

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Τεχνικός οδηγός
και παραδείγματα
βέλτιστων πρακτικών



www.pure-eie.com

Το Ευρωπαϊκό Έργο PURE

Το έργο PURE είχε ως στόχο την προώθηση της ένταξης των φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στο δομημένο περιβάλλον και συγκεκριμένα την προώθηση της ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτίρια σε 5 Ευρωπαϊκές χώρες (Ισπανία, Πορτογαλία, Ιταλία, Ελλάδα και Σλοβακία), οι οποίες συμμετείχαν στο έργο και παρουσιάζουν μεγάλο ηλιακό δυναμικό.

Το έργο είχε τριετή διάρκεια, ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2006 και ολοκληρώθηκε το Δεκέμβριο του 2008. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην προώθηση των στόχων της Οδηγίας 2002/91/EK για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων - ΟΕΑΚ (EPBD - Energy Performance of Buildings), η οποία στοχεύει στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στα νοικοκυριά και τα δημόσια ή επαγγελματικά κτίρια μέσω της αύξησης της αποδοτικότητας των συστημάτων και την προώθηση της χρήσης ηλιακών ενεργειακών συστημάτων.

Εξειδικευμένοι φορείς όπως: Πανεπιστήμια, Ενεργειακά γραφεία και Τεχνολογικά Ινστιτούτα από τις προαναφερόμενες χώρες, σε συνεργασία με κατασκευαστή φωτοβολταϊκών από τη Γερμανία αξιοποίησαν παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών και επιτυχημένων εφαρμογών από όλο τον κόσμο και σχεδίασαν εξειδικευμένες ενέργειες ενημέρωσης και διάδοσης εστιασμένες σε όλες τις ομάδες κοινού που εμπλέκονται στην υιοθέτηση των Φ/Β στο αστικό περιβάλλον, με έμφαση στις τοπικές αρχές και δημόσιους οργανισμούς, σε επιστημονικούς & επαγγελματικούς συλλόγους, σε μηχανικούς και αρχιτέκτονες και γενικότερα στον κατασκευαστικό τομέα.

Οι στόχοι του έργου υποστηρίχθηκαν μέσω των «Επιδεικτικών Κόμβων», εγκαταστάσεων που στεγάζουν εκθεσιακές, ενημερωτικές και εκπαιδευτικές εκδηλώσεις για την αποτελεσματική διάδοση και ένταξη της Φ/Β τεχνολογίας στη ζωή των πόλεων και για την υποστήριξη τοπικών & περιφερειακών ενεργειακών προγραμμάτων. Συγκεκριμένα, ο Φωτοβολταϊκός Κόμβος Επίδειξης (ΦΒΚΕ) αποτελεί ένα μόνιμο εκθεσιακό χώρο για την προώθηση της Φ/Β τεχνολογίας, ο οποίος λειτουργεί ως σημείο επίδειξης, ενημέρωσης και εκπαίδευσης, ανοικτό στους ενδιαφερόμενους φορείς και στο κοινό. Ημερίδες, σεμινάρια, τεχνικές και ενημερωτικές συναντήσεις διοργανώθηκαν στο χώρο αυτό. Ο ΦΒΚΕ αποτελεί σημείο επαφής και ενημέρωσης για τεχνικά, οικονομικά, νομοθετικά θέματα σχετικά με την ενσωμάτωση και ανάπτυξη Φ/Β συστημάτων σε αστικό περιβάλλον. Στην Ελλάδα, ο ΦΒΚΕ, φιλοξενείται στο Πολυτεχνείο Κρήτης, στα Χανιά, από το Εργαστήριο Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος.

Οι συνεργάτες του έργου εστίασαν τις προσπάθειές τους στην εξάλειψη των εμποδίων για την διείσδυση των εφαρμογών ΦΒΕΚ και την εφαρμογή της Οδηγίας 2002/91/EK για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων, όπως είναι τα παρακάτω:

- Η έλλειψη βασικής πληροφόρησης σχετικά με τις τεχνικές και οικονομικές παραμέτρους των διαθέσιμων λύσεων. Σε αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες, συγκεκριμένες ομάδες κοινού όπως είναι οι αρχιτέκτονες, οι κατασκευαστές, οι προμηθευτές οικιακού εξοπλισμού ή άλλοι εμπλεκόμενοι φορείς (όπως π.χ. δημόσιοι οργανισμοί) δεν έχουν επαρκή γνώση για τις υπάρχουσες λύσεις και δυνατότητες ενσωμάτωσης των Φ/Β σε κτίρια. Ο ΦΒΚΕ αποτέλεσε όχημα για τη μεταφορά τεχνογνωσίας από τους τεχνολογικούς φορείς στους λήπτες αποφάσεων, στους επαγγελματικούς φορείς και στους τελικούς χρήστες και συνέβαλε στη διάδοση βέλτιστων πρακτικών, τεχνικών και οικονομικών λύσεων για την εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής.
- Η έλλειψη ενημέρωσης για το ρόλο της ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κτίρια, προκειμένου να εξοικονομηθούν πόροι και να αποφευχθούν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Οι συνεργάτες του έργου οργάνωσαν εκστρατεία ευαισθητοποίησης για τους δυνητικούς χρήστες, προκειμένου να συμβάλουν στην περαιτέρω διείσδυση της χρήσης των Φ/Β στις Ευρωπαϊκές χώρες που παρουσιάζουν υστέρηση στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών.

Περαιτέρω πληροφορίες για το έργο PURE είναι διαθέσιμες στο διαδίκτυο στη διεύθυνση: www.pure-eie.com.

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| 1. Πρόλογος | 3 |
| 2. Τεχνική επισκόπηση | 4 |
| 3. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια - Τύποι και διαδικασία παραγωγής | 7 |
| 4. Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτίρια | 10 |
| 5. Παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών .. | 18 |
| 6. Συχνές ερωτήσεις | 41 |
| 7. Βιβλιογραφία - Αναφορές | 48 |

1 Πρόλογος

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) αποτελούν σήμερα ώριμη τεχνολογία, υπάρχουν όμως εφαρμογές τους που ακόμα δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες. Η αρχιτεκτονική ενσωμάτωση των Φ/Β συστημάτων στα κτίρια, ιδιαίτερα στο αστικό περιβάλλον (ΦωτοΒολταϊκά Συστήματα Ενσωματωμένα στα Κτίρια – ΦΒΕΚ), είναι μία από αυτές. Απαιτείται λοιπόν μεγαλύτερη προσπάθεια προκειμένου να κινητοποιηθούν οι εμπλεκόμενοι φορείς, ώστε να αυξηθεί ο αριθμός των εγκατεστημένων συστημάτων, να διαμορφωθούν κατάλληλα κίνητρα, να τεθεί σε ισχύ σχετική -ευνοϊκή- νομοθεσία, κλπ. Η διάδοση των βέλτιστων πρακτικών και επιτυχημένων παραδειγμάτων είναι επομένως ένα σημαντικό βήμα για την προώθηση και περαιτέρω ανάπτυξη της Φ/Β τεχνολογίας, ιδιαίτερα των ΦΒΕΚ.

