



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

" Φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματωμένα σε κτίρια "

"Photovoltaic systems integrated into buildings"

ΦΟΙΤΗΤΕΣ:

ΚΥΡΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ (6201)

ΠΟΥΤΣΕΛΑΣ ΣΠΥΡΟΣ (6254)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΣΤΑΘΑΤΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κτιριακός τομέας απορροφά το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Στη παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζονται καταρχήν οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιριακού τομέα και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα κτίρια μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου που υπόσχονται υψηλή εξοικονόμηση αλλά και μεγάλη αναπνοή στην πράσινη ανάπτυξη.

Αναλύεται η έννοια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με σκοπό να διερευνηθεί η σημασία της εφαρμογής τους στην παραγωγή ενέργειας για άμεση κατανάλωση από κτίρια. Οι παγκόσμιες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνθήκες επιβάλλουν την στροφή προς εναλλακτικές μορφές ενέργειας και στο κτιριακό τομέα. Στην συνέχεια αναλύονται τα διασυνδεδεμένα κτηριακά φ/β συστήματα, η δομή και η κατηγοριοποίησή τους. Το κεφάλαιο 3 και το κεφάλαιο 4 αναφέρονται στον σχεδιασμό και την εγκατάσταση ενός φ/β συστήματος με έμφαση στα κτήρια.

Οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις έχουν οδηγήσει σε αλματώδη ανάπτυξη νέων υλικών και τεχνικών που σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών. Εστιάζουμε έτσι στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση φωτοβολταϊκών και πιο συγκεκριμένα με χρήση νέων καινοτόμων φωτοβολταϊκών συστημάτων ενσωματωμένων σε κτίρια (BIPV).

Τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1 Ενεργειακές καταναλώσεις κτηριακού τομέα.....	5
1.1.1 Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά.....	7
1.2 Πολιτικές οδηγίες ΕΕ, 20-20-20, NZB.....	9
1.2.1 Net metering.....	11
1.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) σε κτίρια.....	13
1.3.1 Βιοκλιματικός σχεδιασμός σε επίπεδο οικισμού.....	15
1.3.2 Ενεργειακά ηλιακά συστήματα.....	15
1.3.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	16
1.3.4 Γεωθερμικά συστήματα.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΚΤΗΡΙΑΚΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	19
2.1 Δομή των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων.....	19
2.2 Κατηγοριοποίηση των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων.....	20
2.3 Διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα υπό το καθεστώς ανεξάρτητου παραγωγού.....	20
2.4 Διαμόρφωση της σύνδεσης βάσει της μέγιστης ισχύος της Φ/Β εγκατάστασης.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	22
3.1 Επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος.....	22
3.2 Προσανατολισμός των Φ/Β Πλαισίων.....	22
3.3 Προβλήματα σκιασμών.....	24
3.4 Στατική μελέτη & υλικά στήριξης.....	26
3.5 Επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων.....	27
3.6 Χαρακτηριστικές ηλεκτρικές τιμές ενός Φ/Β συστήματος.....	28
3.6.1 Τάση.....	28
3.6.2 Ένταση.....	28
3.6.3 Θερμοκρασία.....	28
3.7 Συνεργασία Φ/Β – Αντιστροφέα.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	30
4.1 Διερεύνηση σφαλμάτων.....	30
4.2 Προστασία.....	31
4.3 Γείωση αντιστροφέα.....	32
4.4 Καλωδίωση.....	34
4.5 Σημάνσεις.....	36
4.6 Προστασία των κτηριακών Φ/Β συστημάτων από υπερτάσεις – αντικεραυνική προστασία.....	36
4.7 Τυπικό σύστημα ηλεκτρικής εγκατάστασης διασυνδεδεμένου κτηριακού Φ/Β συστήματος.....	38
4.8 Διασύνδεση με δίκτυο.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: BIPV.....	45
5.1 Τι είναι τα BIPV (κτίριο με ολοκληρωμένα φωτοβολταϊκά).....	45
5.2 Τεχνολογίες BIPV.....	58

5.3 Τεχνολογίες (ημιδιαφανή, εύκαμπτα, photochrom, συμβατικά)	59
5.4 Αρχιτεκτονική ενσωμάτωση-βιοκλιματικά χαρακτηριστικά.....	70
5.5 Καλές πρακτικές.....	73
5.6 Παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών κυττάρων/πλαισίων.....	77
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	80
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	82

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ:

BAPV Building Applied Photovoltaic
 BIPV Building Integrated Photovoltaic
 B.O.S. Balance of System
 DC Direct Current
 EN European Norm
 IEC International Electrotechnical Commission
 ΙΔη Ονομαστικό ρεύμα Διαρροής
 I.P. International Protection
 PELV Protective Extra Low Voltage
 P.F Power Factor
 PVC Polyvinyl chloride
 RCD Residual Current Device
 SELV Safety Extra-Low Voltage
 S.T.C Standard Test Conditions
 T.H.D. Total Harmonic Distortion
 VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
 ΕΛΟΤ Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης
 Ε.Ρ. Εναλλασσόμενο Ρεύμα
 ΔΕΗ Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
 Μ/Σ Μετασχηματιστής
 Σ.Α.Π Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας
 ΣΗΕ Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας
 Σ.Ρ. Συνεχές Ρεύμα
 Φ/Β Φωτοβολταϊκό
 Χ.Τ. Χαμηλή Τάση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ενεργειακές καταναλώσεις κτηριακού τομέα

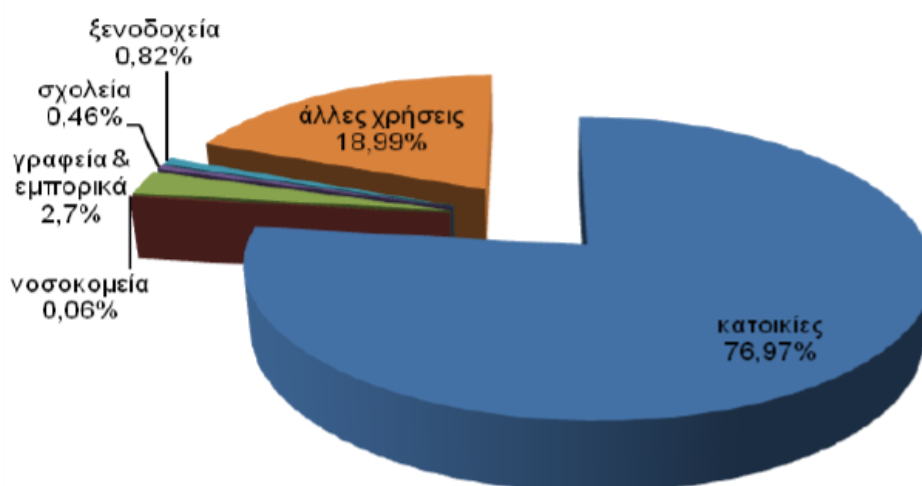
Ο κτιριακός τομέας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης απορροφά περίπου το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, καθώς επίσης είναι και η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αφού ευθύνεται για το 40% των συνολικών εκπομπών CO₂. Είναι γεγονός ότι αυτό το πρόβλημα καθιστά απαραίτητο το λειτουργικό και φιλικό προς το περιβάλλον σχεδιασμό των κτηρίων και φυσικά τον περιορισμό των συνολικών ενεργειακών αναγκών τους (SATE-energy).

Πιο συγκεκριμένα στη Ε.Ε ο κτιριακός τομέας δηλαδή τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας αντιπροσωπεύουν τον σημαντικότερο τομέα κατανάλωσης. Από καταγραφές που έχουν γίνει πιστοποιούν ότι η θέρμανση κατέχει μεγάλο μέρος των ενεργειακών καταναλώσεων της τάξης των 69% και ακολουθούν με μικρότερα ποσοστά η παραγωγή ζεστού νερού 15%, οι ηλεκτρικές συσκευές και ο φωτισμός με 11%. Η μέση κατανάλωση ενέργειας ανά κατοικία για την θέρμανση μόνο είχε μειωθεί αισθητά από το 1990, ενώ η θεωρητική ειδική κατανάλωση των νέων κατοικιών είναι κατά 22% μικρότερη από το 1985.

Αυτό συμβαίνει διότι πολλές κατοικίες πλέον είναι πιο ενεργειακά αποδοτικές αντίθετα με τις αυξανόμενες απαιτήσεις σε άνεση και επί το πλείστον τα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης έχουν γίνει αυστηρότερα τα τελευταία πέντε χρόνια σε πολλές χώρες της Ε.Ε. (ΚΑΠΕ, 2000). Όσον αναφορά την Ελλάδα, ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το ένα τρίτο περίπου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και για το 36% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Στην χώρα μας, οι εκπομπές CO₂ από τον κτιριακό τομέα παρουσίαζαν πριν την περίοδο της οικονομικής κρίσης ετήσιο ρυθμό αύξησης περί το 4%, ενώ παράλληλα διογκώνεται συνεχώς η ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων.

Το ελληνικό κτιριακό απόθεμα αποτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος του από κατοικίες, περίπου 77%, ενώ τα μη οικιστικά κτίρια αντιπροσωπεύουν το 23%. Αυτά στεγάζουν γραφεία και εμπορικά καταστήματα (2,7%), σχολεία (0,46%), νοσοκομεία (0,06%), ξενοδοχεία (0,82%), ενώ οι άλλες χρήσεις των κτηρίων (18,99%) περιλαμβάνουν εκκλησίες, αθλητικές εγκαταστάσεις κλπ, τα οποία έχουν περιοδική χρήση και περιορισμένη συμβολή στη συνολική κατανάλωση ενέργειας.

Στο Σχήμα 1, κατανομή ελληνικών κτιρίων ανά χρήση φαίνεται αναλυτικά η κατανομή των ελληνικών κτιρίων ανά χρήση, με βάση τα στοιχεία της απογραφής του 2001, σύμφωνα με την οποία το σύνολο των κτιρίων ανέρχεται σε 4 εκατομμύρια περίπου (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2006).



Σχήμα 1: Κατανομή ελληνικών κτιρίων ανά χρήση (Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2006).

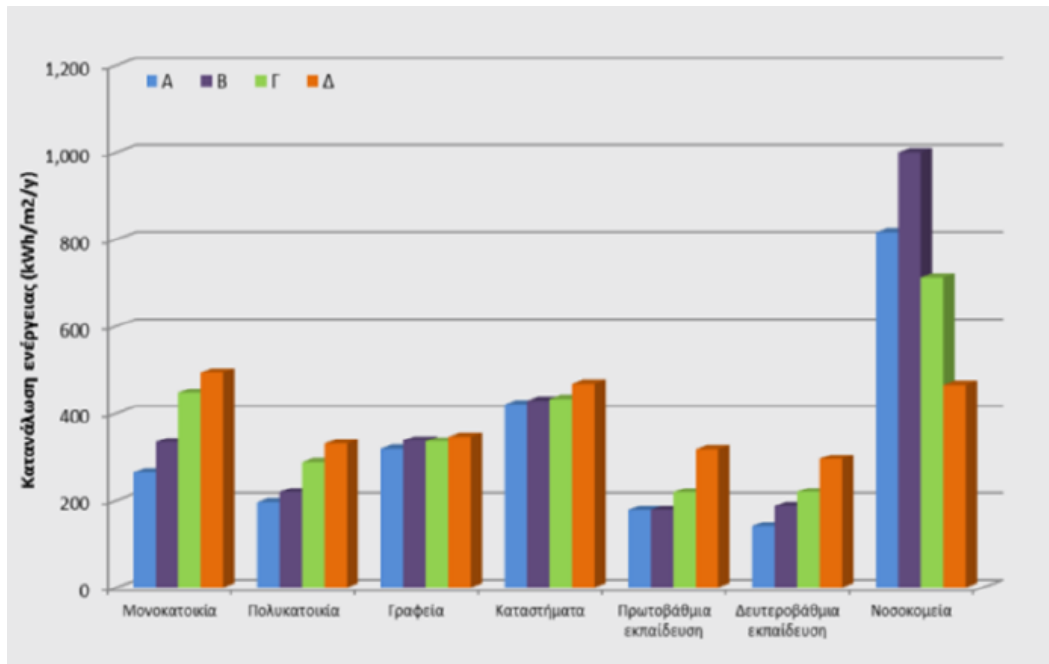
Σύμφωνα με την “Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ)” του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας, η ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα επίσης χώρας αυξήθηκε σημαντικά το 2012, σε σχέση με το 1990.

Συγκεκριμένα, το 2012 τα νοικοκυριά παρουσίασαν αύξηση επίσης κατανάλωσης κατά 64.8% σε σύγκριση με το 1990, ενώ ο τριτογενής τομέας αύξησε την κατανάλωση ενέργειας στο τριπλάσιο, φτάνοντας τα 2.233 Mtoe. Επίσης, με βάση τα δεδομένα από την έκδοση των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) μέχρι σήμερα, στο Σχήμα 2: Μέση κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου (Πηγή: Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης Π.Ε.Α.), απεικονίζονται οι διαφορετικές μέσες καταναλώσεις ενέργειας (kWh/m²/y) που προκύπτουν ανά χρήση κτιρίου, σε κάθε κλιματική ζώνη.

Παρατηρείται στο Σχήμα 2 ότι στην ψυχρότερη κλιματική ζώνη Δ, όλα τα κτίρια διαφορετικής χρήσης, είναι πιο ενεργοβόρα από ότι σε άλλες περιοχές της χώρας, με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας να καταγράφεται στις μονοκατοικίες (494 kWh/m²/y).

Τα κτίρια γραφείων και τα καταστήματα εμφανίζουν παρόμοιες ενεργειακές καταναλώσεις σε όλες τις κλιματικές ζώνες, σε αντίθεση με τις κατοικίες και τα σχολεία, που παρουσιάζουν αυξητική τάση προς τις ψυχρότερες ζώνες, λόγω των θερμικών αναγκών τους.

Αντίθετα, τα νοσοκομεία εμφανίζουν μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στις πιο θερμές ζώνες (Α, Β), εξαιτίας των μεγάλων αναγκών τους για δροσισμό. Μάλιστα, η υψηλότερη τιμή στην κατανάλωση ενέργειας καταγράφεται στην κλιματική ζώνη Β, στις 1000 kWh/m²/y.



Σχήμα 2: Μέση κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου (Πηγή: Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης Π.Ε.Α.).

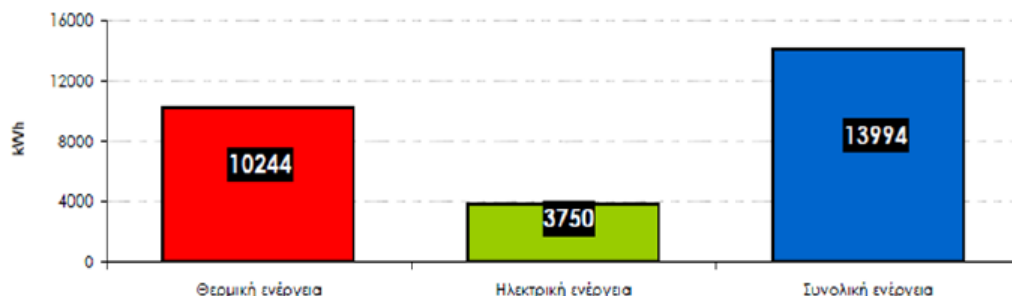
1.1.1 Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά

Η Ελληνική Στατιστική Αρχή διενήργησε, για πρώτη φορά, κατά το χρονικό διάστημα Οκτωβρίου 2011-Σεπτεμβρίου 2012, την Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά, με την οποία συλλέχθηκαν πληροφορίες αναφορικά με την κατανάλωση ενέργειας και τα επίπεδα κατανάλωσης για διαφορετικές χρήσεις (θέρμανση-ψύξη χώρων, ζεστό νερό χρήσης, μαγείρεμα, φωτισμός κ.α.) στον οικιακό τομέα, καθώς και τις ποσότητες και τα είδη των χρησιμοποιούμενων καυσίμων.

Επιπρόσθετα, καταγράφηκαν πληροφορίες που αφορούν στις συνήθειες των χρηστών σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά, στα είδη και τον αριθμό των συσκευών και συστημάτων που χρησιμοποιούν, ενώ εξετάστηκε και η διείσδυση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών στον οικιακό τομέα.

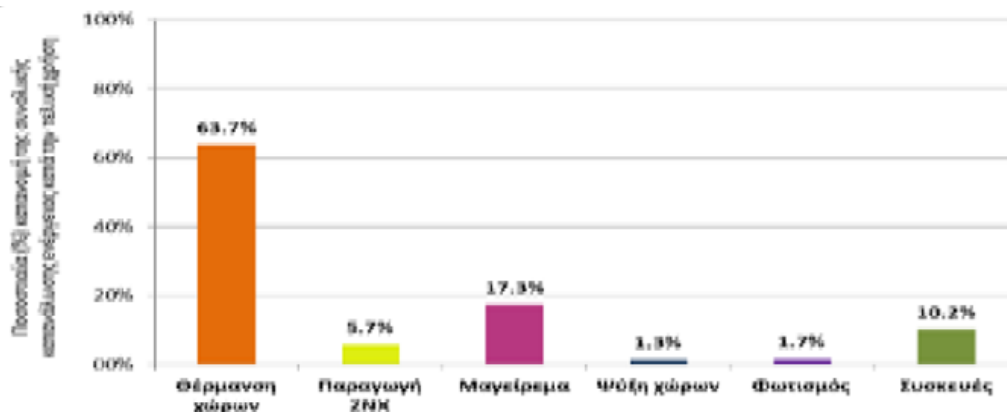
Τέλος, συλλέχθηκαν πληροφορίες και στοιχεία για τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των νοικοκυριών. Περίοδοι αναφοράς για τα ενεργειακά δεδομένα είναι οι χειμερινοί (Οκτώβριος 2011–Απρίλιος 2012) και θερινοί μήνες (Μάιος 2012-Σεπτέμβριος 2012) καθώς και οι χειμερινοί και θερινοί πριν τη διενέργεια της έρευνας-μήνες (Οκτώβριος 2010-Απρίλιος 2011) και (Μάιος 2011-Σεπτέμβριος 2011), αντίστοιχα. Η έρευνα υλοποιήθηκε με τη συνδρομή, ως τεχνικού εμπειρογνώμονα, του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας - ΚΑΠΕ (www.cres.gr).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, κατά μέσο όρο, κάθε νοικοκυριό της χώρας καταναλώνει 13.994 kWh ετησίως για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του (Σχήμα 3: Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά νοικοκυριό, πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.).



Σχήμα 3: Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά νοικοκυριό (Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, οι ανάγκες ενός νοικοκυριού για θέρμανση χώρων και μαγείρεμα αποτελούν το 81% της συνολικής ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειάς του, ενώ συνολικά για την κάλυψη των ετήσιων ενεργειακών αναγκών του καταναλώνει πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρισμό σε ποσοστό 44,1% και 26,8 %, αντίστοιχα, Σχήμα 4: Ποσοστιαία κατανομή της συ-νολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση (Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.).



Σχήμα 4: Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση (Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.).

Αυτή είναι η πραγματικότητα και δυστυχώς έχει ιδιαίτερα δυσμενείς συνέπειες στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας μας, το οποίο επιβραδύνει σημαντικά τους πολίτες της ιδίας των οικογενειών με χαμηλό εισόδημα, ενώ ταυτόχρονα υποχρεώνει χιλιάδες πολίτες σε ενεργειακή φτώχεια.

Η συνεχής αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι τόσο ποσοτική, όσο και ποιοτική. Τα αίτια της μεγάλης ενεργειακής κατανάλωσης είναι συνοπτικά:

- Η ύπαρξη της μεγάλης πλειοψηφίας των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, τα οποία δεν είναι θερμομονωμένα, και απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις συνθήκες άνεσης το χειμώνα.
- Η κατά κανόνα, μέτρια κατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, που οδηγεί σε μειωμένους βαθμούς απόδοσης.
- Η συνεχής αύξηση, τόσο σε αριθμό όσο και σε εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική, κυρίως, ενέργεια.
- Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, ιδίως το καλοκαίρι, που σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των συσκευών, οδήγησε στην εγκατάσταση πάνω από 3.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 25 χρόνια.

Η Ε.Ε έχει φροντίσει στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος στόχο έως το 2020 τα καινούργια κτήρια να είναι μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Για να υλοποιηθεί αυτό θα πρέπει τα κτήρια να σχεδιάζονται σύμφωνα με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής καθώς επίσης θα πρέπει να εφαρμοστούν συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

1.2 Πολιτικές οδηγίες ΕΕ, 20-20-20, NZB

Η έννοια του κτηρίου μηδενικής ενέργειας ή μηδενικών εκπομπών δεν είναι καινούρια. Έχει εμφανιστεί στη βιβλιογραφία ήδη από τις δεκαετίες του 1970, 1980 και 1990 (Esbesen και Korsgaard, 1977, Gilijamse, 1995). Ωστόσο μετά το 2000 το παγκόσμιο ενδιαφέρον στράφηκε στα ZEB και αναπτύχθηκαν πολλά εθνικά και διεθνή προγράμματα για τη μελέτη και την εφαρμογή τους (IEA SHC Task 40/ ECBCS Annex 52 Towards Net Zero Energy Solar Buildings, Strategic Research Centre on Zero Emission Building στη Δανία, Research Centre on Zero Emission Building στη Νορβηγία, Zero Carbon Hub στο Ηνωμένο Βασίλειο κ.ά.) [Marszal et al, 2010].

Τον Απρίλιο του 2010 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε την αναθεώρηση της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD), σύμφωνα με την οποία όλα τα νέα κτίρια από τις 31 Δεκεμβρίου 2020 πρέπει να είναι Nearly Zero energy buildings, δηλαδή κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους πρέπει να πληρούν τα ίδια κριτήρια από τις 31 Δεκεμβρίου 2018.

Τα κτίρια που στοχεύουν την επίτευξη μηδενικών εκπομπών, το πετυχαίνουν, αντισταθμίζοντας τους ρύπους που εκπέμπουν καταναλώνοντας μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, παράγοντας ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Στην περίπτωση όμως που ένα κτήριο καταναλώνει ενέργεια που προέρχεται αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές, ακόμα και αν δεν την παράγει το ίδιο, αλλά προέρχεται από κάποια οργανωμένη μονάδα μεγαλύτερης κλίμακας, θεωρείται ότι είναι μηδενικών εκπομπών.

Τα περισσότερα κτίρια μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου είναι τέτοιες κατασκευές, καθώς είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο και η ενέργεια που λαμβάνουν από αυτό δεν προέρχεται αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές. Οπότε, οι εκπομπές κάθε κτηρίου εξαρτώνται από το αν και ποιές μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας χρησιμοποιεί, διότι οι κάθε μία επιβαρύνει διαφορετικά την ατμόσφαιρα, οφείλοντας να τις ισορροπήσει. Η συγκεκριμένη προσέγγιση για κατασκευές μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου αποτελεί το αποτελεσματικότερο μοντέλο για πράσινη ανάπτυξη, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές μεταξύ των πηγών ενέργειας που δε σχετίζονται αποκλειστικά με την ενέργεια, όπως είναι η περιβαλλοντική μόλυνση και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Η Ελληνική κυβέρνηση όσον αφορά την συμμετοχή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην τελική κατανάλωση ενέργειας, ανέβασε τον πήχη από το 18% το 2020 που όρισε η Ε.Ε. στο 20%. Η πρόθεση είναι ο ενεργειακός σχεδιασμός της Ελλάδας όσον αφορά τις ΑΠΕ να βασίζεται κυρίως στο την αιολική ενέργεια λόγω οικονομικότητας αλλά και διαθέσιμου δυναμικού, τα σχέδια αυτά σε ορισμένες περιπτώσεις περιέχουν αρκετή αβεβαιότητα ως προς το χρόνο και δυνατότητα υλοποίησής των λόγω τεχνικών και τοπικών προβλημάτων, ενώ είναι σημαντικό να έχουμε σημαντική διείσδυση ΑΠΕ μέχρι το 2013, έτος από το οποίο θα πρέπει να καταβάλλονται για την αγορά δικαιωμάτων εκπομπής CO₂ στην ηλεκτροπαραγωγή πάνω από 1,2 δις ευρώ τον χρόνο, αν η διείσδυση των ΑΠΕ παραμένει υποτονική όπως το προηγούμενο χρονικό διάστημα. Το ποσό αυτό θα σήμαινε αύξηση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας κατά 30 με 40% για τους καταναλωτές.

Προτείνεται οι τεχνολογίες ΑΠΕ που έχουν την δυνατότητα να ενταχθούν γρήγορα στο δίκτυο να προχωρήσουν άμεσα παράλληλα με τα έργα ενίσχυσης και κατασκευής δικτύων. Τα επιμέρους ποσοστά συμμετοχής των διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ στο ενεργειακό μας μίγμα, που θα μας οδηγήσουν στην επίτευξη των στόχων δεν μπορεί να θεωρηθούν δεδομένα, η κατάσταση είναι δυναμική και εξαρτάται από πολλούς αστάθμητους παράγοντες.

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, τον Ιανουάριο του 2008 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε δεσμευτική νομοθεσία για την υλοποίηση των στόχων 20-20-20. Η γνωστή ως «δέσμη για το κλίμα και την ενέργεια», η οποία συμφωνήθηκε από το

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο τον Δεκέμβριο του 2008 και έγινε νόμος τον Ιούνιο του 2009, περιλαμβάνει τα παρακάτω νομοθετήματα:

1. Την Οδηγία 2009/29/ΕΚ «για τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας»
2. Την απόφαση 406/2009/ΕΚ «περί των προσπαθειών των κρατών μελών να μειώσουν τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ώστε να τηρηθούν οι δεσμεύσεις της Κοινότητας για μείωση των εκπομπών αυτών μέχρι το 2020».

Για να συμφέρι οικονομικά η επιδιωκόμενη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 20 % έναντι των επιπέδων του 1990 μέχρι το 2020, θα πρέπει να συμβάλουν στις μειώσεις των εκπομπών όλοι οι τομείς της οικονομίας. Συνεπώς, τα κράτη μέλη θα πρέπει να εφαρμόσουν πρόσθετες πολιτικές και μέτρα σε μια προσπάθεια περαιτέρω περιορισμού των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από πηγές που δεν καλύπτει η οδηγία 2003/87/ΕΚ. Η απόφαση αφορά τον επιμερισμό της προσπάθειας των Κ-Μ για μείωση των εκπομπών από τομείς που δεν καλύπτονται από το σύστημα εμπορίας, όπως οι μεταφορές, ο οικιακός τομέας, η γεωργία και τα απόβλητα

Τα δύο παραπάνω νομοθετήματα στοχεύουν στην επίτευξη του στόχου μείωσης των εκπομπών κατά 20%, στόχος που εξειδικεύεται σε μείωση κατά 21% στους τομείς του συστήματος εμπορίας και κατά 10% στους τομείς εκτός εμπορίας.

3. Οδηγία 2009/28/ΕΚ «σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές». Δεσμευτικοί εθνικοί στόχοι αποβλέπουν σε συμμετοχή των ΑΠΕ κατά 20% στην ενεργειακή κατανάλωση σε επίπεδο ΕΕ. Οι στόχοι θα συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από τις εισαγωγές ενέργειας και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

4. Οδηγία 2009/31/ΕΚ «σχετικά με την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς». Ένα νομικό πλαίσιο για την προώθηση της ανάπτυξης και την ασφαλή χρήση της δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (CCS).

Η ΕΕ σκοπεύει να δημιουργηθεί ένα δίκτυο μονάδων επίδειξης CCS μέχρι το 2015 για να δοκιμάσει τη βιωσιμότητά της, με σκοπό την εμπορική εφαρμογή της μέχρι το 2020 περίπου.

5. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης γίνεται μέσω του σχεδίου δράσης για την ενεργειακή απόδοση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Για την επίτευξη αυτού του στόχου, η Επιτροπή αναλαμβάνει πρωτοβουλίες για να κινητοποιήσει την κοινή γνώμη, τους φορείς λήψης αποφάσεων και των φορέων της αγοράς και θεσπίζει ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης και κανόνες για την επισήμανση των προϊόντων, υπηρεσιών και υποδομών.

Για την υλοποίηση ενός near – zero energy building, zero energy building ή ακόμα και positive – energy building, είναι απαραίτητη η σχεδίαση του κτιρίου σύμφωνα με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, για την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών τους αναγκών και την προσαρμογή τους στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Αφού επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργεια με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό του κτιρίου, την εφαρμογή παθητικών συστημάτων αλλά και την χρήση ενεργειακά αποδοτικών συσκευών, οι υπόλοιπες ενεργειακές απαιτήσεις καλύπτονται από την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Τότε μόνο αποκτά ουσιαστικό νόημα η εγκατάσταση συστημάτων αξιοποίησης ΑΠΕ και το κτήριο έχει πραγματικά μηδενικό οικολογικό αποτύπωμα.

1.2.1 Net metering

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να αναφερθούμε στις πιο πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της ενέργειας. Είναι γεγονός πως η τιμή πώλησης της ενέργειας που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Έτσι, ο περιορισμός της τιμής για τα φωτοβολταϊκά συστήματα, μείωσε σημαντικά την απόδοση της επένδυσης με αποτέλεσμα σε κάποιες περιπτώσεις να κρίνεται μη συμφέρουσα. Μια λύση σε αυτό το αδιέξοδο έρχεται να προσφέρει ο ενεργειακός συμψηφισμός.

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα μέσω των χρηματοδοτήσεων και των κινήτρων που δόθηκαν εγκαταστάθηκαν χιλιάδες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις που βασίστηκαν στο μοντέλο των εγγυημένων τιμών πώλησης (Feed-in-Tariffs). Πρόκειται για ένα μοντέλο που αναπτύχθηκε στη Γερμανία φέρνοντας την στην κορυφή των χωρών με τη μεγαλύτερη διείσδυση φωτοβολταϊκών, παρά το γεγονός ότι χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή ηλιοφάνεια.

Η εφαρμογή του γερμανικού μοντέλου στη χώρα μας δημιούργησε ένα μεγάλο οικονομικό έλλειμμα στην Ελλάδα, για το λόγο αυτό, καθίσταται σαφές πως η Ελλάδα εκτός από το μοντέλο λειτουργίας της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει να αλλάξει και το μοντέλο ένταξης των νέων φωτοβολταϊκών μονάδων, αλλά και γενικότερα των τεχνολογιών που σχετίζονται με τις ΑΠΕ.

Έτσι, τον τελευταίο καιρό στην Ελλάδα έχει υιοθετηθεί ένα διαφορετικό μοντέλο που θα βασίζεται στην ιδιοκατανάλωση και είναι γνωστό ως «ενεργειακός συμψηφισμός». Το μοντέλο αυτό είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στις ΗΠΑ με την ονομασία «Net Metering». Το Net Metering είναι ο συμψηφισμός παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας και εφαρμόζεται κυρίως για εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών σε διάφορες χώρες όπως η Κύπρος, η

Ιταλία, η Γερμανία, η Δανία και οι ΗΠΑ. Το Net Metering επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας που καταναλώνει ενώ παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας που παράγει το φωτοβολταϊκό του σύστημα.

Ο όρος “net” προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μία ορισμένη χρονική περίοδο. Η περίοδος αυτή είναι συνήθως ο κάθε κύκλος καταμέτρησης και τιμολόγησης της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αν υπάρχει περίσσεια ενέργειας, αυτή συνήθως δεν χάνεται για τον καταναλωτή αλλά συμψηφίζεται για μια ορισμένη χρονική περίοδο οπότε και γίνεται η τελική εκκαθάριση. Η περίοδος αυτή σύμφωνα με την τελευταία υπουργική απόφαση ορίζεται στους 12 μήνες.

Το νομοθετικό πλαίσιο με το Ν.4203/2013 (ΦΕΚ 235Α/1-11-2013) θεσμοθετήθηκε για πρώτη φορά η δυνατότητα των καταναλωτών να κάνουν χρήση του Net Metering. Οι ρυθμίσεις αυτές τροποποιήθηκαν με το Ν.4254/2014 (ΦΕΚ 85Α/7-4-2014) ενώ στις 30/12/2014 υπογράφηκε η τελική υπουργική απόφαση σύμφωνα με την οποία καταρτίζεται το Ειδικό Πρόγραμμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων από αυτοπαραγωγούς για την κάλυψη ιδίων αναγκών τους, με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού. Το Πρόγραμμα αφορά σταθερά φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία εγκαθίστανται στον ίδιο ή όμορο χώρο με τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης τις οποίες τροφοδοτούν και οι οποίες συνδέονται στο Δίκτυο.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να εγκαθίστανται επί κτηρίων ή επί εδάφους ή άλλων κατασκευών, περιλαμβανομένων και αυτών του πρωτογενούς τομέα, σύμφωνα με την κείμενη πολεοδομική νομοθεσία. Σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση η οποία διατάχθηκε στην Αθήνα στις 30/12/2014 με Αρ. Πρωτ.: ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ. 24461:

- Η μέγιστη ισχύς είναι 20 kW (αν είναι >20 kW μπορεί να είναι μέχρι 50% της συμφωνηθείσας ισχύος κατανάλωσης για τη συγκεκριμένη παροχή).
- Σε κάθε περίπτωση, η ισχύς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα εγκατασταθεί στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα της ΔΕΗ στην Ελλάδα, έχει ανώτατο όριο 500 kWp. Για τα μη Διασυνδεδεμένα Νησιά 20 kWp και για την Κρήτη 50 kWp.
- Εγκατάσταση συστήματος net metering επιτρέπεται να κάνει οποιοσδήποτε και όπου επιτρέπεται στην Ελλάδα, σύμφωνα με τις προβλέψεις του νόμου και δεν περιορίζεται στις στέγες.

- Οι χρεώσεις ΥΚΩ υπολογίζονται επί της συνολικής κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού για την περίοδο καταμέτρησης.
- Οι αυτοπαραγωγοί καταβάλλουν ΕΤΜΕΑΡ μόνο για το ρεύμα που απορροφούν από το Δίκτυο (ΔΕΗ).
- Ο ενεργειακός συμψηφισμός θα γίνεται ετησίως στο λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος.

Τα Πλεονεκτήματα του Net Metering είναι τα εξής:

- Ο αυτοπαραγωγός πλέον και στην Ελλάδα είναι ανεξάρτητος από το κράτος και τη ΔΕΗ αφού απλά καταναλώνει την ίδια του την παραγωγή και δεν περιμένει επιδότηση από το κράτος.
- Μηδενισμός ή σημαντική μείωση στο κόστος του ρεύματος της ΔΕΗ για το νοικοκυριό ή την επιχείρηση.
- Δωρεάν θέρμανση και ψύξη με χρήση αντλίας θερμότητας.
- Προστασία από τις μελλοντικές αυξήσεις στην τιμή του ρεύματος της ΔΕΗ.
- Λιγότερες απώλειες στη μεταφορά ρεύματος αφού η κατανάλωση γίνεται εκεί που γίνεται και η παραγωγή.
- Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.
- Χαμηλό κόστος ολικής εγκατάστασης.
- Σχεδόν μηδαμινό κόστος συντήρησης.
- Υποδομή που δεν χάνει αξία γρήγορα και μειώνει το ρίσκο.

Στην Ελλάδα, το σημερινό κόστος ηλεκτρικού ρεύματος και οι σημερινές τιμές προμήθειας και εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, καθιστούν τον ενεργειακό συμψηφισμό μια συμφέρουσα επιλογή για τις μεγάλες οικιακές καταναλώσεις καθώς και για τη μεγάλη πλειοψηφία των εμπορικών καταναλώσεων. Επιπρόσθετα, μέσω του μοντέλου αυτού μπορεί να δοθεί διέξοδος και στους μικρούς καταναλωτές, αφού δίνεται ένα σημαντικό κίνητρο για να καλύψουν ένα μεγάλο μέρος των πάγιων ενεργειακών τους αναγκών χρησιμοποιώντας την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν μέσω της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών.

1.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) σε κτίρια

Σε παγκόσμιο επίπεδο το ενεργειακό σκηνικό είναι σε πολύ χαμηλές βάσεις, ιδίως σε χώρες με ασταθείς πολιτικές και κοινωνικές καταστάσεις. Αυτό το γεγονός ήρθε να το αλλάξει η επιστημονική κοινότητα με την ανάπτυξη και διαχείριση των ΑΠΕ, κα-θώς κατέστη επιτακτική ανάγκη. Στην συνέχεια η Ευρωπαϊκή κοινότητα θέλησε να απομονώσει τις ορυκτές πηγές ενέργειας και να αντιμετωπίσει τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματά της με τη χρήση ΑΠΕ. Αυτό φυσικά επιφέρει ευχάριστα μηνύματα διότι με την προώθηση και χρήση χαμηλής έντασης άνθρακα ίσως επιτευχθεί εγκαίρως η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και από την άλλη μεριά, η ανάπτυξη της οικονομίας και ανθρώπινης ευημερίας παγκοσμίως.

Πολλοί είναι οι θεσμικοί στόχοι περί ΑΠΕ, η πιο σημαντική στο χώρο της ενέργειας κατά το 2009, αποτέλεσε η ψήφιση της Οδηγίας σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (2009/28/EK), η οποία αποτελεί ένα ιστορικό ορόσημο για την ευρωπαϊκή νομοθεσία. Θέτει ως στόχο το 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ-27 να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 2020. Για την Ελλάδα ο αντίστοιχος στόχος προσδιορίζεται στο 18% . Η Οδηγία αυτή παρέχει την απαιτούμενη πολιτική στήριξη στις αγορές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι οποίες παρουσιάζουν τεράστιες προοπτικές οικονομικής ανάπτυξης και δημιουργία θέσεων απασχόλησης.

Σήμερα η χρήση των ΑΠΕ ενσωματώνεται όλο και περισσότερο στα κτήρια, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο, συνεχόμενα και σε μεγάλο βαθμό τις ενεργειακές δαπάνες που δεν είναι άλλες από την θέρμανση και την ψύξη των κτηρίων. Η Ελλάδα είναι από τις τυχερές χώρες αφού οι ΑΠΕ σε αυτήν είναι φανερά ανεξάντλητες και με αξιόλογο δυναμικό. Αδιαμφισβήτητα λοιπόν παρέχονται σε αυτήν την χώρα λύσεις για τις ενεργειακές της ανάγκες και ταυτόχρονα οδηγείται και στη απεξάρτησή της από τα συμβατά καύσιμα.

Οι κυριότερες μορφές ΑΠΕ που ενσωματώνονται στα κτίρια είναι:

- **Θερμικά Ηλιακά συστήματα** (ηλιακοί θερμοσίφωνες ή κεντρικά ηλιακά συστήματα) για τη θέρμανση νερού ή και χώρων ή συστήματα ηλιακού κλιματισμού.
- **Φωτοβολταϊκά συστήματα**, για την κάλυψη σημαντικού μέρους του ηλεκτρικού φορτίου.
- **Γεωθερμικά συστήματα** για τη θέρμανση και ψύξη του κτιρίου.

