προτείνουμε να επιστρέψετε στο διδακτικό υλικό και την επανειλημμένη ανάλυσή του για να επιτύχετε τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα (γνώσεις, δεξιότητες).

Εάν είναι απαραίτητο, χρησιμοποιήστε πρόσθετη πηγή πληροφοριών για κάθε θέμα.

7. ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ

Αγγλικά	Ελληνικά
Amorphous semiconductor	Άμορφο ημιαγωγό
Array	Σειρά
Azimuth	Αζιμουθ
Balance-of-system (BOS)	Ισορροπία συστήματος (BOS)
Battery	Μπαταρία
BIPV (Building Integrated Photovoltaics)	Φωτοβολταϊκά ενσωματωμένα στα κτήρια
Blocking Diode	Αποκλεισμός διόδου
Bypass diode	Δίοδος παράκαμψης
Conversion Efficiency	Αποτελεσματικότητα μετατροπής
Crystalline silicon cells	Κρυσταλλικά πυρίτια κύτταρα
Current-voltage	Τάση ρεύματος
Depth of discharge	Βάθος αποφόρτωσης
Diffuse Irradiance	Διάχυτη ακτινοβολία
Energy Pay-Back Time	Χρόνος επιστροφής ενέργειας
Equivalent carbon dioxide	Ισοδύναμο διοξείδιο του άνθρακα
Feasibility Study	Μελέτη βιοσιμότητας
Feed-in-Tariff	Τροφοδοσία τιμολογίων
Filling Factor	Συμπληρωματικός παράγοντας
Gallium Arsenide (GaAs)	Αρσενίδιο του γαλλίου (GaAs)
Global Horizontal Irradiance	Παγκόσμια οριζόντια ακτινοβολία
Global In-Plane Irradiance	Παγκόσμια ακτινοβολία εντός αεροσκάφους
Grid-connected system	Σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο
Hot spot	Hot spot
Hybrid System	Υβριδικό σύστημα
Ingot	Ράβδος
Internal Rate of Return	Εσωτερικός ρυθμός απόδοσης
Inverter	Μετατροπέας
Irradiance	Ακτινοβολία
Junction Box	PJunction Box
Learning Curve	Καμπύλη μάθησης
Life Cycle Analysis	Ανάλυση κύκλου ζωής
Mismatch losses	Απώλειες αναντιστοιχίας
MPP Regulator	Ρυθμιστής MPP
Open circuit voltage	Ανοικτή τάση κυκλώματος
Peak (Maximum) Power Point (MPP)	Μέγιστο μέγιστο σημείο ισχύος (MPP)
Peak Sun hours	Ώρες αιχμής ήλιου
Performance ratio	Αναλογία απόδοσης
PV effect	Φωτοβολταϊκό αποτέλεσμα
PV Module	Φωτοβολταϊκή μονάδα
Pyrometer	Πυρόμετρο
Quality management system	Σύστημα διαχείρισης ποιότητας

Semiconductor	Ημιαγωγός
Silicon	Πυρίτιο
Solar spectrum	Φάσμα ηλιακής ενέργειας
Stand-alone PV system	Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα
Standard test conditions (STC)	Πρότυπες Συνθήκεων Δοκιμών
String	Χορδή
Tracking system	Σύστημα ανίχνευσης
Voltage	Τάση
Wafer	Wafer



8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Goetzberger A., Voß B., Knobloch J.: *Sonnenenergie: Photovoltaik*. Teubner Studienbücher, Stuttgart, Germany, 1994.
2. Goetzberger A., Wittwer V.: *Sonnenenergie – Physikalische Grundlagen und thermische Anwendungen*. Teubner Studienbücher, Stuttgart, Germany, 1996.
3. Benz J., Ortiz B., Roth W., Sauer D.U., Steinhüser A.: *Fuel Cells in Photovoltaik Hybrid Systems for Stand-Alone Power Supplies*. Proceedings 2nd European PV-Hybrid and Mini-Grid Conference, Kassel, Germany, 2003.
4. Roth W., Schmidt H., Schulz W., Steinhüser A.: *Photovoltaic Power Supply for Telecommunication Network Components in Remote Areas*. Proceedings TELESCON 2000, Dresden, Germany, 2000.
5. Palz W.: *Power for the world – a global photovoltaic action plan*. Solar Europe Newsletter, Kommission der Europäischen Gemeinschaften, DG XII, 1993.
6. Schweizer P., Shresta J.N.: *What can solar electricity provide for the Himalayan society? The case of Nepal*. 13th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Nice, France, 1995.
7. *Successful User Schemes for Photovoltaic Stand-Alone Systems*. European Commission DG XVII, 2000.
8. *EPIA Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018 (June 2014)*.
9. *PVPS Report Snapshot of Global PV 1992–2013. Report IEA-PVPS T1-24:2014*.