Τα Φ/Β αποτελούν σήμερα ιδανικά οικοδομικά στοιχεία με δυνατότητα ενσωμάτωσης σε οποιοδήποτε οικοδομικό έργο, από κτίρια υψηλής τεχνολογικής αισθητικής έως οικοδομήματα πολιτιστικής κληρονομιάς. Μπορούν να αντικαταστήσουν διαφορετικά στοιχεία -από γυάλινες προσόψεις μέχρι οροφές- ή να υποκαταστήσουν παραδοσιακά οικοδομικά υλικά σε εφαρμογές όπως η σκίαση και η στεγανοποίηση. Με την ικανότητα να παράγουν καθαρή ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο, τα Φ/Β αποτελούν συνιστώσα της λύσης των σημερινών ενεργειακών και περιβαλλοντικών προβλημάτων και μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών. Η ενσωμάτωση ενός Φ/Β συστήματος στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό επιτρέπει στο σχεδιαστή να δημι-

ουργήσει περιβαλλοντικά ήπια και ενεργειακά αποδοτικά κτίρια χωρίς να θυσιάσει την άνεση, την αισθητική ή την οικονομία.

Ο Οδηγός αυτός στοχεύει να δώσει μια συνοπτική εικόνα των εναλλακτικών δυνατοτήτων ενσωμάτωσης των Φ/Β σε κτίρια, να παρουσιάσει διαφορετικές τεχνικές για την αντικατάσταση των υφιστάμενων δομικών στοιχείων από φωτοβολταϊκά, και να εμπνεύσει τους αρχιτέκτονες, τους κατασκευαστές, τους δυνητικούς χρήστες, τους δημόσιους φορείς και όλους τους πολίτες, προκειμένου να ευαισθητοποιηθούν για την αξιοποίηση της Φ/Β τεχνολογίας. Παρουσιάζει επίσης επιλεγμένα παραδείγματα καλής εφαρμογής και βέλτιστες πρακτικές ενσωμάτωσης από διαφορετικές χώρες. Τέλος, δίνει απαντήσεις σε μια σειρά από «συχνές ερωτήσεις», ώστε να παρέχει βασική πληροφόρηση για τα Φ/Β, σε κάθε ενδιαφερόμενο.

Η έκδοση αυτή υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού έργου PURE, που υποστηρίζεται από το πρόγραμμα ALTENER (Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη). Το PURE στοχεύει στην προώθηση της χρήσης των Φ/Β συστημάτων σε κτίρια και στο αστικό περιβάλλον στην Ευρώπη, δίνοντας έμφαση στις χώρες που συμμετέχουν στο έργο, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγάλο Φ/Β δυναμικό και έχουν σημαντικό περιθώριο ανάπτυξης αντίστοιχων εφαρμογών.

Θεοχάρης Δ. Τσούτσος
Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πολυτεχνείο Κρήτης

2 Τεχνική επισκόπηση

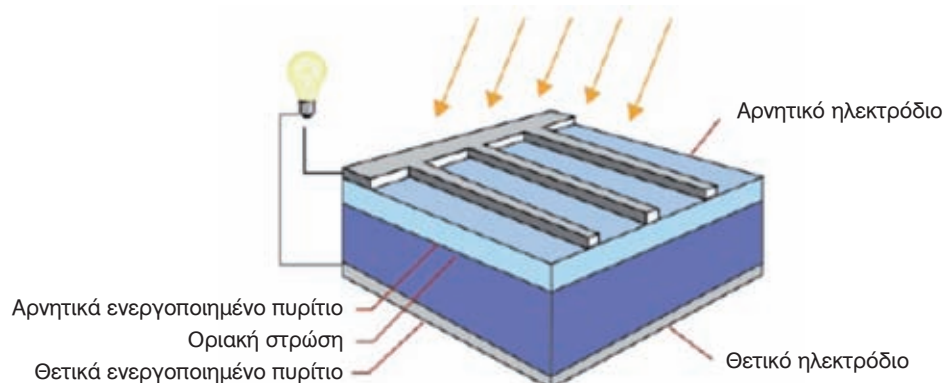
Στην Ευρώπη, η ηλιακή ακτινοβολία παράγει 600 - 2.000 kWh/m², σε ετήσια βάση. Επομένως, υπάρχει υψηλό δυναμικό για την αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην παραγωγή καθαρής, φιλικής προς το περιβάλλον, ενέργειας.

Το κεφάλαιο που ακολουθεί περιλαμβάνει βασική πληροφόρηση σχετικά με τη φωτοβολταϊκή ενέργεια και εξηγεί πώς παράγεται ενέργεια μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας και πώς τα επιμέρους τμήματα του Φ/Β συνθέτουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

2.1 Πώς λειτουργεί μια ηλιακή κυψέλη;

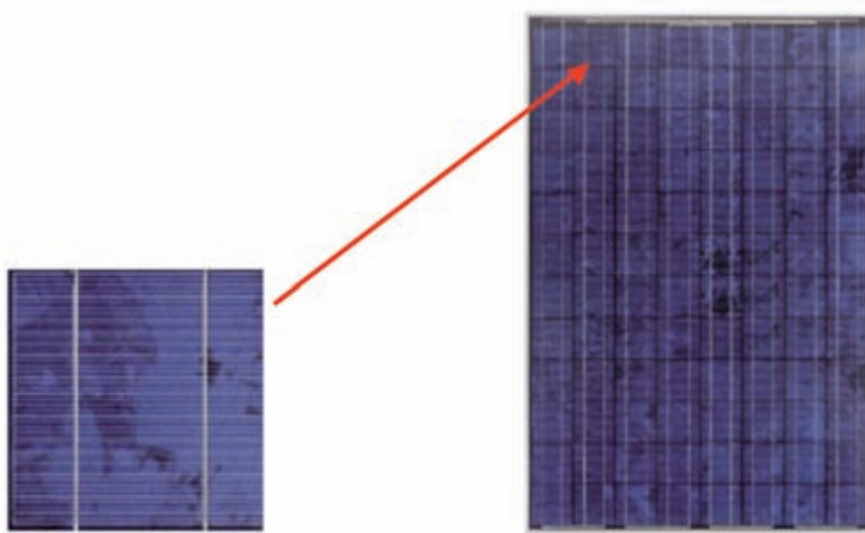
Για να παραχθεί ηλεκτρισμός, πρέπει - μέσα στις ηλιακές κυψέλες - τα ηλεκτρόνια να κινούνται από τον θετικό στον αρνητικό πόλο (όπως σε μια μπαταρία).