Η ενσωμάτωση των ΑΠΕ στα κτίρια συνεπάγεται με τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων ο οποίος έχει ως στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης και την αξιοποίηση των τοπικά διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε επίπεδο κτιρίου και οικιστικού συνόλου. Περιλαμβάνει το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτηρίων και του περιβάλλοντος χώρου, την χωροθέτηση των

κτιρίων και των λειτουργιών με γνώμονα την εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς και την κάλυψη των θερμικών ψυκτικών και ηλεκτρικών φορτίων από ΑΠΕ.

Τα πλεονεκτήματα που φέρουν οι ΑΠΕ σε κτίρια είναι η εφαρμογή προσεγγίσεων ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού με ενσωμάτωση των ενεργειακά αποδοτικότερων τεχνολογιών στο δομημένο περιβάλλον είναι προϋπόθεση για την πλήρη αξιοποίηση του ενεργειακού δυναμικού για κάθε κτήριο σε κάθε τόπο. Η μέγιστη αξιοποίηση αυτή του δυναμικού επιφέρει σημαντική μείωση στις ενεργειακές ανάγκες οποιουδήποτε κτηριακού συνόλου. Επιπλέον η μείωση αυτή των αναγκών εκτός από τον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης επιφέρει και μείωση της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και φωτισμού, με αποτέλεσμα την μικρότερη διαστασιολόγησή τους, το μειωμένο κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης, το μειωμένο ηλεκτρικό φορτίο αιχμής το καλοκαίρι και συγχρόνως τη μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από τους ρύπους σε επίπεδο κτιρίου και σε επίπεδο δικτύου.

Στην συνέχεια η αξιοποίηση των ΑΠΕ αποτελεί σήμερα απαραίτητη προϋπόθεση για την βελτίωση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών συνθηκών ενός τόπου. Επίσης η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ μπορεί να συμβάλλει με οικονομικά οφέλη για την αειφόρο ανάπτυξη τόσο σε οικιστικά σύνολα όσο και σε περιφερειακά και εθνικά. Εκτός λοιπόν από όλα αυτά ο ενεργειακός σχεδιασμός μπορεί να προσφέρει και δυνατότητες απασχόλησης σε διάφορους τομείς, όπως και στις δραστηριότητες που σχετίζονται με περιβαλλοντικές μετρήσεις, ενεργειακές μετρήσεις, ενεργειακές μελέτες, ενεργειακό σχεδιασμό κ.α.

Ο ενεργειακός σχεδιασμός βασίζεται σε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία η οποία συντελεί:

- Στην ελαχιστοποίηση των ενεργειακών αναγκών με κατάλληλο σχεδιασμό χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό ο οποίος εφαρμόζεται:
- Είτε σε πολεοδομική κλίμακα για την εξασφάλιση κατάλληλων μικροκλιματικών συνθηκών.
- Είτε σε κτηριακή κλίμακα με τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας και κατάλληλα παθητικά ηλιακά συστήματα, συστήματα φυσικού φωτισμού και ηλιοπροστασίας, φυσικού αερισμού και τεχνικές παθητικού δροσισμού.
- Στην μέγιστη αξιοποίηση των τοπικά διαθέσιμων ΑΠΕ.

- Στην ενεργειακή διαχείριση σε επίπεδο παραγωγής ενέργειας και τελικής χρήσης. Προτείνεται διότι κυρίως εξασφαλίζει τη μέγιστη απόδοση του κελύφους και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Η εφαρμογή των ΑΠΕ προβλέπεται αντίστοιχα είτε κεντρικά σε επίπεδο οικισμού (τηλεθέρμανση, τηλεψύξη με βιομάζα ή γεωθερμία, ηλεκτροδότηση με Φωτοβολταϊκά, αιολικά ή άλλα συστήματα ΑΠΕ), είτε μεμονωμένα σε επίπεδο κτηρίου (παθητικά και ενεργειακά ηλιακά συστήματα, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, Φωτοβολταϊκά συστήματα). (Goulding J.O. Lewis. T.C Stemmerrs).

1.3.1 Βιοκλιματικός σχεδιασμός σε επίπεδο οικισμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σε επίπεδο οικιστικών συνόλων αφορά την βέλτιστη αξιοποίηση των περιβαλλοντικών και ενεργειακών παραμέτρων σε ετήσια βάση. Πιο συγκεκριμένα όμως κατά την χειμερινή περίοδο μεγάλο ρόλο παίζει ο ηλιασμός των κτιρίων και των υπαιθρίων χώρων για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούνται παράμετροι όπως ο προσανατολισμός και η κατεύθυνση οδικών και άλλων αξόνων, ύψος και αποστάσεις κτηρίων και φύτευση.

Η ανεμοπροστασία επίσης είναι βασικός παράγοντας έτσι χρειάζεται οργάνωση του χώρου όσον αφορά τις επικρατέστερες κατευθύνσεις των ανέμων. Επίσης χρειάζεται πυκνωση του πολεοδομικού ιστού και χωροθέτηση πολεοδομικών στοιχείων, χρήση πυκνή δεντοφύτευσης και χρήση κατάλληλης βλάστησης μέσα στον οικισμό. Για την ηλιοπροστασία των κτιρίων χρησιμοποιούνται παράμετροι όπως η χρήση συστημάτων σκίασης (πέργκολες, στέγαστρα κ.α) και χρήση κατάλληλων ειδών βλάστησης μέσα αλλά και γύρω από το κτήριο. Επιπρόσθετα ο αερισμός των κτιρίων για τον οποίο χρειάζεται η χωροθέτηση πράσινων χώρων πχ πάρκα, καταλληλότητα σε σχήμα και μέγεθος, συσχέτιση ροής αέρα και κατάλληλη χωροθέτηση κτηρίων όσον αφορά το ύψος και την απόσταση.

Τέλος για την εξασφάλιση του δροσισμού χρειάζονται τεχνικές όπως η εξασφάλιση ανεμπόδιστης θέας των εξωτερικών επιφανειών προς τον ουρανό και βασική χωροθέτηση υδάτινων στοιχείων κατάλληλου σχήματος και μεγέθους. (Ελλη Γεωργιάδου, 1996)

Εφαρμογές στη Ελλάδα

Στην Ελλάδα είναι ελάχιστες οι εφαρμογές του ενεργειακού σχεδιασμού. Αυτές είναι:

1. Το ηλιακό χωριό στην Πεύκη αττικής με βιοκλιματικό σχεδιασμό και ενσωμάτωση πληθώρας παθητικών ηλιακών συστημάτων καθώς και ηλιακό σύστημα για παροχή ζεστού νερού.

2. Οικισμός στην Καλαμάτα με 120 βιοκλιματικούς κατοίκους.

3. Στην Κέρκυρα ο δήμος Θινάλι σε συνεργασία με πέντε γειτονικούς δήμους και στα πλαίσια του προγράμματος ALTENER έχει προωθήσει ένα σχέδιο για ενσωμάτωση ΑΠΕ με στόχο την 100% κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της περιοχής. Ήδη εφαρμόζονται τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας και α-νανεώσιμες πηγές ενέργειας σε κτήρια και έχει ολοκληρωθεί η μελέτη αξιοποίησης της τοπικής βιομάζας και γίνονται με-τρήσεις για εξακρίβωση του αιολικού δυναμικού της περιοχής.

4. Υπό μελέτη βρίσκεται ένας οικισμός στην Θράκη καθώς και η μεσαιωνική πόλη της Ρόδου από μελέτες του ΚΑΠΕ.

1.3.2 Ενεργειακά ηλιακά συστήματα

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα. Τα ενεργειακά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν τους συλλέκτες και την δεξαμενή αποθήκευσης ως χωριστές συνιστώσες και η μεταφορά της ενέργειας γίνεται με την βοήθεια κάποιας αντλίας συστήματος. Ένα θερμικό ηλιακό σύστημα συλλέγει, αποθηκεύει και διανέμει την ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας των συλλεκτικών. Τα ενεργειακά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές και για θέρμανση πισινών.

Τα ενεργειακά ηλιακά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, το μέγεθός τους, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής κ.α.

Οι τύποι των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι δύο. Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας και τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Τα πρώτα χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες.

1. Τους συμπαγείς θερμαντήρες ή αλλιώς τα ολοκληρωμένα συστήματα αποθήκευσης.

2. Τα θερμοσιφονικά συστήματα τα οποία στηρίζονται στη φυσική μεταφορά για την κυκλοφορία του νερού στους συλλέκτες και στη δεξαμενή.

Και τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας έχουν δύο τύπους τέτοιων συστημάτων.

1. Τα συστήματα ανοιχτού βρόχου τα οποία χρησιμοποιούν αντλίες για να κυκλοφορήσουν το νερό χρήσης στους συλλέκτες.

2. Τα συστήματα κλειστού βρόχου που αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας. (J. Duffie, W. Beckman, John Wiley & Sons, 1991).

Εφαρμογές στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα παρουσιάζεται ένας πολύ μεγάλος αριθμός από εφαρμογές ενεργητικών ηλιακών συστημάτων. Περισσότερα από 600.000 νοικοκυριά καλύπτουν μεγάλο μέρος των αναγκών σε ζεστό νερό από ηλιακούς θερμοσίφωνες. Επίσης υπάρχει μεγάλος αριθμός εφαρμογών κεντρικών ηλιακών συστημάτων εγκατεστημένα σε ξενοδοχεία νοσοκομεία κ.α.

Οι εφαρμογές αυτές παρουσιάζονται στο ηλιακό χωριό στην Πεύκη αττικής όπου έχουν εγκαταστήσει κεντρικό ηλιακό σύστημα για την θέρμανση νερού, ενώ και στο Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας έχει γίνει εγκατάσταση 300 τετραγωνικών μέτρων επίπεδων ηλιακών συλλεκτών που καλύπτουν τις ανάγκες του κόσμου για την χρήση ζεστού νερού. Η αποδοτικότητα των ηλιακών συστημάτων στο ΣΕΦ έχει επιβεβαιωθεί από μετρήσεις του ΚΑΠΕ με την μέθοδο τηλεμέτρησης.

1.3.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Η χρήση φωτοβολταϊκών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο θεωρείται σημαντική από περιβαλλοντικής άποψης. Στην Ελλάδα λόγω του υψηλού δυναμικού της ηλιακής ενέργειας παρουσιάζει ανάπτυξη και εφαρμογή των φωτοβολταϊκών συστημάτων και ταυτόχρονα η χρήση τους δεν έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Πιο πρακτικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι με την φωτοβολταϊκή τεχνολογία γίνεται εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και η ισχύς που προσπίπτει σε μια επιφάνεια 1m² μία ηλιόλουστη μέρα μπορεί να φτάσει το 1 KW. Βέβαια η ενέργεια η οποία προσπίπτει στη επιφάνεια έχει και κάποιους εξαρτημένους παράγοντες όπως είναι η γεωγραφική θέση και ο προσανατολισμός της επιφάνειας. Από δεδομένα λοιπόν που προκύπτουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μετατρέπουν το 11% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με ένα μόνο πλαίσιο της επιφάνειας 1m² να παράγει 110 Wp. Τα βασικά πλεονεκτήματα της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών είναι:

- Η μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας

- Η μεγάλη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων
- Η αθόρυβη λειτουργία τους
- Το μηδενικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας
- Η δυνατότητα ενσωμάτωσής τους σε οροφές, προσόψεις κτηρίων ως κύρια δομικά στοιχεία και
- Η δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Το κόστος των Φ/Β πλαισίων αποτελεί το μεγαλύτερο μειονέκτημα για την ευρεία εξάπλωση της συγκεκριμένης τεχνολογίας παρόλα αυτά σε περιοχές όπου το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλό τα Φ/Β αποτελούν την πιο αξιόπιστη και οικονομική λύση. Το κύριο όφελος αυτών είναι η χρήση τους σαν δομικά στοιχεία τα οποία θα αντικαθιστούν άλλα υλικά της εξωτερικής επιφάνειας των κτηρίων (ΚΑΠΕ 2001).

Εφαρμογές στη Ελλάδα

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από τον μικρό αριθμό εγκαταστάσεων Φ/Β συστημάτων, οι δε εφαρμογές των Φ/Β στα κτήρια είναι ελάχιστες και συνήθως τα Φ/Β δεν είναι ενταγμένα σαν δομικά στοιχεία αλλά τοποθετούνται στην οροφή. Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν ορισμένες εταιρίες που προσπαθούν να δραστηριοποιηθούν στον χώρο αυτό, συγκεκριμένα υπάρχει μεγάλη κατασκευαστική εταιρία στην χώρα μας που κατασκευάζει εργοστάσιο παραγωγής Φ/Β.

1.3.4 Γεωθερμικά συστήματα

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει ποικιλία ενεργειακών αναγκών. Η ενέργεια αυτή υπάρχει στο εσωτερικό της γης και αξιοποιείται μέσω των γεωθερμικών ρευστών. Σημαντικός παράγοντας για την αξιοποίηση της ενέργειας αυτής είναι η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών που καθορίζει και το είδος της εφαρμογής της.

Η πιο συχνή εφαρμογή της γίνεται για την θέρμανση θερμοκηπίων. Βέβαια έχει και άλλες εφαρμογές όπως η τηλεθέρμανση των κτηρίων, ο συνδυασμός με αντλίες θερμότητας στα κτήρια, στις ιχθυοκαλλιέργειες, στην ξήρανση αγροτικών προϊόντων, στην αφαλάτωση του νερού κ.α.

Οι εφαρμογές της γεωθερμίας όσον αναφορά τα κτήρια ποικίλουν ανάλογα με την θερμοκρασία του διαθέσιμου ρευστού. Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 90°C οι εφαρμογές είναι:

1. Η ηλεκτροπαραγωγή
2. Η ψύξη και ο κλιματισμός με αντλίες θερμότητας ρόφησης
3. Η θέρμανση χώρων με σώματα καλοριφέρ
4. Η παραγωγή ζεστού νερού με μπόιλερ και
5. Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού για χρήση σε ξενοδοχεία.
6. Για μικρότερες θερμοκρασίες υπάρχουν εφαρμογές όπως:
 - Η θέρμανση χώρων με αερόθερμα νερού ή ενδοταπέδιο σύστημα
 - Η παραγωγή ζεστού νερού με εναλλάκτη θερμότητας
 - Στα θερμά λουτρά
 - Για θέρμανση και κλιματισμό με αντλίες θερμότητας (εάν δεν υπάρχει διαθέσιμο υπόγειο νερό, οι αντλίες θερμότητας μπορούν να συνδυαστούν με γήινους εναλλακτές θερμότητας) (ΚΑΠΕ).

Εφαρμογές στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, περιοχές με σημαντικό γεωθερμικό δυναμικό είναι η λεκάνη των Θερμοπυλών, η περιοχή του Λαγκαδά, τα νησιά Μήλος, Λέσβος, η ευρεία περιοχή Καβάλας και συνήθως όπου βρίσκονται ιαματικά λουτρά.

Πιο συγκεκριμένα για τα κτήρια στην Ελλάδα υπάρχουν οι παρακάτω εφαρμογές οι οποίες είναι η θέρμανση με ενδοδαπέδιο σύστημα στο Νέο Εράσμιο και στην Τραιανούπολη στην Αλεξανδρούπολη, η θέρμανση και ο κλιματισμός με αντλίες θερμότητας τροφοδοτούμενες από υδρογεώτρηση και γήινο εναλλάκτη θερμότητας πέντε κτηρίων στο κτήριο των μεταλλειολόγων, στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, στο κτηριακό συγκρότημα του Ευρωπαϊκού Κέντρου Δημοσίου Δικαίου στα Λεγραινά, στο νέο κτήριο ΚΑΠΕ στο Πικέρμι,

στο κτίριο του δήμου Πεταλουδών στην Ρόδο και στη οικία Παπαγεωργάκη στο Λαγονήσι Αττικής.

Υπό κατασκευή βρίσκονται η τηλεθέρμανση και τηλεψύξη των σχολείων και του κέντρου υγείας στο δήμο Λαγκαδά Θεσσαλονίκης με μεταφορά νερού 20-40⁰C σε απόσταση 2χλμ από τα λουτρά Λαγκαδά με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας. Επίσης υπό κατασκευή βρίσκεται και το έργο θέρμανσης και κλιματισμού του νέου κτηρίου του δημαρχείου της Πυλαίας στη Θεσσαλονίκη το οποίο είναι χρηματοδοτούμενο από το ΚΑΠΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΚΤΗΡΙΑΚΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1 Δομή των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων

Κάθε Διασυνδεδεμένο Κτηριακό Φωτοβολταϊκό Σύστημα (BAPV/BIPV-Building Applied/Integrated Photovoltaics) μπορεί να αναλυθεί σε δύο επιμέρους δομικές μονάδες: τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και τον ηλεκτρονικό μετατροπέα, που αναλαμβάνει την προσαρμογή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στις προδιαγραφές του δικτύου χαμηλής τάσης. Ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων Φ/Β πλαισίων καθορίζει τη μέγιστη παραγόμενη ισχύ, ενώ η εν σειρά και παράλληλη σύνδεση αυτών προσδιορίζει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (τιμές τάσης και ρεύματος) των μετατροπέων που θα χρησιμοποιηθούν. Επιπρόσθετα, η απρόσκοπτη λειτουργία της όλης εγκατάστασης απαιτεί τη χρήση ορισμένων βοηθητικών συστημάτων (Balance of System, B.O.S.), τα οποία εγγυώνται τόσο την ασφαλή διασύνδεση του μετατροπέα με τις Φ/Β γεννήτριες και το ηλεκτρικό δίκτυο όσο και τη στιβαρότητα της όλης εγκατάστασης σε μηχανικές καταπονήσεις.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια παρέχεται υπό τη μορφή συνεχούς τάσης και ρεύματος. Για να καταστεί λοιπόν εφικτή η τροφοδότηση του ηλεκτρικού δικτύου E.P. με την ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, απαιτείται η διαμεσολάβηση κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων, των αντιστροφών. Έχει επικρατήσει αυτές οι ηλεκτρονικές διατάξεις να ονομάζονται στο σύνολό τους ηλεκτρονικοί μετατροπείς ενώ το τμήμα τους που αναλαμβάνει τη διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο και μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη ονομάζεται αντιστροφήας.

Όπως όλες οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις παραγωγής ή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο δίκτυο E.P., έτσι και οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς των διασυνδεδεμένων με το ηλεκτρικό δίκτυο Φ/Β συστημάτων, οφείλουν να υπόκεινται στις προδιαγραφές που ορίζονται από τους κανονισμούς και τα πρότυπα που έχουν θεσπιστεί ή υιοθετηθεί από τους Διαχειριστές των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας και Δικτύων. Συγκεκριμένα, η σύνδεση μικρών διεσπαρμένων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.), θεωρείται αποδεκτή όταν η ενέργεια που παρέχεται στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω των ηλεκτρονικών μετατροπέων δεν επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα ισχύος που παρέχεται στους άλλους συνδεδεμένους χρήστες (καταναλωτές ή παραγωγούς), δεν διαταράσσει την ορθή λειτουργία των μέσων ρύθμισης και προστασίας του δικτύου και δεν θέτει σε κίνδυνο πρόσωπα και εγκαταστάσεις.

Αν και τα θέματα αυτά αναλύονται εκτενέστερα σε επόμενη παράγραφο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς που διατίθενται στο εμπόριο είναι συνήθως εναρμονισμένοι με τους εν λόγω κανονισμούς και πρότυπα ενώ παράλληλα διαθέτουν και τις απαιτούμενες προστασίες προκειμένου να επιτυγχάνεται η απρόσκοπτη παράλληλη λειτουργία τους με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Ένας σημαντικός διαχωρισμός μεταξύ των ηλεκτρονικών μετατροπέων των διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων μπορεί να γίνει ανάλογα με το αν εμπεριέχουν μετασχηματιστή (Μ/Σ) σε κάποια από τις βαθμίδες τους. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται Μ/Σ, αυτός μπορεί να είναι υψίσυχνος (Μ/Σ φερρίτη) ή χαμηλόσυχνος (Μ/Σ σιδήρου). Η ύπαρξη Μ/Σ προσφέρει το πλεονέκτημα της γαλβανικής απομόνωσης του Φ/Β εξοπλισμού από το δίκτυο Ε.Ρ. Παρόλο που οι χαμηλόσυχνοι Μ/Σ επιφέρουν την αύξηση του όγκου και του βάρους της συνολικής κατασκευής, η παρουσία τους εγγυάται τη μηδενική έγχυση συνεχούς ρεύματος στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αντίθετα στις υπόλοιπες τοπολογίες, ενδεχόμενες ασυμμετρίες του κυκλώματος ισχύος ή του κυκλώματος ελέγχου μπορούν να προκαλέσουν την εμφάνιση μιας μικρής συνιστώσας συνεχούς ρεύματος στην έξοδο των αντιστροφών.

2.2 Κατηγοριοποίηση των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων

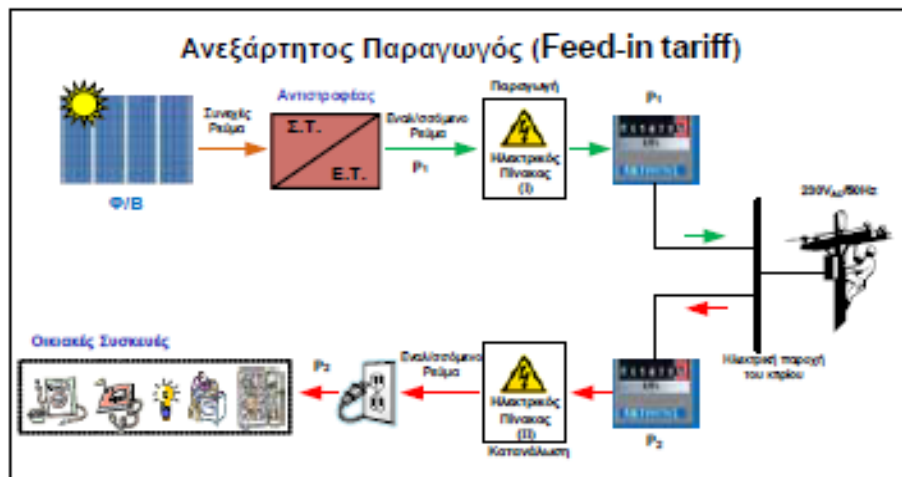
Ανάλογα με τον τρόπο που συνδυάζονται οι παραπάνω δομικές μονάδες, τα διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα μικρής ισχύος (έως 10kW) κατηγοριοποιούνται κυρίως σε δύο τεχνολογικές τάσεις. Την τεχνολογία Στοιχειοσειράς (String technology) και την τεχνολογία Πολλαπλών Στοιχειοσειρών (Multi-string technology). Η διαφοροποίηση των προαναφερθέντων τεχνολογικών τάσεων έγκειται αφ' ενός στον αριθμό των Φ/Β πλαισίων που συνδέονται ανά ηλεκτρονικό μετατροπέα (επίπεδο ισχύος του μετατροπέα), αφ' ετέρου στον τρόπο με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους τα Φ/Β πλαίσια (εν σειρά σύνδεση, παράλληλη σύνδεση ή συνδυασμός αυτών).

2.3 Διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα υπό το καθεστώς ανεξάρτητου παραγωγού

Τα διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ (ΦΕΚ Β' 1079, 4/6/2009) εντάσσονται στο καθεστώς του ανεξάρτητου παραγωγού (Feed in tariff). Δηλαδή, το σύνολο της ενέργειας που παράγεται από την ηλεκτροπαραγωγική μονάδα

πωλείται στη ΔΕΗ και δεν χρησιμοποιείται για τη μερική ή ολική τροφοδότηση των φορτίων της κτηριακής εγκατάστασης (ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου).

Η υλοποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης (σχήμα 5) απαιτεί την εγκατάσταση δύο ξεχωριστών ηλεκτρικών πινάκων (ενός για τις ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου και ενός δεύτερου για τη σύνδεση της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας), οι οποίοι εν συνεχεία, συνδέονται στους μετρητές καταναλισκόμενης και αποδιδόμενης ενέργειας αντίστοιχα. Τόσο η ενέργεια που αποδίδει ο παραγωγός στο ηλεκτρικό δίκτυο όσο και αυτή που απορροφά από αυτό για τις ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου, μεταφέρονται πάντοτε μέσω της ίδιας ηλεκτρικής παροχής.



Σχήμα 5: Δομή ενός Διασυνδεδεμένου κτηριακού Φ/Β συστήματος στην περίπτωση του ανεξάρτητου παραγωγού.

2.4 Διαμόρφωση της σύνδεσης βάσει της μέγιστης ισχύος της Φ/Β εγκατάστασης

Τα κτηριακά Φ/Β συστήματα ισχύος έως και 5 kWp, συνδέονται στο δίκτυο Χ.Τ. μέσω μονοφασικής παροχής, σε αντιδιαστολή με αυτά των οποίων η μέγιστη ισχύς ξεπερνά τα 5 kWp (αλλά σε καμία περίπτωση τα 10 kWp) οπότε υποχρεωτικά συνδέονται στο δίκτυο μέσω τριφασικής παροχής. Στην περίπτωση της τριφασικής σύνδεσης θα πρέπει να επιδιώκεται η συμμετρική φόρτιση των τριών φάσεων. Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με τις σχετικές οδηγίες της ΔΕΗ, το ποσοστό ασυμμετρίας μεταξύ των τριών φασικών ρευμάτων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 20%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η σωστή σχεδίαση ενός Φ/Β συστήματος και η άρτια εγκατάστασή του επιβάλλονται ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, τόσο από άποψη ασφάλειας όσο και από άποψη ενεργειακής αποδοτικότητας.

3.1 Επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος

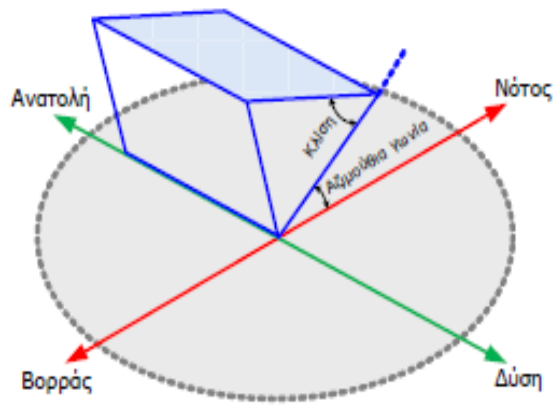
Στην περίπτωση των κτηριακών Φ/Β συστημάτων, η Φ/Β συστοιχία εγκαθίσταται στο δώμα ή τη στέγη του κτηρίου, σύμφωνα με την ΚΥΑ, ΦΕΚ Β' 1079, 4/6/2009. Επίσης, ως δυνατές επιφάνειες εγκατάστασης ορίζονται και τα στέγαστρα των βεραντών.

3.2 Προσανατολισμός των Φ/Β Πλαισίων

Για να είναι εφικτή η μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας των Φ/Β πλαισίων, θα πρέπει να επιτυγχάνεται βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα, εφόσον η πορεία του ήλιου αλλάζει τόσο με την ώρα της ημέρας όσο και με τη μέρα του έτους, τεκμαίρεται πως για να παράγει ένα πλαίσιο τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να περιστρέφεται ώστε να μπορεί να ακολουθεί την τροχιά του ήλιου και να είναι συνεχώς κάθετο στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας.

Πρακτικά, η μηχανική πολυπλοκότητα και το κόστος ενός μηχανισμού που θα επέτρεπε την κίνηση των πλαισίων σύμφωνα με τον παραπάνω τρόπο, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή την εφαρμογή του σε κτηριακά Φ/Β συστήματα. Έτσι στη πλειονότητα των κτηριακών Φ/Β συστημάτων επιλέγεται σταθερός προσανατολισμός των πλαισίων, ώστε να επιτυγχάνεται μέση ετήσια γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας όσο το δυνατό πιο κοντά στις 90°. Η επίτευξη αυτού του στόχου έγκειται στην σωστή επιλογή της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας του πλαισίου.

Η κλίση του πλαισίου εκφράζεται με τη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο της επιφάνειας του Φ/Β πλαισίου και το οριζόντιο επίπεδο, ενώ η αζιμούθια γωνία σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κεκλιμένης πλευράς του πλαισίου και τον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.

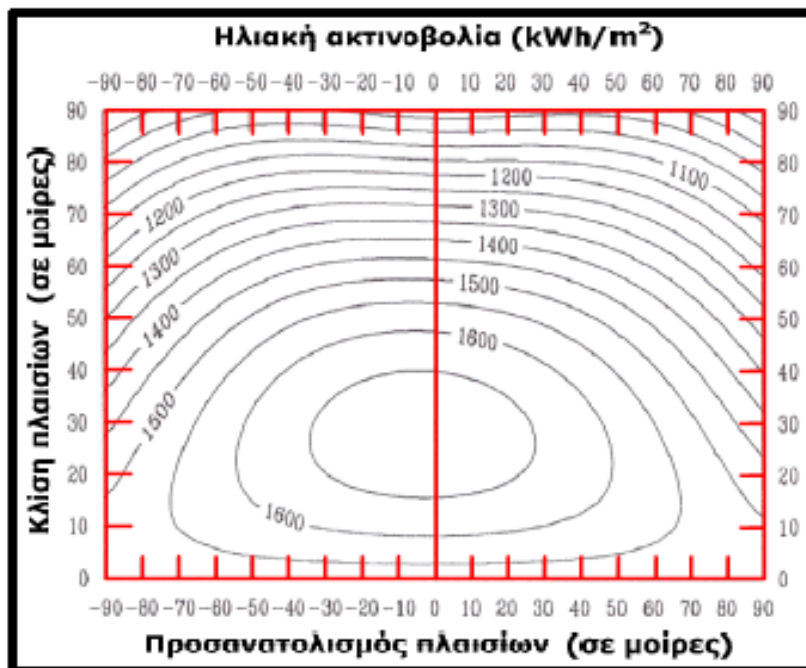


Σχήμα 6: Γραφική απεικόνιση της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας ενός Φ/Β πλαισίου που βρίσκεται στο Βόρειο ημισφαίριο.

Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του Φ/Β πλαισίου για τη μέγιστη παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ίση με τη γεωγραφική παράλληλο του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι περίπου 0° (κατεύθυνση προς νότο). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των 30° .

Δεδομένου ότι στην περίπτωση των κτηριακών Φ/Β εγκαταστάσεων οι βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού της Φ/Β συστοιχίας μπορεί να είναι ανέφικτες (λόγω των περιορισμών που προκύπτουν από τις δεδομένες διαθέσιμες επιφάνειες του κτηρίου), θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί η Φ/Β συστοιχία. Η μείωση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας (στην επιφάνεια της Φ/Β συστοιχίας) συγκριτικά με τη μέγιστη θεωρητική της τιμή (βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού) συνιστάται να μην υπερβαίνει το 10% προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα οικονομικά οφέλη του ανεξάρτητου παραγωγού. Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που προκύπτουν από τις διαθέσιμες επιφάνειες των κτηρίων, προτιμώνται γενικά επιφάνειες νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως 70° από την κατεύθυνση του Νότου, και κλίσης στο εύρος 0° - 50° . Σημειώνεται ότι η χρήση γωνιών κλίσης άνω των 10 - 15° διευκολύνει τον αυτοκαθαρισμό των πλαισίων από σωματίδια σκόνης και άλλους ρύπους μέσω της βροχής.

Στα σχήματα 7 και 8 παρατίθενται ενδεικτικά η επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος σε απόλυτες τιμές και σε επί τοις εκατό ποσοστά αντίστοιχα. Σε όλες τις περιπτώσεις υποθέτεται ότι δεν υπάρχουν σκιασμοί.



Σχήμα 7: Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m²/έτος) στο επίπεδο των ηλιακών πλαισίων ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος στην Αττική.

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	30°	0°	90°
Ανατολικός - Δυτικός	85% kWh _(max)	90% kWh _(max)	50% kWh _(max)
Νότιοανατολικός - Δυτικός	95% kWh _(max)	90% kWh _(max)	60% kWh _(max)
Νότιος	kWh_(max)	90% kWh _(max)	60% kWh _(max)
Βόρειοανατολικός - Δυτικός	95% kWh _(max)	90% kWh _(max)	30% kWh _(max)
Βόρειος	60% kWh _(max)	90% kWh _(max)	20% kWh _(max)

Σχήμα 8: Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος (σε επί τοις εκατό ποσοστά).

3.3 Προβλήματα σκιασμών

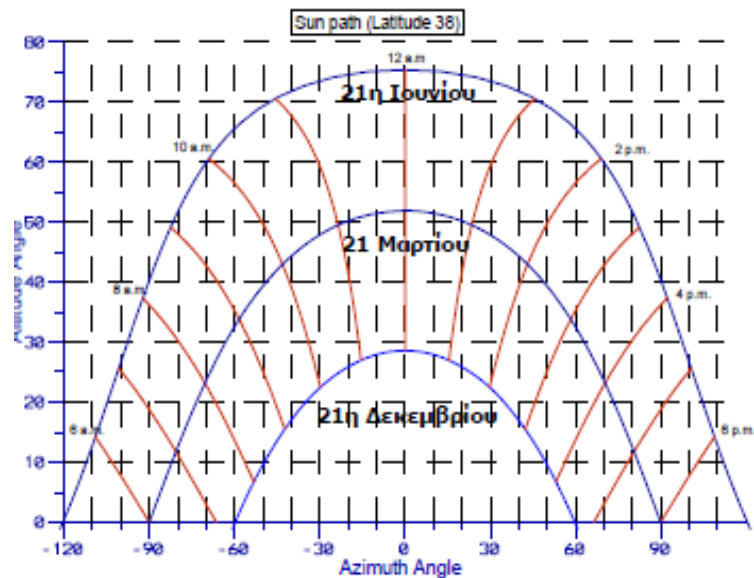
Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας ο οποίος επιδρά καθοριστικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος είναι η ύπαρξη σκιασμών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι σε ένα Φ/Β πλαίσιο τόσο τα Φ/Β στοιχεία (ή μέρος αυτών) όσο και τα Φ/Β πλαίσια μιας στοιχειοσειράς συνδέονται μεταξύ τους εν σειρά, γίνεται κατανοητό ότι ακόμα κι ο σκιασμός ενός μέρους της Φ/Β συστοιχίας μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος συγκριτικά με την αναμενόμενη τιμή αυτής. Αναλυτικότερα, το συνολικό ρεύμα μιας στοιχειοσειράς Φ/Β πλαισίων καθορίζεται από το μειωμένο ρεύμα του σκιασμένου τμήματος της Φ/Β συστοιχίας. Βέβαια στην περίπτωση που ο σκιασμός περιορίσει την τάση του (των) σκιασμένου(ων) πλαισίου(ων) αρκετά χαμηλά ώστε να εισέλθει σε αγωγή η δίοδος παράκαμψης, το πλαίσιο αυτό εξαιρείται της ηλεκτροπαραγωγής. Από μια άλλη οπτική γωνία, μόνιμοι και επαναλαμβανόμενοι τοπικοί σκιασμοί σε ώρες υψηλής ακτινοβολίας δύναται να καταπονήσουν το σκιαζόμενο Φ/Β πλαίσιο, προκαλώντας την πρόωρη γήρανση αυτού. Συνεπώς είναι σημαντικό να αποφεύγονται σκιασμοί, έστω και από αντικείμενα μικρού όγκου όπως κολώνες, κεραίες ή ηλεκτρικά καλώδια ή, ακόμη περισσότερο, από δένδρα, παρακείμενα κτήρια κλπ.

Η επιλογή της θέσης έδρασης της Φ/Β συστοιχίας θα πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν θα υπάρξουν σκιασμοί καθ' όλο το έτος και ειδικά τις ώρες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας. Εάν στην τοποθεσία έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού υπάρχουν μόνιμοι ή επαναλαμβανόμενοι σκιασμοί (π.χ. σκίαση από παρακείμενα κτήρια, κολώνες, στηθαίο, κλπ.) για μεγάλο χρονικό διάστημα γύρω από το ηλιακό μεσημέρι (από 09:00 έως 15:00), τότε η θέση εγκατάστασης θεωρείται ακατάλληλη.

Τέλος, για τη διασφάλιση της μακροχρόνιας απρόσκοπτης λειτουργίας του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο εμφάνισης μελλοντικών σκιασμών λόγω ανοικοδόμησης παρακείμενων κτηρίων. Εν κατακλείδι μπορούμε να πούμε ότι ο γενικός κανόνας ορθής τοποθεσίας έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού είναι ο ορίζοντας προς Νότο να είναι ελεύθερος και χωρίς εμπόδια.

Για τον έλεγχο πιθανών σκιασμών καθόλο το έτος καλό είναι να χρησιμοποιηθεί ένα διάγραμμα τροχιάς του ήλιου, όπως αυτό που παρατίθεται στο σχήμα 9. Στο εν λόγω διάγραμμα σχεδιάζεται η θέση του ήλιου σε γωνιακές συντεταγμένες, για γεωγραφικό πλάτος 38ο. Για διαφορετικό γεωγραφικό πλάτος στην Ελλάδα προκύπτει ελαφρά διαφορετικό διάγραμμα. Ο οριζόντιος άξονας στο σχήματος 9 αντιστοιχεί στην αζιμούθια γωνία του ήλιου, ήτοι την γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατεύθυνσης του ήλιου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου (γωνιακή απόσταση του ήλιου από τη διεύθυνση του Νότου), ενώ ο κατακόρυφος άξονας αντιστοιχεί στη γωνία

του ύψους του ήλιου, δηλαδή ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και της προβολής της στο οριζόντιο επίπεδο.



Σχήμα 9: Διάγραμμα τροχιάς ήλιου σε Βόρειο γεωγραφικό πλάτος 38° μοιρών.

Επί του διαγράμματος έχουν σχεδιασθεί ενδεικτικά η 21η Δεκεμβρίου, η 21 Μαρτίου και η 21η Ιουνίου, ενώ επίσης σημειώνονται επί των τροχιών και οι θέσεις του ήλιου για κάθε ώρα της ημέρας (σε τοπική ηλιακή ώρα). Με βάση το διάγραμμα του σχήματος 4 θα πρέπει να συγκριθούν τα περιγράμματα των εμποδίων (σε γωνιακές συντεταγμένες στο ίδιο σύστημα αξόνων) όπως φαίνονται από το δυσμενέστερο σημείο της Φ/Β συστοιχίας. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ελέγξουμε αν τα εμπόδια σκιάζουν την Φ/Β συστοιχία, δηλαδή αν η γωνία ύψους των εμποδίων είναι μεγαλύτερη από τη γωνία ύψους του ήλιου για την αντίστοιχη αζιμούθια γωνία.