Ηλεκτρονικές πηγές

10. <http://aberdeensolar.com/solar-pv/home-suitable>
11. <http://alternateenergycompany.com/how-solar-pv-panels-works-with-the-grid>
12. <http://energyinformative.org/wp-content/uploads/2012/05/off-grid-solar-system.png>
13. <http://gramwzielone.pl/energia-sloneczna/17916/czyszczenie-instalacji-fotowoltaicznej-zwiekszy-jej-wydajnosc>
14. <http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-12744>
15. <http://thatpowerguy.nz/solar/solar-power-system-size>
16. <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html>
17. <http://www.freesolarpanelsuk.co.uk/the-best-angle-and-orientation-for-solar-panels-in-the-uk.php>
18. <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/performance/shading.php>
19. <http://www.instsani.pl/519/system-montazu-dla-dachu-pokrytego-dachowka-ceramiczna>
20. <http://www.iparu.com/dual-axis-tracker-pst-2a>
21. <http://www.laplacesolar.com/photovoltaic-products/solar-link-monitoring-solutions/>
22. <http://www.nuvisionenergy.co.uk/>
23. <http://www.photon-solar.eu/>
24. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962015000300297
25. <http://www.studymumbai.com/renewable-energy-resources.html>
26. http://www.thesolarplanner.com/array_plaement.html
27. <http://www.twojaenergia.pl/poradnik>
28. <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2214398X14000120-gr1.jpg>

29. <https://cen.acs.org/energy/solar-power/Perovskite-progress-pushes-tandem-solar/96/i24>
30. <https://energymag.net/daily-energy-demand-curve>
31. <https://greenpowerworksinc.com/energy-efficiency-for-residential>
32. <https://news.energysage.com/is-my-roof-even-suitable-for-solar>
33. <https://news.energysage.com/solar-panels-work-shade/>
34. <https://pveducation.org/pvcdrom/manufacturing/single-crystalline-silicon>
35. <https://solarips.com/2016/02/like-a-sunflower-solar-pv-panels-track-the-sun/>
36. <https://www.ecosoch.com/types-of-solar-on-grid-inverters-micro-string-central-2/>
37. <https://www.e-education.psu.edu/eme812/node/738>
38. <https://www.energy.gov/energysaver/buying-and-making-electricity/hybrid-wind-and-solar-electric-systems>
39. <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/maximizing-solar-self-consumption>
40. <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/energy-basics-shading-and-solar-electric-systems>
41. <https://www.indiamart.com/proddetail/aluminium-solar-mounting-structure-10795911762.html>
42. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>
43. <https://www.leoni-solar-windpower.com/en/products-services/generator-combiner-boxes/general-information/>
44. https://www.met.hu/en/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas
45. <https://www.powersystemsdesign.com/articles/the-promise-of-solar-technology/28/6289>
46. <https://www.quora.com/How-does-off-grid-solar-plant-work>
47. <https://www.quora.com/Why-do-solar-panels-face-south>
48. https://www.researchgate.net/figure/Mean-weekly-profile_fig1_313453567
49. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814001224#fig0025>
50. <https://www.semanticscholar.org/paper/Design%2C-implementation-and-performance-analysis-of-Munna-Bhuyan/d143c1d713073ec0ada345f7b28ebdc7428b7c71/figure/0>
51. <https://www.semanticscholar.org/paper/Maximum-power-point-tracking-controller-using-P-and-Singh-Sarkar/89cc1255f020c31698fc6c90bc6d0872b523b39b/figure/1>
52. <https://www.solarpowerworldonline.com/2014/12/quick-run-bipv>
53. <https://www.solarquotes.com.au/blog/an-eastwest-split-of-solar-panels-on-a-single-string-can-work-well/>