Γι' αυτό, οι φωτοβολταϊκές κυψέλες αποτελούνται από δύο στρώσεις, μια θετικά και μία αρνητικά "φορτισμένη". Μόλις πέσει φως στην κυψέλη, δημιουργείται τάση μεταξύ των στρώσεων, η οποία μπορεί να ληφθεί από τους πόλους. Μία μονάδα Φ/Β κυψέλης παράγει ασήμαντη ποσότητα, γι' αυτό χρησιμοποιείται το Φ/Β πλαίσιο, το οποίο αποτελείται από μεγάλο αριθμό διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών κυψελών.



2.2 Από την κυψέλη στο Φ/Β πλαίσιο

Κάθε κυψέλη παράγει, κατά προσέγγιση, 2,5 - 4,0Wp. Η διασύνδεση των φωτοβολταϊκών κυψελών δημιουργεί τα Φ/Β πλαίσια, τα οποία στη συνέχεια συνδέονται και σχηματίζουν μια πλήρη φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια περιβάλλονται από σκελετό και καλύπτονται από γυάλινη επιφάνεια, για να προστατεύονται από εξωτερικές επιδράσεις. Πριν τη σύνδεσή του με το δίκτυο, το συνεχές ρεύμα (DC) που παράγεται από την φωτοβολταϊκή γεννήτρια πρέπει να μετατραπεί - μέσω αντιστροφέα - σε εναλλασσόμενο (AC).



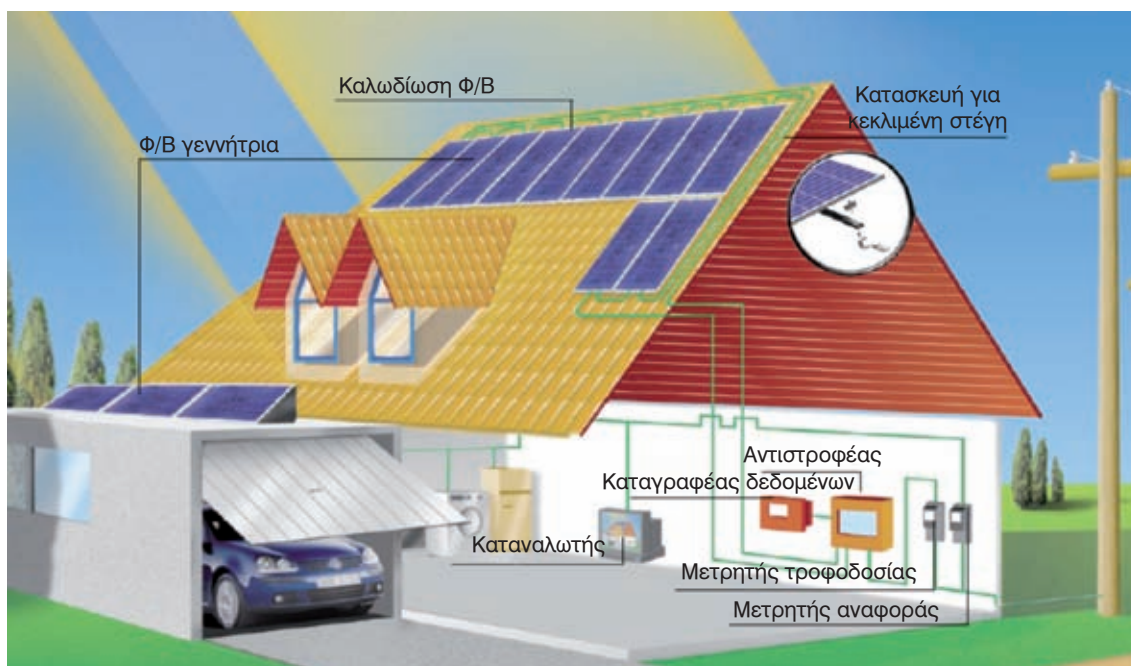
Τα τμήματα ενός Φ/Β συστήματος

Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό φωτοβολταϊκών πλαισίων, ανάλογα με τον τύπο και το απαιτούμενο μέγεθος του συστήματος.

Η στήριξη του πλαισίου διασφαλίζεται στις δοκούς υποστήριξης του κτιρίου, έτσι ώστε να μην απαιτείται αντικατάσταση των υφιστάμενων υλικών της στέγης. Τα πλαίσια που ενσωματώνονται σε επίπεδες στέγες τοποθετούνται σε στηρίγματα, για την καλύτερη ευθυγράμμισή τους. Η τεχνική αυτή δε δημιουργεί φθορά στην επίστρωση της στέγης και αποτελεί τη βέλτιστη λύση για οποιαδήποτε στέγη.

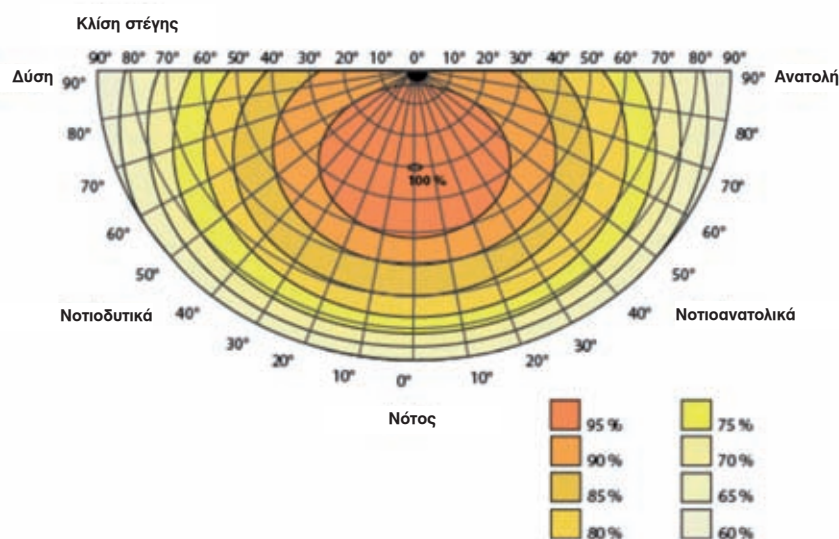
Οι καλωδιώσεις σύνδεσης για τα ηλιακά πλαίσια έχουν υψηλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες και στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώ ταυτόχρονα είναι στερεωμένες σε άμεσα συνδέσιμες υποδοχές. Αυτή η εφαρμογή απλουστεύει τη διαδικασία της εγκατάστασης, ενώ παράλληλα αποτρέπει την ακούσια αντιστροφή της πολικότητας στις διασυνδέσεις.

Ο αντιστροφέας μετατρέπει τη συνεχή τάση που παράγεται από τις Φ/Β κυψέλες σε εναλλασσόμενη, η οποία μπορεί να τροφοδοτήσει το υπάρχον δίκτυο. Η λειτουργία της αντιστροφής είναι πλήρως αυτοματοποιημένη: Ξεκινάει την αυγή, αμέσως μόλις γίνεται εφικτή η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και σταματάει μόλις σουρουπώσει. Μετά τον αντιστροφέα τοποθετείται μετρητής για τη μέτρηση της παραγόμενης ενέργειας.