3.4 Στατική μελέτη & υλικά στήριξης

Η έδραση των Φ/Β πλαισίων επί του κτηρίου μπορεί να υλοποιηθεί είτε πάνω σε πρόσθετη μεταλλική κατασκευή, είτε επί της επιφάνειας του δώματος, ή ακόμα και με την ενσωμάτωση των πλαισίων στο δομικό κέλυφος του κτηρίου. Αν και το βάρος της ίδιας της Φ/Β συστοιχίας και της βάσης στήριξης δεν αναμένεται να επηρεάσει την στατική αντοχή του κτηρίου, καλό είναι όταν η τοποθέτηση των πλαισίων γίνεται σε στέγαστρα ή σκεπές να διενεργείται στατικός έλεγχος (ή ακόμα και ειδική μελέτη όπου απαιτείται) ώστε να διερευνάται η μηχανική καταπόνηση και η ανεμοπίεση της επιφάνειας έδρασης των πλαισίων.

Τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται σε ένα σύστημα στήριξης, εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη λειτουργία και την ασφάλεια της εγκατάστασης σε ακραίες συνθήκες ανέμου, χιονόπτωσης, σεισμού και θερμοκρασιακών μεταβολών. Οι ακραίες αυτές συνθήκες καθώς, ο συνδυασμός τους καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφάλειας, προδιαγράφονται στους Ευροκώδικες (Eurocodes), παράλληλα με επιπρόσθετους ελέγχους, όπως για το σύνολο των δομικών κατασκευών. Για τη στατική επάρκεια του συστήματος στήριξης καθεαυτού, μπορεί να ζητείται αντίστοιχο πιστοποιητικό από τον προμηθευτή.

Το σύστημα στήριξης μπορεί να είναι μέρος υαλοπετάσματος, να αποτελεί σύνδεσμο με τους φορείς μίας στέγης ή να αποτελεί ένα αυτοτελές σύστημα τοποθετημένο στο δώμα ή με τρόπο που να δημιουργεί σκίαστρο. Το σύστημα στήριξης μπορεί να είναι είτε μεταλλικό, από αλουμίνιο ή εν θερμώ γαλβανισμένο χάλυβα, είτε από πλαστικό (κυρίως όσο αφορά στην περίπτωση λεκανών στήριξης). Στο εμπόριο διατίθεται πληθώρα συστημάτων στήριξης. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να δίνεται προσοχή στη συμβατότητά τους με τα λοιπά στοιχεία του εξοπλισμού και κατ' επέκταση στην εγκυρότητα των πιστοποιητικών στατικής επάρκειας επί του συνόλου της εγκατάστασης. Θα πρέπει ο τρόπος σύσφιξης των Φ/Β πλαισίων να είναι σύμφωνος με τις προδιαγραφές του συγκεκριμένου Φ/Β πλαισίου και επιπλέον οι διαστάσεις του

πλασίου να είναι αντίστοιχες (ή μικρότερες) με αυτές που έχουν θεωρηθεί στην στατική μελέτη για την έκδοση του πιστοποιητικού στατικής επάρκειας.

Όσον αφορά στη σύνδεση του συστήματος στήριξης με το κτήριο, και ειδικότερα αναφορικά με σύστημα στήριξης σε δώμα, θα πρέπει να εφαρμόζεται κατάλληλη αγκύρωση. Αυτή γίνεται κυρίως με την προσθήκη φορτίου, ή με τη χρήση κοχλιών. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει το βάρος που θα τοποθετηθεί να είναι σύμφωνο με τη στατική μελέτη του κτηρίου. Στην περίπτωση χρήσεως κοχλιών, θα πρέπει να μην τραυματίζεται η υφιστάμενη μόνωση. Και στις δύο περιπτώσεις, όπως και στην περίπτωση άλλου συστήματος, παρέχονται οι προδιαγραφές για την αγκύρωση από τον προμηθευτή του συστήματος στήριξης. Ωστόσο η συμβατότητα με το κτήριο θα πρέπει να ελέγχεται από έναν μηχανικό.

Τέλος, ο εγκαταστάτης θα πρέπει να έχει υπόψη του την διαφοροποίηση των συστημάτων στήριξης και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που το διέπουν, συμπεριλαμβανομένων της ευκολίας εγκατάστασης, της αξιοπιστίας και των λειτουργικών στοιχείων (όπως η δυνατότητα ή όχι φυσικού αερισμού του πλαισίου).

3.5 Επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων

Ένα από τα ζητήματα που χρήζουν προσοχής κατά το σχεδιασμό ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος, είναι η επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων. Συνήθως, οι μετατροπείς των εν λόγω ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων τοποθετούνται είτε στο εσωτερικό των κτηρίων που εγκαθίστανται, είτε σε ειδικά διαμορφωμένο κλειστό χώρο ο οποίος μπορεί να βρίσκεται πλησίον του Φ/Β εξοπλισμού. Μάλιστα, στη δεύτερη περίπτωση μειώνεται σημαντικά το μήκος των ηλεκτρικών αγωγών Σ.Ρ. με άμεσο αποτέλεσμα τον περιορισμό των ηλεκτρικών απωλειών, της πτώσης τάσης, αλλά και του κόστους καλωδίωσης.

Βέβαια υπάρχουν και ηλεκτρονικοί μετατροπείς οι οποίοι σύμφωνα με τα τεχνικά φυλλάδια του κατασκευαστή μπορούν να εγκατασταθούν είτε κάτω από τα Φ/Β πλαίσια, είτε στο μηχανισμό στήριξης αυτών, εφόσον υπάρχει αρκετός χώρος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο συγκεκριμένος τύπος έδρασης έχει ως αποτέλεσμα την άμεση έκθεση του μετατροπέα σε υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, αλλά, σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας, και σε αρκετά χαμηλές κατά τη διάρκεια του χειμώνα, προτείνεται να εφαρμόζεται μόνο στις περιπτώσεις που το προβλέπει ο κατασκευαστής.

Συγκεκριμένα, στο φυλλάδιο του κατασκευαστή θα πρέπει να αναζητηθεί ο δείκτης προστασίας (IP) του μετατροπέα από σωματίδια σκόνης και νερού, καθώς και τα όρια της θερμοκρασίας μέσα στα οποία δεν επηρεάζεται η ασφαλής και απρόσκοπτη λειτουργία του. Σε αντίθετη περίπτωση η υιοθέτηση του προαναφερθέντος τρόπου έδρασης μπορεί να επιφέρει μείωση του προσδόκιμου της διάρκειας ζωής του μετατροπέα. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ψύξη του ηλεκτρονικού μετατροπέα επηρεάζεται σημαντικά από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένο το Φ/Β σύστημα (θερμοκρασία περιβάλλοντος, συνθήκες ηλιοφάνειας, υγρασία και άνεμος), γίνεται κατανοητό ότι στις περιπτώσεις που ο μετατροπέας τοποθετείται σε κλειστό χώρο πλησίον του Φ/Β εξοπλισμού ίσως είναι απαραίτητη η τοποθέτηση μηχανισμού εξαναγκασμένης ψύξης (ανεμιστήρες).

3.6 Χαρακτηριστικές ηλεκτρικές τιμές ενός Φ/Β συστήματος

3.6.1 Τάση

Η μέγιστη αναμενόμενη τάση μιας στοιχειοσειράς είναι η συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος των εν σειρά συνδεδεμένων πλαισίων για τη μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας.

3.6.2 Ένταση

Η μέγιστη αναμενόμενη τιμή του ρεύματος μιας στοιχειοσειράς, προκύπτει από το ρεύμα βραχυκύκλωσης του ενός πλαισίου πολλαπλασιασμένο επί τον συντελεστή 1.25. Για παράλληλους κλάδους η μέγιστη αναμενόμενη τιμή του συνολικού ρεύματος, προκύπτει από την αντίστοιχη τιμή του ενός κλάδου πολλαπλασιασμένη επί τον αριθμό των παράλληλων κλάδων.

Ο συντελεστής ασφαλείας 1.25 καλύπτει ειδικές συνθήκες ατμόσφαιρας και ανακλάσεων οι οποίες μπορούν να παρουσιαστούν σε καθαρό ουρανό μετά από βροχή (ένταση ακτινοβολίας μεγαλύτερη από 1000W/m^2). Η τιμή του ρεύματος που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διαστασιολόγηση των καλωδίων και των προστασιών.

3.6.3 Θερμοκρασία

Η μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας των Φ/Β πλαισίων, όπως και των κιβωτίων σύνδεσης αυτών, μπορεί να φθάσει τους 70°C , σε κατασκευές που επιτρέπουν την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα στην πίσω πλευρά των Φ/Β πλαισίων. Στις περιπτώσεις που εμποδίζεται η ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα αναμένονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες, έως και $80\text{-}90^\circ\text{C}$. Στην περίπτωση που οι αγωγοί διασύνδεσης των Φ/Β πλαισίων γειτνιάζουν με τα πλαίσια, η θερμοκρασία των τελευταίων θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη τόσο για την ορθή επιλογή της μόνωσης των αγωγών, όσο και για την κατάλληλη επιλογή της διατομής τους (επιλογή σωστού διορθωτικού συντελεστή αύξησης διατομής).

3.7 Συνεργασία Φ/Β – Αντιστροφέα

Κατά τη σχεδίαση του συστήματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη συνεργασία μεταξύ της Φ/Β συστοιχίας και του ηλεκτρονικού αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας απαιτεί στην είσοδό του ένα συγκεκριμένο εύρος για την τάση λειτουργίας, έχοντας ένα ανώτατο όριο τάσης εισόδου. Το ανώτατο όριο δεν πρέπει να υπερβαίνεται, ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος καταστροφής του αντιστροφέα. Συνεπώς, ο αριθμός των Φ/Β πλαισίων που μπορούν να συνδεθούν εν σειρά (στοιχειοσειρά) υπολογίζεται έτσι ώστε να μην υπερβαίνονται τα όρια αυτά, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

Η τάση ενός Φ/Β πλαισίου εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Οι τιμές τάσης, ρεύματος και ισχύος που δίνονται από τον κατασκευαστή, αναφέρονται

στις πρότυπες συνθήκες δοκιμών (S.T.C). Σημειώνεται ότι η θερμοκρασία στην οποία διενεργήθηκαν οι μετρήσεις (του κατασκευαστή) είναι 25°C. Κατά συνέπεια τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων πρέπει να διορθωθούν (αναχθούν) στις ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες λειτουργίας του Φ/Β συστήματος. Αναλυτικότερα, από την ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων υπολογίζεται η μέγιστη τιμή της τάσης των αλυσίδων και από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων καθορίζεται η μέγιστη τιμή του ρεύματος των παράλληλων αλυσίδων (κλάδων).

Ο μέγιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων εν σειρά υπολογίζεται έτσι ώστε η συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος της συστοιχίας στη μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας, να μην υπερβαίνει το ανώτατο όριο τάσης εισόδου του αντιστροφέα. Για τις πεδινές περιοχές της Ελλάδος ως ελάχιστη θερμοκρασία μπορεί να ληφθεί η τιμή -5°C η -10 °C (θερμοκρασία λειτουργίας ενεργού υλικού του Φ/Β πλαισίου). Συγχρόνως πρέπει να ελεγχθεί και η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου, η οποία ομοίως πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τάση ανοικτού κυκλώματος της στοιχειοσειράς στην μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας, ώστε να μην προκύψει πρόβλημα στη μόνωση του Φ/Β πλαισίου.

Ο ελάχιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων εν σειρά ορίζεται έτσι ώστε η συνολική τάση βέλτιστης λειτουργίας της συστοιχίας στη μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας να υπερβαίνει την ελάχιστη τάση του εύρους εισόδου του αντιστροφέα ώστε αυτός να ενεργοποιείται.

Αν ο κατασκευαστής παρέχει μόνο την τιμή του θερμοκρασιακού συντελεστή για την τάση ανοικτού κυκλώματος (V/°C), τότε η ίδια τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την τάση στο σημείο μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος του Φ/Β πλαισίου, χωρίς σημαντικό σφάλμα. Αν από την εν σειρά σύνδεση των Φ/Β πλαισίων δεν προκύπτει ισχύς κοντά στην ονομαστική ισχύ του αντιστροφέα, θα πρέπει να συνδεθούν περισσότεροι παράλληλοι κλάδοι (αποδεκτού αριθμού εν σειρά πλαισίων) ώστε η ισχύς της Φ/Β συστοιχίας να είναι κοντά στην ονομαστική ισχύ του αντιστροφέα.

Το ρεύμα λειτουργίας των παράλληλων κλάδων θα πρέπει να είναι χαμηλότερο από το μέγιστο όριο ρεύματος εισόδου του αντιστροφέα. Η συνολική ισχύς της Φ/Β συστοιχίας μπορεί και να υπερβαίνει την ονομαστική ισχύ του μετατροπέα. Για τις συνθήκες της Ελλάδας συνιστάται η ονομαστική ισχύς της Φ/Β συστοιχίας να μην υπερβαίνει το 110% της ονομαστικής ισχύος του αντιστροφέα.

Τέλος, ένα σημαντικό θέμα που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν είναι η συμβατότητα μεταξύ των τύπων των Φ/Β και του αντιστροφέα που σχετίζεται με την απαίτηση ή όχι για γείωση

της συστοιχίας στην πλευρά Σ.Ρ. Πιο συγκεκριμένα, ορισμένοι τύποι Φ/Β πλαισίων απαιτούν σύμφωνα με τις κατασκευαστικές προδιαγραφές γείωση είτε του αρνητικού (Thin-film) είτε του θετικού (Back contact) πόλου. Η γείωση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε απευθείας, είτε μέσω μεγάλης αντίστασης και αποσκοπεί στην αποφυγή λειτουργικών προβλημάτων που εμφανίζουν οι παραπάνω τύποι πλαισίων όταν παραμένουν αγείωτα (προβλήματα διάβρωσης και υποβάθμισης της απόδοσης).

Κατά συνέπεια σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγεται χρήση αντιστροφών χωρίς γαλβανική απομόνωση, λόγω εμφάνισης ρευμάτων διαρροής, εκτός αν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή του αντιστροφέα ότι ο επιλεγμένος τύπος αντιστροφέα είναι κατάλληλος για χρήση με τα πλαίσια που έχουμε επιλέξει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για την άρτια υλοποίηση της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας θα πρέπει να ακολουθηθούν οι κανόνες της διεθνούς εμπειρίας και οι ισχύοντες κανονισμοί, έτσι ώστε να αποφευχθούν καταστάσεις που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές ή να προκαλέσουν υλικές καταστροφές.

Αναλυτικότερα, για την υλοποίηση της εγκατάστασης στην πλευρά του Ε.Ρ, θα πρέπει να ακολουθηθούν οι κανονισμοί που απορρέουν από τον κανονισμό HD384. Οι ιδιαιτερότητες που προκύπτουν από την παράλληλη λειτουργία του Φ/Β συστήματος με το Ελληνικό ΣΗΕ αναπτύσσονται στο Κεφάλαιο Διασύνδεση με το Δίκτυο. Αντίθετα, η υλοποίηση της εγκατάστασης στην πλευρά του Σ.Ρ. δεν καλύπτεται με την εφαρμογή του HD384. Ο λόγος είναι ότι τα φωτοβολταϊκά έχουν διαφορετικές ιδιότητες από τις συμβατικές πηγές. Οι ιδιαιτερότητες αυτές πηγάζουν από τη φύση των υλικών κατασκευής των Φ/Β στοιχείων και πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη προκειμένου για να σχεδιασθεί και να υλοποιηθεί σωστά ένα Φ/Β σύστημα. Αναλυτικότερα:

A) Λαμβάνοντας υπόψη τη φύση των Φ/Β στοιχείων, τεκμαίρεται πως τα Φ/Β πλαίσια συμπεριφέρονται σαν πηγές ρεύματος ελεγχόμενες από τάση. Μάλιστα η μέγιστη τιμή του ρεύματος ενός Φ/Β πλαισίου είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από την τιμή του ονομαστικού ρεύματος του πλαισίου. Συνεπώς η χρήση ασφαλειών δεν εγγυάται τη διακοπή του συστήματος σε περίπτωση σφάλματος (βραχυκύκλωμα πλαισίου). Δηλαδή, ένα σφάλμα βραχυκύκλωσης στην πλευρά του Σ.Ρ. μπορεί να εξακολουθεί να υφίσταται, ανεξαρτήτως της χρήσης ασφαλειών εκτός από την περίπτωση που το Φ/Β σύστημα απαρτίζεται από περισσότερες από τρεις παράλληλες στοιχειοσειρές. Σε μια τέτοια δομή Φ/Β συστήματος οι ασφάλειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προστασία κάθε μιας ξεχωριστής στοιχειοσειράς.

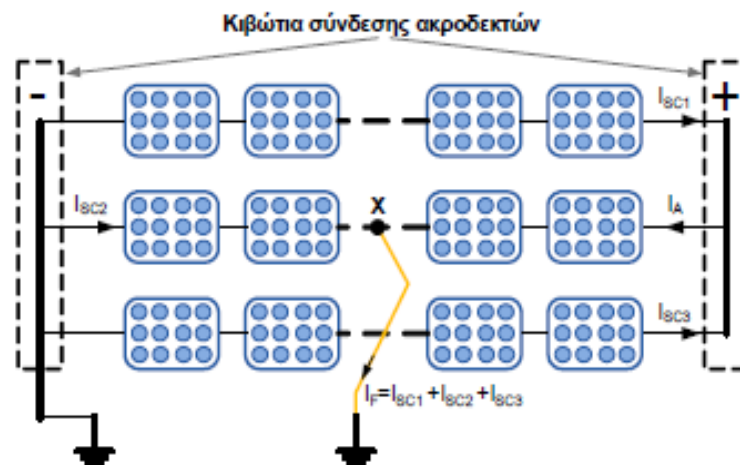
B) Σε αντίθεση με τις περισσότερες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες όπου η παραγωγή ηλεκτρισμού μπορεί να διακοπεί με τη βοήθεια ενός γενικού μέσου απόζευξης, τα Φ/Β πλαίσια παράγουν τάση στους ακροδέκτες τους μόλις εκτεθούν στο ηλιακό φως. Συνεπώς, η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος πραγματοποιείται υπό συνθήκες τάσεως προς την πλευρά των πλαισίων. Κατά την υλοποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης στην μεριά του Σ.Ρ. μπορούν να προκύψουν ανεπιθύμητες καταστάσεις όταν:

- Υπάρχουν κακές ή χαλαρές συνδέσεις (δημιουργία ηλεκτρικού τόξου).
- Σφάλμα ως προς τη γη (καταστροφή μόνωσης και επαφή ενεργού αγωγού με γειωμένο μεταλλικό πλαίσιο ή εξοπλισμό στήριξης αυτού).

- Σφάλμα βραχυκυκλώματος (σφάλμα μόνωσης και επαφή ενεργών αγωγών).

4.1 Διερεύνηση σφαλμάτων

Στο Σχήμα 10 φαίνεται ένα παράδειγμα εγκατάστασης με εκ σχεδιασμού γειωμένο τον αρνητικό πόλο των Φ/Β στοιχειοσειρών, για διερεύνηση πιθανής ανεπιθύμητης κατάστασης εξ αιτίας σφάλματος.



Σχήμα 10: Διερεύνηση σφάλματος.

Υποτίθεται ότι ο αρνητικός πόλος είναι γειωμένος. Αυτό μπορεί να συμβαίνει σκόπιμα από τη σχεδίαση του συστήματος δηλαδή γειωμένο σύστημα ή χρήση μετατροπέα χωρίς απομόνωση.

Αν συμβεί ένα σφάλμα ως προς γη σε έναν παράλληλο κλάδο, τότε το ρεύμα όλων των υπόλοιπων κλάδων θα τροφοδοτήσει το σφάλμα, δημιουργώντας ένα ανάστροφο ρεύμα σε πλαίσια του κλάδου με το σφάλμα. Παρόμοια κατάσταση προκύπτει και όταν δημιουργηθεί σφάλμα βραχυκύκλωσης στον παράλληλο κλάδο, ή όταν ο αρνητικός πόλος γειώνεται ακούσια, από ένα πρώτο σφάλμα ως προς γη που έχει προκύψει, και ακολουθεί το δεύτερο σφάλμα ως προς γη.

Το ρεύμα σφάλματος τροφοδοτείται από τα Φ/Β και μπορεί να παραμείνει ακόμα και αν η Φ/Β συστοιχία απομονωθεί από τον μετατροπέα, χωρίς αυτό να διακόψει τον βρόγχο του ρεύματος σφάλματος. Το ρεύμα αυτό μπορεί να καταστρέψει τα καλώδια και τα Φ/Β πλαίσια. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται:

A) Με την διαστασιολόγηση των αγωγών κάθε παράλληλου κλάδου ώστε να αντέχουν το ρεύμα των N-1 παράλληλων κλάδων, με την προϋπόθεση ότι το ρεύμα αυτό είναι χαμηλότερο του μέγιστου επιτρεπόμενου ανάστροφου ρεύματος του Φ/Β πλαισίου. Για το

σύνολο των εμπορικών Φ/Β πλαισίων, ως μέγιστο επιτρεπόμενο ανάστροφο ρεύμα μπορεί να θεωρηθεί τιμή ρεύματος τουλάχιστον ίση με 3 φορές την τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης.

B) Με την τοποθέτηση ασφαλειών σε κάθε πλευρά (θετική ή και αρνητική ταυτόχρονα ανάλογα με την τοπολογία του αντιστροφέα) του εκάστου παράλληλου κλάδου. Η χρήση διόδων αντεπιστροφής επιλύει μεν το προαναφερθέν πρόβλημα, επιβαρύνει δε την ενεργειακή απόδοση της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας εξαιτίας των απωλειών ισχύος που τις διέπουν.

4.2 Προστασία

Για τα θέματα προστασίας, η μέθοδος της αυτόματης διακοπής της τροφοδότησης δεν είναι δυνατή λόγω των ιδιοτήτων των Φ/Β.

Για την προστασία έναντι άμεσης και έμμεσης επαφής μπορεί να γίνει χρήση πολύ χαμηλής τάσης (συστήματα SELV ή PELV). Ένα Φ/Β σύστημα χαρακτηρίζεται σαν σύστημα πολύ χαμηλής τάσης όταν η τάση ανοικτού κυκλώματος σε πρότυπες συνθήκες δοκιμών δεν υπερβαίνει τα 120 VDC. Η περίπτωση αυτή ωστόσο είναι ειδική και περιορισμένου ενδιαφέροντος, καθώς τα περισσότερα προϊόντα της αγοράς λειτουργούν με μεγαλύτερες τάσεις.

Δεδομένου ότι τα Φ/Β πλαίσια που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι Class II όσον αφορά στη μόνωση (κατά το πρότυπο EN 61730, στην κατηγορία εφαρμογών [Application Class A] με συνεχή τάση λειτουργίας του συστήματος πάνω από 120 V), είναι απαίτηση η μόνωση Class II για τα Φ/Β πλαίσια αυτής της κατηγορίας. Η συνιστώμενη πρακτική για προστασία έναντι έμμεσης επαφής είναι η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης σφαλμάτων, πέραν από την χρήση Φ/Β πλαισίων Class II, και με υλικά και πρακτικές εγκατάστασης που εξασφαλίζουν προστασία Class II ή ισοδύναμη με αυτή (“ground fault and short circuit proof installation”). Η προστασία με υλικό κλάσης II, με ενισχυμένη μόνωση, βασίζεται στο ότι η μόνωση είναι τόσο ισχυρή ώστε να αποκλείεται πρακτικά η καταστροφή της. Το πρότυπο IEC EN 61730 αποτελείται από δύο μέρη.

Το πρώτο αφορά στις ελάχιστες προδιαγραφές καλής κατασκευής του Φ/Β πλαισίου, εμπεριεχόμενης και της ηλεκτρικής μόνωσης, για εγκαταστάσεις όπου η μέγιστη τάση συνεχούς μπορεί να φθάσει τα 1000V, όσον αφορά στη μόνωση πρέπει να καλύπτονται οι απαιτήσεις Class II. Το δεύτερο μέρος του προτύπου IEC EN 61730 αφορά στις απαιτήσεις δοκιμών για τα Φ/Β πλαίσια.

4.3 Γείωση αντιστροφέα

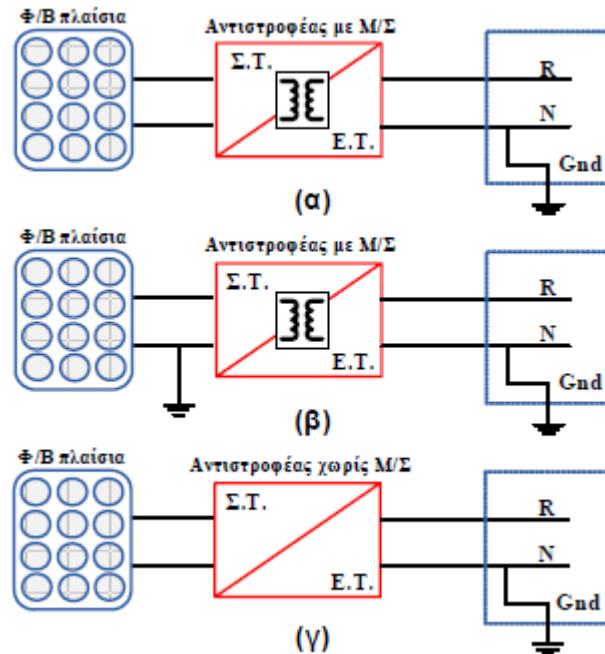
Η γείωση (άμεση ή ουδετέρωση, ανάλογα με την περιοχή) αποσκοπεί κυρίως στην προστασία των εγκαταστάσεων παραγωγής και την ασφάλεια των προσώπων και θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τους αντίστοιχους κανονισμούς (HD384). Στο σχήμα 11 παρουσιάζονται οι δυνατοί τρόποι γείωσης των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η γείωση ενός εκ των ακροδεκτών του αντιστροφέα στην πλευρά συνεχούς ρεύματος δεν είναι υποχρεωτική στις Ευρωπαϊκές χώρες, σε αντιδιαστολή με τις Η.Π.Α.

Τονίζεται ότι η γείωση ή μη της πλευράς Σ.Ρ. εξαρτάται από την τεχνολογία των Φ/Β πλαισίων και την τοπολογία του αντιστροφέα. Οι Φ/Β συστοιχίες που διαμορφώνονται από συγκεκριμένα είδη πλαισίων (λεπτών επιστρώσεων, back-contact) γειώνονται με υπόδειξη του κατασκευαστή, προκειμένου να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία τους αλλά και η βελτιστοποίηση της απόδοσής τους. Ειδικότερα, τα Φ/Β πλαίσια λεπτών επιστρώσεων (thin film) με υλικά όπως το άμορφο πυρίτιο (a-Si) και το τελλουριούχο κάδμιο (CdTe), λόγω της τεχνολογίας κατασκευής τους (superstrate technology), παρουσιάζουν συνήθως υψηλό κίνδυνο διάβρωσης του στρώματος TCO, γεγονός που επιφέρει καταστρεπτικά για τα πλαίσια αποτελέσματα.

Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, γειώνεται ο αρνητικός ακροδέκτης της Φ/Β πηγής. Το φαινόμενο αυτό δεν εμφανίζεται, βάσει των υφιστάμενων μελετών, σε Φ/Β πλαίσια thin film με άλλα υλικά (π.χ. CIS). Σε συστήματα με Φ/Β πλαίσια τεχνολογίας back – contact, επιβάλλεται (από τον κατασκευαστή) η γείωση του θετικού ακροδέκτη στην πλευρά Σ.Ρ. για βελτιστοποίηση της απόδοσης. Η γείωση σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να γίνει μέσω μεγάλης αντίστασης. Σε αυτές τις περιπτώσεις επιβάλλεται η χρήση αντιστροφέα με Μ/Σ απομόνωσης, εκτός αν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή ότι ο επιλεγμένος τύπος αντιστροφέα (χωρίς Μ/Σ) είναι κατάλληλος για χρήση με τα πλαίσια που έχουμε επιλέξει.

Όσον αφορά στα συνήθη κρυσταλλικά πλαίσια, δεν έχουν τεθεί ιδιαίτερες απαιτήσεις από τους κατασκευαστές ως προς τη γείωση ή μη των ακροδεκτών της πλευράς Σ.Ρ. Σε αυτές τις περιπτώσεις, εφόσον δεν γειώνονται ενεργά μέρη στην πλευρά ΣΡ, είναι δυνατή η χρήση αντιστροφέα χωρίς Μ/Σ απομόνωσης. Σε κάθε περίπτωση, ο μελετητής του συστήματος ακολουθεί τις οδηγίες του κατασκευαστή για τις ειδικές απαιτήσεις που προκύπτουν ανάλογα με την τεχνολογία των Φ/Β πλαισίων. Συνήθως οι κατασκευαστές αντιστροφέων, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, προτείνουν τον κατάλληλο εξοπλισμό ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου. Τονίζεται ότι, αν ο αντιστροφέας δεν περιλαμβάνει μετασχηματιστή απομόνωσης, η πλευρά Σ.Ρ. δεν γειώνεται.

Αντίθετα όλα τα εκτεθειμένα μεταλλικά μέρη του Φ/Β εξοπλισμού (π.χ. βάσεις στήριξης και μεταλλικά μέρη των Φ/Β πλαισίων) γειώνονται υποχρεωτικά.



Σχήμα 11: Δυνατοί τρόποι γείωσης των Διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων (α,β,γ).

Στο σχήμα 11.α παρουσιάζεται η περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος στο οποίο χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας με Μ/Σ και γείωση αυτού στη μεριά Ε.Ρ. Σε ένα τέτοιο σύστημα η δημιουργία σφάλματος μεταξύ ενός εκ των δύο αγωγών Σ.Ρ. και της γης δεν οδηγεί στη ροή ρευμάτων. Το ίδιο γενικά ισχύει και όταν ένας άνθρωπος (ο οποίος έρχεται σε επαφή με τη γη) ακουμπήσει έναν εκ των ενεργών αγωγών Σ.Ρ. Βέβαια, εάν τα πλαίσια είναι γειωμένα και δεν διαθέτουν κατάλληλη μόνωση, μπορεί να προκληθεί εκφόρτιση της παρασιτικής χωρητικότητας των πλαισίων μέσω του ανθρώπου προς τη γη (ρεύμα διαρροής). Γι' αυτό είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται πλαίσια με κατηγορία μόνωσης “Class II” σύμφωνα με το πρότυπο IEC EN 61730.

Τέλος, στα εν λόγω συστήματα απαιτείται η χρήση ειδικών συστημάτων επιτήρησης σφαλμάτων ως προς γη και συστημάτων αποσύνδεσης του αντιστροφέα (στη μεριά Σ.Ρ.), προκειμένου να αποφευχθούν ατυχήματα λόγω ηθελημένης ή μη γείωσης της μεριάς συνεχούς.

Στο σχήμα 11.β παρουσιάζεται η περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος στο οποίο χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας με Μ/Σ και γείωση αυτού τόσο στη μεριά Σ.Ρ. όσο και στη μεριά Ε.Ρ. Σε αντιδιαστολή με την προηγούμενη περίπτωση, η δημιουργία ενός σφάλματος μεταξύ του αγείωτου αγωγού Σ.Ρ. και της γης οδηγεί στη ροή ρευμάτων, όπως επίσης και η επαφή ενός

ανθρώπου (ο οποίος έρχεται σε επαφή με τη γη) με τον αγείωτο αγωγό Σ.Ρ. Ο μοναδικός τρόπος να διακοπεί η ροή ρευμάτων ως προς γη (περίπτωση σφάλματος), είναι η αποσύνδεση της μεριάς Σ.Ρ. από αυτή. Για την ασφάλεια των ανθρώπων απαιτείται η χρήση διάταξης ανίχνευσης του ρεύματος που ρέει προς τη γη από τον ηθελημένα γειωμένο αγωγό, ενώ τέλος τα ρεύματα διαρροής λόγω της παρασιτικής χωρητικότητας των πλαισίων ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την αξιοπιστία της προαναφερθείσας διάταξης.

Στο σχήμα 11.γ παρουσιάζεται η περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος στο οποίο χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας χωρίς Μ/Σ και γείωση αυτού στη μεριά Ε.Ρ. Μολονότι η πλευρά Σ.Ρ. δεν γειώνεται άμεσα, σε ορισμένες περιπτώσεις (ανάλογα με την τοπολογία του αντιστροφέα) η γείωση στη μεριά Ε.Ρ. γίνεται “ορατή” στη μεριά Σ.Ρ. Στην περίπτωση που είτε τα πλαίσια είναι γειωμένα και δεν διαθέτουν κατάλληλη μόνωση είτε προκληθεί λόγω σφάλματος μη θηλημένη γείωση αυτών προκαλείται εκφόρτιση της παρασιτικής χωρητικότητας των πλαισίων μέσω του αντιστροφέα προς τη γη (ρεύμα διαρροής). Για την ασφάλεια των ανθρώπων απαιτείται η χρήση διάταξης ανίχνευσης των ρευμάτων διαρροής. Βέβαια, η ρύθμιση του ορίου ενεργοποίησης της παραπάνω διάταξης χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή (καθορισμός ανώτατου και κατώτατου ορίου, απότομες μεταβολές).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι σε όλες τις περιπτώσεις η τάση στα άκρα της Φ/Β συστοιχίας δύναται να είναι αρκετά υψηλή (ώστε σύμφωνα με τα πρότυπο IEC 364-4-41 να υφίσταται ανάγκη λήψης μέτρων για την προστασία του κοινού), αλλά και η έξοδος του αντιστροφέα συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο Χ.Τ, τεκμαίρεται ότι, η τάση σε ορισμένα εξαρτήματα του αντιστροφέα μπορεί να είναι δύο ή και τρεις φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική τάση του δικτύου.

Συνεπώς, σηματοδοτείται η ανάγκη γειώσεως του μεταλλικού περιβλήματος του μετατροπέα προκειμένου να αποφεύγεται ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας. Επιπλέον, με αυτόν τον τρόπο μειώνεται και η ενδεχόμενη ηλεκτρομαγνητική παρενόχληση που μπορεί να προκληθεί από τη διακοπτική λειτουργία του κυκλώματος ισχύος σε παρακείμενες ηλεκτρικές συσκευές.

Τονίζεται τέλος ότι η γείωση του φωτοβολταϊκού εξοπλισμού μπορεί να επιφέρει σοβαρά προβλήματα στην περίπτωση που η μόνωση των πλαισίων δεν είναι κατάλληλης τάξης. Από την άλλη πλευρά, μολονότι η χρήση αγείωτων Φ/Β πλαισίων περιορίζει τον παραπάνω κίνδυνο, αυξάνει τον κίνδυνο καταστροφής των πλαισίων σε ένα ενδεχόμενο κεραυνικό πλήγμα. Σε ορισμένες περιπτώσεις η γείωση των πλαισίων είναι επιβεβλημένη από τον κατασκευαστή.

4.4 Καλωδίωση

Πλευρά Σ.Ρ.

Στην πλευρά της Φ/Β συστοιχίας ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της εγκατάστασης καλωδίωσης θα πρέπει να εξασφαλίζει προστασία ισοδύναμη με μόνωση Class II. Η καλωδίωση περιλαμβάνει τις συνδέσεις μεταξύ των Φ/Β πλαισίων, τις συνδέσεις από τα άκρα κάθε εν σειρά κλάδου μέχρι το κουτί παραλληλισμού, αν χρησιμοποιείται και τις συνδέσεις από τα άκρα της Φ/Β συστοιχίας, π.χ. στο κουτί παραλληλισμού, μέχρι τον αντιστροφέα.

Όλα τα καλώδια τα οποία είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία (αποκλείοντας έτσι τα κοινά καλώδια με μόνωση από PVC). Τα καλώδια τα οποία χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις των πλαισίων θα πρέπει να έχουν μόνωση ανθεκτική τουλάχιστον έως 70oC ή και περισσότερο αν δεν υπάρχει ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα. Η επιλογή του κατάλληλου είδους καλωδίου είναι σημαντική για την ασφάλεια και τη διάρκεια της εγκατάστασης όπως και την ικανοποίηση της απαίτησης για μόνωσης ισοδύναμης με κλάση II.

Για τις συνδέσεις μεταξύ των πλαισίων χρησιμοποιούνται συνήθως εύκαμπτα μονοπολικά καλώδια με ενισχυμένη μόνωση, με τις ανωτέρω τουλάχιστον απαιτήσεις. Ο συνδυασμός αυτός των απαιτήσεων είναι δύσκολο να ικανοποιηθεί από κοινά τυποποιημένα καλώδια και απαιτεί τη χρήση ειδικών μειγμάτων πλαστικών για μόνωση.

Τα καλώδια μπορούν να είναι εναέρια, αλλά πρέπει να παρέχεται στήριξη, ώστε να μην καταπονούνται οι συνδέσεις. Η στήριξη γίνεται με υλικά ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία, την υγρασία, την υψηλή θερμοκρασία και τη διάβρωση.

Τα Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να διαθέτουν διόδους παράκαμψης (bypass diodes), για ελάττωση των συνεπειών σκίασης. Για τις συνδέσεις των καλωδίων μεταξύ τους συνιστάται να χρησιμοποιούνται οι κατάλληλοι ειδικοί σύνδεσμοι ταχείας σύνδεσης. Τα προεγκατεστημένα καλώδια των Φ/Β πλαισίων δε θα πρέπει να αφαιρούνται και να αντικαθίστανται από καλώδια άλλης διατομής ή τύπου. Η όδευση των καλωδίων από το κουτί παραλληλισμού μέχρι τον αντιστροφέα θα πρέπει να εξασφαλίζει προστασία ισοδύναμη με Class II.

Τα καλώδια θα πρέπει να είναι μονοπολικά, με διπλή ή ενισχυμένη μόνωση. Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να τοποθετούνται σε διαφορετικά κανάλια. Στα κιβώτια διασύνδεσης πρέπει να χρησιμοποιούνται διαφορετικές περιοχές με μονωτικό διαχωριστικό για τη σύνδεση των αρνητικών και θετικών αγωγών. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιούνται ξεχωριστά κουτιά σύνδεσης για τους θετικούς και τους αρνητικούς αγωγούς.

Τα κιβώτια που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι μονωτικά και να ανοίγουν με ειδικό κλειδί ή εργαλείο. Η διατομή του καλωδίου καθορίζεται από το μέγιστο αναμενόμενο ρεύμα σε ένα κλάδο. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη τουλάχιστον η διόρθωση λόγω θερμοκρασίας, η οποία για τα καλώδια πλησίον των Φ/Β πλαισίων μπορεί να φθάσει τους 70°C.

Σημειώνεται ότι στους 70°C ο διορθωτικός συντελεστής για καλώδια με μόνωση ανθεκτική ως τους 90°C είναι 0.58. Δηλαδή στην περίπτωση αυτή η διατομή του καλωδίου θα πρέπει να διαστασιοποιηθεί με βάση τη τιμή του μέγιστου αναμενόμενου ρεύματος πολλαπλασιασμένη επί 1.72 (=1/0.58), για να μην υπερβούν τα όρια αντοχής της μόνωσης.

Ένα άλλο κριτήριο που εξετάζεται για τη διαστασιολόγηση των καλωδίων είναι αυτό της απώλειας ισχύος. Συνήθως θεωρείται ότι η απώλεια ισχύος στο συνολικό μήκος των Σ.Ρ. καλωδίων υπό ονομαστικές τιμές λειτουργίας δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% της ονομαστικής ισχύος του Φ/Β συστήματος. Το κριτήριο αυτό συνήθως οδηγεί σε επιλογή μεγαλύτερης διατομής.

Στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να εγκαθίσταται διακόπτης (όταν αυτός δεν εμπεριέχεται στον αντιστροφέα) ο οποίος θα απομονώνει τον αντιστροφέα από τη Φ/Β συστοιχία. Ο διακόπτης θα πρέπει να έχει την ικανότητα να απομονώνει τον αντιστροφέα υπό φορτίο (συνεπώς οι ταχυσύνδεσμοι δεν καλύπτουν την απαίτηση αυτή σαν μέσο απομόνωσης). Ο διακόπτης πρέπει να είναι σχεδιασμένος για συνεχές ρεύμα και να απομονώνει και τους δύο πόλους (αγείωτο σύστημα).

Πλευρά Ε.Ρ.

Στην πλευρά Ε.Ρ. γενικά θα πρέπει να ακολουθούνται οι συνήθειες πρακτικές που απορρέουν από τον HD384. Η έξοδος του αντιστροφέα συνδέεται σε ξεχωριστό ηλεκτρικό πίνακα, όπου εγκαθίστανται τα μέσα προστασίας και χειρισμού. Η τροφοδοσία του ηλεκτρικού πίνακα θα πρέπει να προέρχεται κατευθείαν από την Παροχή που έχει προμηθεύσει ο Διαχειριστής του Δικτύου στο κτήριο. Οι ηλεκτρονικοί αντιστροφείς θα πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα απομόνωσης της εξόδου τους από το δίκτυο Ε.Ρ.

Η εγκατάσταση ρελαί διαφυγής στην έξοδο του αντιστροφέα (πλευρά ΕΡ) πραγματοποιείται με βάση τις απαιτήσεις του προτύπου HD384. Ειδικότερα, στην περίπτωση που ο αντιστροφέας δεν εμπεριέχει γαλβανική απομόνωση ή εμπεριέχει υψίσυχνο Μ/Σ, θα πρέπει να παρέχεται προστασία μέσω ρελαί διαφυγής τύπου Β (σύμφωνα με το πρότυπο IEC 364-7-712). Ο επιλεγμένος αντιστροφέας καλό είναι να διαθέτει αυτή τη δυνατότητα χωρίς να είναι απαραίτητη η εγκατάσταση επιπλέον ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Οι αντιστροφείς που

υπάγονται σε αυτές τις κατηγορίες μπορεί να φέρουν πιστοποιητικό μετρήσεων για τη μη έγχυση Σ.Ρ, οπότε μπορεί να εγκατασταθεί ρελαί διαφυγής τύπου Α.

Για την επιλογή του ρεύματος $I_{\Delta n}$, εκτός από τις απαιτήσεις της οδηγίας HD384, λαμβάνεται υπόψη ότι σε Φ/Β εγκαταστάσεις με αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή υπάρχει ρεύμα διαρροής στην κανονική λειτουργία του συστήματος, η τιμή του οποίου δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια (εξαρτάται από τον τύπο των πλαισίων, του αντιστροφέα και τις καιρικές συνθήκες).

Στις περιπτώσεις αυτές, η εγκατάσταση ρελαί διαφυγής με ρεύμα διέγερσης 30 mA μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες διακοπές στη λειτουργία του Φ/Β συστήματος. Είναι λοιπόν σκόπιμο, ο μελετητής να ακολουθήσει τις οδηγίες του κατασκευαστή του αντιστροφέα για την επιλογή του κατάλληλου ρελαί διαφυγής. Τονίζεται ότι η ελαχιστοποίηση των οδεύσεων είναι επιθυμητή, τόσο στην μεριά Σ.Ρ. όσο και στη μεριά Ε.Ρ. προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση των ηλεκτρικών απωλειών.

4.5 Σημάνσεις

Σε όλα τα κιβώτια σύνδεσης πρέπει να υπάρχει προειδοποιητική σήμανση ότι τα ενεργά τμήματα στο εσωτερικό των κιβωτίων παραμένουν ενεργά και μετά την απομόνωση των Φ/Β πλαισίων από τον μετατροπέα. Οι σημάνσεις θα πρέπει να είναι ανθεκτικές για το περιβάλλον στο οποίο εγκαθίστανται.

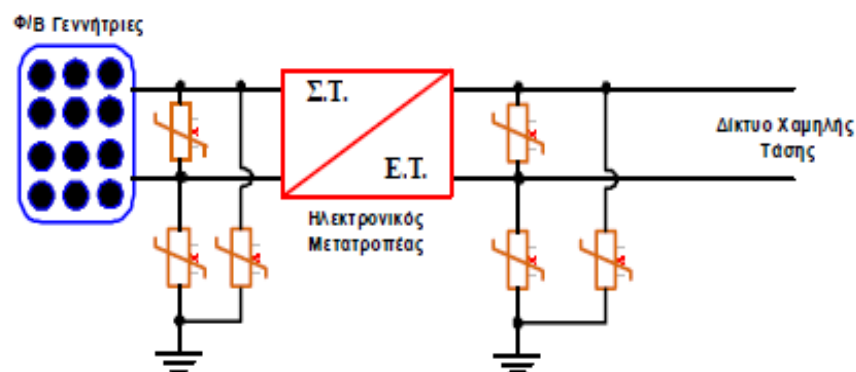
4.6 Προστασία των κτηριακών Φ/Β συστημάτων από υπερτάσεις – αντικεραυνική προστασία

Η προστασία των κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων από υπερτάσεις και κεραυνούς είναι ένα θέμα το οποίο αποσκοπεί στην προστασία των εγκαταστάσεων παραγωγής, αλλά κυρίως την ασφάλεια των ανθρώπων και θα πρέπει να υλοποιείται μόνο σύμφωνα με τα ισχύοντα εθνικά (ΕΛΟΤ), ευρωπαϊκά (EN) και διεθνή (IEC) πρότυπα αλλά και την ισχύουσα νομοθεσία.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ470 (5 Μαρτίου 2004) Άρθρα 3 έως και 6, τα φαινόμενα εκδήλωσης υπερτάσεων, εφόσον πρόκειται για αρχικό έλεγχο (νέα ηλεκτρική εγκατάσταση ή σοβαρή τροποποίηση παλαιάς), θα πρέπει να αντιμετωπιστούν σύμφωνα με τα ισχύοντα εθνικά και ευρωπαϊκά πρότυπα, τα οποία είναι τα πρότυπα σειράς ΕΛΟΤ EN 61643. Επομένως η αναγκαιότητα εφαρμογής προστασίας από υπερτάσεις είναι πλέον απαραίτητη ανεξάρτητα με

το εάν υπάρχει ή εάν προβλέπεται να υπάρξει σύστημα εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας.

Με κάθε επιφύλαξη, στηριζόμενοι στην υπάρχουσα εμπειρία εκατοντάδων χιλιάδων Φ/Β συστημάτων μικρότερων των 10 kWp που εγκαταστάθηκαν σε ευρωπαϊκές χώρες και δεν εξέχουν σημαντικά από το περίγραμμα του κτηρίου, όπως προβλέπεται στις Υπουργικές Αποφάσεις, θεωρείται ότι ο κίνδυνος από άμεσο κεραυνικό πλήγμα δεν αυξάνεται. Εντούτοις, για την ασφάλεια των ανθρώπων και την προστασία των κτηριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και συσκευών συνιστάται η εκτίμηση των κινδύνων από τους κεραυνούς και τις υπερτάσεις που προκαλούν (ΕΛΟΤ EN 62305).



Σχήμα 12: Τυπική μορφή των συστημάτων γειώσεως και προστασίας από υπερτάσεις της εγκατάστασης.

Στο σχήμα 12 παρουσιάζεται μια ενδεικτική μορφή εγκατάστασης των διατάξεων προστασίας από υπερτάσεις για την προστασία μόνο του Φ/Β συστήματος η οποία και συνιστάται. Παράλληλα θα πρέπει να προβλεφθεί και προστασία των υφιστάμενων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων του κτηρίου (π.χ. προστασία γενικού πίνακα και υποπινάκων).

Τα πρότυπα αντικεραυνικής προστασίας που ισχύουν και εφαρμόζονται είναι της σειράς ΕΛΟΤ EN 62305 καθώς επίσης της σειράς ΕΛΟΤ EN 50164. Τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 62305 περιγράφουν τις απαιτήσεις σχεδιασμού ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας ενώ τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 50164 περιγράφουν τις απαιτήσεις δοκιμών των εξαρτημάτων αντικεραυνικής προστασίας. Επίσης για την προστασία από υπερτάσεις τα αντίστοιχα πρότυπα είναι της σειράς ΕΛΟΤ EN 61643 τα οποία περιγράφουν τις απαιτήσεις δοκιμών και εγκατάστασης των διατάξεων προστασίας από υπερτάσεις τόσο για τα ενεργειακά όσο και για τα τηλεπικοινωνιακά κυκλώματα.

Η αναγκαιότητα εγκατάστασης ενός συστήματος εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας μπορεί να εξετασθεί με την εφαρμογή του προτύπου ΕΛΟΤ EN 62305-2. Το πρότυπο

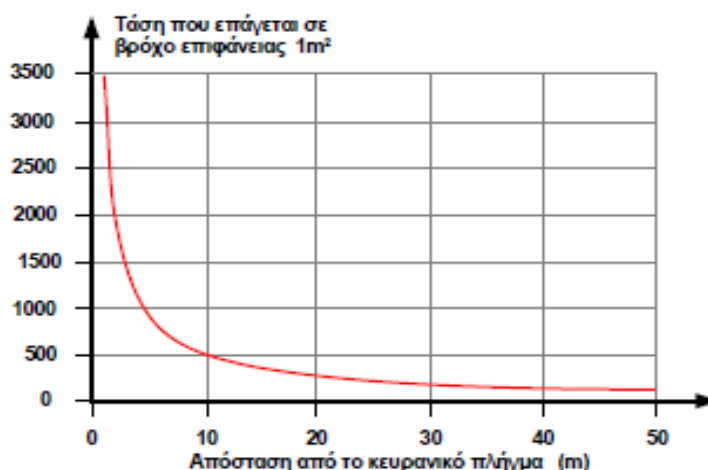
εξετάζει, ανεξάρτητα με το εάν υπάρχει Φ/Β εγκατάσταση, τον κίνδυνο που μπορεί να έχει το υφιστάμενο κτήριο σε ένα άμεσο ή έμμεσο κεραυνικό πλήγμα.

Εάν η εγκατάσταση ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας κριθεί απαραίτητη, ο σχεδιασμός του συστήματος θα πρέπει να υλοποιηθεί με βάση το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3.

Σε περίπτωση που το κτήριο διαθέτει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, θα πρέπει να μελετηθεί εάν ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου και εάν καλύπτει τις Φ/Β εγκαταστάσεις. Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να γίνουν όλες οι απαραίτητες συμπληρωματικές ενέργειες ώστε το υφιστάμενο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας να προσαρμοστεί στις νέες απαιτήσεις (π.χ. εγκατάσταση επιπρόσθετων ακίδων, συλλεκτήριων αγωγών, αγωγών καθόδου, εφαρμογή ισοδυναμικών συνδέσεων, ηλεκτροδίων γείωσης κ.α.).

Η προστασία του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, όπως και των ανθρώπων που έρχονται σε επαφή με αυτά σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 62305-3, επιβάλλεται εφόσον εφαρμόζεται ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας. Η επιλογή και η εγκατάσταση των διατάξεων προστασίας θα πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 62305-4.

Οι εγκαταστάτες καλό είναι να αποφεύγουν τη δημιουργία μεγάλων βρόγχων ρεύματος, διότι ένα ενδεχόμενο κεραυνικό πλήγμα θα οδηγήσει στην εμφάνιση υψηλών τάσεων εξ επαγωγής, όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται στο σχήμα 13.

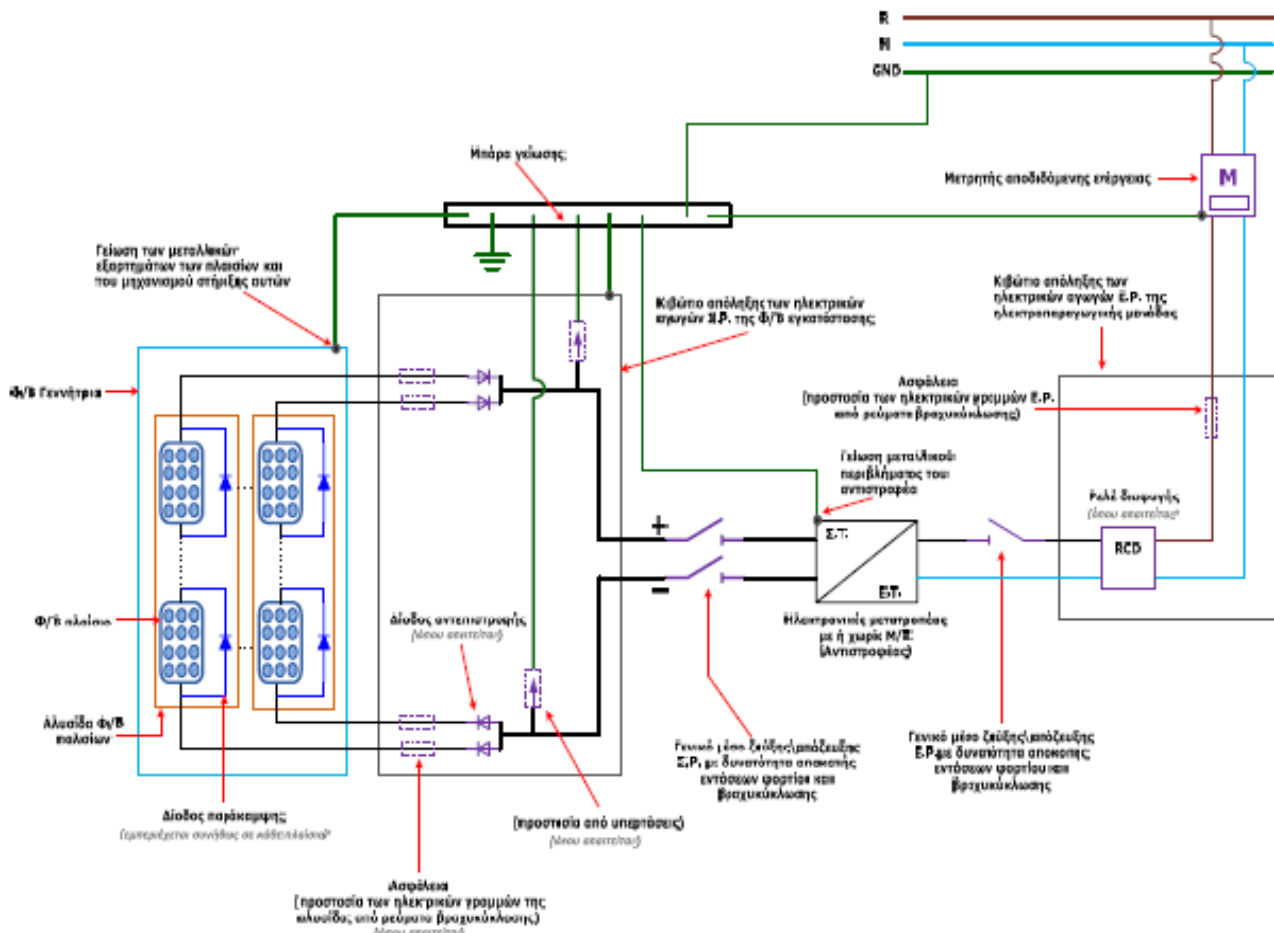


Σχήμα 13: Ενδεικτικό σχήμα τάσης που επάγεται σε βρόχο επιφάνειας 1m² συναρτήσει της απόστασης του κεραυνικού πλήγματος.

Στην περίπτωση που το Φ/Β σύστημα εγκαθίσταται σε κτήριο που διαθέτει υφιστάμενο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (Σ.Α.Π.) και μπορεί να διατηρηθεί απόσταση ασφαλείας (0.5-1 μέτρο) μεταξύ του Φ/Β συστήματος και των αγωγών συλλογής και καθόδου του κεραυνικού ρεύματος, το Φ/Β σύστημα θεωρείται ότι βρίσκεται μέσα στην περιοχή

προστασίας του αλεξικέραυνου και δεν πρέπει να συνδέεται αγωγή με το Σ.Α.Π. (εφόσον πρόκειται για ενσωμάτωση σε υφιστάμενα κτήρια). Αν δεν μπορεί να διατηρηθεί η απόσταση αυτή θα πρέπει να πραγματοποιείται αγωγίμη σύνδεση με τους αγωγούς του Σ.Α.Π.

4.7 Τυπικό σύστημα ηλεκτρικής εγκατάστασης διασυνδεδεμένου κτηριακού Φ/Β συστήματος



Σχήμα 14: Τυπική μορφή της ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός διασυνδεδεμένου οικιακού Φ/Β συστήματος σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-7-712.

4.8 Διασύνδεση με δίκτυο

Σύνδεση κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο Χαμηλής Τάσης

Η επιλογή του τρόπου σύνδεσης ενός οικιακού φωτοβολταϊκού (Φ/Β) συστήματος στο ηλεκτρικό δίκτυο Χ.Τ, θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην παραβιάζονται τα όρια διαταραχών που τίθενται από τους Διαχειριστές του Δικτύου. Αν και η ένταξη περιορισμένου αριθμού μικρών ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων δεν είναι δυνατό να επηρεάσει αισθητά την ποιότητα ισχύος του Ελληνικού ΣΗΕ, δε συμβαίνει το ίδιο στην

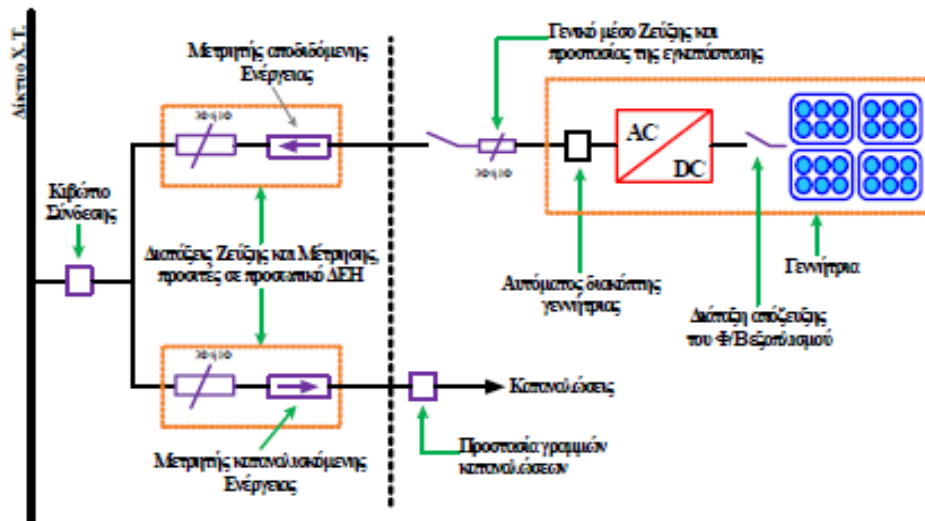
περίπτωση ευρείας χρήσης των παραπάνω μονάδων. Έτσι, τα κριτήρια που εξετάζονται προκειμένου να επιτραπεί η σύνδεση νέων εγκαταστάσεων παραγωγής σε συγκεκριμένο σημείο του δικτύου Χ.Τ. είναι η διαμόρφωση των προστασιών της διασύνδεσης εγκαταστάσεων-δικτύου, οι αργές και ταχείες μεταβολές της τάσης, οι εκπομπές αρμονικών, η επάρκεια του δικτύου και η συμβολή των νέων μονάδων στη στάθμη βραχυκύκλωσης.

Τα κριτήρια και οι μέθοδοι αξιολόγησης της εφαρμογής αυτών στο Ελληνικό ΣΗΕ, βασίζονται στις καθιερωμένες διαδικασίες και πρακτικές που εφαρμόζονται από τη ΔΕΗ για τη σύνδεση των παραγωγών, την πρακτική χωρών οι οποίες έχουν να επιδείξουν σημαντική εμπειρία στον τομέα των διεσπαρμένων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, τη σειρά προτύπων 61000 της IEC τα οποία έχουν σήμερα διεθνή αποδοχή και σε σημαντικό βαθμό έχουν υιοθετηθεί ως Ευρωπαϊκά (EN) και εθνικά (ΕΛΟΤ) πρότυπα και τέλος το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 50160, το οποίο έχει ήδη υιοθετηθεί από την ΔΕΗ και τον ΕΛΟΤ. Ο έλεγχος πληρότητας των παραπάνω κριτηρίων γίνεται στο πλησιέστερο προς τις εγκαταστάσεις του παραγωγού σημείο του δικτύου, στο οποίο συνδέεται άλλος καταναλωτής ή παραγωγός (Σημείο Κοινής Σύνδεσης στο Δίκτυο). Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι τόσο η ενέργεια που αποδίδεται από τον παραγωγό στο δίκτυο όσο και αυτή που απορροφά από αυτό ως καταναλωτής, μεταφέρεται πάντα μέσω της ίδιας παροχής.

Στις παραγράφους που ακολουθούν, απομονώνονται τα εδάφια των παραπάνω κανονισμών και προτύπων που αφορούν στους ηλεκτρονικούς αντιστροφείς των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων και παρουσιάζονται οι κυριότερες τεχνικές προδιαγραφές που θα πρέπει να ικανοποιούνται, ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη παράλληλη λειτουργία των παραπάνω συστημάτων με το δίκτυο χαμηλής τάσης του Ελληνικού ΣΗΕ.

Διαμόρφωση της διασύνδεσης των κτηριακών Φ/Β εγκαταστάσεων-ηλεκτρικού δικτύου

Στο σχήμα 15 παρουσιάζεται μια τυπική απλοποιημένη μορφή σύνδεσης των προαναφερθέντων ηλεκτροπαραγωγικών διατάξεων με το δίκτυο Χ.Τ. Το γενικό μέσο Ζεύξης Ε.Ρ, η προστασία από ρεύματα βραχυκύκλωσης στην πλευρά Ε.Ρ, καθώς και ο αυτόματος διακόπτης της γεννήτριας εξασφαλίζουν τον παραλληλισμό και τη ζεύξη της εγκατάστασης με το δίκτυο.



Σχήμα 15: Τυπική απλοποιημένη μορφή σύνδεσης οικιακών Φ/Β συστημάτων με το ηλεκτρικό δίκτυο X.T.

Η προστασία των Φ/Β γεννητριών σε περίπτωση εμφάνισης διαταραχών στο δίκτυο καθώς και η απομόνωσή της σε περίπτωση πλήρους διακοπής του θα πρέπει να επιτυγχάνεται μέσω του Αυτόματου Διακόπτη της Γεννήτριας ή άλλων κατάλληλων προστασιών ενσωματωμένων στο σύστημα ελέγχου του μετατροπέα ισχύος, ώστε να αποφεύγονται βλάβες του εξοπλισμού της εγκατάστασής και να αποτρέπεται η δημιουργία επικίνδυνων καταστάσεων για τους λοιπούς χρήστες του δικτύου.

Για την ασφαλή και απρόσκοπτη εκτέλεση εργασιών στο δίκτυο, θα πρέπει να παρέχεται στο προσωπικό των διανομέων ηλεκτρικού ρεύματος η δυνατότητα χειροκίνητης απόζευξης της εγκατάστασης από το δίκτυο, μέσω της ελεύθερης πρόσβασης στη μετρητική διάταξη. Από την άλλη πλευρά, τα μέσα ζεύξεως και προστασίας θα πρέπει αφ' ενός να έχουν την ικανότητα διακοπής εντάσεων φορτίου και βραχυκυκλώματος, αφ' ετέρου να εξασφαλίζουν την έγκαιρη απόζευξη της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας. Η ρύθμιση των τιμών χρονικής καθυστέρησης των μέσων προστασίας χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, διότι αρκετά μικρές τιμές αυτής μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένη συχνότητα ανεπιθύμητων αποζεύξεων της εγκατάστασης παραγωγής, ενώ αντίθετα μεγάλες χρονικές καθυστερήσεις μπορούν να προκαλέσουν βλάβες, τόσο στην ίδια την εγκατάσταση όσο και σε παρακείμενα φορτία ή παραγωγούς.

Οι απαιτήσεις οι οποίες πρέπει να καλύπτονται για την διασύνδεση ενός Φ/Β συστήματος με το δίκτυο, σύμφωνα και με τις οδηγίες του Διαχειριστή Δικτύου, συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Παράμετρος	Απαίτηση
Τάση	Η τιμή της εναλλασσόμενης τάσης στα άκρα του ηλεκτρονικού αντιστροφέα δεν πρέπει να υπερβαίνει το -20% (184V) ή το +15% (264.5V) της ονομαστικής τιμής της τάσης του δικτύου. Σε περίπτωση υπέρβασης των παραπάνω ορίων, η απόζευξη θα πρέπει να πραγματοποιείται εντός 0.5 s
Συχνότητα	Η συχνότητα των ηλεκτρικών μεγεθών εξόδου του αντιστροφέα δεν πρέπει να υπερβαίνει περισσότερο από $\pm 0.5\text{Hz}$ την ονομαστική τιμή της συχνότητας του δικτύου. Σε περίπτωση υπέρβασης των παραπάνω ορίων, η απόζευξη θα πρέπει να πραγματοποιείται εντός 0.5 s.
Αυτόματη επανάζευξη	Η επανάζευξη θα πρέπει να πραγματοποιείται μετά από τουλάχιστον 3 λεπτά.
Αρμονικές	Η ολική αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος εξόδου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%.
Έγχυση συνεχούς ρεύματος	Η μέγιστη τιμή εγχεόμενου συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να είναι το πολύ ίση με το 0.5% του ονομαστικού ρεύματος της εγκατάστασης

Πίνακας 1: Απαιτήσεις διασύνδεσης σύμφωνα και με τις οδηγίες του Διαχειριστή Δικτύου.

Αρμονική Παραμόρφωση και επιτρεπτά όρια έγχυσης αρμονικών συνιστωσών

Η υψίσυχη διακοπτική λειτουργία των αντιστροφέων, που χρησιμοποιούνται στα κτηριακά Φ/Β συστήματα προκαλεί την εμφάνιση ανώτερων αρμονικών στην κυματομορφή του ρεύματος που παρέχεται στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτές οι ανώτερες αρμονικές συνιστώσες είναι δυνατόν να προκαλέσουν προβλήματα τόσο στο ίδιο το δίκτυο και σε εγκαταστάσεις που είναι συνδεδεμένες σε αυτό, όσο και σε παρακείμενες ηλεκτρονικές συσκευές.

Συγκεκριμένα, η έγχυση αρμονικών από τις εγκαταστάσεις παραγωγής προκαλεί παραμόρφωση της τάσης, με άμεσο αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία ηλεκτρικών συστημάτων (π.χ. μετασχηματιστές, ηλεκτρικές μηχανές), ηλεκτρονικών συσκευών (π.χ. συστήματα προστασίας του δικτύου), αλλά και παρακείμενων ηλεκτρικών φορτίων (π.χ. ενισχυτές, τροφοδοτικά ηλεκτρονικών μηχανημάτων), τα οποία είναι συνδεδεμένα στην ίδια ηλεκτρική γραμμή. Από την άλλη πλευρά, η ύπαρξη αρμονικών σε συχνότητες μεγαλύτερες του 1kHz δυσχεραίνει τη χρησιμοποίηση του δικτύου για τη μεταφορά υψίσυχων τηλεπικοινωνιακών σημάτων τα οποία εξυπηρετούν την αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των διεσπαρμένων πηγών ενέργειας και του κέντρου ελέγχου του Ηλεκτρικού Συστήματος.

Τέλος, η ύπαρξη ανώτερων αρμονικών μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρομαγνητική παρενόχληση σε γειτονικές συσκευές, που δεν συνδέονται άμεσα στο ηλεκτρικό δίκτυο (μέσω ακτινοβολίας). Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η εμφάνιση θορύβου και δυσλειτουργιών σε αυτές τις συσκευές, στην περίπτωση που δεν υπάρχει κατάλληλη μαγνητική θωράκιση.

Για την αποφυγή των παραπάνω ανεπιθύμητων καταστάσεων είναι υποχρεωτική η συμμόρφωση της λειτουργίας των μετατροπέων που χρησιμοποιούνται στα κτηριακά Φ/Β συστήματα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Αναλυτικότερα, η έγχυση αρμονικών από τους ηλεκτρονικούς μετατροπείς των κτηριακών Φ/Β συστημάτων πρέπει να εναρμονίζεται με τις προϋποθέσεις που προβλέπονται από το πρότυπο IEC 61000-3-2. Το πρότυπο αυτό πραγματεύεται τα επιτρεπτά όρια εκπομπής αρμονικών συσκευών και εγκαταστάσεων με ονομαστικό ρεύμα μικρότερο ή ίσο των 16Α/φάση οι οποίες συνδέονται στα δίκτυα Χ.Τ. Συνεπώς τα όρια που τίθενται από αυτό είναι κατάλληλα και για την αξιολόγηση των ηλεκτρονικών αντιστροφών που χρησιμοποιούνται στα οικιακά Φ/Β συστήματα. Πρέπει να σημειωθεί πως ο έλεγχος των αρμονικών πραγματοποιείται μόνο για την κανονική λειτουργία των εγκαταστάσεων και όχι κατά τις μεταβατικές περιόδους, οι οποίες έχουν συνήθως διάρκεια λίγων δευτερολέπτων (π.χ. κατά τον παραλληλισμό με το δίκτυο).

Τέλος, το πρότυπο EN50081-1 οριοθετεί τα επιτρεπτά όρια εκπομπής ακτινοβολίας και τις αγωγήμες εκπομπές των ηλεκτρονικών μετατροπέων και το EN50082-1 προσδιορίζει την προστασία των εν λόγω μετατροπέων από εκπομπές ακτινοβολίας σε οικιακό, εμπορικό και ελαφρύ βιομηχανικό περιβάλλον.

Πέρα από τις παραπάνω προδιαγραφές, ο Διαχειριστής Δικτύου επιβάλλει, ως απαραίτητη προϋπόθεση για τη σύνδεση εγκαταστάσεων παραγωγής στα δίκτυα διανομής, την επίτευξη Συντελεστή Αρμονικής Παραμόρφωσης (Total Harmonic Distortion, T.H.D.) του ρεύματος εξόδου της εγκατάστασης μικρότερο ή οριακά ίσο με 5%, Συντελεστή Ισχύος (Power Factor, PF) μεγαλύτερο από 0.95 για επαγωγική και χωρητική συμπεριφορά υπό ισχύ άνω του 50% της ονομαστικής και μέγιστη τιμή εγγεόμενου συνεχούς ρεύματος (εφόσον οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς δεν διαθέτουν χαμηλόσυχο μετασχηματιστή) το πολύ ίση με το 0.5% του ονομαστικού ρεύματος της εγκατάστασης.

Σκοπός των δύο τελευταίων προδιαγραφών είναι η οικονομική λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος (μέσω του περιορισμού των απωλειών στους αγωγούς του δικτύου) και η αποφυγή εμφάνισης φαινομένων κορεσμού στους μετασχηματιστές του δικτύου.

Σε χώρες με μεγαλύτερη εμπειρία στον τομέα των Φ/Β συστημάτων, τα όρια των προαναφερθέντων τεχνικών προδιαγραφών είναι περισσότερο αυστηρά σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω της αυξημένης διείσδυσης των εν λόγω συστημάτων στην ενεργειακή τους τροφοδότηση. Ενδεικτικά στον Πίνακα 2 παρατίθενται τα προβλεπόμενα όρια από το πρότυπο IEC 61727 το οποίο βασίστηκε σε σημαντικό βαθμό σε κανονισμούς που αναπτύχθηκαν από την εκτεταμένη εφαρμογή Φ/Β συστημάτων στη Γερμανία.

Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση Αρμονικών Περιπτώσεως Τάξης (A)		Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση Αρμονικών Άρτιας Τάξης (A)
Τάξη Αρμονικής		Οι αρμονικές άρτιας τάξης οφείλουν να είναι μικρότερες, τουλάχιστον κατά 25%, από το μέτρο των αντίστοιχων αρμονικών περιπτώσεως τάξης
3 ^η -9 ^η	4.0% του μέγιστου ρεύματος εξόδου	
11 ^η -15 ^η	2.0% του μέγιστου ρεύματος εξόδου	
17 ^η -21 ^η	1.5% του μέγιστου ρεύματος εξόδου	
23 ^η -33 ^η	0.6% του μέγιστου ρεύματος εξόδου	
Μέγιστη τιμή του Συντελεστή Αρμονικής Παραμόρφωσης (T.H.D.)		5%
Συντελεστής Ισχύος στο 50% της ονομαστικής ισχύος (PF)		0.9
Μέγιστη τιμή εγχεόμενου συνεχούς ρεύματος στο ηλεκτρικό δίκτυο		Μικρότερο του 0.5% της τιμής του ονομαστικού ρεύματος εξόδου της εγκατάστασης
Μέγιστη επιτρεπτή διακύμανση της τάσης εξόδου της εγκατάστασης στη μόνιμη κατάσταση λειτουργία		85%-110% (196V -253V)
Μέγιστη επιτρεπτή διακύμανση της συχνότητας των ηλεκτρικών μεγεθών εξόδου της εγκατάστασης στη μόνιμη κατάσταση λειτουργία		(50 ± 0,5)Hz

Πίνακας 2: Επιτρεπτά όρια συνιστωσών του ρεύματος και τάσης εξόδου Φ/Β μονάδων ισχύος έως 10kW που συνδέονται στο δίκτυο Χαμηλής Τάξης σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61727.

Ανίχνευση καταστάσεων απομονωμένης λειτουργίας—«φαινόμενο νησίδας»

Με τον όρο “φαινόμενο νησίδας” ορίζεται μια μη επιθυμητή κατάσταση κατά την οποία ένα τμήμα του ηλεκτρικού δικτύου, όπου εμπεριέχονται τόσο ηλεκτρικά φορτία όσο και μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής, παραμένει ηλεκτροδοτημένο, λόγω των παραπάνω μονάδων, παρότι το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο είναι ανενεργό.

Αιτίες εμφάνισης αυτού του φαινομένου μπορεί να είναι η ηθελημένη αποσύνδεση ενός μέρους του δικτύου από τα μέσα προστασίας αυτού εξαιτίας της ανίχνευσης κάποιου σφάλματος, η προγραμματισμένη διακοπή του δικτύου για λόγους συντήρησης, η διακοπή της ηλεκτροδότησης λόγω εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, η πιθανή αστοχία ενός μέρους του εξοπλισμού του Σ.Η.Ε. αλλά και το ανθρώπινο λάθος. Η ανίχνευση του «φαινομένου νησίδας», αποτελεί ένα από τα βασικά κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου να επιτραπεί η σύνδεση ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος στο Ελληνικό ΣΗΕ, όπως εν γένει και των υπολοίπων διεσπαρμένων πηγών ενέργειας. Οι λόγοι που επιβάλλουν την ανίχνευση αυτών των καταστάσεων έγκειται στη διασφάλιση υψηλής ποιότητας παρεχόμενης ενέργειας στους καταναλωτές και κυρίως η ασφάλεια εγκαταστάσεων και προσώπων.

Αναλυτικότερα, σε περιπτώσεις προγραμματισμένης συντήρησης, ενώ οι Διαχειριστές Δικτύου θέτουν ηθελημένα εκτός λειτουργίας τμήματα του ηλεκτρικού συστήματος για να τελεστούν οι εργασίες συντήρησης, η ενδεχόμενη ηλεκτροδότηση αυτού του τμήματος από

δισπαρμένες πηγές ενέργειας (λόγω αδυναμίας ανίχνευσης της διακοπής), θέτει δε σε κίνδυνο το προσωπικό που διενεργεί τις απαραίτητες εργασίες. Επιπρόσθετα, εάν οι προστασίες ενός Σ.Η.Ε. ανοίξουν τους διακόπτες προστασίας μιας γραμμής (λόγω ανίχνευσης τυχαίων σφαλμάτων, πιθανής βλάβης του εξοπλισμού, εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, ανθρώπινων λαθών χειρισμού κ.λ.π.), και δεν καταστεί εφικτό οι δισπαρμένες πηγές να εντοπίσουν τη διακοπή της ηλεκτροδότησης, θα συνεχίσουν να τροφοδοτούν τα φορτία που είναι συνδεδεμένα στην ίδια με αυτές γραμμή.

Το γεγονός αυτό μπορεί να επιφέρει δύο πολύ σημαντικά προβλήματα:

α) Κατά το χρονικό διάστημα της διακοπής, στο κομμάτι της γραμμής που τέθηκε εκτός λειτουργίας δεν υφίσταται κάποιος κεντρικός έλεγχος της συχνότητας και της τάσης, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στους υπόλοιπους συνδεδεμένους χρήστες σε περίπτωση που οι δισπαρμένες πηγές δε μπορέσουν να τροφοδοτήσουν τα φορτία με τα απαραίτητα ποσά ενεργού και άεργου ισχύος.

β) Στην περίπτωση που οι δισπαρμένες μονάδες παραγωγής μπορέσουν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των φορτίων, όταν οι διακόπτες των συστημάτων προστασίας επανασυνδέσουν την εν λόγω γραμμή στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο ενδέχεται να υπάρξουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της τάσης στους ακροδέκτες των δισπαρμένων πηγών και αυτής του υπολοίπου Σ.Η.Ε. (διαφορά φάσης και πλάτους, απώλεια συγχρονισμού με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο) Οι διαφορές αυτές είναι δυνατό να έχουν καταστροφικές συνέπειες τόσο στην ίδια την εγκατάσταση όσο στους υπόλοιπους συνδεδεμένους καταναλωτές.

Οι αντιστροφείς των κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων θα πρέπει να διαθέτουν προστασία έναντι νησιδοποίησης κατά VDE 0126-1-1 ή ισοδύναμης μεθόδου κατά IEC 62116. Στην περίπτωση ανίχνευσης απομονωμένης λειτουργίας (ανεξαρτήτως της χρησιμοποιούμενης μεθόδου), η απόζευξη των Φ/Β μονάδων από το ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να γίνεται σε χρονικό διάστημα μικρότερο του ενός δευτερολέπτου (απαιτούμενος χρόνος εκκαθάρισης τυχαίων μη σοβαρών σφαλμάτων), έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι συνέπειες που μπορούν να προκληθούν από ενδεχόμενη ταχεία επαναφορά της τάσης του δικτύου.