Συσχέτιση της παραγόμενης ενέργειας με την εγκατάσταση του Φ/Β συστήματος

Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται εξαρτάται από την περιοχή εγκατάστασης, τον προσανατολισμό, τον τύπο και τη γωνία κλίσης των Φ/Β πλαισίων. Η αναμενόμενη απόδοση ενός Φ/Β συστήματος στην Ελλάδα είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες. Ιδιαίτερα στην Κρήτη, η απόδοση μιας Φ/Β εγκατάστασης υπολογίζεται ως 1.400 kWh ανά έτος και ανά εγκατεστημένο kWp Φ/Β, σε επιφάνεια περίπου 10m². Για παράδειγμα ένα σύστημα 5 kWp έχει ετήσια απόδοση 5.000 - 7.000 kWh, ικανή να καλύψει τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια ενός νοικοκυριού 4 ατόμων.

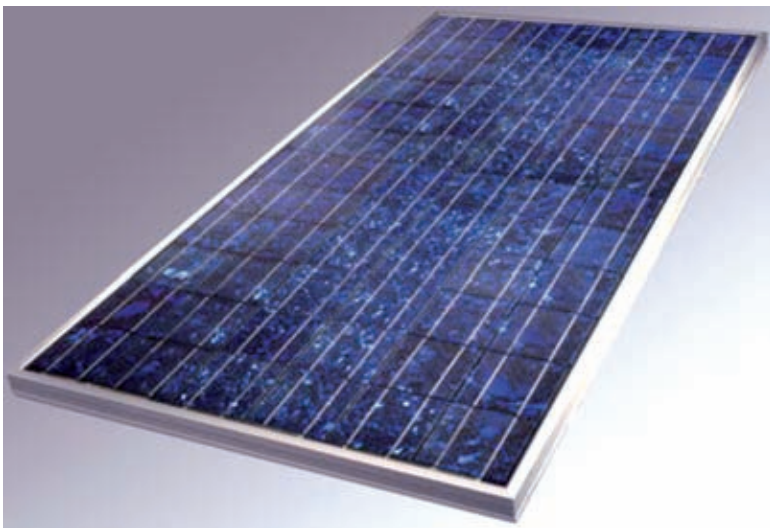


3 Τα Φ/Β πλαίσια - Τύποι και διαδικασία παραγωγής

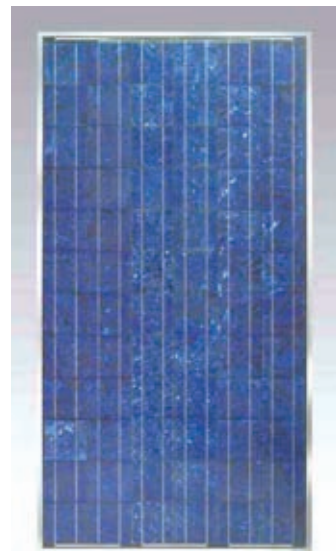
Το κεφάλαιο που ακολουθεί περιγράφει τους διαφορετικούς τύπους των φωτοβολταϊκών πλαισίων και αναλύει τη διαδικασία κατασκευής ενός πλαισίου από τις φωτοβολταϊκές κυψέλες.

3.1 Τύποι Φ/Β πλαισίων

Υπάρχουν δύο τύποι Φ/Β πλαισίων:



Τυπικά πλαίσια με πολυκρυσταλλικές φωτοβολταϊκές κυψέλες

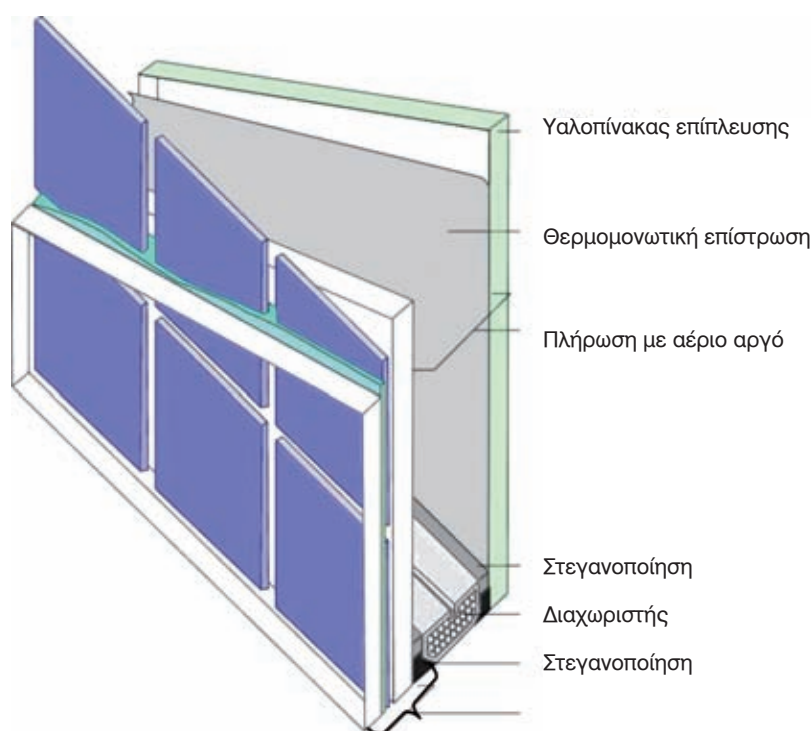


3.1.1 Τυπικά Φ/Β πλαίσια (πλαίσιο γυαλιού-ελασμάτων)

Η κατασκευή των τυπικών Φ/Β πλαισίων βασίζεται σε μέθοδο πολυστρωμάτωσης. Ο τύπος αυτός αποτελεί την πιο διαδεδομένη λύση σε εφαρμογές Φ/Β συστημάτων πάνω σε στέγες κτιρίων ή σε πολύ μεγάλες Φ/Β εγκαταστάσεις στην ύπαιθρο.

3.1.2 Ημιπερατά Φ/Β πλαίσια (κρυσταλλικά πλαίσια γυαλιού-γυαλιού)

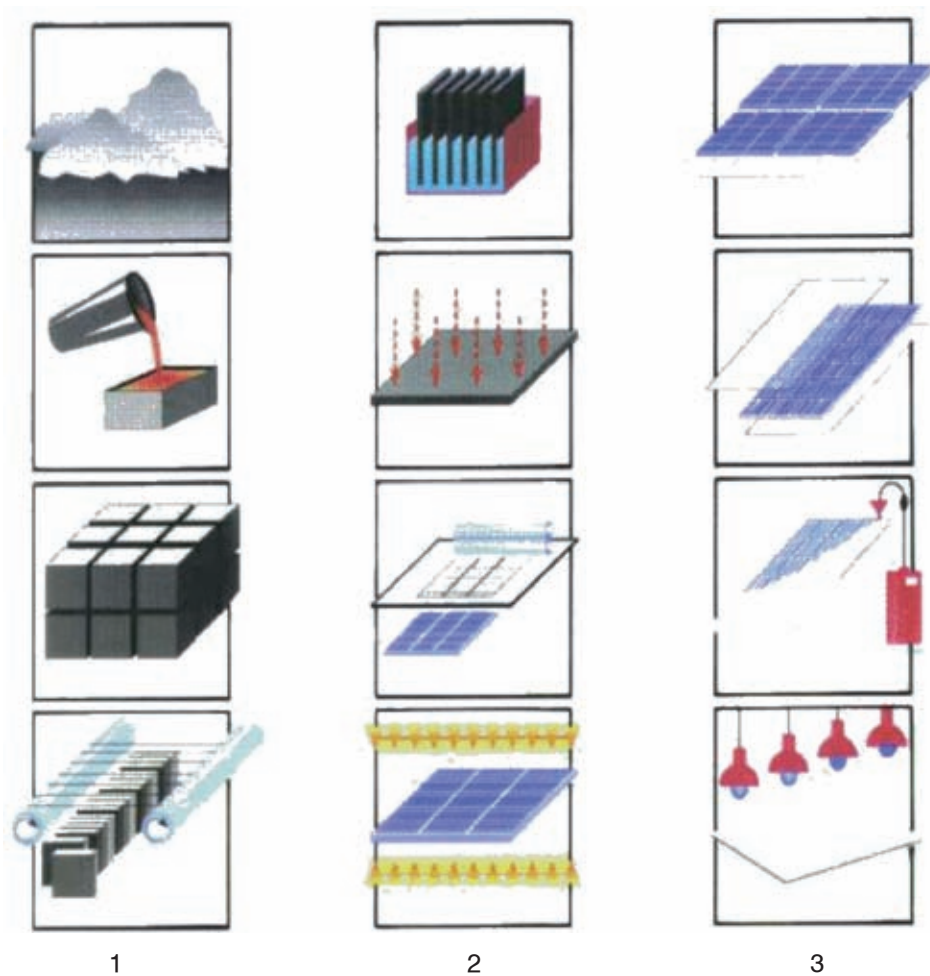
Η δομή ενός ημιπερατού Φ/Β πλαισίου για ένα Φ/Β σύστημα ενσωματωμένο σε κτίριο, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Τα πλαίσια αυτά επιλέγονται στις περιπτώσεις αρχιτεκτονικής ενσωμάτωσης, όχι μόνο λόγω του ιδιαίτερου σχεδιασμού τους, αλλά και γιατί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονωτικοί υαλοπίνακες. Σε ένα πλαίσιο υάλου-υάλου, στη μπροστινή όψη βρίσκεται το τμήμα “ortisol”, το οποίο αποτελείται από ένα εξαιρετικά λευκό υαλοπίνακα και ένα υαλοπίνακα επίπλευσης. Μεταξύ αυτών των δύο υαλοπινάκων τοποθετείται μια ειδική ρητίνη με ενσωματωμένες τις φωτοβολταϊκές κυψέλες. Το υπόλοιπο τμήμα περιλαμβάνει ένα στρώμα στεγανοποίησης από κάθε πλευρά καθώς και ένα επιπλέον τζάμι με θερμομονωτική επίστρωση, προκειμένου να διασφαλίζεται ικανοποιητική μόνωση. Το διάστημα μεταξύ του βασικού τμήματος και του υαλοπίνακα στο πίσω τμήμα του πλαισίου περιέχει αργό.

3.2 Διαδικασία παραγωγής Φ/Β πλαισίων

Το παρακάτω γράφημα απεικονίζει με παραστατικό τρόπο τη διαδικασία παραγωγής ενός Φ/Β πλαισίου.



1. Εξόρυξη καθαρού πυριτίου. Παραγωγή ακατέργαστων ηλιακών κυψελών (πλακιδίων).
2. Ηλεκτρική σύνδεση των κυψελών. Το πλακίδιο αποτελεί πλέον ηλιακή κυψέλη και μπορεί να παράγει ενέργεια.
3. Συναρμολόγηση των ηλιακών κυψελών σε ενιαίο πλαίσιο. Για την προστασία των ευπαθών ηλιακών κυψελών συνηθίζεται η χρήση τζαμιού. Στο τελικό στάδιο, το Φ/Β πλαίσιο ελέγχεται με τη βοήθεια συσκευής flash.

4 Ενσωμάτωση Φ/Β συστημάτων σε κτίρια (ΦΒΕΚ)

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι δυνατότητες ενσωμάτωσης των Φ/Β στο κτίριο.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα θεωρείται ενσωματωμένο σε κτίριο (ΦΒΕΚ), όταν η χρήση των Φ/Β έχει ενταχθεί στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και η τοποθέτησή τους γίνεται παράλληλα με την κατασκευή του οικοδομήματος. Τα ΦΒΕΚ αποτελούν δομικό υλικό για το κέλυφος του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως παραγωγοί καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο, με σημαντικό πλεονέκτημα την εξοικονόμηση κόστους τόσο των υλικών όσο και της ενέργειας.

Τα Φ/Β σήμερα, μπορούν να αποτελέσουν ιδανικά οικοδομικά στοιχεία σε πολλαπλές εφαρμογές καθώς επιτρέπουν μεγάλη ευελιξία στο σχεδιασμό. Μπορούν να αντικαταστήσουν διαφορετικά οικοδομικά στοιχεία - από γυάλινες προσόψεις μέχρι οροφές, ή να υποκαταστήσουν παραδοσιακά οικοδομικά υλικά σε εφαρμογές όπως η σκίαση και η στεγανοποίηση. Με ποικιλία σε σχήματα και χρώματα και την ικανότητα να συνδυάζονται αρμονικά ή να ξεχωρίζουν, επιτρέπουν στους αρχιτέκτονες να κρύψουν ή να προβάλλουν τη χρήση τους σύμφωνα με τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις. Τα Φ/Β μπορούν να ενσωματωθούν σε οποιοδήποτε οικοδομικό έργο, από κτίρια υψηλής τεχνολογικής αισθητικής έως οικοδομήματα πολιτιστικής κληρονομιάς.