Στη Γερμανία η Φ/Β γεννήτρια αποσυνδέεται από το δίκτυο αν παραβιαστούν τα όρια για την τάση και τη συχνότητα. Η προστασία αντινησιδοποίησης κατά VDE 0126-1-1 είναι υποχρεωτική για Φ/Β συστήματα ισχύος έως 30kVA μόνο όταν το σημείο σύνδεσης της πηγής με το δίκτυο δεν είναι προσβάσιμο από το διαχειριστή του δικτύου. Η συμμόρφωση με το πρότυπο VDE 0126-1-1 αποδεικνύεται με πιστοποιητικό τύπου από ανεξάρτητο εργαστήριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: BIPV

Τα BIPV αποτελούν μια ευκαιρία να διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο σε μια νέα εποχή της καταναλωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η οικοδόμηση των ολοκληρωμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ισχυρή και ευέλικτη για την επίτευξη των συνεχώς αυξανόμενων σε ζήτηση κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας για τα επόμενα χρόνια.

5.1 Τι είναι τα BIPV (κτίριο με ολοκληρωμένα φωτοβολταϊκά)

Η ηλιακή ενέργεια είναι ενέργεια ακτινοβολίας και θερμότητας από τον ήλιο η οποία αξιοποιείται χρησιμοποιώντας μια σειρά από εξελισσόμενες τεχνολογίες όπως η οικοδόμηση των ολοκληρωμένων φωτοβολταϊκών, η ηλιακή θέρμανση, η ηλιακή αρχιτεκτονική, η ηλιοθερμική ενέργεια και η τεχνητή φωτοσύνθεση. Τα Φωτοβολταϊκά παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας απασχολούν την ηλιακή φωτοβολταϊκή μονάδα που αποτελείται από έναν α-ριθμό κύτταρων που περιέχουν φωτοβολταϊκό υλικό. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα για την ηλιακή φωτοβολταϊκή κυψέλη περιλαμβάνουν κρυσταλλικό πυρίτιο, άμορφο πυρίτιο, τελλουριούχο κάδμιο και ινδίο χαλκού σεληνιούχο. Λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η κατασκευή των ηλιακών φωτοβολταϊκών κυττάρων και της φωτοβολταϊκής μονάδα έχει προχωρήσει σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Επιπλέον, τα BIPV θεωρούνται ως ένα λειτουργικό μέρος της δομής του κτιρίου.

Η ιστορία των BIPVs

Στη δεκαετία του 1980 η ηλιακή φωτοβολταϊκή μονάδα προστέθηκε σε στέγες όπου άρχισε και να αναδεικνύεται. Αυτά τα PV συστήματα συνήθως εγκαθίστανται στο δίκτυο της ΔΕΗ που συνδέονται με τα κτίρια σε περιοχές με κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στη δεκαετία του 1990 τα προϊόντα BIPV σχεδιάστηκαν ειδικά για να ενσωματωθούν σε ένα κέλυφος του κτιρίου που έγινε εμπορικά διαθέσιμο. Το 1998 μία διδακτορική διατριβή από την Patrina Eiffert, με τίτλο «Οικονομική αξιολόγηση των BIPV», ήρθε για να υποστηρίξει ότι μια μέρα θα υπάρξει μια οικονομική αξία για τις συναλλαγές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Credits.

Το 2011 η οικονομική αξιολόγηση και μία σύντομη περίληψη της ιστορίας των BIPV από το Εθνικό Εργαστήριο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας των ΗΠΑ (NREL) δείχνει ότι μπορεί να υπάρχουν σημαντικές τεχνικές προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν πριν το κόστος των BIPV να είναι ανταγωνιστικό με τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Ωστόσο, υπάρχει μια αυξανόμενη

συναίνεση που μέσα από την ευρεία εμπορευματοποίηση τους, τα συστήματα BIPV θα γίνουν η ραχοκοκαλιά της ενέργειας με μηδενικές εκπομπές οικοδόμησης (ευρωπαϊκός στόχος για το 2020). Παρά τις τεχνικές υποσχέσεις, τα κοινωνικά εμπόδια για την ευρεία χρήση έχουν επίσης εντοπιστεί, η συντηρητική κουλτούρα του κτιρίου και η ολοκλήρωση με υψηλής πυκνότητας αστικό σχεδιασμό.

Φωτοβολταϊκά κύτταρα BIPVs

Είναι φωτοβολταϊκά υλικά τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά δομικά υλικά σε τμήματα του κτιρίου όπως είναι οι στέγες των κτιρίων, οι φεγγίτες, οι προσόψεις κ.α. μπορούν να ενσωματωθούν με φυσικό τρόπο στο σχεδιασμό του κτιρίου και να είναι έτσι μέρος του κελύφους του κτηρίου. Ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στη κατασκευή νέων κτιρίων ως κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το πλεονέκτημα αυτών είναι ότι το αρχικό τους κόστος μπορεί να αντισταθμιστεί από την μείωση του ποσού που δαπανάται για δομικά υλικά και την εργασία που θα έπρεπε κανονικά να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του τμήματος του εκάστοτε κτηρίου που αντικαθιστούν τις ενότητες BIPV. Τα BIPV έχουν χρηστεί από τους ταχύτερους αναπτυσσόμενους τομείς της βιομηχανίας Φωτοβολταϊκών. Κα-τατάσσονται σε τρεις γενιές φωτοβολταϊκών κυττάρων.

Φωτοβολταϊκά κύτταρα πρώτης γενιάς

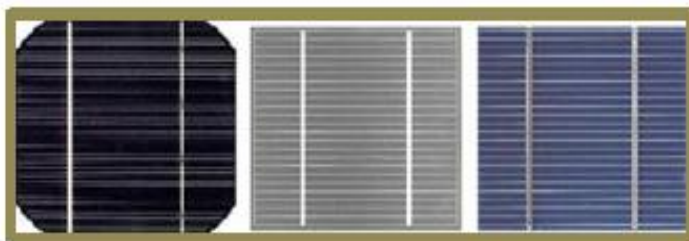
Η τρέχουσα παραγωγή φωτοβολταϊκής ηλιακής κυριαρχείται από ενιαία ηλιακά κύτταρα με βάση γκοφρέτες πυριτίου, συμπεριλαμβανομένων ενιαίο κρύσταλλο και πολύ κρυσταλλικό πυριτίου. Αυτό το είδος της μονής διασταύρωση, με συσκευές δίσκου πυριτίου τώρα αναφέρεται συνήθως ως ηλιακή φωτοβολταϊκή τεχνολογία πρώτης γενεάς. Αρχικά χτίστηκε χρησιμοποιώντας ενιαίο κρύσταλλο πυριτίου (γκοφρέτα) και τεχνολογία επεξεργασίας από το ολοκληρωμένο κύκλωμα της βιομηχανίας και είναι σαφές ότι η πρώτη γενιά της τεχνολογίας ηλιακής φωτοβολταϊκής έχει ωφεληθεί πολύ από τη συμβίωσή του με το ολοκληρωμένο κύκλωμα της βιομηχανίας που παρέσχε τα υλικά, την επεξεργασία την τεχνογνωσία και την κατασκευή εργαλείων που είναι απαραίτητα για να επιτρέψει την ταχεία μετάβαση σε παραγωγή μεγάλης κλίμακας.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πρώτης γενιάς έχουν κρυσταλλική δομή και τα κύτταρα που συνδυάζονται για να σχηματιστούν τα πλαίσια κατασκευάζονται από πυρίτιο. Η τεχνολογία αυτή δεν είναι ξεπερασμένη και αναπτύσσεται συνεχώς ώστε να βελτιωθεί η απόδοση της. Τα μονοκρυσταλλικά και τα πολυκρυσταλλικά υπάγονται στα κύτταρα πυριτίου με κρυσταλλική δομή.

- Φωτοβολταϊκά κύτταρα μονο-κρυσταλλικού

Αυτό το είδος κυττάρων είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο, αποτελεί το 80% της αγοράς και θα συνεχίσει να πρωτοστατεί μέχρι να αναπτυχθεί μια πιο αποδοτική και οικονομικά αποδεκτή τεχνολογία. Για την κατασκευή των κυττάρων χρησιμοποιείται κυρίως κρυσταλλική επαφή p-n πυριτίου. Η μέγιστη απόδοση του ηλιακού κυττάρου από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο έχει φτάσει περίπου στο 23% σε STC, Standard Test Conditions (ακτινοβολία 1000W/m^2 , A.M. 1.5 και θερμοκρασία κυττάρου 25°C), αλλά η μέγιστη απόδοση που έχει καταγραφεί είναι 24.7% σε STC.

Τα μονο-κρυσταλλικά της ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας είναι η πρώτη γενιά ηλιακής φωτοβολταϊκής τεχνολογίας και είναι γύρω από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, το οποίο αποδεικνύει την αξιοπιστία, την αντοχή και τη μακροζωία τους. Από τις αρχές της δεκαετίας οι φωτοβολταϊκές μονάδες εγκαθίστανται στη δεκαετία του 1970 και εξακολουθούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 1: Μονοκρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα.



Εικόνα 2: Μονοκρυσταλλικά black – contact κύτταρα.

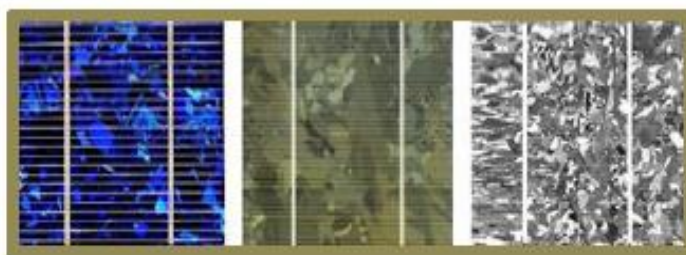
- Φωτοβολταϊκά κύτταρα πολύ-κρυσταλλικού

Οι προσπάθειες της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας να μειωθεί το κόστος και να αυξηθεί η απόδοση, οδήγησε στην ανάπτυξη καινούριων τεχνικών κρυσταλλοποίησης. Αν και τα πολυκρυσταλλικά κύτταρα έχουν ελαφρώς μικρότερη απόδοση (15%) σε σχέση με τα αντίστοιχα μονοκρυσταλλικά, αυτή η τεχνολογία είναι πιο ελκυστική γιατί έχει χαμηλότερο κατασκευαστικό κόστος. Η κατασκευή των πολυκρυσταλλικών κυττάρων αρχίζει με την τήξη του πυριτίου και τη στερεοποίησή του, ώστε να προσανατολιστούν οι κρύσταλλοι σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, σχηματίζοντας ορθογώνιες ράβδους πολυκρυσταλλικού πυριτίου,

ώστε να κόβεται σε φέτες κατάλληλου πάχους (wafers). Παρόλα αυτά το τελικό στάδιο μπορεί να παραληφθεί αναπτύσσοντας wafers από λεπτές ταινίες πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Τα Πολύ-κρυσταλλικά πυριτίου ηλιακά κύτταρα, είναι επίσης γνωστά ως πολύπυρίτιο-Si και είναι ένα υψηλής καθαρότητας μορφή πυριτίου που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη από την ηλιακή φωτοβολταϊκή βιομηχανία. Το πολύ-πυρίτιο παράγεται από μεταλλουργική ποιότητα του πυριτίου με μία διαδικασία χημικού καθαρισμού, γνωστού ως διαδικασία Siemens. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την απόσταξη των πτητικών ενώσεων πυριτίου και την αποσύνθεσή τους σε πυρίτιο με υψηλές θερμοκρασίες.

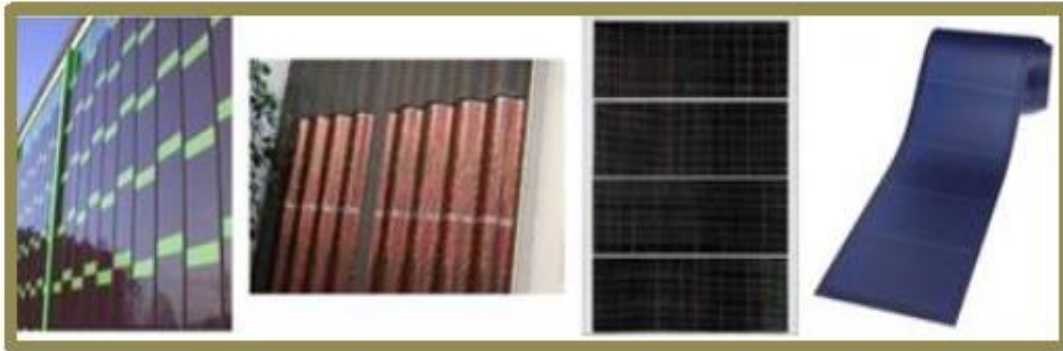
Η ηλιακή φωτοβολταϊκή βιομηχανία παράγει επίσης τις κλιμακούμενες μεταλλουργικής ποιότητας πυριτίου, χρησιμοποιώντας μεταλλουργικές αντί για χημικές διεργασίες καθαρισμού. Όταν παράγεται για την ηλιακή φωτοβολταϊκή βιομηχανία, το πολύπυρίτιο περιέχει επίπεδα προσμίξεων λιγότερο από ένα μέρος ανά δισεκατομμύριο, ενώ το πολύπυρίτιο με βαθμό σιλικόνης είναι γενικά λιγότερο καθαρό. Το πολύπυρίτιο αποτελείται από μικρούς κρυστάλλους, που ονομάζονται επίσης κρυσταλλίτες. Πολύκρυσταλλικά ηλιακά φωτοβολταϊκά κύτταρα είναι ο πιο κοινός τύπος των ηλιακών κυττάρων στην ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά φωτοβολταϊκών και καταναλώνουν το μεγαλύτερο μέρος του παγκόσμιου πολύπυριτίου που παράγεται. Το πολύπυρίτιο είναι διαφορετικό από το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο και το άμορφο.



Εικόνα 3: Πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία.



Εικόνα 4: Πολυκρυσταλλικά black – contact κύτταρα.



Εικόνα 5: Κύτταρα λεπτού υμενίου.

Φωτοβολταϊκά κύτταρα δεύτερης γενιάς

Δεύτερης γενιάς φωτοβολταϊκές τεχνολογίες είναι μόνο συσκευές διασταύρωσης που στοχεύουν να χρησιμοποιούν λιγότερο υλικό διατηρώντας παράλληλα την αποδοτικότητα της πρώτης γενιάς φωτοβολταϊκών ηλιακών κυττάρων. Η δεύτερη γενιά φωτοβολταϊκών ηλιακών κύτταρων χρησιμοποιούν άμορφο (a-Si), κάδμιο τελλουριούχο / θειούχου καδμίου (CdTe / CdS), Χαλκός ίνδιο γάλλιο diselenide ή πολυκρυσταλλικό-Si (p-Si) εναποτίθεται επί υποστρωμάτων χαμηλού κόστους όπως γυαλί.

Οι τεχνολογίες αυτές λειτουργούν γιατί CdTe, CIS και άμορφα απορροφήσει τα ηλιακά φάσματα πολύ πιο αποτελεσματικά από ό,τι μόνο κρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό και να χρησιμοποιούν μόνο 1-10m ενεργού υλικού. Επιπρόσθετα, πολλά υποσχόμενο έργο κατά τα τελευταία χρόνια είναι τα πολυκρυσταλλικά τα οποία έχουν αποδειχθεί ότι παράγουν ~10% αποδοτικές συσκευές που χρησιμοποιούν συστήματα φως παγίδευση για την αύξηση της αποτελεσματικότητας του πάχους του στρώματος πυριτίου.

- Άμορφου πυριτίου (a-Si) φωτοβολταϊκές κυψέλες

Μια από τις παλαιότερες τεχνολογίες λεπτού φιλμ που αναπτύχθηκαν είναι αυτή του άμορφου πυριτίου (a-Si). Η τεχνολογία αυτή διαφέρει από αυτή του κρυσταλλικού πυριτίου στο γεγονός ότι τα άτομα πυριτίου είναι σε τυχαία θέση το ένα από το άλλο. Αυτή η τυχαία δομή των ατόμων έχει μια σημαντική επίδραση στις ηλεκτρονικές ιδιότητες του υλικού που προκαλεί μεγαλύτερο ενεργειακό χάσμα (1.7eV) από του κρυσταλλικού πυριτίου (1.1 eV).

Το μεγαλύτερο ενεργειακό χάσμα επιτρέπει στα κύτταρα άμορφου πυριτίου να απορροφούν πιο έντονα το ορατό τμήμα του ηλιακού φάσματος απ' ό,τι το υπέρυθρο. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές σε αυτήν την τεχνολογία, όπου το υπόστρωμα μπορεί να είναι από γυαλί ή εύκαμπτο ανοξειδωτο ατσάλι, διπλής και τριπλής επαφής και καθένα έχει διαφορετική απόδοση.

Άμορφου πυριτίου (a-Si) φωτοβολταϊκά κύτταρα ανήκουν στην κατηγορία των α-Si λεπτού υμενίου, όπου ένα ή περισσότερα στρώματα των φωτοβολταϊκών κυττάρων εναποτίθεται πάνω σε ένα υπόστρωμα. α-Si και οι ηλιακές ενότητες φωτοβολταϊκού σχηματίζονται με ατμό απόθεση ενός λεπτού στρώματος υλικού πυριτίου περίπου 1μ πάχους σε ένα υλικό υποστρώματος όπως γυαλί ή μέταλλο.

Τα α-Si λεπτού υμενίου μπορεί επίσης να εναποτεθεί σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, τόσο χαμηλές όσο 75°C, η οποία επιτρέπει την απόθεση επί πλαστικών, καθώς και στην απλούστερη μορφή της, η δομή A-Si λεπτού υμενίου κύτταρο έχει μια ενιαία ακολουθία στρωμάτων πείρου.

- Τελλουριούχου καδμίου / θειούχου καδμίου (CdTe) φωτοβολ-ταϊκά κύτταρα

Το τελλουριούχο κάδμιο (CdTe) ήταν από καιρό γνωστό ότι έχει ιδανικό ενεργειακό χάσμα (1.45 eV) με υψηλό συντελεστή απορρόφησης και αναγνωρίζεται ως ένα πολλά υποσχόμενο φβ υλικό για ηλιακά κύτταρα λεπτού φιλμ. Έχουν πραγματοποιηθεί επιδεικτικές κατασκευές κυττάρων CdTe μικρού μεγέθους με αποδόσεις μεγαλύτερες από 15% και πλαίσια CdTe με αποδόσεις μεγαλύτερες από 9%. Αντίθετα με τις άλλες τεχνολογίες λεπτού φιλμ, το CdTe είναι ευκολότερο να τοποθετηθεί και πιο κατάλληλο για παραγωγή μεγάλης κλίμακας. Η τοξικότητα του καδμίου και τα σχετικά περιβαλλοντικά θέματα παραμένουν ένα πρόβλημα γι' αυτήν την τεχνολογία και γι' αυτό κάποιες εταιρείες έχουν θεσπίσει ένα πρόγραμμα ανακύκλωσης για τα «γερασμένα» φβ. Ένα ακόμα ζήτημα είναι η διαθεσιμότητα του τελλουρίου που θα μπορούσε να προκαλέσει κάποιους περιορισμούς της πρώτης ύλης που θα επηρέαζε και το κόστος των πλαισίων.

Τα φωτοβολταϊκά ηλιακά κύτταρα τελλουριούχου καδμίου με βάση το τελλουριούχο κάδμιο (CdTe) είναι στρώσεις λεπτού φιλμ σαν ημιαγωγοί οι οποίοι μετατρέπουν και απορροφούν το ηλιακό φως και κατ'επέκταση παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με τα ηλιακά κύτταρα. Στο τελλουριούχο κάδμιο το κάτω ηλεκτρόδιο κατασκευάζεται από πάστα άνθρακα χαλκού, ενισχυμένα ενώ το ανώτερο στρώμα είναι κατασκευασμένο από οξείδιο του κασσιτέρου (SnO₂) ή αναλογία καδμίου με βάση το οξείδιο του κασσιτέρου (Cd₂SnO₄).

- Χαλκού ινδίου γαλλίου δισεληνιδίου (CIGS) φωτοβολταϊκά κύτταρα

Το CuInSe₂ (ή CIS) χρησιμοποιείται για φωτοβολταϊκές συσκευές και περιέχει στοιχεία ημιαγωγών από τις ομάδες IB, IIIA, VIA του περιοδικού πίνακα που έχουν υψηλό οπτικό συντελεστή απορρόφησης. Με την προσθήκη γαλλίου (CIGS) η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Τα CIGS είναι σύνθετα λεπτά φιλμ με πολλά στρώματα. Σε

αντίθεση με τα κύτταρα πυριτίου με τη βασική p-n επαφή, αυτά τα κύτταρα αναλύονται σε ένα μοντέλο ετεροεπαφής με πολλά στρώματα. Η καλύτερη απόδοση για ένα κύτταρο λεπτού φιλμ με CIGS είναι 20% και περίπου 13% για πλαίσια μεγάλης επιφάνειας.

Χαλκού ινδίου γάλλιο δισεληνιδίου φωτοβολταϊκά ηλιακά κύτταρα έχουν την υψηλότερη παραγωγή ενέργειας σε κάθε λεπτό φιλμ φωτοβολταϊκών ηλιακών τεχνολογιών. Η απόδοση μετατροπής ισχύος τους σε ένα γυάλινο υπόστρωμα πλησιάζει το 20%. Οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της CIGS έχουν δει μια κίνηση προς τα ευέλικτα φωτοβολταϊκά συστήματα, με πολυαμίδιο ή μεταλλικό φύλλο υποστρώματα.

Η ευέλικτη φύση τους, η αντίσταση στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η υψηλή ειδική ισχύς οδήγησε τα CIGS ηλιακά κύτταρα να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για διαστημικές εφαρμογές. Τα CIGS φωτοβολταϊκά ηλιακά κύτταρα έχουν ένα πολύ μεγάλο συντελεστή απορρόφησης σε χάσμα 1,5 eV, με αποτέλεσμα μια πολύ ισχυρή απορρόφηση του ηλιακού φωτός φάσματος.

Φωτοβολταϊκά κύτταρα τρίτης γενιάς

Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα τρίτης γενιάς στοχεύουν στην επίτευξη συσκευών υψηλής απόδοσης, αλλά εξακολουθούν να χρησιμοποιούν λεπτή μεμβράνη, για τις μεθόδους εναπόθεσης της δεύτερης γενιάς. Η ιδέα είναι να το κάνουμε αυτό με μόνο μια μικρή αύξηση στην επιφάνεια κόστους και ως εκ τούτου στη μείωση του κόστους ανά Watt αιχμής. Επίσης, από κοινού με το πυρίτιο που βασίζεται, στην δεύτερη γενιά, οι τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης, θα χρησιμοποιούν υλικά που είναι και μη τοξικά και δεν περιορίζονται σε αφθονία.

Έτσι, αυτές οι τρίτης γενιάς φωτοβολταϊκών κυττάρων θα είναι συμβατή με την εφαρμογή μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκών. Η προσέγγιση αυτή διαφέρει από την κατασκευή της πρώτης γενιάς υψηλής ποιότητας, μονοκρυσταλλικές φωτοβολταϊκές συσκευές που έχουν υψηλές αποδόσεις και πλησιάζουν τις οριακές αποδόσεις, αλλά χρησιμοποιούν ενέργεια και χρονοβόρες τεχνικές.

- Χαλκού κασσίτερου ψευδαργύρου θειούχων φωτοβολταϊκά κύτταρα

Χαλκού θειούχο κασσίτερο ψευδαργύρου (CZTS) είναι ένα τεταρτοταγής ημιδιαγωγική, η οποία έχει λάβει αυξανόμενο ενδιαφέρον για εφαρμογές σε φωτοβολταϊκά ηλιακά κύτταρα. Η κατηγορία των συναφών υλικών, όπως ο ψευδάργυρος ο χαλκός το σεληνιούχο ο κασσίτερος και το κράμα θείο σελήνιο, CZTS προσφέρει ευνοϊκές οπτικές και ηλεκτρονικές ιδιότητες παρόμοιες με CIGS, καθιστώντας την κατάλληλη για χρήση ως λεπτής μεμβράνης στρώματος

απορρόφησης φωτοβολταϊκού κυττάρου, αλλά σε αντίθεση με CIGS, το CZTS αποτελείται από αφθονία και μη τοξικά στοιχεία.

- Ευαισθητοποιημένα φωτοβολταϊκά κύτταρα με χρωστική

Μία χρωστική ευαισθητοποιημένων ηλιακών κυττάρων (DSSC) είναι χαμηλού κόστους και ανήκουν στην ομάδα των ηλιακών κυψελών λεπτών υμενίων. Βασίζεται σε ημιαγωγό που σχηματίζεται μεταξύ μίας φωτογραφίας ευαισθητοποιημένης ανόδου, έναν ηλεκτρολύτη και μία φωτογραφία ηλεκτροχημικού συστήματος. Η σύγχρονη εκδοχή της βαφής ηλιακών φωτοβολταϊκών κυττάρων, είναι επίσης γνωστή ως το κύτταρο Grätzel, που αρχικά συν εφευρέθηκε το 1988 από τον Brian O'Regan and Michael Gratzel στο UC Berkeley και το έργο αυτό αναπτύχθηκε αργότερα από τους προαναφερθέντες επιστήμονες στο Ecole Poly technique Federalede της Λωζάννης μέχρι τη δημοσίευση του πρώτου DSSC το 1991. Ο Michael Grätzel του έχει απονεμηθεί το Βραβείο Millennium Technology 2010 για την εφεύρεση αυτή.

Η διάταξη της συγκεκριμένης κυψελίδας αποτελείται από ένα διαφανές αγωγίμο υπόστρωμα πάνω στο οποίο γίνεται απόθεση TiO_2 το οποίο παίζει το ρόλο της ανόδου. Στην επιφάνεια του TiO_2 προσροφάται κατάλληλος ευαισθητοποιητής και στη συνέχεια τοποθετείται ένα δεύτερο διαφανές αγωγίμο στρώμα το οποίο παίζει το ρόλο της καθόδου. Τέλος, μεταξύ των ηλεκτροδίων παρεμβάλλεται κάποιος ηλεκτρολύτης.

Η διαδικασία παραγωγής ενέργειας από τις ευαισθητοποιημένες φβ κυψελίδες με χρωστική περιγράφεται από τις παρακάτω αντιδράσεις. Τα μόρια της χρωστικής απορροφούν το φως που προσπίπτει στην κυψελίδα και διεγείρονται, με αποτέλεσμα ένα ηλεκτρόνιο να πάει στη ζώνη αγωγιμότητας του TiO_2 . Στη συνέχεια η χρωστική αναγεννάται μέσω της αντίδρασης 3 και επανέρχεται στην αρχική της κατάσταση.

Η αντίδραση 5 περιγράφει τη συνολική διαδικασία όπου μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι καμία χημική ουσία δεν παράγεται ή καταναλώνεται κατά τη λειτουργία της κυψελίδας. Τα DSSC κατασκευάζονται εύκολα, αξιοποιούν το φάσμα του ορατού φωτός και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή διαπερατών παραθύρων με ηλιακά κύτταρα (Εικόνα 6: Παράθυρο με DSSC.). Η υψηλότερη απόδοση που έχει επιτευχθεί μέχρι σήμερα είναι 11.10%.



Εικόνα 6: Παράθυρο με DSSC.

Οργανικά φωτοβολταϊκά κυττάρων

Τα οργανικά ηλιακά κύτταρα ή πλαστικά ηλιακά κύτταρα είναι ένας τύπος των φωτοβολταϊκών που χρησιμοποιεί οργανικά ηλεκτρονικά, σε ένα υποκατάστημα της ηλεκτρονικής που ασχολείται με αγωγή οργανικά πολυμερή ή μικρά οργανικά μόρια για την απορρόφηση του φωτός και της μεταφοράς φορτίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία από το φωτοβολταϊκό αποτέλεσμα. Ένα παράδειγμα ενός οργανικού φωτοβολταϊκού είναι το πολυμερές ηλιακό κύτταρο.

Τα οργανικά και τα πολυμερή ηλιακά κύτταρα κατασκευάζονται από λεπτά φιλμ (τυπικά 100nm) οργανικών ημιαγωγών όπως πολυμερή και ενώσεις μικρών μορίων. Η μεγαλύτερη απόδοση που έχει επιτευχθεί μέχρι τώρα είναι 4-5%. Δεδομένου ότι είναι σε μεγάλο βαθμό από συνθετικά υλικά, σε αντίθεση με το παραδοσιακό πυρίτιο, η κατασκευαστική διαδικασία είναι οικονομικά αποδοτική (υλικό χαμηλότερου κόστους, υψηλή απόδοση παραγωγής) με περιορισμένες τεχνικές δυσκολίες (δεν απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες ή υψηλές συνθήκες κενού).

Συνήθως το κύτταρο έχει μπροστά γυαλί, ένα διάφανο στρώμα επαφής από οξείδιο ινδίου και κασσίτερου (ITO), ένα αγωγίμο πολυμερές, ένα φωτοενεργό πολυμερές και τέλος το πίσω στρώμα επαφής (αλουμίνιο, άργυρος κ.α.). Λειτουργούν ικανοποιητικά τόσο με άμεση ακτινοβολία, όσο και σε συνθήκες διάχυτου φωτισμού.



Εικόνα 7: Ενσωμάτωση οργανικών φωτοβολταϊκών σε στάση λεωφορείου και σε ομπρέλα καφετέριας.

Σε αντίθεση με τα κύτταρα πυριτίου και αυτά των υπόλοιπων τεχνολογιών, τα οργανικά φωτοβολταϊκά συγκεντρώνουν ενέργεια από σχεδόν την ανατολή μέχρι τη δύση του ηλίου. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 7: Ενσωμάτωση οργανικών φωτοβολταϊκών σε στάση λεωφορείου και σε ομπρέλα καφετέριας, τα οργανικά φωτοβολταϊκά ξεκινούν να παράγουν ενέργεια νωρίτερα από τα φβ των άλλων τεχνολογιών και εξαιτίας της θετικής τιμής της θερμικής σταθεράς τους, η παραγόμενη ενέργειά τους αυξάνεται με πιο γρήγορο ρυθμό και παρουσιάζει αύξηση ακόμα και όταν η ενέργεια που παράγουν οι άλλες τεχνολογίες έχει σχεδόν σταθεροποιηθεί.

- Περοβσκήτη φωτοβολταϊκών κυττάρων

Ένα περοβσκήτη ηλιακό κύτταρο είναι ένα είδος ηλιακού στοιχείου το οποίο περιλαμβάνει περοβσκήτη σε δομημένη ένωση, με υβριδικά οργανικά και ανόργανο μόλυβδο ή κασσίτερο, υλικό αλογονιδίου με βάση, όπως το φως σε συγκομιδή με ενεργό στρώμα. Περοβσκήτη υλικά όπως αλογονίδια μόλυβδος μεθυλαμμώνιο είναι φθηνά για την παραγωγή και απλά στην κατασκευή.

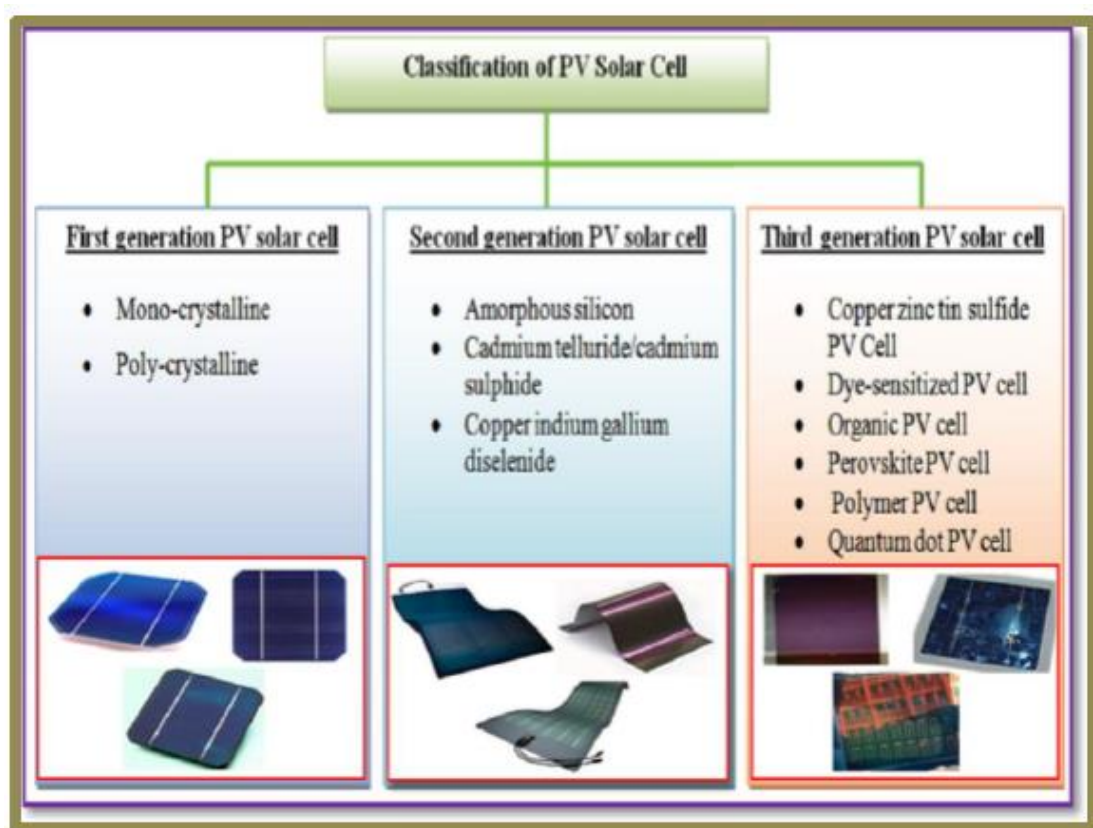
- Πολυμερές φωτοβολταϊκό κύτταρο

Ένα πολυμερές ηλιακό κύτταρο είναι ένας τύπος εύκαμπτων ηλιακών κυττάρων που γίνεται με πολυμερή, μεγάλα μόρια με επαναλαμβανόμενες δομικές μονάδες, που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία από το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Πολυμερές ηλιακά κύτταρα περιλαμβάνουν οργανικές ηλιακές κυψέλες (ονομάζεται επίσης

"πλαστικά ηλιακά κύτταρα»). Είναι ένας τύπος λεπτού φιλμ ηλιακών κυττάρων και περιλαμβάνουν την πιο σταθερή άμορφου πυριτίου ηλιακών κυττάρων.

- Φωτοβολταϊκό κύτταρο με κβαντική τελεία

Μια κβαντική τελεία ηλιακό κύτταρο είναι ένα ηλιακό κύτταρο σχεδιασμού που χρησιμοποιεί κβαντικές κουκίδες ως το απορροφητικό φωτοβολταϊκού υλικού. Επιχειρεί να αντικαταστήσει, υλικά όπως το πυρίτιο, Ίνδιο γάλλιο, χαλκός σεληνιούχο (CIGS) ή CdTe. Οι κβαντικές τελείες είναι ρυθμιζόμενες σε ένα ευρύ φάσμα των επιπέδων ενέργειας αλλάζοντας το μέγεθος των στιγμών» (Εικόνα 8: Ταξινόμηση των φωτοβολταϊκών ηλιακών κυττάρων.



Εικόνα 8: Ταξινόμηση των φωτοβολταϊκών ηλιακών κυττάρων.

Προϊόντα BIPVs

- Προϊόντα BIPVs σε ρολό

Προϊόντα BIPVs φύλλο είναι ελαφρύ και ευέλικτο, το οποίο είναι ευεργετικό σε σχέση με την εύκολη εγκατάσταση αλλά επικρατούν περιορισμοί για στέγες κτιρίων. Τα BIPVs προϊόντα ρολού έχουν χαμηλό συντελεστή πλήρωσης τόσο λόγω της χαμηλής απόδοσης και τις υψηλές αντιστάσεις των ευέλικτων thin-film ηλιακά κύτταρα. Ωστόσο, είναι δυνατόν να μεταβληθεί

ο βαθμός της κλίσης του προϊόντος αυτού σε μεγάλο βαθμό με την παροχή ευέλικτων λύσεων.

- Προϊόντα κεραμιδιού BIPVs

Τα BIPVs προϊόντα κεραμιδιού μπορούν να καλύψουν ολόκληρη την οροφή ή επιλεγμένα τμήματα της οροφής του κτιρίου. Είναι συνήθως τοποθετημένα σε ηλιακή μονάδα BIPVs με την εμφάνιση του προτύπου και να αντικαταστήσει έναν ορισμένο αριθμό παραδοσιακών κεραμιδιών στην οροφή του κτιρίου, επιτρέποντας έτσι την εύκολη μετασκευή του κτιρίου στις στέγες. Μερικά ηλιακά φωτοβολταϊκά κεραμίδια μπορούν να μοιάζουν με καμπύλα κεραμικά πλακίδια.

- Προϊόντα BIPVs πλαισίου

Οι BIPVs ηλιακών φωτοβολταϊκών προϊόντων ενότητα παρουσιάζονται να είναι κάπως παρόμοια με τα συμβατικά ηλιακά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Μερικά από τα προϊόντα BIPV μπορούν να αντικαταστήσει διάφορους τύπους στεγών, ή να ταιριάζουν με μια συγκεκριμένη οροφή που παράγεται από τον κατασκευαστή του. Αυτά τα συστήματα στήριξης αυξάνουν την ευκολία της ηλιακής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Υπάρχει ένα μεγάλο ποσό των ηλιακών φωτοβολταϊκών προϊόντων στην αγορά και κάποια από αυτά προωθούνται ως BIPVs ηλιακά προϊόντα, ενώ άλλα οικοδομικά προϊόντα δεν είναι πολύ συγκεκριμένα για το πώς είναι στην πραγματικότητα. Μερικά από τα προϊόντα της μονάδας BIPVs γίνονται πλαίσια με θερμομόνωση ή άλλα στοιχεία που περιλαμβάνονται στο σώμα.

- BIPVs προϊόντα υαλοπινάκων ηλιακού κυττάρου

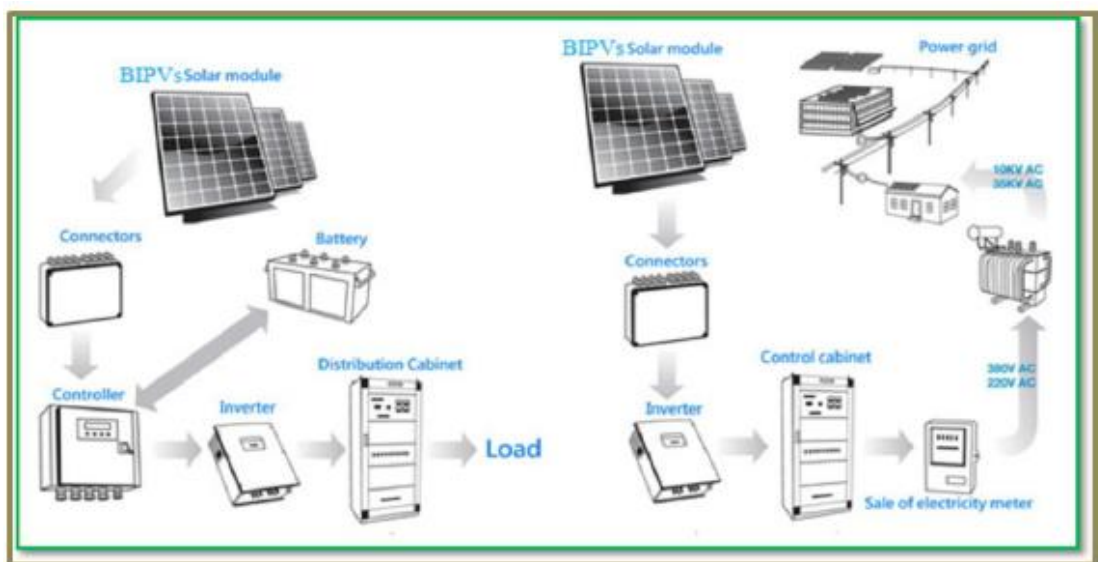
BIPVs όπως φωτοβολταϊκά ηλιακά προϊόντα κυττάρων σε τζάμια προσφέρει μια μεγάλη ποικιλία από επιλογές για τα παράθυρα, προσόψεις και στέγες. Διαφορετικά χρώματα, διαφάνειες και ημιδιαφάνειες μπορούν να κάνουν δυνατή πολλά διαφορετικά αισθητικά ευχάριστο αποτέλεσμα. Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά κύτταρα τζαμιών μεταδίδουν το φως του ήλιου, να χρησιμεύσει ως προστασία των υδάτων και του ήλιου.