Παρόλο που η χρήση των Φ/Β, από τους αρχιτέκτονες, ως δομικό στοιχείο αυξάνεται συνεχώς, ο αριθμός των κτιρίων που έχουν ενσωματωμένα Φ/Β συστήματα είναι ακόμα χαμηλός. Το υψηλό κόστος της ενσωμάτωσης τους προβάλλεται συνήθως ως η αιτία για τη μη υιοθέτησή τους. Ωστόσο, το κόστος δεν μπορεί να θεωρηθεί ως καθοριστική αιτία, καθώς συχνά στις προσόψεις των κτιρίων χρησιμοποιούνται υλικά υψηλότερου κόστους όπως π.χ. ο γρανίτης. Ο βασικός λόγος πιθανόν εστιάζεται στην έλλειψη γνώσης και τεχνογνωσίας για τη νέα αυτή τεχνολογία, παρόλο που η διαδικασία σχεδιασμού και εγκατάστασης ενός Φ/Β συστήματος δε διαφέρει σημαντικά από τη διαδικασία τοποθέτησης μιας στέγης ή πρόσοψης σε ένα κτίριο, ενσωματώνεται σχεδόν με την ίδια ευκολία τοποθέτησης μιας τυπικής πρόσοψης ή στέγης από γυαλί και συνδέεται ηλεκτρικά όπως μια συμβατική ηλιακή εγκατάσταση.

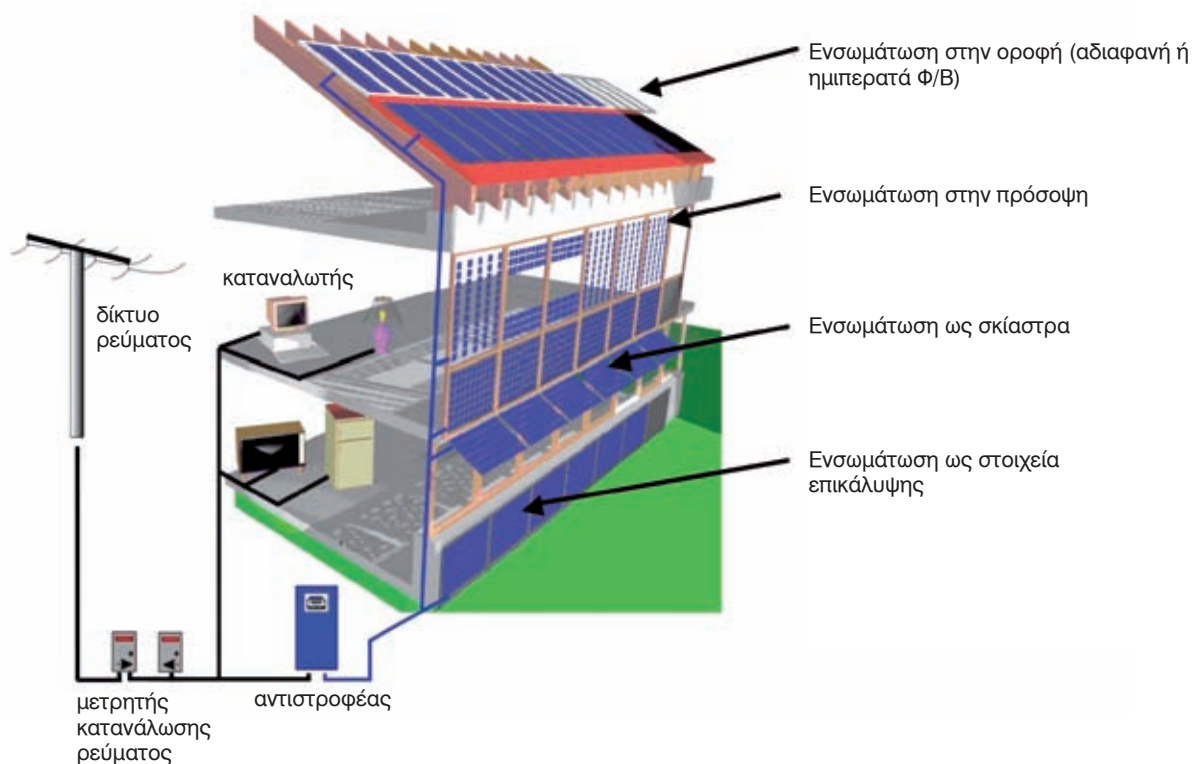
4.1 Δυνατότητες ένταξης Φ/Β σε κτίρια

Η σύγχρονη Φ/Β τεχνολογία συνδυάζει τη μέγιστη ενεργειακή αποδοτικότητα των Φ/Β συστημάτων με πολλαπλές δυνατότητες αρχιτεκτονικής ενσωμάτωσης τους, ικανοποιώντας απαιτητικές λειτουργικές ή αισθητικές παραμέτρους. Ανθεκτικά, εύχρηστα και με πολλαπλές εφαρμογές, τα Φ/Β μπορούν να αντικαταστήσουν διαφορετικά οικοδομικά υλικά από γυάλινες προσόψεις ως στεγανοποιημένες στέγες και μπορούν να ενσωματωθούν με επιτυχία και στα πιο απαιτητικά αρχιτεκτονικά έργα.

Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές αφορούν την ενσωμάτωση των Φ/Β σε:

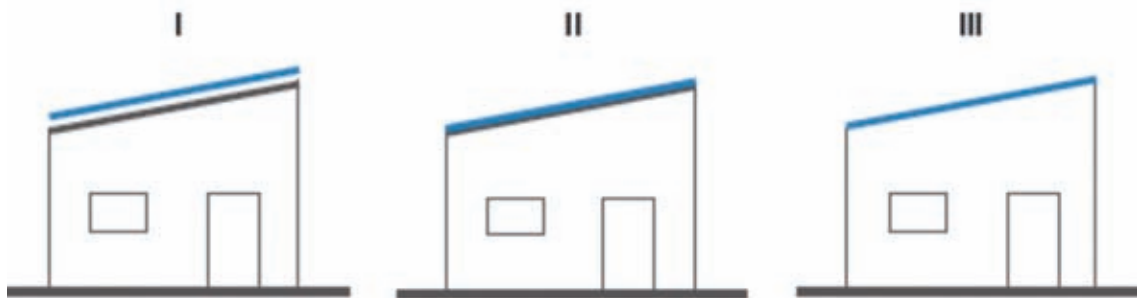
- Στέγη / ταράτσα
- Πρόσοψη
- Σκίαστρα / Στέγαστρα

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τις εναλλακτικές δυνατότητες ενσωμάτωσης σε ένα κτίριο:



4.1.1 Ενσωμάτωση Φ/Β σε στέγη

Υπάρχουν τρεις εναλλακτικοί τρόποι ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε μια στέγη κτιρίου.



Πηγή: Landesgewerbeamt Baden Württemberg

I. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή σήμερα, δεν είναι η ενσωμάτωση των Φ/Β στο κτίριο, αλλά η τοποθέτησή τους πάνω στην επιφάνεια της στέγης.



II. Μια άλλη δυνατότητα είναι η απευθείας ενσωμάτωση των Φ/Β στη στέγη



III. Η τρίτη δυνατότητα είναι η πλήρης ενσωμάτωση των Φ/Β στη στέγη, όπου τα Φ/Β παίζουν το ρόλο της σκεπής υποκαθιστώντας το αντίστοιχο οικοδομικό υλικό (πχ. τα κεραμίδια).



4.1.2 Ενσωμάτωση Φ/Β στη πρόσοψη κτιρίου

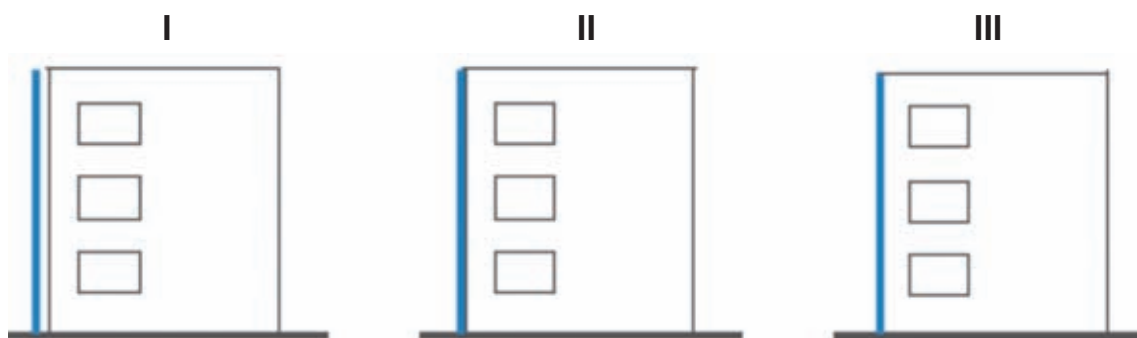
Οι φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις σπάνια έχουν τόσο καλό αισθητικό αποτέλεσμα, όσο αυτό της ενσωμάτωσης των Φ/Β στα κτίρια: το σχήμα και το χρώμα των στοιχείων που θα ενσωματωθούν στην πρόσοψη μπορούν να κατασκευαστούν έτσι ώστε να προσαρμόζονται τέλεια στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτιρίου. Λόγω του σχεδιασμού, όπου οι ηλιακές κυψέλες είναι μέσα σε χυτή ρητίνη μεταξύ των δύο υαλοπινάκων, τα ηλιακά στοιχεία μπορεί να είναι σημαντικά μεγαλύτερα από τα συμβατικά συστήματα. Αυτό αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για το σχεδιασμό και την εγκατάσταση των Φ/Β. Το ευρύ φάσμα των διαφορετικών αισθητικά δυνατοτήτων σε Φ/Β πλαίσια παρέχει μεγάλη ευελιξία στην αρχιτεκτονική σχεδίαση.

Μια σύγχρονη πρόσοψη μπορεί να παρέχει διαφορετικές λειτουργίες στο κτίριο, π.χ.:

- Θερμική προστασία
- Μόνωση
- Προστασία από τον ήλιο
- Προστασία από τον θόρυβο

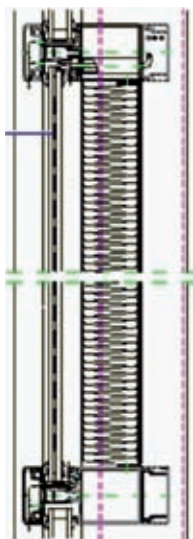
Χρησιμοποιώντας ΦΒΕΚ είναι δυνατή η επίτευξη όλων των παραπάνω στόχων, με επιπλέον πλεονέκτημα την παραγωγή -φιλικής προς το περιβάλλον- ενέργειας.

Υπάρχουν τρεις δυνατότητες για την ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών στην πρόσοψη ενός κτιρίου:

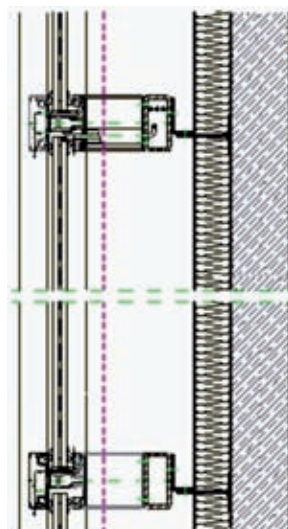


Πηγή: Landesgewerbeamt Baden Württemberg

Οι Φ/Β κυψέλες μπορούν να ενταχθούν σε κρύα πρόσοψη (cold facade) ως υαλοπέτασμα, ή ως θερμή πρόσοψη (warm facade).



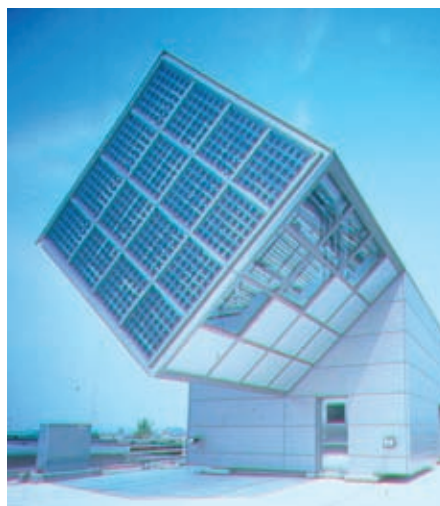
Παράδειγμα θερμής πρόσοψης



Παράδειγμα κρύας πρόσοψης



Nipponcenter στην Ιαπωνία



Οι παραπάνω φωτογραφίες απεικονίζουν ένα παράδειγμα πλήρους ενσωμάτωσης των Φ/Β στη στέγη και την πρόσοψη ενός κτιρίου. Τα πλαίσια αντικαθιστούν τα οικοδομικά στοιχεία της πρόσοψης και της στέγης, εξοικονομώντας το κόστος τους στην κατασκευή του νέου κτιρίου. Τα ΦΒΕΚ έχουν συνολική ισχύ 13,7 kWp και καλύπτουν συνολική επιφάνεια 215m².

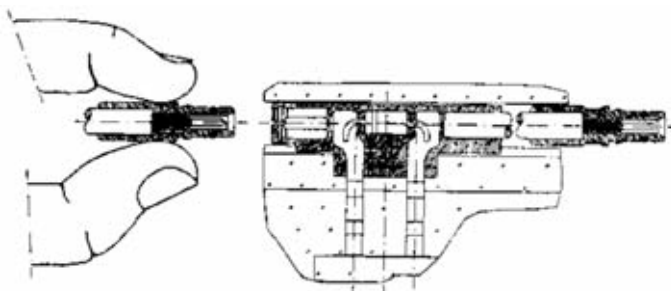
Στο επόμενο παράδειγμα, κατά την ανακαίνιση του εικονιζόμενου κτιρίου, η πρόσοψη του αντικαταστάθηκε από ένα υπερσύγχρονο σύστημα παραγωγής ενέργειας.