Η απόσταση μεταξύ των ηλιακών φωτοβολταϊκών κυττάρων εξαρτάται από το απαιτούμενο επίπεδο διαφάνειας και τα κριτήρια για την παραγωγή ενέργειας. Ο χώρος μεταξύ των ηλιακών φωτοβολταϊκών κυττάρων εκπέμπει το διάχυτο φως της ημέρας. Ως εκ τούτου, τόσο σκίασης και φυσικό φωτισμό ημέρας παρέχονται ενώ παράγουν και ενέργεια. Οι κατασκευαστές ηλιακών φωτοβολταϊκών κυττάρων σε τζάμια προσφέρουν συνήθως

εξειδικευμένα προϊόντα όσον αφορά το μέγεθος, ηλιακό κύτταρο υλικό, το χρώμα, τη διαφάνεια και το ημιεπίπεδο διαφάνειας, δηλαδή την απόσταση μεταξύ των κυττάρων.



Εικόνα 9: Ταξινόμηση των BIPVs προϊόντων.



Εικόνα 10: Τεχνικός σχεδιασμός του συστήματος BIPV.

Χαρακτηριστικά των BIPVs

Τα ολοκληρωμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε κτήρια είναι διαθέσιμα σε διάφορες μορφές. Κάποια παραδείγματα αναφέρονται παρακάτω.

Επίπεδες στέγες

- το πιο ευρέως εγκαταστημένο μέχρι σήμερα είναι ένα άμορφο λεπτό φιλμ ηλιακών κυττάρων που ενσωματώνεται σε μία εύκαμπτη πολυμερής μονάδα η οποία έχει προσκολληθεί στη μεμβράνη στέγης χρησιμοποιώντας ένα συγκολλητικό φύλλο μεταξύ της ηλιακής μονάδας οπίσθιου φύλλου και της μεμβράνης στέγης.

Στέγες

- σχήματα πολλαπλών κεραμιδιών.
- Ηλιακά βότσαλα είναι ενότητες που έχουν σχεδιαστεί για να μοιάζουν και λειτουργούν σαν κανονικά βότσαλα, ενώ ενσωματώνονται σε ένα ευέλικτο κύτταρο λεπτής μεμβράνης.
- Επεκτείνεται η φυσιολογική ζωή στη στέγη προστατεύοντας με μόνωση και μεμβράνες από τις υπεριώδεις ακτίνες και την υποβάθμιση των υδάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με την εξάλειψη συμπύκνωσης επειδή το σημείο δρόσου διατηρείται πάνω από τη στεγανωτική μεμβράνη.

Πρόσοψη

- Προσόψεις μπορούν να εγκατασταθούν σε υπάρχοντα κτίρια, δίνοντας στα παλιά κτίρια μια εντελώς νέα εμφάνιση. Οι ενότητες αυτές τοποθετούνται στην πρόσοψη του κτηρίου, πάνω από την υπάρχουσα δομή, η οποία μπορεί να αυξήσει την ελκυστικότητα του κτιρίου και την αξία μεταπώλησης του.

Γζάμια

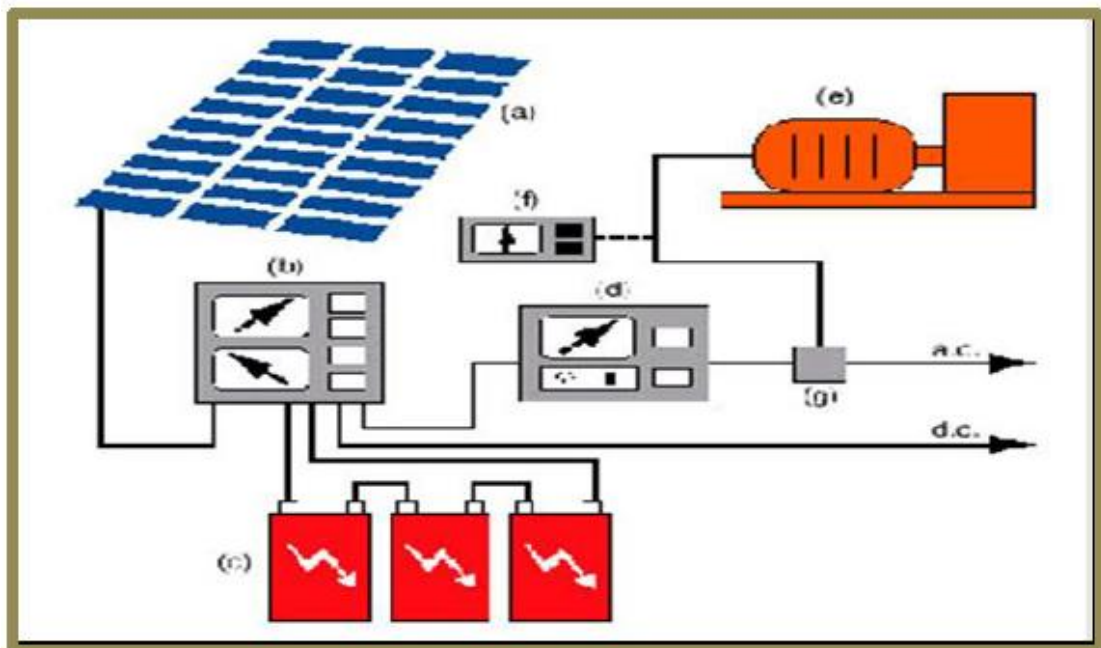
- (Ημι) διαφανές ενότητες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να αντικαταστήσουν μια σειρά από αρχιτεκτονικά στοιχεία που συνήθως γίνονται με γυαλί ή παρόμοια υλικά, όπως τα παρά-θυρα και οι φεγγίτες.

Κάποιες από τις ιδιότητες των BIPV είναι:

- Η υδατοστεγανότητα, η στεγανότητα που έχουν προέρχεται όχι από τις γυάλινες ιδιότητες αλλά από το σύστημα στήριξης που ενσωματώνει.
- Η θερμική μόνωση, όπου στα περισσότερα από τα κλίματα, το κτηριακό κέλυφος πρέπει να πληρεί ορισμένες απαιτήσεις όσον αναφορά την μόνωση. Το γυαλί με απανωτές στρώσεις Φωτοβολταϊκών μονάδων μπορεί να είναι μέρος των μονωμένων μονάδων υαλοπινάκων, που εκτελούν το πρότυπο που πρέπει.
- Η προστασία από τον ήλιο, με ηλιακούς συλλέκτες που μπορεί να είναι αδιαφανής ή ημιδιαφανής. Σε μονό ή πολυκρυσταλλικά πλαίσια, η απόσταση μεταξύ των κυττάρων μπορεί να τροποποιηθεί έτσι ώστε να επιτρέπει τη μεταβολή της σκίασης και της διαφάνειας. Σε μονάδες λεπτής μεμβράνης, πρόσθετες περικοπές κάθετα στις ταινίες των κυττάρων θα δημιουργήσει ένα ημιδιαφανές αποτέλεσμα. Επειδή οι ημιδιάφανες ενότητες απορροφούν λιγότερο φως, είναι λιγότερο αποτελεσματικές ανά μονάδα επιφανείας. Ως εκ τούτου, η απόδοση μειώνεται με την αύξηση της διαύγειας.

Ένα πλήρες σύστημα BIPV περιλαμβάνει:

- τις φωτοβολταϊκές μονάδες (το οποίο θα μπορούσε να είναι λεπτής μεμβράνης ή κρυσταλλική, διαφανή, ημιδιαφανή ή αδιαφανή).
- έναν ρυθμιστή φόρτισης, για να ρυθμίσει τη δύναμη μέσα και έξω από την τράπεζα αποθήκευσης της μπαταρίας (σε αυτόνομα συστήματα).
- ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, γενικά αποτελείται από το δίκτυο χρησιμότητας ή μια σειρά μπαταριών σε αυτόνομα συστήματα.
- εξοπλισμός μετατροπής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων ενός μετατροπέα για να μετατρέπεται η εξόδου DC των φωτοβολταϊκών μονάδων σε AC συμβατή με το δίκτυο κοινής ωφελείας.
- εφεδρική τροφοδοσία όπως γεννήτριες ντίζελ (προαιρετικό συνήθως χρησιμοποιείται σε αυτόνομα συστήματα).
- κατάλληλη υποστήριξη και τοποθέτηση ώστε να αποσυνδέει το υλικό, την καλωδίωση, και την ασφάλεια.



Εικόνα 11: Διάγραμμα του συστήματος BIPV.

Προκλήσεις και τα πλεονεκτήματα των BIPVs

Τα εμπόδια για την ένταξη των BIPV περιλαμβάνουν την έλλειψη του δημόσιου κώδικα της επίγνωσης, της πολιτική και της οικοδόμησης. Οι τιμές είναι μεταβλητές από την εφαρμογή, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της δομής του συστήματος, τον υπολογισμό του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως μετράται σε δολάρια ανά κιλοβατώρα μπορεί να είναι μια πρόκληση.

Ωστόσο, η αξία του συμψηφισμού των υφιστάμενων δαπανών οικοδομικών υλικών, συμπεριλαμβανομένης των ίδιων των υλικών, η μεταφορά, η εγκατάσταση και η συντήρηση πρέπει να είναι γνωστή, προκειμένου να εκτιμηθεί πραγματικά το κόστος ζωής της παραγωγής ενέργειας των BIPV. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται αθροίζοντας όλες τις δαπάνες που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της τεχνολογίας παραγωγής, διαιρούμενο με τις κιλοβατώρες ενέργειας που παράγεται κατά τη διάρκεια του έργου.

Πλεονεκτήματα του συστήματος BIPVs

Σε νέα κατασκευή του συστήματος BIPV, τα έξοδα κατασκευής αποδίδονται σε προσόψεις και τζάμια για ηλιακά προϊόντα. Αυτά τα προϊόντα BIPV (ταινίες, πλακάκια, ενότητα κλπ) πρέπει να αγοράζονται από τους προμηθευτές, να μεταφέρονται στην περιοχή και να εγκαθίστανται στη δομή του κτιρίου. Δεδομένου ότι οι δαπάνες αυτές περιλαμβάνονται ήδη στο κόστος των δομικών υλικών, το προστιθέμενο κόστος εξασφάλισης της φωτοβολταϊκής ικανότητα προϊόντων μειώνεται το κόστος της ίδιας της τεχνολογίας, ηλεκτρικών συνδεσιμότητα και αναστροφή.

Τέλος τα BIPV προϊόντα είναι τώρα διαθέσιμες σε παγκόσμιο επίπεδο στην αγορά και αν οι εγχώριοι προμηθευτές στην Ινδία είναι περιορισμένες. Συνολικά η τεχνολογία αυτή έχει ένα πολύ λαμπρό μέλλον στο επόμενο διάστημα, λόγω λειτουργικών χαρακτηριστικών του.

5.2 Τεχνολογίες BIPV

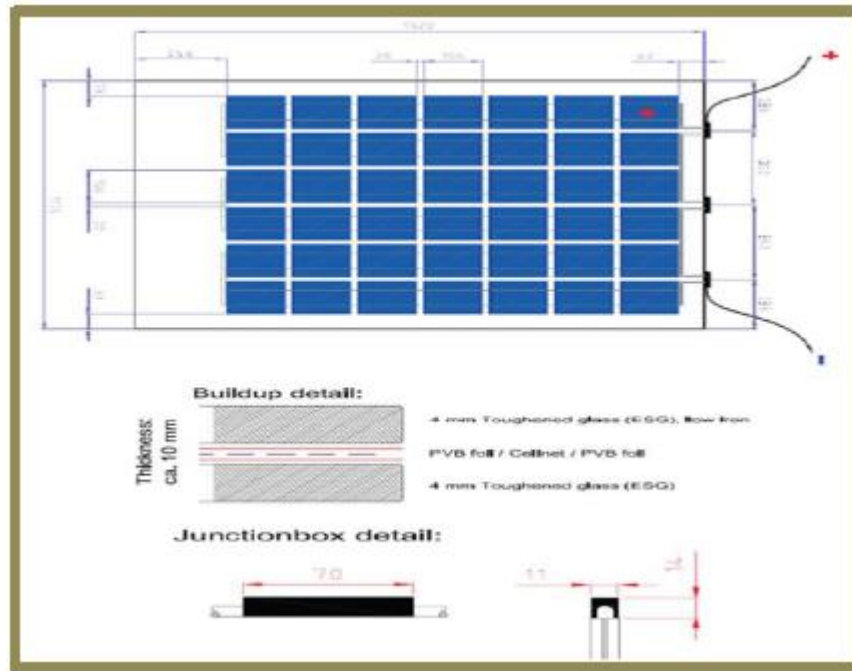
Κρυσταλλική τεχνολογία πυριτίου

Τα κύτταρα κρυσταλλικού πυριτίου είναι κατασκευασμένα από λεπτές φέτες κομμένα από ένα ενιαίο κρύσταλλο πυριτίου (μονοκρυσταλλικά) ή από ένα μπλοκ των κρυστάλλων πυριτίου (πολυκρυσταλλικά). Η αποδοτικότητά τους κυμαίνεται μεταξύ 12% και 20%. Είναι η πιο κοινή τεχνολογία, που αντιπροσωπεύουν περίπου το 90% της σημερινής αγοράς.

Οι δύο κύριοι τύποι κρυσταλλικών κύτταρα μπορούν να διακριθούν:

- Μονοκρυσταλλικά (μονο c-Si)
- Πολυκρυσταλλικά (ή Πολυκρυσταλλικές) (πολλαπλών c-Si)

Το τυπικό μέγεθος είναι 6' (156 mm), αν και 5' είναι διαθέσιμα σε ορισμένες περιπτώσεις.



Εικόνα 12: Σύνθεση γυαλιού και κουτί σύνδεσης, πλευρικό κουτί σύνδεσης (και οι δίοδοι ασφα-λείας).

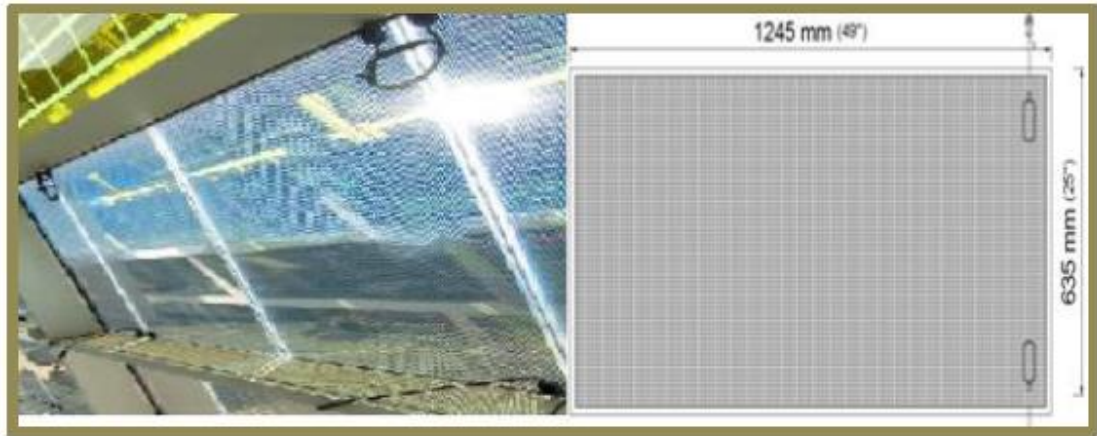
Τεχνολογία λεπτής μεμβράνης

Είναι μονάδες λεπτής μεμβράνης όπου κατασκευάζονται με την εναπόθεση εξαιρετικά λεπτών στρώσεων, φωτοευαίσθητων υλικών σε ένα υπόστρωμα χαμηλού κόστους όπως γυαλί, ανοξείδωτο χάλυβα ή πλαστικό. Οι διαδικασίες κατασκευής οδήγησαν σε μείωση του κόστους παραγωγής σε σύγκριση με την πιο εντατικό υλικό κρυσταλλικής τεχνολογίας, ένα πλεονέκτημα τιμής που αντισταθμίζεται από τα χαμηλότερα ποσοστά αποδοτικότητας (από 5% έως 13%). Ωστόσο, αυτό είναι μία μέση τιμή και όλες οι τεχνολογίες της λεπτής μεμβράνης δεν έχουν την ίδια απόδοση.

Τέσσερις τύποι λεπτής μεμβράνης (ανάλογα με το δραστικό υλικό που χρησιμοποιείται) είναι εμπορικά διαθέσιμες αυτή τη στιγμή:

- Άμορφο πυρίτιο (a-Si) (5-7%)
- Τελλουριούχου καδμίου (CdTe) (9-10%)
- Χαλκού ινδίου / γάλλιο Diselenide / δι σουλφιδίου (CIS, CIGS) (10-13%)
- Πολλαπλών κύτταρων διασταύρωσης (a-Si / m-Si)

Αν και CdTe, CIS, ενόητες CIGS μπορεί να επιτύχει μεγαλύτερη απόδοση από ότι αυτοί a-Si, πυρίτιο έχει το πλεονέκτημα ότι είναι εύκολα διαθέσιμα στη φύση. Τα λεπτά φιλμ έχουν καλύτερο συντελεστή θερμοκρασίας και μείωση της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας σε υψηλότερες θερμοκρασίες από ό,τι του κρυσταλλικού πυριτίου.



Εικόνα 13: Η τεχνολογία της λεπτής μεμβράνης.

Ευέλικτα κύτταρα

Με βάση μια παρόμοια διαδικασία παραγωγής για την αραίωση των κυττάρων φιλμ, όταν το ενεργό υλικό εναποτίθεται σε ένα λεπτό πλαστικό, το κύτταρο μπορεί να είναι ευέλικτο. Αυτό α-νοίγει το φάσμα των εφαρμογών, ειδικά για την ενοποίηση (στέγες, κεραμίδια) και εφαρμογές του τελικού καταναλωτή.



Εικόνα 14: Τεχνολογία ευέλικτων κυττάρων.

5.3 Τεχνολογίες (ημιδιαφανή, εύκαμπτα, photochrom, συμβατικά)

Οι αυξανόμενες παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες, τα περιβαλλοντικά προβλήματα αλλά και η ανάγκη για την αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων, στρέφουν ολοένα και περισσότερο το ενδιαφέρον σε νέες τεχνολογίες. Συνεπώς και τα φωτοβολταϊκά βελτιώνονται σταδιακά με βασικούς προσδιοριστικούς παράγοντες, την έρευνα, το κόστος, την απόδοση και το αναμενόμενο όφελος.

Σήμερα εκτελούνται πολλά έργα μέγιστης σημασίας που στόχο έχουν την προώθηση και εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών. Ένα από τα έργα που συμμετέχει και η Ελλάδα είναι το “DID-SOLIT”. Στόχος του έργου αυτού είναι η προώθηση και εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών, όπως επίσης και η τεχνογνωσία μεταβίβασης στον τομέα των ηλιακών συστημάτων που μπορούν να ενσωματωθούν σε δημόσια κτήρια και εγκαταστάσεις. Όλα αυτά βεβαίως θα πρέπει να επιτευχθούν μέσω της διασυνοριακής συνεργασίας του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, καθώς και της συνεργασίας μεταξύ των φορέων της Ισπανίας, της Ελλάδας, της Αιγύπτου και της Ιορδανίας, που συμμετέχουν στο συγκεκριμένο πρόγραμμα.

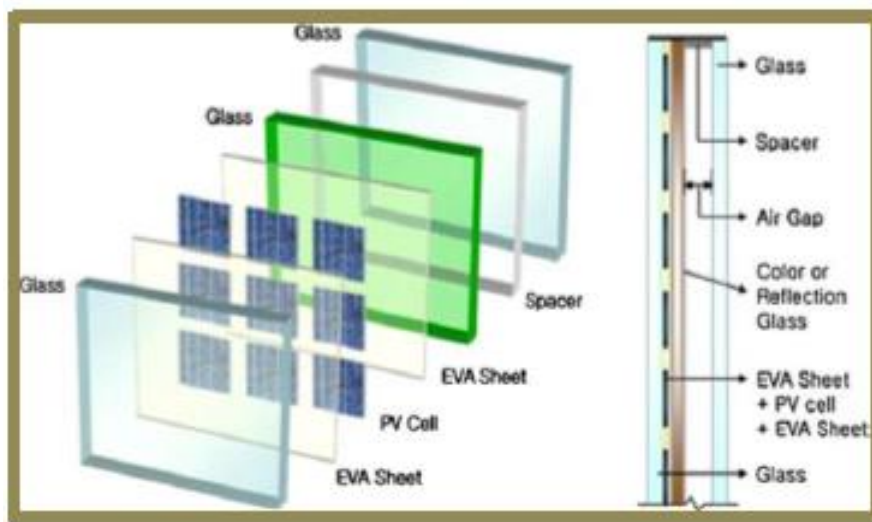
Επιπλέον ειδικοί στόχοι του έργου σχετίζονται σημαντικά με την βελτίωση των γνώσεων όσον αναφορά τις δυνατότητες της ανάπτυξης και συμβολής της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας των νέων ηλιακών και ενεργειακών τεχνολογιών, την αποκεντρωμένη διαχείριση, τις εφαρμογές μικρής κλίμακας σε εγκαταστάσεις, την χαρτογράφηση, την εκπόνηση μελετών σχετικά με το κλίμα, την κλίμακα εφαρμογής και το συγκριτικό κοινωνικό κόστος.

Επίσης το έργο αυτό σχετίζεται με την προώθηση και την ενθάρρυνση των περιοχών στόχων, μέσω του σχεδιασμού των κατάλληλων οικονομικών συνθηκών βιωσιμότητας για την ανάπτυξη των καινοτόμων ηλιακών συστημάτων, καθώς και μέσω του σχεδιασμού ειδικών χρηματοδοτικών μέσων για τις χώρες των μεσογειακών εταίρων και της αναζωογόνησης των ήδη υπάρχοντων χρηματοδοτήσεων που παρέχονται από τα αναπτυξιακά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (www.didsolit.eu). Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, οι καινοτόμες τεχνολογίες στην Ελλάδα χρήζουν την αναγκαιότητα της εφαρμογής τους και αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια. Στις παρακάτω ενότητες αναλύονται τα χαρακτηριστικά των νέων αυτών τεχνολογιών.

- Συμβατικά φωτοβολταϊκά στοιχεία για ηλεκτροπαραγωγή
- Ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά στοιχεία για ηλεκτροπαραγωγή
- Εύκαμπτα φωτοβολταϊκά στοιχεία για ηλεκτροπαραγωγή
- Παραβολικά κάτοπτρα για ηλεκτροπαραγωγή
- Κάτοπτρα με χρήση μηχανής Striling για ηλεκτροπαραγωγή
- Φωτοχρωμικά
- Ηλιακή ψύξη χώρων με δυνατότητα θέρμανσης αυτών και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.

Συμβατικά φωτοβολταϊκά στοιχεία για ηλεκτροπαραγωγή

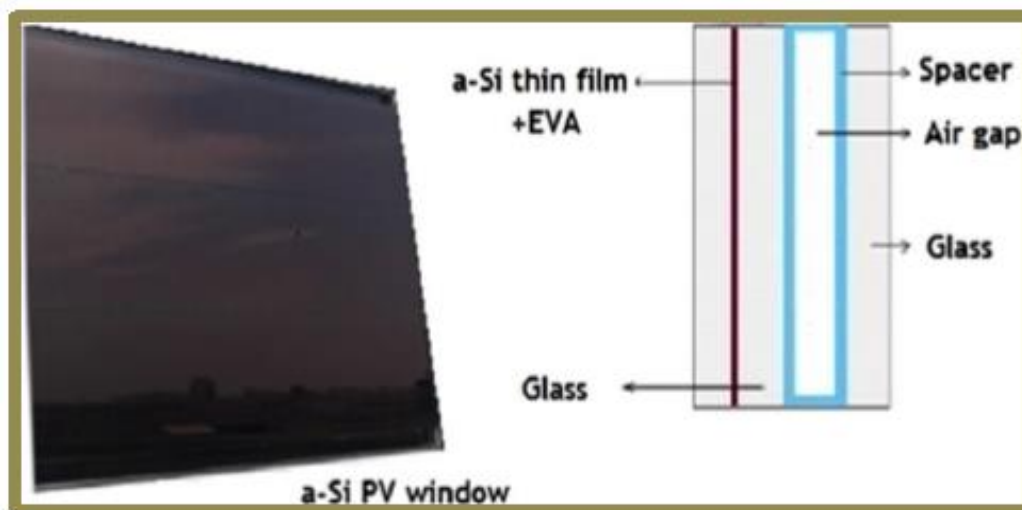
Τα κρυσταλλικά πυριτίου ηλιακά κύτταρα θεωρούνται ότι είναι μια καλά ανεπτυγμένη τεχνολογία. Υπάρχουν πολλές μελέτες στη βιβλιογραφία, όπου τα ημιδιαφανή c-Si ΦΒ χρησιμοποιήθηκαν για να αντικαταστήσουν τους παραδοσιακούς υαλοπίνακες σε σπίτια ή κτίρια. Ένα παράθυρο c-Si φωτοβολταϊκών κατασκευάζεται από ηλιακά κύτταρα έγκλειστα μεταξύ διαφανών υαλοπινάκων. Το υλικό που χρησιμοποιείται ευρέως για την ενθυλάκωση είναι το αιθυλένιο οξικού βινυλίου (EVA) φιλμ και των φωτοβολταϊκών κυττάρων σε σωστή απόσταση, ώστε να επιτευχθεί το απαιτούμενο επίπεδο διαφάνειας.



Εικόνα 15: Σχηματικό διάγραμμα ενός παραθύρου c-Si PV.

Η αποτελεσματικότητα αυτής της τεχνολογίας είναι από 16-22%, αλλά θεωρείται ότι είναι ακριβή τεχνολογία, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους των δίσκων πυριτίου. Δεδομένου ότι αυτά τα κύτταρα είναι τυπικά αδιαφανή, υπάρχουν επίσης σημαντικοί συμβιβασμοί από άποψη φωτισμού (σκιές στο εσωτερικό του κτηρίου) και περιορισμένη εξωτερική όψη. Από την άλλη πλευρά, τα χαρακτηριστικά μεταδόσεως του φωτός και οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας της μονάδας επηρεάζουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και τα φορτία ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου.

Η αύξηση της περιοχής που καλύπτεται από τα κύτταρα σε ημιδιαφανές ΦΒ οδηγεί σε μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μειωμένα κέρδη θερμότητας. Ωστόσο, ο φυσικός φωτισμός θα είναι περιορισμένος λόγω της σκίαση από τα ηλιακά κύτταρα. Ως εκ τούτου, μια ισορροπημένη λύση μεταξύ ηλιακού φωτός, κέρδος της ηλιακής θερμότητας και της ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται η οποία συνήθως βελτιστοποιείται από μελέτες προσομοίωσης.



Εικόνα 16: Σχηματικό διάγραμμα ενός παραθύρου a-Si PV που έχει εγκατασταθεί σε πρόσοψη κτιρίου.

Ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά στοιχεία για ηλεκτροπαραγωγή

Το ημιδιαφανές φωτοβολταϊκό γυαλί δημιουργείται, τοποθετώντας φωτοβολταϊκές κρυσταλλικές κυψέλες σε μία γυάλινη επιφάνεια. Υπολογίζοντας την απόσταση μεταξύ των κυψελών, αλλάζει και η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που το διαπερνά και προφανώς και η ένταση της σκίασης στο εσωτερικό του κτιρίου, καθώς επίσης παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Όσο μεγαλύτερη η απόσταση μεταξύ των φωτοβολταϊκών κρυσταλλικών κυψελών, τόσο μεγαλύτερη σε μέγεθος θα πρέπει να είναι και η γυάλινη διαφάνεια. Τα ημιδιαφανή πλαίσια τοποθετούνται στα ανοίγματα των παραθύρων ή άλλων επιφανειών και αφήνουν ελεγχόμενο ποσό ακτινοβολίας να διαπεράσει την εξωτερική επιφάνειά τους δεσμεύοντας μέρος της για ηλεκτροπαραγωγή. Χρησιμοποιούνται σε θερμοκήπια, κτήρια γραφείων, μεγάλους δημόσιους χώρους, ή και κατοικίες, ανοίγοντας το δρόμο για οικονομική και καθαρή ενέργεια.

Αποδίδουν ακόμα και να υπάρχει μερική σκίαση, προστατεύουν από την ηλιακή ακτινοβολία, παρέχουν διαπερατότητα και αποτελούν ένα ενισχυμένο κατασκευαστικά δομικό στοιχείο κρυστάλλου. Το περιβάλλον των πόλεων είναι κατάλληλο για τέτοιες πρακτικές και οι καινούργιες τεχνολογίες εκτός των άλλων συμβάλλουν και στην αισθητική ομορφιά.

Τα ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά είναι στοιχεία λεπτών υμενίων, με διαπερατότητα περίπου 10%. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους είναι η μικρή εξάρτηση από θερμοκρασία η οποία παρέχει σταθερή ισχύ εξόδου ανεξάρτητα από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι συλλέκτες δεν περιέχουν βαρέα μέταλλα συνεπώς είναι ιδιαίτερα φιλικό με το περιβάλλον. Αποτελούνται από εμπρόσθια γυάλινη επιφάνεια, κυψέλες, επίστρωση PVB και ενισχυμένο κρύσταλλο στο οπίσθιο μέρος.



Εικόνα 17: Ημιαδιαφανή φωτοβολταϊκά στοιχεία σε πρόσοψη κτιρίου (Πηγή: www.ecotimes.gr).

Εύκαμπτα φωτοβολταϊκά στοιχεία για ηλεκτροπαραγωγή

Η καινοτομία που παρέχουν τα εύκαμπτα φωτοβολταϊκά σχετίζεται με την ευελιξία της χρήσης τους. Είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να προσαρμόζονται στις διαφορετικές ανάγκες. Μπορούν να κοπούν εύκολα και να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με την διαθέσιμη έκταση. Επιπλέον, παρέχουν ευκολία για μαζική παραγωγή και είναι κατάλληλα για μεγάλες εφαρμογές. Τα πλεονεκτήματα αυτά προσπαθούν να εκμεταλλευτούν οι ερευνητές και να δημιουργήσουν όλο και πιο εξελιγμένες μορφές εύκαμπτων φωτοβολταϊκών.

Το άμορφο πυρίτιο, μια από τις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης, παράγεται με την εναπόθεση πυριτίου από ένα αέριο αντιδραστήριο, όπως το σιλάνιο (SiH_4) σε ένα υπόστρωμα γυαλιού. Ο τύπος ηλιακής κυψέλης υπό μορφή λεπτής μεμβράνης μπορεί να εφαρμοστεί ως μεμβράνη σε χαμηλού κόστους υπόστρωμα όπως για παράδειγμα γυαλί ή πλαστικό.

Μια παγκόσμια καινοτομία στα εύκαμπτα φωτοβολταϊκά ανέπτυξαν ερευνητές στην Κρήτη. Για πρώτη φορά παγκοσμίως αναπτύχθηκε μια μέθοδος, βασισμένη σε ακτινοβολία με δέσμη υπερβραχέων παλμών λέιζερ, για την απευθείας αναγωγή λεπτού στρώματος οξειδίου του γραφενίου πάνω σε πλαστικό και εύκαμπτο υπόστρωμα και την μετατροπή αυτού του σε υψηλά διαφανές και αγώγιμο υμένιο.

Το γραφένιο είναι ένα δισδιάστατο υλικό αποτελούμενο από άτομα άνθρακα, έχει μονοατομικό πάχος και ως εκ τούτου είναι διάφανο. Επιδεικνύει μεταξύ άλλων ιδιοτήτων, τη μεγαλύτερη δυσκαμψία και αντοχή από όλα τα γνωστά υλικά και εκπληκτική θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Εκτιμάται ότι θα φέρει επανάσταση στις τεχνολογίες πληροφορίας

επικοινωνίας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η απομόνωση/ ανακάλυψη του υλικού αυτού τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ Φυσικής το 2010. Αξίζει να σημειωθεί ότι με το γραφένιο πειραματίζονται σημαντικά Πανεπιστήμια όπως το MIT και το Στάνφορντ στις ΗΠΑ.

Αποδείχθηκε ότι τα υμένια που παρασκευάζονται με την τεχνική αυτή μπορούν να ενσωματωθούν επιτυχώς ως διάφανα ηλεκτρόδια σε οργανικές φωτοβολταϊκές κυψελίδες με υψηλότερη απόδοση σε σχέση με αυτές που προκύπτουν από άλλες προτεινόμενες μεθόδους. Συγκριτικό πλεονέκτημα της τεχνικής είναι ότι η αναγωγή λαμβάνει χώρα επί τόπου πάνω στο ευαίσθητο υπόστρωμα χωρίς να το καταστρέφει, ή να καταπονεί τις ιδιότητές του επηρεάζοντας την αυτοτέλειά του.

Επιπρόσθετα, η υπεροχή της εν λόγω τεχνικής πηγάζει από το γεγονός ότι είναι συμβατή με τεχνολογίες μαζικής εκτύπωσης οργανικών φωτοβολταϊκών σε ρολά που έχουν αρκετά χαμηλότερο κόστος από τις συμβατές τεχνολογίες πυριτίου, ενισχύοντας τις προοπτικές για την γρήγορη εμπορική αξιοποίηση των οργανικών φωτοβολταϊκών με κόστος μικρότερο του 0,36 €/Watt. Η εν λόγω καινοτόμα τεχνολογία στον χώρο των εύκαμπτων φωτοβολταϊκών πραγματοποιήθηκε μέσω της συνεργασίας μεταξύ των ερευνητικών ομάδων του Ινστιτούτου Ηλεκτρονικής Δομής και Λείζερ του ΙΤΕ με επικεφαλής τον τακτικό Ερευνητή Δρ. Στρατάκη Εμμανουήλ και του Κέντρου Τεχνολογίας Υλικών και Φωτονικής του ΤΕΙ Κρήτης με επικεφαλής τον Δρ. Κυμάκη Εμμανουήλ, τακτικό Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Ηλεκτρολογίας. (www.econews.gr).



Εικόνα 18: Εγκατεστημένα εύκαμπτα φωτοβολταϊκά συστήματα (Πηγή: www.solarserver.com)

Παραβολικά κάτοπτρα για ηλεκτροπαραγωγή

Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση των παγκόσμιων αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας, η έλλειψη σε ορυκτά καύσιμα και η ευαισθητοποίηση για την υπερθέρμανση του πλανήτη έχουν κάνει

την ηλιακή ενέργεια μια ελκυστική πηγή ενέργειας. Η βιομηχανία ηλιακής ενέργειας εισέρχεται πλέον σε μία φάση εκκίνησης.

Η συμπυκνωμένη τεχνολογία ηλιακής ενέργειας (CSP) είναι μια μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη συγκέντρωση ηλιακής θερμικής ενέργειας πάνω σε ένα δέκτη προκειμένου να θερμάνει ένα υγρό, το οποίο κυκλοφορεί μέσα στο δέκτη. Το ρευστό υπόκειται σε θερμοδυναμικό κύκλο, ο οποίος μετατρέπει την ηλιακή θερμική ενέργεια σε κινητική ενέργεια και, τέλος σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω μιας ηλεκτρικής γεννήτριας.

Με βάση την ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής, οι τεχνολογίες CSP μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις ομάδες. Ορίζεται ως μεγάλης κλίμακας πάντα πάνω από 1 MW, μεσαίας κλίμακας πάντα κάτω από 1 MW, μικρής κλίμακας πάντα κάτω από 500 kW και, τέλος, πολύ μικρής κλίμακας πάντα κάτω από 20 kW.

Η τεχνολογία αυτή μπορεί να χωριστεί σε δύο ομάδες, με βάση αν οι ηλιακοί συλλέκτες επικεντρώνονται στις ακτίνες του ήλιου κατά μήκος μιας εστιακής γραμμής ή σε ένα μόνο σημείο εστίασης.

- Συστήματα εστιακής γραμμής, τα οποία παρακολουθούν τον ήλιο κατά μήκος ενός μόνο άξονα και επικεντρώνονται σε έναν γραμμικό δέκτη, γεγονός που καθιστά απλούστερη την παρακολούθηση. Οι μέγιστες θερμοκρασίες που μπορούν να φτάσουν τα σημεία εστίασης των συστημάτων αυτών κυμαίνονται περίπου από 500 °C.
- Συστήματα σημείων εστίασης της τροχιάς του ήλιου σε δύο άξονες που επικεντρώνουν την ακτινοβολία σε ένα ενιαίο σημείο του δέκτη, το οποίο επιτρέπει υψηλότερες θερμοκρασίες, που κυμαίνονται άνω των 1000°C.

Τα παραβολικά κάτοπτρα συγκεντρώνουν το φως του ήλιου σε μια γραμμή εστίασης. Το ηλιακό πεδίο αποτελείται από πολλές παράλληλες σειρές των ηλιακών συλλεκτών. Οι σειρές αυτές τοποθετούνται στον άξονα τεταγμένων Νότου-Βορρά και χρησιμοποιεί σύστημα εντοπισμού ενός άξονα, ικανοποιητικό για βέλτιστη απόδοση. Η συγκεντρωμένη ηλιακή ενέργεια παραλαμβάνεται σε ένα ειδικό λάδι (ρευστό μεταφοράς θερμότητας) που τρέχει μέσω του σωλήνα απορρόφησης. Οι σειρές μπορεί να φτάνουν σε μήκος και τα 100 μέτρα με τη διάμετρο των κατόπτρων να ποικίλει από 5 μέχρι 6 μέτρα.

Η γωνία που είναι τοποθετημένα αλλάζει μέσα στη διάρκεια της μέρας προκειμένου να συνεχίζουν να εστιάζουν στις σωληνώσεις ανεξάρτητα από τη θέση του ήλιου. Στη συνέχεια το λάδι του οποίου η θερμοκρασία φτάνει περίπου τους 400 °C, περνάει μέσα από έναν εναλλακτική θερμότητας με αποτέλεσμα να δημιουργείται ατμός. Αυτός ο ατμός

χρησιμοποιείται για την κίνηση ατμοστροβίλων οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αφού χρησιμοποιηθεί από τους ατμοστρόβιλους το νερό υγροποιείται πάλι προκειμένου να κλείσει ο κύκλος και να επαναχρησιμοποιηθεί. Η συνολική αποδοτικότητα αυτής της μεθόδου είναι περίπου 15%.

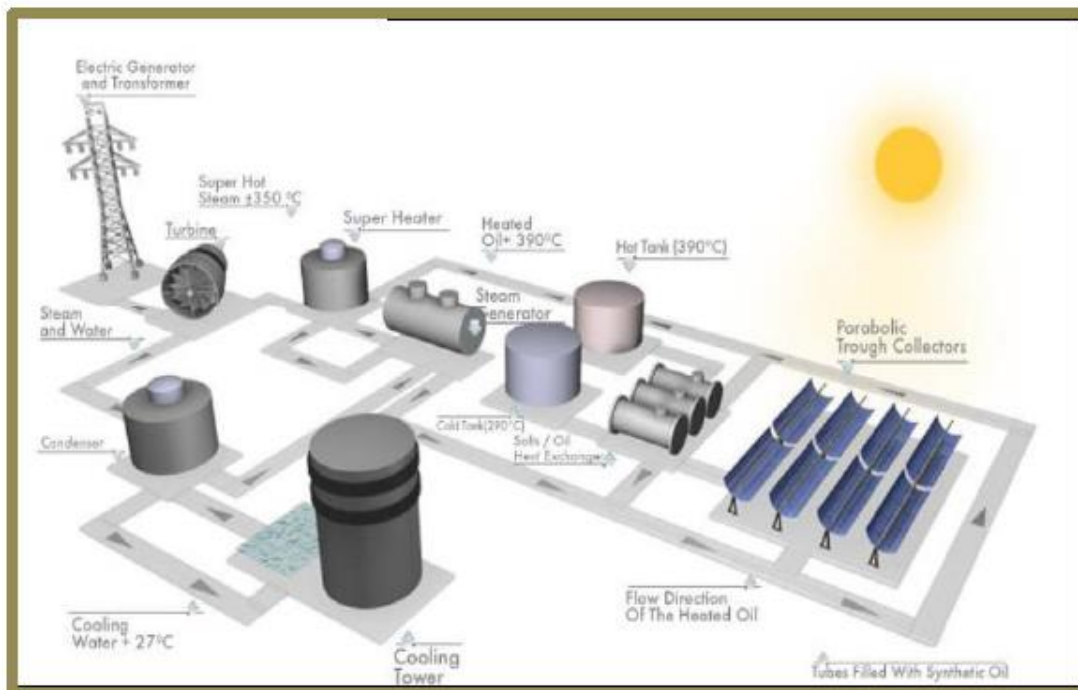
Αποτελείται από ένα υπόστρωμα με ένα ανακλαστικό στρώμα για την ανάκλαση της ηλιακής ενέργειας. Το υπόστρωμα που κρατά τον καθρέφτη στο σχήμα, είναι συνήθως από γυαλί. Το ανακλαστικό στρώμα, το οποίο συνήθως είναι από ασήμι ή αλουμίνιο, έχει σχεδιαστεί για να αντικατοπτρίζει το μέγιστο ποσό της ηλιακής ενέργειας. Το στρώμα παρεμβολή ενισχύει τη συνολική αντανάκλαση που μπορεί να αποτελείται από διάφορα υλικά, όπως σωματίδια οξειδίου.

Τέλος, ένα προστατευτικό επίχρισμα μπορεί να εφαρμοστεί στο ηλιακό καθρέφτη για να το προστατεύσει από τη διάβρωση και την τριβή. Υπάρχουν ήδη κάποιες εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν την παραπάνω μέθοδο όπως η «Nevada Solar One» με ονομαστική ισχύ 64 MW, οι εγκαταστάσεις στο Kramer Junction της California με ισχύ 33MW, η μονάδα «Andasol 1» στην Ισπανία με ονομαστική ισχύ 49,9 MW.

Τέλος σχετικά με την αξιοποίηση των παραβολικών κατόπτρων, τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν σχετίζονται με χαμηλότερες περιβαλλοντικές και αισθητικές επιπτώσεις λόγω του συμπαγούς σχεδίου κατασκευής, με χαμηλότερες απαιτήσεις γαιών ενώ παράλληλα δεν απαιτείται συντήρηση συνθετικού λαδιού. Το σύστημα tracker ενός άξονα διασφαλίζει χαμηλότερο κόστος κατασκευής και υψηλότερη αξιοπιστία. Ωστόσο, οι χαμηλές αποδόσεις μετατροπής ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική απαιτούν αυξημένα οπτικά στοιχεία, αυξάνοντας το κόστος εγκατάστασης.



Εικόνα 19: Παραβολική δομή.



Εικόνα 20: Σχηματική παραβολική τεχνολογία (Πηγή: www.didsolit.eu).

Κάτοπτρα με χρήση μηχανής Stirling για ηλεκτροπαραγωγή

Το σύστημα Stirling χαρακτηρίζεται από σπονδυλωτής κατασκευής (δηλαδή μια μονάδα μπορεί να αποτελείται από πολλαπλά κάτοπτρα μικρότερης διαμέτρου), αυτονομία λειτουργίας, και από μια εγγενή υβριδική δυνατότητα, δηλαδή μια ικανότητα να λειτουργίας είτε με ηλιακή ενέργεια, είτε με ορυκτά καύσιμα, είτε και με τα δύο μαζί. Οι DSS αποδόσεις συνήθως είναι μεταξύ 14% και 32%. Επιπλέον, το DSS μπορεί να επιτύχει θερμοκρασίες από 1500 έως 2000°C.

Ωστόσο, οι θερμοκρασίες που συνήθως εργάζονται είναι μεταξύ 600- 800°C . Επίσης τα συστήματα αυτά είναι τα πιο αποδοτικά συστήματα ηλιακής ενέργειας, ωστόσο, το μέγεθός τους τυπικά κυμαίνεται από 5 έως 15m σε διάμετρο ή 5 έως 25kW ανά πιάτο. Η αρχή λειτουργίας ενός DSS είναι να συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία, μέσα από μια παραβολική κεραία, ανακλαστήρα σε έναν δέκτη. Ο δέκτης απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπει σε μια θερμική ενέργεια.

Στη συνέχεια, αυτή η ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια μέσω της μηχανής Stirling και τελικά μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω μίας ηλεκτρικής γεννήτριας. Πιο συγκεκριμένα η μηχανή Stirling, μετατρέπει την ηλιακή σε περιστροφική ενέργεια κινώντας με αυτό τον τρόπο μια ηλεκτρική γεννήτρια. Παράγει την περιστροφική κίνηση θερμαίνοντας αέριο υδρογόνο το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιεί για την κίνηση ενός πιστονιού. Το πιστόνι κινεί έναν στροφαλοφόρο άξονα ο οποίος συνδέεται με την ηλεκτρογεννήτρια.

Επίσης το σύστημα μπορεί να παράγει ζεστό νερό με χρήση της υπολειμματικής θερμικής ενέργειας. Έχειδειχθεί ότι η ιδανική μηχανή Stirling έχει τη μέγιστη μηχανική απόδοση μέσα σε μια δίκαιη τάξη σύγκρισης των παλινδρομικών μηχανών. Στον ιδανικό κύκλο Stirling, το εργαζόμενο αέριο είναι εναλλάξ δηλαδή, θερμαίνεται και ψύχεται από δύο σταθερές θερμοκρασίες και δύο διαδικασίες σταθερού όγκου. Επιπλέον, οι μηχανές Stirling συνήθως ενσωματώνουν για ενίσχυση έναν αναγεννητή απόδοσης που συλλαμβάνει τη θερμότητα κατά τη διάρκεια σταθερού όγκου ψύξης και αντικαθιστάται όταν το αέριο θερμαίνεται σε σταθερό όγκο πάντα.

Το θετικό στοιχείο αυτής της μεθόδου εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας είναι πως έχει την υψηλότερη αποδοτικότητα. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ατομικά μια μονάδα, είτε μαζικά με πολλές ίδιες μονάδες τοποθετημένες στον ίδιο χώρο. Το βασικότερο ίσως θετικό χαρακτηριστικό της όμως είναι πως έχει ελάχιστες απαιτήσεις σε νερό.

Περισσότερα πλεονεκτήματα αναφέρονται παρακάτω:

- Μέγιστο δυναμικό απόδοσης για μια θερμική μηχανή που λειτουργεί μεταξύ του ίδιων θερμοκρασιών.
- Ευέλικτη χρήση καυσίμων όπως η βιομάζα, ηλιακή, γεωθερμική ενέργεια, η θερμότητα των αποβλήτων, καθώς και τα ορυκτά καύσιμα.
- Χαμηλή ποσότητα οξειδίων του αζώτου σε σύγκριση με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης.
- Αθόρυβα και ελάχιστη δόνηση.
- Χωρίς πιστόνια οι μηχανές Stirling έχουν πολύ υψηλή αξιοπιστία.
- Επιτρέπουν τη λειτουργία ως ένα ψυγείο ή μια αντλία θερμότητας.
- Έχουν την υψηλότερη ειδική ισχύ για οποιοδήποτε αναγεννητή κλειστού κύκλου

Βέβαια έχουν και μειονεκτήματα όπως:

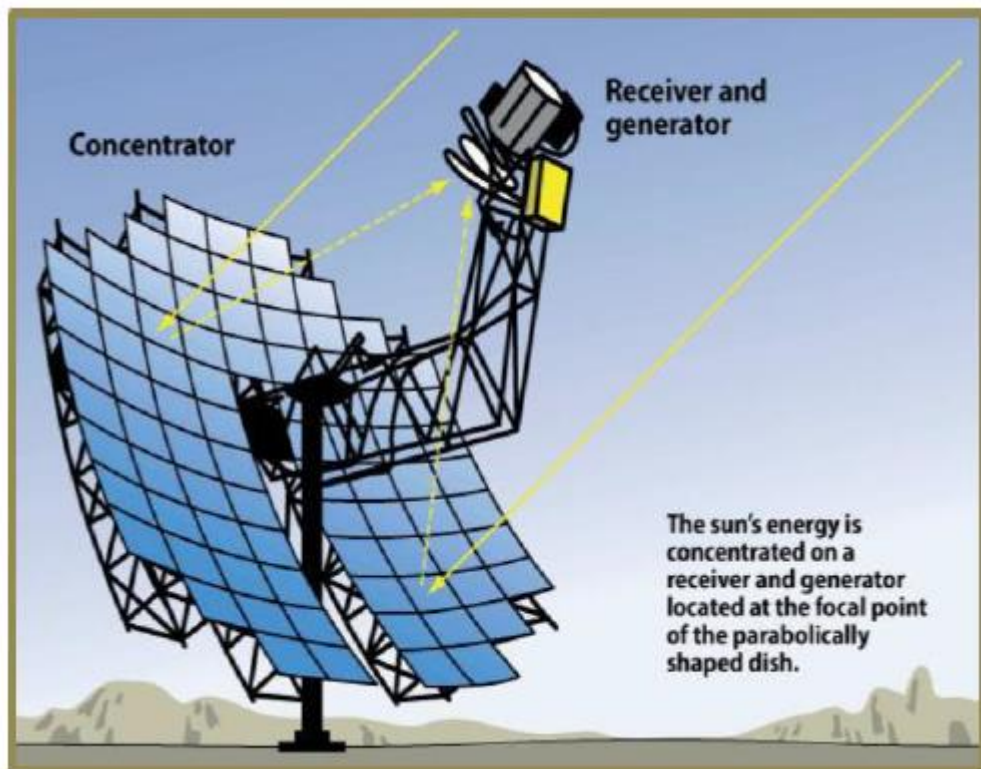
- Αργή απόκριση σε μια αύξηση ή μείωση του φορτίου.
- Πρέπει να υπάρχει αυτονομία συστήματος ώστε το πιάτο κατόπτρων να είναι πάντα στραμμένο προς τον ήλιο.
- Συννεφιά, ή άλλων καιρικών συνθηκών, όπου δεν υπάρχει επαφή με τον ήλιο.

Οι μηχανές Stirling μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο διαφορετικούς τύπους, διατηρώντας το ίδιο θερμοδυναμικό καθεστώς:

Κινηματική: Το έμβολο δύναμης μιας κινηματικής μηχανής Stirling συνδέεται μηχανικά σε ένα περιστρεφόμενο άξονα εξόδου. Εάν υπάρχει ένα ξεχωριστό έμβολο εκτόπισης αερίου, η μηχανή είναι συνδεδεμένη με τον άξονα εξόδου.

Μηχανές χωρίς πιστόνι: Το έμβολο τροφοδοσίας δεν είναι μηχανικά συνδεδεμένο με έναν άξονα εξόδου. Αναπηδά εναλλάξ μεταξύ του χώρου που περιέχει το αέριο εργασίας και το ελατήριο. Η συχνότητα αυτή καθορίζεται από το ελατήριο και το σύστημα μάζας. Ένας μαγνήτης είναι συνδεδεμένος με το έμβολο ισχύος ώστε να είναι σε θέση να εξάγει την ηλεκτρική ενέργεια.

Η μηχανή αυτή λοιπόν είναι απλούστερη, φθηνότερη και πιο ανθεκτική, αλλά και πιο δύσκολη να ελεγχθεί, καθώς κινείται ελεύθερα, έτσι ώστε ο σχεδιασμός να είναι πολύ ακριβή.



Εικόνα 21: Σύστημα Stirling (Πηγή: www.didsolit.eu).

Φωτοχρωμικά, Θερμοχρωμικά

Τα φωτοχρωμικά (Photochromic), ανάλογα με την ένταση του φωτός σκουραίνουν, ή θαμπώνουν. Αυτό συμβαίνει διότι η εσωτερική επιφάνεια ή η μοριακή φασματική απορροφητικότητα της ορατής στο μάτι ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μετατρέπεται μέσω μιας περιβαλλοντικής αλλαγής (ηλιακή ακτινοβολία, θερμοκρασία επιφάνειας) ή μιας ευθείας εισροής ενέργειας στο υλικό (εναλλασσόμενο ρεύμα, τάση) (Εικόνα 22: Τα κρύσταλλα χαμηλής εκπομπής αντανακλούν τη θερμική ενέργεια ενώ επιτρέπουν τη διέλευση του ορατού φωτός. Έτσι, το καλοκαίρι αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου, ενώ το χειμώνα

η ορατή ηλιακή ακτινοβολία που σχηματίζει χαμηλότερη γωνία εισέρχεται στο εσωτερικό και απορροφάται ως θερμότητα.

Οι εξωτερικοί παράγοντες, όπως έχει προαναφερθεί, που επηρεάζουν την αντίληψη του χρώματος είναι πολλοί. Το χρώμα είναι πρωταρχικά μια ιδιότητα του φωτός. Κάθε στιγμιαίο φως μπορεί να χαρακτηριστεί από τη φασματική διανομή του ηλεκτρομαγνητικού του μήκους κύματος. Οι επιφάνειες μπορούν μόνο να αντανακλούν, απορροφούν ή να μεταδίδουν τα μήκη κύματος που είναι διαθέσιμα και ως εκ τούτου είναι πάντοτε αφαιρετικές. Το ανθρώπινο μάτι είναι επίσης μια αφαιρετική επιφάνεια, όμως αυτό το κάνει συγκριτικά. Ως εκ τούτου, ανάλογα με τις κατανομές φάσματος και έντασης μέσα στο οπτικό πεδίο, το χρώμα μπορεί να είναι σχετικό μέσα στα πλαίσια του ανθρώπινου ματιού. Το γεγονός ότι το χρώμα που παρατηρείται σε ένα αντικείμενο εξαρτάται επίσης από την εσωτερική οπτική ποιότητα του υλικού είναι άμεσου ενδιαφέροντος.

Στη μελέτη που έχει ήδη γίνει για τις θεμελιώδεις ιδιότητες του υλικού σημειώθηκε ότι οι ατομικές δομές περιλαμβάνουν αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Δεδομένου ότι το φως περιλαμβάνει πρωταρχικά ενεργειακά ερεθίσματα, αντιδρά με τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια που περιέχονται σε ένα υλικό. Ανάλογα με την κρυσταλλώδη ή μοριακή δομή ενός υλικού, το φως που αποπειράται να διαπεράσει μπορεί να υποστεί καθυστέρηση, αποπροσανατολισμό, απορρόφηση ή μετατροπή σε άλλου τύπου ενέργεια. Η ακριβής κρυσταλλώδη ή μοριακή δομή του υλικού θα καθορίσει ποια από αυτές τις πιθανές συμπεριφορές θα λάβει χώρα, και με τη σειρά του θα καθορίσει ποια μήκη κύματος του φωτός μεταβάλλονται με κάποιο τρόπο (που με τη σειρά του επηρεάζει την αντίληψη του χρώματος του υλικού). Είναι πολύ ενδιαφέρον το γεγονός ότι η μοριακή δομή που συναντάται πρώτα στην επιφάνεια ενός υλικού είναι αυτή που καθορίζει την επακόλουθη συμπεριφορά.

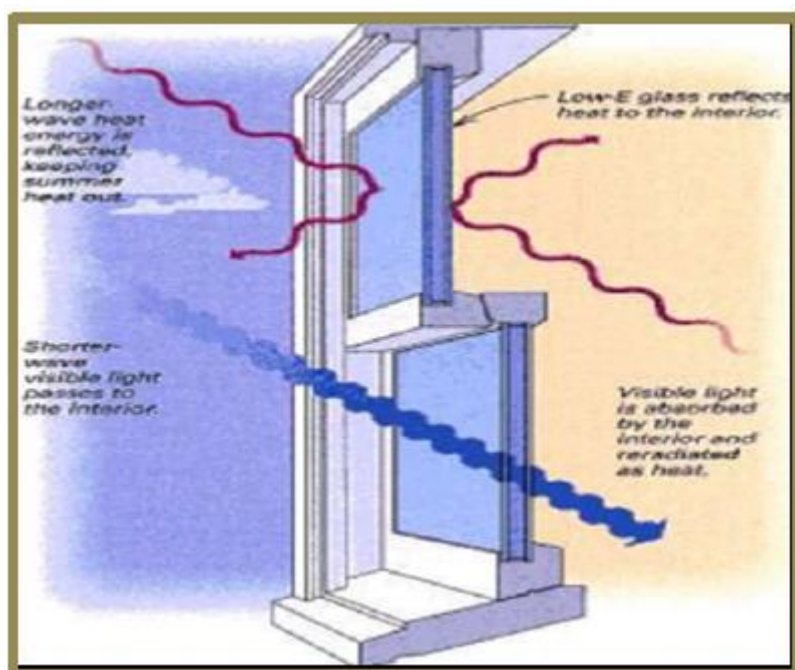
Τα φωτοχρωμικά υλικά απορροφούν ακτινοβολούμενη ενέργεια που προκαλεί μια αναστρέψιμη αλλαγή του μοναδικού χημικού δείγματος μεταξύ δύο διαφορετικών καταστάσεων ενέργειας, όπου και οι δύο έχουν διαφορετικά φάσματα απορροφητικότητας. Τα φωτοχρωμικά υλικά απορροφούν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια στην υπεριώδη περιοχή για να παραχθεί μια εσωτερική μεταβολή της ιδιότητας. Ανάλογα με την τυχαία ενέργεια, το υλικό εναλλάσσεται μεταξύ των αντανακλαστικά και απορροφητικά επίλεκτων μερών του ορατού φάσματος. Το μόριο που χρησιμοποιείται για τις φωτοχρωμικές βαφές εμφανίζεται άχρωμο στην μη ενεργοποιημένη μορφή του.

Όταν εκτίθεται σε φωτόνια ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος, η μοριακή δομή μετατρέπεται σε μια διεγερμένη κατάσταση, και έτσι ξεκινά να αντικατοπτρίζει σε

μεγαλύτερα μήκη κύματος στο ορατό φάσμα. Όταν φεύγει η υπεριώδης πηγή (UV), το μόριο θα επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Μία αντιπροσωπευτική φωτοχρωμική μεμβράνη, για παράδειγμα, μπορεί να είναι αναγκαστικά διαφανής και άχρωμη μέχρι να εκτεθεί στο φως του ήλιου, όταν η μεμβράνη ξεκινά επιλεκτικά να αντικατοπτρίζει ή να μεταδίδει συγκεκριμένα μήκη κύματος (όπως το διαφανές μπλε). Η έντασή του εξαρτάται από την ευθύτητα της έκθεσης. Επανέρχεται στην αρχική του άχρωμη κατάσταση στο σκοτάδι, όταν δεν υπάρχει το φως του ήλιου.

Τα φωτοχρωμικά υλικά χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών. Τα βλέπουμε να χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ πεδίο καταναλωτικών προϊόντων, όπως τα γυαλιά ηλίου που αλλάζουν το χρώμα τους. Στην αρχιτεκτονική, έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες επεξεργασίες παραθύρων ή προσόψεων, όχι πάντοτε με μεγάλη επιτυχία, προκειμένου να ελέγχουν την ηλιακή ωφέλεια και να μειώσουν την αντηλιά.

Σε γενικές γραμμές, αυτές οι εφαρμογές δεν έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές λόγω της βραδύτητας της αντίδρασης και των προβλημάτων ως προς το κέρδος της θερμότητας.



Εικόνα 22: Τα κρύσταλλα χαμηλής εκπομπής αντανακλούν τη θερμική ενέργεια ενώ επιτρέπουν τη διέλευση του ορατού φωτός. Έτσι, το καλοκαίρι αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου, ενώ το χειμώνα η ορατή ηλιακή ακτινοβολία που σχηματίζει χαμηλότερη γωνία εισέρχεται στο εσωτερικό και απορροφάται ως θερμότητα (Πηγή: www.domika.gr).

Ηλιακή ψύξη χώρων με δυνατότητα θέρμανσης αυτών και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης

Για τις οικιστικές και εμπορικές εφαρμογές η ηλιακή θέρμανση & Ψύξη (SHC) τεχνολογίες συλλέγουν τη θερμική ενέργεια από τον ήλιο και χρησιμοποιούν αυτή τη θερμότητα για παροχή ζεστού νερού χρήσης, θέρμανση χώρου και ψύξη ή θέρμανσης πισίνας. Αυτές οι

τεχνολογίες εκτοπίζουν την ανάγκη χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας ή φυσικού αερίου. οι απαιτήσεις σε ψύξη ενός κτιρίου συμπίπτει με την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία.

Τα συστήματα ηλιακής ψύξης (Εικόνα 23: Λειτουργία ηλιακής ψύξης (Πηγή: www.didsolit.eu.) έχουν το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιούν απολύτως αβλαβή ρευστά όπως το νερό, ή διαλύματα αλάτων για την λειτουργία τους. Είναι ενεργειακά αποδοτικά και περιβαλλοντικά φιλικά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως αυτόνομα συστήματα, είτε σε συνδυασμό με συμβατικό κλιματισμό, για να βελτιώσουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας του εσωτερικού όλων των τύπων κτιρίων. Ο κύριος στόχος είναι να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες «μηδενικών εκπομπών» με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂.

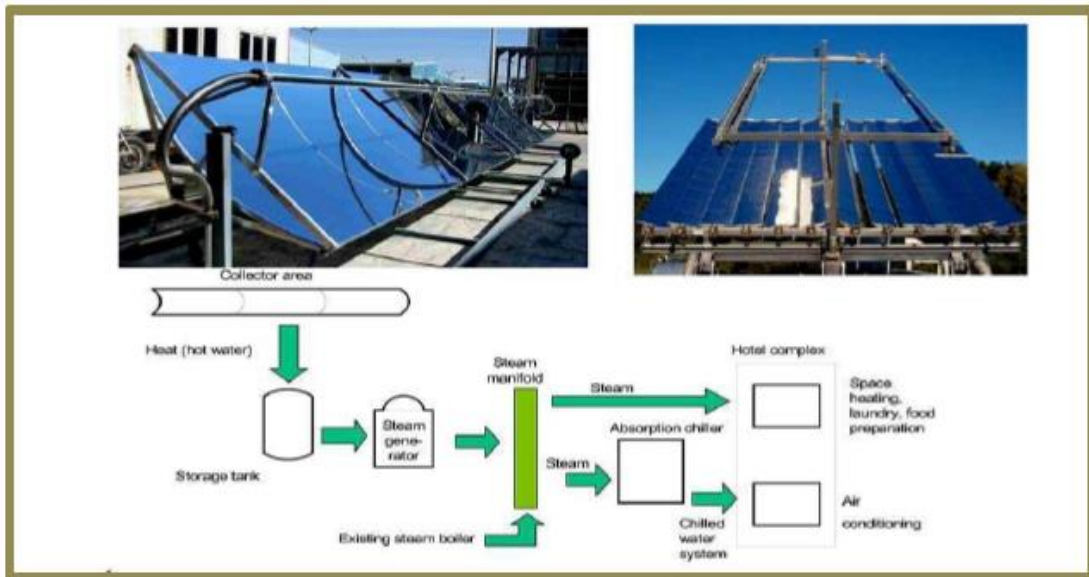
Λίγες εταιρίες στην Ευρωπαϊκή έχουν καθιερώσει τα τελευταία χρόνια στην αγορά ηλιακά συστήματα ψύξης μικρής χωρητικότητας έως ψυκτική ικανότητα 30 kW. Αυτά τα ηλιακά συστήματα ψύξης περιλαμβάνουν βασικούς θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες με συνημμένα, ζεστό νερό αποθήκευσης, αντλία, ψύκτη, εκ νέου ψύκτη και εν μέρει κρύο νερό αποθήκευσης και ελέγχου του συστήματος.

Στα συστήματα ψύξης, η ισχύς των ψυκτών επιλέγεται με βάση τα θερινά ψυκτικά φορτία, τα οποία είναι το άθροισμα όλων των ψυκτικών φορτίων, εσωτερικών και εξωτερικών, τα οποία έχουν επιπτώσεις στη θερμική ισορροπία μεταξύ του κτιρίου, του περιβάλλοντος χώρου καθώς και όλων των άλλων γειτονικών κτιρίων που δεν κλιματίζονται. Το καλοκαίρι, το ποσό θερμότητας που εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως για παράδειγμα η ηλιακή ακτινοβολία, που μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Το ψυκτικό φορτίο επηρεάζεται πολύ από τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους. Ένα σύστημα ψύξης σχεδιασμένο, για την κάλυψη των αναγκών τους θερινούς μήνες, πρέπει να είναι σε θέση να απάγει την αισθητή αλλά και τη λανθάνουσα θερμότητα από το κτίριο.

Η σύγκριση μιας ηλιακής τεχνολογίας με κάποια συμβατική μπορεί να γίνει μόνο αν τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά κόστη (με εξωτερικά κόστη, κόστη διανομής και έμμεσα κόστη) συμπεριλαμβάνονται σε κάθε περίπτωση. Επιπλέον, πρέπει να ληφθεί υπόψη η αδυναμία πρόβλεψης της τιμής των συμβατικών καυσίμων για μεγάλη χρονική περίοδο. Γενικά, για τις τεχνολογίες εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας μπορούμε να διακρίνουμε ότι: το κόστος τους μειώνεται καθώς εισάγονται στη μαζική παραγωγή είναι ήδη τεχνικά ώριμες για να ικανοποιήσουν τις καταναλωτικές ανάγκες είναι φιλικότερες προς το περιβάλλον σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω κρίνεται αναγκαία η ύπαρξη επενδυτικών κινήτρων, καθώς και η καθιέρωση ενεργειακού φόρου που θα βοηθούσε να απεικονισθεί το συνολικό

περιβαλλοντικό κόστος των συμβατικών καυσίμων. Σε πολλές χώρες οι διαθέσιμες επιχορηγήσεις καθιστούν την επένδυση ελκυστικότερη (www.cres.gr).



Εικόνα 23: Λειτουργία ηλιακής ψύξης (Πηγή: www.didsolit.eu).

5.4 Αρχιτεκτονική ενσωμάτωση-βιοκλιματικά χαρακτηριστικά

Το στόχαστρο της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η ένταξη του κτιρίου στο φυσικό περιβάλλον χρησιμοποιώντας το εκάστοτε τοπικό κλίμα. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται η ενεργειακή κατανάλωση και δεν διαταράσσεται η θερμική άνεση των χρηστών. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι σημαντική και ικανή ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης που έχουν οριστεί, καθώς επίσης μπορεί να εντάξει με αρμονικό τρόπο το δομημένο κτήριο στο φυσικά διαθέσιμα.

Η ένταξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο κτιριακό κέλυφος απασχολεί έντονα μελετητές και διεθνείς οργανισμούς για περισσότερο από δύο δεκαετίες. Τα ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μια λύση που ενισχύει την πολλαπλή λειτουργία του κελύφους και αφορά υφιστάμενες και νέες κατασκευές. Με την τεχνολογική πρόοδο στην εξέλιξη κατάλληλων προϊόντων, εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, γίνεται πλέον δυνατή η χρήση τους με ποικίλους τρόπους που καθιστούν πιο ενδιαφέρουσα την αρχιτεκτονική σύνθεση.

Τα ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα σε κελύφη κτηρίων έχουν πλεονεκτήματα σε σχέση με τις εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας (π.χ. των φωτοβολταϊκών πάρκων) ή τα μη ενσωματωμένα συστήματα. Ένα βασικό ζήτημα είναι ότι η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται στο σημείο κατανάλωσης και κατά συνέπεια όχι μόνο δεν επιβαρύνει το δίκτυο διανομής αλλά μπορεί και να το υποστηρίζει στις ώρες αιχμής. Επομένως στις πυκνοκατοικημένες περιοχές

η εφαρμογή ανάλογων εγκαταστάσεων σχετικά μεγάλης κλίμακας μπορεί να γίνει μόνο με πολλά μικρότερα φωτοβολταϊκά συστήματα εγκατεστημένα στο δομημένο περιβάλλον, δεδομένου ότι δεν υπάρχει διαθέσιμη ελεύθερη γη ή είναι πολύ ακριβή. Επιπλέον τα ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα προσδίδουν παράλληλα ένα ιδιαίτερο αρχιτεκτονικό ύφος, διότι ενσωματώνουν καινοτόμες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος στα ίδια τα κτήρια.

Στην τυπολογία ενσωμάτωσης διακρίνονται 3 γενιές προϊόντων στη εξέλιξη των φωτοβολταϊκών. Στη πρώτη γενιά προϊόντων τα συστήματα δεν έχουν σχεδιαστεί για κτηριακή ενσωμάτωση, παρόλα αυτά τοποθετούνται σε αυτά κυρίως σε στέγες ή σε επίπεδα δώματα που εξασφαλίζουν την επιθυμητή κλίση. Το τελικό αποτέλεσμα στερείται αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος. Στη δεύτερη γενιά οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες αντικαθιστούν τα συμβατικά δομικά υλικά και παρέχουν πολλές επιλογές ενσωμάτωσης. Τέλος στην τρίτη γενιά ανήκουν τα προϊόντα τελευταίας τεχνολογίας λεπτών υμενίων που μπορούν να αναπτυχθούν σε εύκαμπτα υποστρώματα και έχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής. Επομένως πριν από κάθε σχεδιασμό κτηρίου είναι αναγκαίο να γίνεται μια διερεύνηση εφαρμόσιμης λύσης η οποία αργότερα θα εξεταστεί για το αν διαμορφώνει το ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου.

Η τυπολογία της ενσωμάτωσης υποδεικνύει δύο βασικές θέσεις στο κτηριακό κέλυφος. Αρχικά είναι οι εφαρμογές στις οροφές οι οποίες αποδεικτικά έχουν τις καλύτερες αποδόσεις διότι αποφεύγεται η ανεπιθύμητη σκίαση και είναι λιγότερο απαιτητικές στη τοποθέτηση τους. Οι εφαρμογές στις όψεις των κτηρίων από την άλλη έχουν βέλτιστη απόδοση ανάλογα όμως με το γεωγραφικό πλάτος.

Τα αρχιτεκτονικά κριτήρια ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών συστημάτων στα κτιριακά κελύφη άρχισαν να εξετάζονται συστηματικά στη δεκαετία του '90. Μέχρι τότε, το πρωταρχικής σημασίας κριτήριο ήταν η απόδοση του συστήματος. Στην πράξη αποδείχτηκε πως ο ρόλος του αρχιτέκτονα είναι πολύ σημαντικός, γιατί η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων πρέπει να γίνεται στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού και όχι ως μια επέμβαση εκ των υστέρων. Ο σχεδιασμός των ενσωματωμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να επηρεάσει καθολικά την αρχιτεκτονική σύνθεση, ενώ παράλληλα πρέπει να αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης ενεργειακής στρατηγικής. Η συνύπαρξη των φωτοβολταϊκών με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία είναι κρίσιμη.

Η τελική εικόνα και το αισθητικό μέρος είναι εξίσου σημαντικά με την λειτουργικότητα ενός τέτοιου συστήματος, λόγω της ανάγκης να γίνουν ευρύτερα αποδεκτά τα νέα στοιχεία των

κτιρίων. Επομένως υπάρχουν κάποια κριτήρια αξιολόγησης για την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων και αναφέρονται παρακάτω.

- Η φυσική ένταξη, που αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του κτιρίου. Το σύστημα ολοκληρώνει το κτίριο, χωρίς απαραίτητα να είναι τόσο εμφανές και ευδιάκριτο.
- Η αρχιτεκτονική αρτιότητα, που σχετίζεται με το πώς ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αναδεικνύει τον καλό σχεδιασμό. Πρόκειται για ένα αρκετά υποκειμενικό ζήτημα που θα διαμορφωθεί με το χρόνο από την εμπειρία στο σχεδιασμό τέτοιων κτιρίων.
- Η σύνθεση των χρωμάτων και της υφής, που πρέπει να είναι σε ισορροπία με τα υπόλοιπα εξωτερικά υλικά. Για το λόγο αυτό σε πολλές περιπτώσεις τα προϊόντα φωτοβολταϊκής τεχνολογίας παράγονται με συγκεκριμένα αισθητικά χαρακτηριστικά. Ειδικές τεχνικές μπορούν να επιτύχουν την επιθυμητή διαφάνεια, σχήμα, χρώμα και υφή.
- Ο κάρναβος και οι διαστάσεις του φωτοβολταϊκού συστήματος, που θα πρέπει να βρίσκονται σε αρμονία με τις αναλογίες και τις χαράξεις των δομικών στοιχείων στο κτίριο. Τα φωτοβολταϊκά έχουν συχνά έναν κατασκευαστικό κάρναβο, όπως έχουν και οι όψεις του κτιρίου, που είναι επιθυμητό να σχετίζονται μεταξύ τους.
- Η συνέπεια προς την κεντρική αρχιτεκτονική ιδέα, που περιγράφει πώς το φωτοβολταϊκό σύστημα βρίσκεται σε συμφωνία με το συνολικό ύφος του κτιρίου και συμβαδίζει με τη συνθετική ιδέα του.
- Η άρτια κατασκευή, που εκτός από την υδρομόνωση και την αντοχή του συστήματος, περιλαμβάνει και την ποιότητα των κατασκευαστικών λεπτομερειών.
- Ο πρωτοποριακός και καινοτόμος σχεδιασμός, που σχετίζεται με την εφαρμογή μίας νέας τεχνολογίας. Σημαντικό ρόλο παίζουν οι νέες ιδέες που μπορούν να εμπλουτίσουν την αρχιτεκτονική και να προσδώσουν μεγαλύτερη αξία στα κτίρια.

Στην συνέχεια πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο τρόπος ενσωμάτωσης που είναι άκρως σημαντικός για την βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Αρχικά μεγάλο ρόλο παίζει ο προσανατολισμός του κτηρίου όπου κατά κανόνα πρέπει να χτίζεται με νοτιοανατολικό προσανατολισμό διότι η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία χαρίζει στο κτήριο οφέλη και άμεσα ηλιακά κέρδη. Η νότια όψη είναι εκτεθειμένη στη ηλιακή ακτινοβολία για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ότι το καλοκαίρι, καθώς ο ήλιος τον χειμώνα ανατέλλει από νοτιότερη θέση και ομοίως δύει σε νοτιότερη, ενώ το καλοκαίρι ανατέλλει από βορειότερη και δύει

αντιστοίχως. Επομένως η νότια όψη είναι ιδανική υπό αυτές τις συνθήκες αλλά και από πλευράς ενεργειακού οφέλους.

Επιπλέον το γεωγραφικό ανάγλυφο είναι ιδιαίτερο σημασίας λόγω του ότι η διαμόρφωση του εδάφους δίνει την κλίμακα επίδρασης των κλιματικών παραγόντων. Συγκεκριμένα το επίπεδο έδαφος αφήνει εκτεθειμένο το κτήριο στην επίδραση του ανέμου ενώ τι κεκλιμένο το προφυλάσσει σε φυσιολογικά επίπεδα ανέμου.

Στην συνέχεια είναι η τοιχοποιία όπου οι τοίχοι πρέπει να έχουν πάχος 0.60-0.80μ γιατί εξασφαλίζει τη μόνωση του κτηρίου. Η πιο συχνή είναι η πέτρινη τοιχοποιία η οποία κατασκευάζεται από ξερολιθιά, (πέτρα χωρίς συνδετικό κονίαμα). Επίσης οι εξωτερικοί και διαχωριστικοί τοίχοι κατασκευάζονται με ξύλινα πηχάκια, επιχρισμένα με ασβεστογυψοσοβά (τσατμάς). Ο τρόπος αυτός κατασκευής εξασφαλίζει ευλυγισία στο κτίριο και το κάνει ανθεκτικό στους σεισμούς. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι εξωτερικοί τοίχοι επενδύονται εσωτερικά με ξύλο, όπως ξύλινα είναι τα δάπεδα και οι οροφές. Αυτό συμβάλει στη γρήγορη θέρμανση του εσωτερικού χώρου, συνήθως χρησιμοποιούνται και σκουρόχρωμα σανίδια για τη μεγαλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το σχήμα του κτιρίου επηρεάζει επίσης την ενεργειακή του συμπεριφορά το βέλτιστο σχήμα σαφώς θεωρείται εκείνο που επιτρέπει το χειμώνα να έχει τις μικρότερες θερμικές απώλειες και να δέχεται από τον ήλιο τα μεγαλύτερα ενεργειακά οφέλη και το καλοκαίρι να υφίσταται την μικρότερη θερμική καταπόνηση. Η στέγαση συντελεί και αυτή με τη σειρά της στην προστασία του ήλιου και της βροχής. Η στέγαση των κτιρίων γίνεται είτε με επικλινείς στέγες (ορεινές, πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές) είτε με επίπεδα δώματα (παράκτιες και νησιωτικές περιοχές). Τα επίπεδα δώματα χρησιμοποιούνται για τη συλλογή του βρόχινου νερού. Έτσι, τα παράθυρα σκιάζονται με ανοιχτά τα πατζούρια, ώστε να μπαίνει φως, ενώ παράλληλα μπορούν να μένουν ανοιχτά ώστε να αερίζεται το εσωτερικό του κτιρίου. Τα ανοίγματα των παράθυρων στη βορινή πλευρά των κτιρίων εξασφαλίζουν επαρκή φωτισμό και αερισμό, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν θερμομονωτικά.

Τέλος η βλάστηση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου προφυλάσσει το κτίριο από τη ζέστη το καλοκαίρι με το φύλλωμά τους, ενώ το χειμώνα χάνουν τα φύλλα τους και επιτρέπουν στις ακτίνες του ήλιου να θερμαίνουν το κτίριο (φυλλοβόλα δέντρα). Επιπλέον το είδος της βλάστησης μπορεί να διαμορφώσει διαφορετικές συνθήκες μικροκλίματος ανά εποχή. Σε γενικές γραμμές λοιπόν η βλάστηση διαμορφώνει ηπιότερες μικροκλιματικές συνθήκες και περιορίζει τις απότομες μεταβολές.

Οι παραπάνω παράμετροι δίνουν ένα γενικό πλαίσιο για τις επιλογές του βιοκλιματικού σχεδιασμού ενός κτηρίου. Βεβαίως θα πρέπει να συσχετιστούν με το επιδιωκόμενο

αποτέλεσμα. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι πρόσθετα στοιχεία δεν σχετίζονται πάντα με την βιοκλιματική αρχιτεκτονική αλλά με την ελεύθερη δόμηση η οποία θέτει περιορισμούς στις δυνατότητες επιλογής και στις εναλλακτικές λύσεις.

5.5 Καλές πρακτικές

Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα διαφορετικών εφαρμογών ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτίρια.

Ενσωμάτωση Φ/Β σε κεκλιμένη στέγη με κεραμίδια

Το έργο αυτό έχει πραγματοποιηθεί στην Molina de Segura της Ισπανίας το 2004 (Εικόνα 24: Φωτοβολταϊκά σε κεκλιμένη στέγη με κεραμίδια (Πηγή: Solsureste).). Η συνολική φ/β ισχύ είναι 5.985 Wp. Τα Φ/Β αυτά, παρουσιάζουν χαρακτηριστικά αντίστοιχα με τα συμβατικά κεραμίδια, και είναι δυνατόν να καλύψουν όλη τη σκεπή. Κατασκευάζονται από συνθετικά υλικά και το τελικό οπτικό αποτέλεσμα δεν διαφέρει από αυτό μιας τυπικής στέγης με κεραμίδια. Από τεχνική άποψη, τα Φ/Β αυτά είναι πολύ ελαφρά και εύχρηστα, ενώ εξοικονομούν χρόνο κατά τη διαδικασία της εγκατάστασης. Είναι 100% ανακυκλώσιμα και αντέχουν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (έως και 800°C).



Εικόνα 24: Φωτοβολταϊκά σε κεκλιμένη στέγη με κεραμίδια (Πηγή: Solsureste).

Ενσωμάτωση Φ/Β σε επίπεδη στέγη (ημιπερατή στέγη)

Το έργο αυτό έχει πραγματοποιηθεί στο Δημαρχείο Dongen της Dongen στην Γερμανία το 2002 (Εικόνα 25: Φωτοβολταϊκά σε επίπεδη στέγη (Πηγή: SSG).). Η συνολική φ/β ισχύ είναι 53 kWp. Η στέγη του δημαρχείου έχει επιφάνεια 545 m² και κλίση η οποία ξεκινά από 5° και φτάνει ως 10°. Η συγκεκριμένη Φ/Β εγκατάσταση περιλαμβάνει 288 ειδικά προσαρμοσμένα ημιπερατά Φ/Β πλαίσια, κατά 85% καλυμμένα από κυψέλες, τα οποία κατασκευάστηκαν από

την Scheuten Solar Technology. Τα πλαίσια διαθέτουν διάκενο μόνωσης και τζάμι ασφαλείας. Κάθε πλαίσιο έχει επιφάνεια 1,8m², ισχύ 184Wp και βάρος 100kg. Η μετατροπή από συ-νεχή σε εναλλασσόμενη τάση γίνεται μέσω 16 αντιστροφικών SMA SWR 2500, η λειτουργία των οποίων παρακολουθείται και ελέγχεται μέσω υπολογιστή. Στην κύρια είσοδο, ο επισκέπτης μπορεί να δει την απόδοση της Φ/Β εγκατάστασης σε κεντρική οθόνη.



Εικόνα 25: Φωτοβολταϊκά σε επίπεδη στέγη (Πηγή: SSG).

Παρκινγκ οχημάτων

Το έργο αυτό έχει πραγματοποιηθεί στο Παρκινγκ οχημάτων Vidurglass στην Manresa, Καταλονία, Βαρκελώνη της Ισπανία το 2007 (Εικόνα 26: Φωτοβολταϊκά σε πάρκινγκ (Πηγή: Vidursolar).). Η συνολική φ/β ισχύ είναι 3 kWp. Το στέγαστρο του εξωτερικού παρκινγκ στο Vidurglass διαθέτει πολύπλευρο σχεδιασμό, ο οποίος όχι μόνο παρέχει σκίαση στα παρκαρισμένα αυτοκίνητα, αλλά ταυτόχρονα παράγει και «καθαρή» ηλεκτρική ενέργεια. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στο τελικό αισθητικό αποτέλεσμα της εγκατάστασης. Κάθε Φ/Β πλαίσιο διαθέτει πολυκρυσταλλικές φωτοβολταϊκές κυψέλες, έχει ισχύ 115Wp, και αφήνει την ηλιακή ακτινοβολία να διέρχεται σε ποσοστό 27%. Προκειμένου να εξασφαλιστεί το αισθητικό αποτέλεσμα, εκτός από τα Φ/Β πλαίσια κατά το σχεδιασμό του έργου, συμπεριλήφθηκαν και συμβατικά γυάλινα πάνελ σε σκούρο χρώμα, με ειδικό σχέδιο και τυπωμένο το όνομα "Vidursolar" έτσι ώστε η επωνυμία του Φ/Β πλαισίου να απεικονίζεται στην επιφάνεια του εδάφους.



Εικόνα 26: Φωτοβολταϊκά σε πάρκινγκ (Πηγή: Vidursolar).

Κτιριακές δομές με Φ/Β στοιχεία, εφαρμογή σε πέργκολα. Ενσωμάτωση Φ/Β σε επίπεδη οροφή με υποστήριξη και μηχανική στερέωση

Το έργο αυτό έχει πραγματοποιηθεί στο Δημοτικό σχολείο Kowa, στην Nerima, Τόκυο της Ιαπωνία το 2004 (Εικόνα 27: Φωτοβολταϊκά σε πέργκολα (Πηγή: Pure Project).). Η συνολική φ/β ισχύ είναι 2047 kWp. Στην Nerima, με στόχο τη δημιουργία ενός οικολογικού σχολείου που θα αξιοποιεί τη φυσική ενέργεια, υλοποιήθηκε ένα καινοτόμο έργο βασισμένο στην αρχή της συνύπαρξης με τη φύση μέσα σε μια αστική περιοχή. Στο πρόγραμμα εντάχθηκε το δημοτικό σχολείο της Kowa. Το έργο πιστοποιήθηκε ως «Πιλοτικό πρότυπο έργο οικολογικού σχολείου», δηλαδή έργο που προωθεί την ανάπτυξη περιβαλλοντικά φιλικών σχολικών εγκαταστάσεων. Το Φ/Β σύστημα που εγκαταστάθηκε έχει συνολική ισχύ 20kW και αποτελείται από δύο τύπους Φ/Β διατάξεων. Ο 1ος εγκαταστάθηκε αντί ταράτσας, ενώ ο 2ος τοποθετήθηκε πάνω στη στέγη. Τα Φ/Β πλαίσια στην ταράτσα είναι ημιπερατά, ώστε να δίνουν ένα ικανοποιητικό αισθητικά αποτέλεσμα αλλά και να προσφέρουν επαρκή φυσικό φωτισμό στον εσωτερικό χώρο.



Εικόνα 27: Φωτοβολταϊκά σε πέργκολα (Πηγή: Pure Project).

Ενσωμάτωση Φ/Β στην πρόσοψη κτηρίου

Το έργο αυτό έχει πραγματοποιηθεί στο Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο στην Ελλάδα το 2001(Εικόνα 28: Φωτοβολταϊκά σε πρόσοψη κτιρίου (Γερμανός – Sunlight).) . Η συνολική φ/β ισχύ είναι 50 kWp. Στο κτίριο των Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου ενσωματώθηκαν Φ/Β (μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά πλαίσια), τα οποία κατανεμήθηκαν στην πρόσοψη με διαφορετικές κλίσεις (κυρίως κατακόρυφα), αλλά και με διαφορετικούς προσανατολισμούς. Οι κατακόρυφες συστοιχίες του κελύφους βρίσκονται έξω από τον νότιο τοίχο των μεγάλων διαδρόμων και του υπολογιστικού κέντρου της σχολής. Οι συστοιχίες του δώματος, έχουν τοποθετηθεί με κλίση 30° πάνω από το βαρύ εργαστήριο, στη μεσημβρινή πλευρά. Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο γίνεται στον χώρο των "αντιστροφών", στο βαρύ εργαστήριο, από όπου και μεταφέρεται στον υποσταθμό του υπογείου για διανομή στο κτίριο. Το έργο χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα Thermie (40%), από το ΕΜΠ και το Υπουργείο Ανάπτυξης (60%).



Εικόνα 28: Φωτοβολταϊκά σε πρόσοψη κτιρίου (Γερμανός – Sunlight).

5.6 Παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών κυττάρων/πλαισίων

Εκτός από το υλικό κατασκευής του φωτοβολταϊκού, υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών κυττάρων, όπως η σκόνη, η υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου.

Επίδραση της σκόνης στην απόδοση των φωτοβολταϊκών κυττάρων

Η εναπόθεση της σκόνης είναι συνάρτηση διάφορων περιβαλλοντικών και καιρικών συνθηκών. Εξαρτάται κυρίως από τις ιδιότητες της σκόνης (χημικές ιδιότητες, μέγεθος, σχήμα, βάρος, κλπ), καθώς και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (συγκεκριμένους τοπικούς παράγοντες, περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά και καιρικές συνθήκες). Η επιφάνεια, η γωνία κλίσης, η υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου μπορούν επίσης να επηρεάσουν την εναπόθεση της σκόνης. Πλαίσια με μεγάλες γωνίες κλίσης δεν επιτρέπουν μεγάλη συσσώρευση σκόνης στην επιφάνειά τους, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει σημαντική μείωση της διαπερατότητας. Επιπλέον, τα λεπτότερα σωματίδια επηρεάζουν περισσότερο την απόδοση των φωτοβολταϊκών απ' ό,τι τα χονδρόκοκκα. Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου, αυξάνεται η εναπόθεση της σκόνης. Η υπερβολική συσσώρευση σκόνης έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του κυττάρου και του παράγοντα πληρότητας. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών μειώνεται εκθετικά όταν σκόνη συσσωρεύεται πάνω σε ήδη σκονισμένη επιφάνεια. Η υψηλή υγρασία βοηθά στο σχηματισμό δροσοσταλίδων στην επιφάνεια των ηλιακών κυττάρων που μπορούν να δημιουργήσουν συσσωμάτωμα σκόνης.

Επίδραση της υγρασίας στην απόδοση των φωτοβολταϊκών κυττάρων

Σχετικά με την υγρασία, εξετάζονται οι παρακάτω δύο περιπτώσεις (α) η επίδραση των σταγονιδίων των υδρατμών στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και (β) η διείσδυση της υγρασίας στο περίβλημα του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Η ένταση της ακτινοβολίας μεταβάλλεται μη γραμμικά με την υγρασία εξαιτίας της ανομοιόμορφης κατανομής της και του μεγάλου εύρους των μεγεθών των σταγονιδίων των υδρατμών. Μικρότερα σωματίδια υδρατμών δημιουργούν μεγαλύτερες γωνίες σκέδασης, ενώ όσο περισσότεροι υδρατμοί υπάρχουν στην ατμόσφαιρα τόσο περισσότερη απορρόφηση του φωτός πραγματοποιείται. Η μείωση της έντασης της ακτινοβολίας προκαλεί μικρές μεταβολές της VOC και μεγάλες μεταβολές στο ISC, με αποτέλεσμα η απόδοση να μειώνεται.

Τα προβλήματα που μπορούν να προκύψουν στα πλαίσια χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο φωτοβολταϊκών που έχει χρησιμοποιηθεί. Στα κύτταρα κρυσταλλικού πυριτίου το πρόβλημα που εμφανίζεται είναι αποτυχία στις συνδέσεις των κυττάρων ή σπάσιμο, ενώ η κύρια αιτία που υποβαθμίζει τα κύτταρα των πλαισίων λεπτού φιλμ είναι η εμφάνιση βλάβης στις ενδιάμεσες γραμμές. Σε περίπτωση που το κλίμα είναι ταυτόχρονα υγρό και ζεστό οι διαδικασίες αλλοίωσης επισπεύδονται.

Η μείωση της απόδοσης είναι αποτέλεσμα της αδρανοποίησης τμήματος της επιφάνειας των φωτοβολταϊκών κυττάρων που οδηγεί σε μείωση του ISC, χωρίς να έχει σημαντική επίδραση στη VOC. Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να παρατηρηθεί δραστική αύξηση της VOC. Μια λογική εξήγηση σ' αυτό το φαινόμενο είναι ότι τα σταγονίδια νερού που έχουν εγκλωβιστεί στο κύτταρο, λειτουργούν ως φακοί που συγκεντρώνουν την ακτινοβολία.

Επίδραση της ταχύτητας του ανέμου στην απόδοση των φωτοβολταϊκών κυττάρων

Η θερμοκρασία του φβ κυττάρου εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως η μεταβολή του καιρού (θερμοκρασία περιβάλλοντος, ταχύτητα ανέμου κλπ), η ηλιακή ακτινοβολία, το υλικό του κυττάρου και οι ιδιότητες του συστήματος (διαπερατότητα κα-λύμματος κλπ).

Καθώς η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται, η θερμοκρασία του κυττάρου μειώνεται με αποτέλεσμα να έχουμε καλύτερη απόδοση του φβ κυττάρου. Η εξάρτηση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού κυττάρου από τη θερμοκρασία σχετίζεται περισσότερο από τον τύπο του κυττάρου.

Για υγρό και ζεστό κλίμα τα μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά κύτταρα πυριτίου έχουν υψηλότερες αποδόσεις συγκριτικά με αυτά από άμορφο πυρίτιο ή CIS, με την απόδοση των ηλιακών κυττάρων CIS να είναι μεγαλύτερη του άμορφου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αρχικά οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να οδηγήσουν την κοινωνία προς ένα πλήρες βιώσιμο και ισορροπημένο σύστημα ενεργειακής ζήτησης και προσφοράς. Όσον αφορά την πλευρά της ενεργειακής προσφοράς, η διασφάλιση των ενεργειακών αποθεμάτων παίζει αναμφισβήτητα σημαντικό ρόλο.

Τα συστήματα ΑΠΕ αποτελούν μία επιλογή που περιλαμβάνει ποικίλα οφέλη αλλά και δυνατότητες αξιοποίησης. Επιπλέον είναι αυτά που περιλαμβάνουν μία μεγάλη ποικιλία νέων τεχνολογιών, οι οποίες αξιοποιούν μια διαφοροποιημένη σειρά τοπικά διαθέσιμων ενδογενών πόρων, αποτελούν μια αξιόπιστη λύση για την εξασφάλιση των ενεργειακών προμηθειών. Ένα επιπλέον ζήτημα που θα πρέπει να μελετηθεί προσεκτικά είναι αυτό του «ενεργειακού συμψηφισμού» για να διαπιστωθεί αν ενισχύει τα κίνητρα πραγματοποίησης επενδύσεων.

Το υψηλό ηλιακό δυναμικό της Ελλάδος αποτελεί μια βιώσιμη πηγή ενέργειας που θα πρέπει να συνεχιστεί να αξιοποιείται. Η νομοθεσία προκρίνει και ευνοεί την καταναεμημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κτίρια. Η υφιστάμενη φωτοβολταικών τεχνολογία διαθέτει λύσεις για την αποδοτική εφαρμογή στα κτήρια συλλογής και απόδοσης της ενέργειας.

Τα BIPV θα αποτελέσουν σημαντικές προσθήκες των υλικών ολοκλήρωσης των κτιριακών κελυφών. Η εφαρμογή των φωτοβολταικών στα κτίρια έχει πολλαπλά οφέλη σε περιφερειακό επίπεδο, τόσο οικονομικά και κοινωνικά όσο και περιβαλλοντικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ελληνική Στατιστική Αρχή, «Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011-2012», 2013.
- [2] Πανελλήνιος Σύνδεσμος Τεχνικών Εταιρειών, «ενέργεια και περιβάλλον στον κτηριακό τομέα» μέσω Ευρωπαϊκής επιτροπής, Αθήνα, 2008.
- [3] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΕΝ), "Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (Άρθρο4,Οδηγία27/2012/ΕΕ)", 2016.
- [4] Τσελεπής Σ., "Η Εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας προς ένα Φιλόδοξο και Αξιοπίστο Εθνικό Πρόγραμμα Δράσης". 4ο Εθνικό Συνέδριο, 2010.
- [5] Κέντρο ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας (ΚΑΠΕ),«Ετήσια έκθεση 2009».
- [6] Κέντρο ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας (ΚΑΠΕ), «ενέργεια και πολίτης».
- [7] ΚΑΠΕ, «Φωτοβολταϊκή τεχνολογία, εφαρμογές στην Ελλάδα», ΕΠΕ 3.3.10, 2001.
- [8] ΚΑΠΕ, «Η αγορά των φωτοβολταϊκών Συστημάτων στην Ελλάδα», Thermie B Programme STR-938-96-HE/IT, 1998.
- [9] ΚΑΠΕ, «οδηγός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δυνατότητες α-ξιοποίησης στην τοπική αυτοδιοίκηση», 2001.
- [10] ΚΑΠΕ, «Εγχειρίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, Γεωθερμική Ενέργεια», 2006.
- [11] Γεωργιάδου Έ., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Καθαρές Τεχνολογίες Δόμησης», Θεσσαλονίκη, 1996.
- [12] Βόκας Γ. & Πρωτογερόπουλος Χρ., « φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα-παρούσα κατάσταση και προοπτικές», 10ο Εθνικό Συνέδριο για την Ενέργεια, 2009.
- [13] Φατσικώστας Α., «Οι προοπτικές των φωτοβολταϊκών συστημάτων στη Ελλάδα», DIDSOLIT-PIB, 2014.
- [14] Καλορερόπουλος Θ., «Εφαρμογές έξυπνων υλικών», Αθήνα, 2010.
- [15] Αραβαντίνος Δ., «Κλίμα και Βιοκλιματική αρχιτεκτονική επιρροή του φυσικού περιβάλλοντος και των κλιματικών χαρακτηριστικών στον ενεργειακό σχεδιασμό ενός κτηρίου», Α.Π.Θ, 2009.

[16] PURE, «Φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματωμένα σε κτίρια: Τεχνικός οδηγός και παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών», Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών συστημάτων.

[17] Φατσικόστας Α., «Ανάπτυξη και εφαρμογή αποκεντρωμένων, καινοτόμων τεχνολογιών ηλιακής ενέργειας για δημόσια κτήρια στις μεσογειακές χώρες», ΣΙΛΣΙΟ ΑΕ, 2014.

Ιστοσελίδες

www.ypeka.gr

www.buildings.gr

www.ecotimes.gr

www.didsolit.eu

www.aeiplous.gr

www.solarenergytopics.com

<http://www.solsureste.com>

www.vidursolar.es

www.pure-eie.com

www.eco-progress.gr

www.netmetering.net.gr

www.photovoltaiic.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Γενικές οδηγίες για την ασφάλεια του κοινού

Σε αντίθεση με τις περισσότερες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες, όπου η παραγωγή ηλεκτρισμού μπορεί να διακοπεί με τη βοήθεια ενός γενικού μέσου απόζευξης, τα Φ/Β πλαίσια παράγουν τάση στους ακροδέκτες τους μόλις εκτεθούν στο ηλιακό φως. Συνεπώς, η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος πραγματοποιείται συνήθως υπό συνθήκες τάσεως προς την πλευρά των πλαισίων.

Επίσης, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η μέγιστη τιμή του ρεύματος ενός Φ/Β πλαισίου είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από την τιμή του ονομαστικού ρεύματος του πλαισίου, τεκμαίρεται ότι η χρήση ασφαλειών δεν εγγυάται τη διακοπή του συστήματος σε περίπτωση σφάλματος (βραχυκύκλωμα πλαισίου). Αυτό συνεπάγεται ότι ένα σφάλμα βραχυκύκλωσης στην πλευρά του Σ.Ρ. μπορεί να εξακολουθεί να υφίσταται ανεξαρτήτως της χρήσης ασφαλειών.

Η καλή σχεδίαση και η σωστή επιλογή των υλικών καλωδίωσης είναι απαραίτητη για την ασφάλεια έναντι ηλεκτροπληξίας όχι μόνο του εγκαταστάτη αλλά και όλων των προσώπων που έρχονται σε επαφή με το σύστημα. Επιπρόσθετα, η επιλογή καλωδίων κατάλληλης διατομής εγγυάται την αποφυγή πυρκαγιάς λόγω υπερθέρμανσης των καλωδίων σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.

Τα πλαίσια που θα επιλεγούν θα πρέπει να πληρούν, είτε τις τεχνικές προδιαγραφές του κανονισμού EN-IEC 61215 (Φ/Β κρυσταλλικού πυριτίου), είτε του κανονισμού EN-IEC 61646 (Φ/Β τεχνολογίας λεπτών υμενίων).

Μέτρα περιορισμού του κινδύνου ηλεκτροπληξίας κατά την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος

Κατά τη σύνδεση των Φ/Β πλαισίων, ο εγκαταστάτης έρχεται σε επαφή με τους ακροδέκτες των πλαισίων στους οποίους εμφανίζεται συνεχής τάση. Συνήθως η τιμή αυτή δεν υπερβαίνει τα όρια ασφαλείας συνεχούς επαφής, βάση του κανονισμού IEC 364-4-41. Οι ενδεικτικές τιμές των τάσεων των πλαισίων του εμπορίου κυμαίνονται μεταξύ 17 και 100V (ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των κελιών).

Παρά ταύτα, οι ηλεκτρονικοί αντιστροφείς που χρησιμοποιούνται στα Φ/Β συστήματα συνήθως απαιτούν την εν σειρά σύνδεση περισσότερων των δύο πλαισίων, με αποτέλεσμα η τάση της στοιχειοσειράς να υπερβαίνει συχνά τα όρια ασφαλείας. Η τάση της στοιχειοσειράς είναι το γινόμενο του αριθμού των εν σειρά πλαισίων επί τη μέγιστη τάση του ενός.

Συνεπώς, η εγκατάσταση του συστήματος πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό και σύμφωνα με τα ακόλουθα μέτρα:

- Προτεινόμενη μεθοδολογία εγκατάστασης:

Σημαντικό μέρος της καλωδίωσης μπορεί να γίνει πριν την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων. Ενδεικτικά, πρώτα τοποθετούμε το γενικό μέσο απόζευξης της πλευράς Σ.Ρ. και τα κιβώτια συνδέσεων. Στη συνέχεια συνδέουμε το θετικό και αρνητικό πόλο της όλης συστοιχίας με το γενικό μέσο απόζευξης χωρίς να έχουμε υλοποιήσει τις ενδιάμεσες συνδέσεις των πλαισίων. Κατόπιν ακολουθεί η εν σειρά σύνδεση των πλαισίων της στοιχειοσειράς, ενώ τέλος το γενικό μέσο απόζευξης συνδέεται στην είσοδο του ηλεκτρονικού αντιστροφέα. Η προτεινόμενη μεθοδολογία αποσκοπεί στην αποφυγή επικίνδυνων τάσεων κατά την εγκατάσταση.

- Εγκατάσταση με μηδενική ηλιοφάνεια:

Για την αποφυγή εμφάνισης υψηλών τάσεων η εγκατάσταση του συστήματος μπορεί να γίνει είτε καλύπτοντας πλήρως τα πλαίσια είτε κατά τις νυχτερινές ώρες όπου αυτό είναι δυνατό. Επίσης συνιστάται η χρήση ειδικών γαντιών και μονωμένων εργαλείων.

- Προειδοποιητική σήμανση:

Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να χρησιμοποιείται ειδική σήμανση που να προειδοποιεί για τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

- Επιλογή μόνωσης καλωδίων και κιβωτίων σύνδεσης:

Η χρήση καλωδίων και κιβωτίων σύνδεσης διπλής μόνωσης ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Για το λόγο αυτό συνιστάται η χρήση υλικών και πλαισίων κλάσης II (Class II construction). Επειδή η κλάση των υλικών και των πλαισίων μπορεί να μην είναι εμφανής, ο εγκαταστάτης οφείλει να την επιβεβαιώνει επικοινωνώντας με τον κατασκευαστή.

- Επιλογή Φ/Β πλαισίων με προεγκατεστημένο σύστημα σύνδεσης:

Τα Φ/Β πλαίσια που διαθέτουν μονωμένους ακροδέκτες σύνδεσης ελαχιστοποιούν την πιθανότητα έκθεσης του εγκαταστάτη σε επικίνδυνες τιμές τάσης. Η επιλογή αυτή είναι απαραίτητη στην περίπτωση που η εγκατάσταση γίνεται από μη εξειδικευμένο προσωπικό.

- Αποφυγή γείωσης της πλευράς Σ.Ρ. κατά την εγκατάσταση:

Ένα σύστημα στο οποίο κανένας από τους δύο πόλους δεν είναι γειωμένος εγκυμονεί λιγότερους κινδύνους (συγκριτικά με ένα γειωμένο σύστημα) επειδή ελαχιστοποιείται ο αριθμός πιθανών διαδρομών για το ρεύμα ηλεκτροπληξίας. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι σε ένα σύστημα με γειωμένο τον αρνητικό πόλο ο εγκαταστάτης έρθει σε επαφή με οποιοδήποτε σημείο της στοιχειοσειράς και βρίσκεται σε επαφή με τη γη-δημιουργείται δρόμος ρεύματος μέσω αυτού και της γης. Σε αυτή την περίπτωση η τάση στην οποία θα

εκτεθεί ο εγκαταστάτης ισούται με το άθροισμα των τάσεων των εν σειρά συνδεδεμένων πλαισίων μεταξύ του σημείου επαφής και του αρνητικού πόλου της στοιχειοσειράς.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι η προτεινόμενη μεθοδολογία δεν μπορεί να εξαλείψει πλήρως την πιθανότητα ηλεκτροπληξίας.

Ελάχιστες απαραίτητες Προδιαγραφές εξοπλισμού

Φ/Β πλαίσια:

- IEC-EN 61215 η 61646,
- IEC 61730 - Class A (με μόνωση Class II)

Τα παραπάνω πιστοποιητικά πρέπει πάντα να παρέχονται από διαπιστευμένα εργαστήρια.

Ηλεκτρονικοί μετατροπείς:

- Βεβαίωση ότι διαθέτει προστασία έναντι νησιδοποίησης σύμφωνα με VDE 0126-1-1 ή ισοδύναμης μεθόδου (βεβαίωση τύπου από ανεξάρτητο εργαστήριο)
- Προστασίες ορίων τάσεως και συχνότητας (υπέρτασης-υπότασης, υπερσυχότητας - υποσυχότητας)
- THD ρεύματος εξόδου μικρότερο από 5%, βεβαίωση συμμόρφωσης του κατασκευαστή (προαιρετικά)
- Σε περίπτωση ηλεκτρονικών μετατροπέων χωρίς Μ/Σ σιδήρου θα πρέπει η μέγιστη τιμή εγγεόμενου Σ.Ρ. στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι μικρότερη του 0.5% της τιμής του ονομαστικού ρεύματος εξόδου της μετατροπέα, βεβαίωση συμμόρφωσης του κατασκευαστή (προαιρετικά).

Έντυπο 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ, περιγραφή και τεχνικά χαρακτηριστικά της Φ/Β εγκατάστασης

- Το έντυπο 1: «ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ», συμπληρώνεται από την εταιρεία/εγκαταστάτη και παραδίδεται στον ιδιοκτήτη του Φ/Β συστήματος.
- Το έντυπο 1: «ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ», επίσης συμπληρώνεται από την εταιρεία/εγκαταστάτη και αποστέλλεται ηλεκτρονικά στο ΚΑΠΕ, το οποίο τηρεί αρχείο των εγκαταστάσεων, με στόχο την προώθηση της

τήρησης και αποδοχής των ελάχιστων τεχνικών προδιαγραφών και όρων ασφάλειας για την εγκατάσταση και λειτουργία φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία έχουν αποδεχθεί για να καταχωρηθούν στον ενδεικτικό κατάλογο αλλά και για στατιστική χρήση των στοιχείων.

ΕΝΤΥΠΟ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Τεχνικά χαρακτηριστικά Φ/Β συστήματος

Νο εταιρίας:

Νο Φ/Β Συστ.:

Γενικά στοιχεία																											
Εγκατεστημένη Ισχύς Συστήματος		Τόπος Εγκατάστασης																									
Συνολική Ονομαστική Ισχύς Φ/Β Πλασίων	_____ kWp	[.....]																									
Απόκλιση Ισχύος Φ/Β πλαισίων	_____ %	[.....]																									
Προσανατολισμός/Κλίση		[.....]																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>A/A</th> <th>Ισχύς (kWp)</th> <th>Προσανατολισμός (°)</th> <th>Κλίση (°)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		A/A	Ισχύς (kWp)	Προσανατολισμός (°)	Κλίση (°)																					Ενεργοποίηση Φ/Β Συστήματος	
A/A	Ισχύς (kWp)	Προσανατολισμός (°)	Κλίση (°)																								
Παρατηρήσεις:		Ημερομηνία Ενεργοποίησης: _____ Αριθμός Μετρητή: _____ Ένδειξη Μετρητή με την παράδοση: _____ kWh <input type="checkbox"/> Εκτίμηση Απόδοσης <input type="checkbox"/> Δεν πραγματοποιήθηκε εκτίμηση Αναμενόμενη απόδοση: _____ kWh/έτος*																									
		* Η πρόβλεψη δεν είναι δεσμευτική και αφορά μια εκτίμηση με ένα συγκεκριμένο μέσο όρο ηλιοφάνειας. Η απόδοση εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποιότητα της εγκατάστασης κ.α																									

Φωτοβολταϊκά πλαίσια									
Αριθμός πλαισίων	Σειριακός αριθμός	Κατασκευαστής	Τύπος πλαισίου	Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά					
				$P_{mp}(Wp)$	$I_{sc}(A)$	$V_{oc}(V)$	$I_{mp}(A)$	$V_{mp}(V)$	

Κρυσταλλικό πυρίτιο: IEC 61215: 1993 IEC 61215:2005, EN 61215:2005
Thin film: IEC 61646:1996 IEC 61646:2008
Προστασία: EN 61730-1:2007, EN 61730-2:2007 EN 61730-1:2004, IEC 61730-2:2004
 Πιστοποίηση CE Κλίση μόνωσης II
Μηχανική αντοχή: Απλή (2400 Pascal) Αυξημένη (5400 Pascal)

Άλλα πιστοποιητικά: _____

Στοιχεία καλωδιώσεων			
	Κατασκευαστής	Τύπος	Χρησιμοποιούμενες διατομές
Καλώδια σύνδεσης πλαισίων			
Καλώδια σύνδεσης πλαισίων και αντιστροφή			
Καλώδια εναλλασσόμενου ρεύματος			

Στοιχεία διακοπών Σ.Ρ. (εφόσον δεν συμπεριλαμβάνονται στον αντιστροφή)					
Α/Α	Κατασκευαστής	Τύπος	Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά		Πιστοποίηση CE
			I_{max} (A)	V_{max} (V)	
					<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>

Στοιχεία αντιστροφών						
Α/Α	Σειριακός αριθμός	Κατασκευαστής	Τύπος αντιστροφή	Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά		
				$P_{act,max}$ (W)	$P_{act,min}$ (W)	$P_{act,avg}$ (W)

Πιστοποίηση CE
 Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα
 Προστασία έναντι νηριδοποίησης

Άλλα πιστοποιητικά: _____

Στοιχεία στήριξης	
Κατασκευαστής:	Τύπος: Υλικό κατασκευής:
Τρόπος στήριξης	
Τοποθέτηση:	<input type="checkbox"/> Επίπεδη οροφή <input type="checkbox"/> Επικλινή στέγη (>5° κλίση) <input type="checkbox"/> Σκίαστρα <input type="checkbox"/> Στέγαστρα
Στερέωση:	<input type="checkbox"/> Με βάρος <input type="checkbox"/> Πάκωση <input type="checkbox"/> Άλλο
Διαστασιολόγηση σύμφωνα με:	<input type="checkbox"/> Ευρωκώδικα 1 <input type="checkbox"/> Άλλο (πχ DIN1055)
Υπεύθυνος στατικής επάρκειας συστήματος στήριξης: _____	
Υπεύθυνος στατικής επάρκειας στέγης/φέρουσας υποδομής: _____	
Πιστοποιητικά ποιότητας/Στατικά: _____	

Πληροφορίες Σχεδιασμού/Εγκατάστασης

Γενικά			
<input type="checkbox"/> Η κατασκευή της Φ/Β εγκατάστασης έγινε βάσει των κανονισμών: <input type="checkbox"/> Πραγματοποιήθηκε μελέτη εκτίμησης σκίασης			
Στατικά			
Η αξιολόγηση της φέρουσας υποδομής της στέγης έγινε:			
<input type="checkbox"/> Ναι, από τον:		<input type="checkbox"/> Δεν απαιτείται, θόπι:	
Η αξιολόγηση της κατασκευής της επιφάνειας/μόνωσης της στέγης έγινε:			
<input type="checkbox"/> Ναι, από τον:		<input type="checkbox"/> Δεν απαιτείται, θόπι:	
<input type="checkbox"/> Ο τρόπος στερέωσης του συστήματος στήριξης πληροί τις προδιαγραφές του Ευρωκώδικα 1. Η στερέωση των πλαισίων έγινε σύμφωνα με:			
<input type="checkbox"/> Υποδείξεις του κατασκευαστή των πλαισίων <input type="checkbox"/> Εναλλακτικό τρόπο (αξιολόγηση): _____			
Ηλεκτρική ασφάλεια Λειτουργίας			
Η εγκατάσταση έγινε και ελέγχθηκε με βάση τα πρότυπα:			
Η προστασία & ασφάλεια ανθρώπου από το κύκλωμα συνεχούς ρεύματος υλοποιήθηκε μέσω:			
<input type="checkbox"/> Εξοπλισμού μόνωσης κλάσης II		<input type="checkbox"/> Άλλο:	
<input type="checkbox"/> Η εγκατάσταση περιέχει προστασία έναντι διαρροής προς γη και βραχυκυκλωμάτων			
Επιλογή και εγκατάσταση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού			
Η επιλογή και εγκατάσταση του εξοπλισμού ηρεί τα πρότυπα.....			
Προδιαγραφές του κατασκευαστή που λήφθηκαν υπ' όψιν:			
<input type="checkbox"/> Μέγιστη τάση εισόδου και τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος του αντιστροφέα <input type="checkbox"/> Τοποθέτηση του αντιστροφέα για την κατάλληλη απαγωγή θερμότητας <input type="checkbox"/> Επιλογή διακοπών Σ.Ρ. βάσει ρευμάτων φορτίου και βραχυκυκλώματος <input type="checkbox"/> Καλωδίωση (λαμβάνοντας υπ' όψιν την επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας και θερμοκρασίας)			
Αντικραυνική προστασία/Προστασία έναντι υπερτάσεων			
Το σύστημα στήριξης γιώθηκε: <input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι			
<input type="checkbox"/> Το κτήριο έχει αντικραυνική προστασία:			
<input type="checkbox"/> Άμεση σύνδεση της γείωσης του Φ/Β συστήματος στο σύστημα αντικραυνικής προστασίας <input type="checkbox"/> Διατήρηση των απαιτούμενων αποστάσεων από το σύστημα αντικραυνικής προστασίας			
Προστασία υπερτάσεων (εκτός αντιστροφέα)	Απαγωγεί τύπου 1	Απαγωγεί τύπου 2	Δεν πραγματοποιήθηκε
πλευρά Σ.Ρ.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
πλευρά Ε.Ρ.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Προστασία/Φύλαξη			
Σύστημα παρακολούθησης και προστασίας: <input type="checkbox"/> Ηχητική <input type="checkbox"/> Τηλεδοιοποίηση <input type="checkbox"/> Χωρίς προστασία			
Αντικλεπτικά μέτρα: <input type="checkbox"/> Πλαίσια και συστήματα στήριξης <input type="checkbox"/> Αντιστροφείς			

Ευμπεριλαμβανόμενα έγγραφα

Στον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης δόθηκαν τα ακόλουθα έγγραφα:

A. Έγγραφα που επισυνάπτονται

- A1: Η/Μ σχέδια με αναλυτική απεικόνιση των στοιχείων και λοιπών χαρακτηριστικών του συστήματος

Έγγραφα για τις συσκευές του συστήματος (κυκλώστε τα αντίστοιχα)

	Καλώδια	Πλαίσια	Διακόπτες	Αντιστροφείς
Τεχνικά φυλλάδια	A2	A6	A10	A14
Εγχειρίδια οδηγιών χρήσης	A3	A7	A11	A15
Εγγυήσεις	A4	A8	A12	A16
Αντίγραφα πιστοποιητικών ποιότητας	A5	A9	A13	A17

Έγγραφα για το σύστημα στήριξης

- A18: Τεχνικά φυλλάδια
 A19: Υπολογισμοί στατικής επάρκειας
 A20: Εγγυήσεις
 A21: Αντίγραφα πιστοποιητικών ποιότητας

B. Επιπλέον έγγραφα (αν υπάρχουν)

- B1: Εκτίμηση ενεργειακής απόδοσης συστήματος
 B2: Τεχνική περιγραφή του συστήματος παρακολούθησης
 B3:
 B4:

Έλαβα το έντυπο των τεχνικών χαρακτηριστικών και περιγραφής της Φ/Β εγκατάστασης

Ημερομηνία _____

Υπογραφή Ιδίου/Εργολάβου _____

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΤΗ

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	
Η βεβαίωση εκδόθηκε από:	Η σφραγίδα βεβαιώνει ότι Η εγκατάσταση είναι νόμιμη και κατόπιν μπαίνει στην ιστοσελίδα του κατασκευαστή <u>Σφραγίδα εταιρείας</u>
Επωνυμία εταιρείας	
Αναρτησαν/ομοί υπεύθυνος	
Όμιλος-Κλάδος	
Πόλη	
Ο υπονοούμενος βεβαιώνει ότι όλες οι ανωτέρω πληροφορίες είναι ακριβείς και αφορούν τη συγκεκριμένη εγκατάσταση.	
Ημερομηνία, Υπογραφή Εγκαταστάτη	