Κτίριο Ökotec - Βερολίνο
Πηγή: Scheuten Solar

Η ηλεκτρική σύνδεση

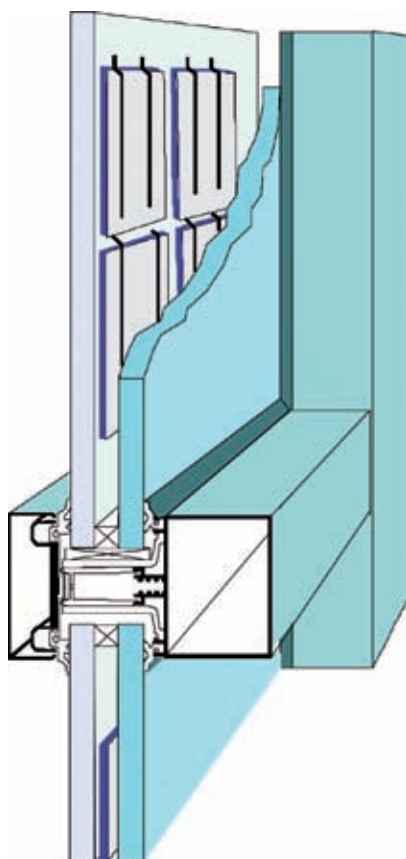
Η παρακάτω εικόνα δείχνει τον τρόπο σύνδεσης των δυο πλαισίων. Τα ΦΒΕΚ υάλου-υάλου συνδέονται μεταξύ τους με ένα απλό και εύχρηστο σύστημα διασύνδεσης. Με αυτό τον τύπο ηλεκτρικής σύνδεσης, οι καλωδιώσεις μπορούν να κρυφτούν στο εσωτερικό της βάσης πετυχαίνοντας έτσι ένα ομοιόμορφο, αισθητικό αποτέλεσμα.



Πηγή: Scheuten Solar

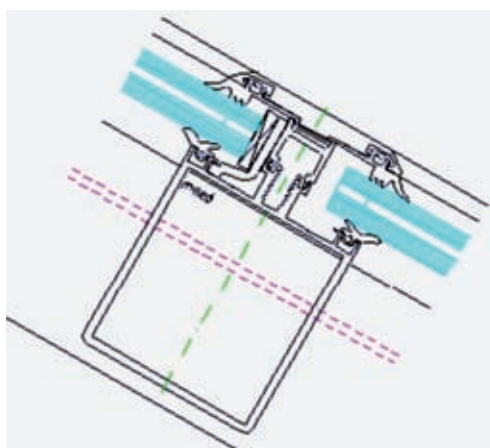
Παραδείγματα κατασκευών ενσωμάτωσης Φ/Β στην πρόσοψη

Τα πλαίσια μπορούν να ενσωματωθούν στην κατασκευαστική δομή της πρόσοψης του κτιρίου. Καθώς είναι κατασκευασμένα από τζάμι, αντιμετωπίζονται ως τυπικοί υαλοπίνακες.



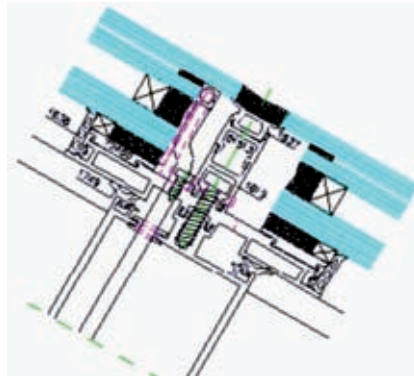
Φ/Β πλαίσια ενσωματωμένα στην κατασκευή

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών στην κατασκευή. Για παράδειγμα, μπορούν να ενσωματωθούν σε μια πρόσοψη σε μία συμβατική κατασκευή.



Φωτοβολταϊκά πλαίσια ενσωματωμένα σε μια συνηθισμένη κατασκευή

Τα Φ/Β πλαίσια μπορούν επίσης να ενσωματωθούν σε μια δομικά σταθερή γυάλινη πρόσοψη.



Φωτοβολταϊκά πλαίσια
ενσωματωμένα σε σταθερή
γυάλινη πρόσοψη

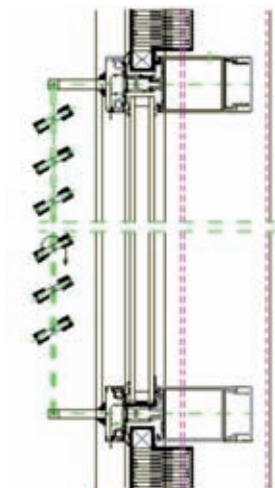
Σημειώνεται ότι, η ασφάλεια του συστήματος και η συμμόρφωση με την ισχύουσα - για τα κτίρια- νομοθεσία, αποτελούν βασική προτεραιότητα στο σχεδιασμό και την κατασκευή οποιασδήποτε Φ/Β εγκατάστασης. Οι κανονισμοί που ισχύουν για τα ΦΒΕΚ είναι συνήθως παρεμφερείς με αυτούς που εφαρμόζονται για τους συμβατικούς υαλοπίνακες

4.1.3 Σκίαστρα

Η χρήση φωτοβολταϊκών για σκίαση παρουσιάζει δύο πλεονεκτήματα:

- Την εξοικονόμηση κόστους από τα συμβατικά σκίαστρα, καθώς τα Φ/Β προσφέρουν επαρκή σκίαση στον εσωτερικό χώρο. Εξάλλου, η χρήση των ημιπερατών πλαισίων επιτρέπει τον προσδιορισμό του βαθμού διαφάνειας, ανάλογα με το βαθμό σκίασης που απαιτείται.
- Την παραγωγή καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία μπορεί να αποδειχτεί μια καλή επένδυση για το μέλλον.

Το πλεονέκτημα από τη χρήση των ΦΒΕΚ για σκίαση είναι ότι η βέλτιστη κλίση τοποθέτησής τους για τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ενέργειας ταυτίζεται με την κλίση που παρέχει την μέγιστη σκίαση (βλ. επόμενο παράδειγμα):



5 Παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα διαφορετικών εφαρμογών ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτίρια (ΦΒΕΚ).

Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις στο αστικό περιβάλλον διακρίνονται - ανάλογα με την τοποθέτησή τους - σε:

- συστήματα ενσωματωμένα στη στέγη κτιρίου (σε κεκλιμένη ή επίπεδη στέγη, με αδιαφανή ή ημιπερατά πλαίσια)
- συστήματα ενσωματωμένα στην πρόσοψη κτιρίων (σε παράθυρα, φωταγωγούς, σκίαστρα, κιγκλιδώματα, σε άλλα στοιχεία επικαλύψεων κλπ.).

Τα Φ/Β συστήματα μπορούν ακόμα να ενσωματωθούν σε φωτεινούς σηματοδότες, ηχοπετάσματα, πέργκολες, κ.α. και να αξιοποιηθούν σε πληθώρα άλλων κατασκευαστικών εφαρμογών εκτός των κτιρίων.

Η αυξανόμενη χρήση ημιπερατών Φ/Β πλαισίων διαφορετικών σχημάτων, χρωμάτων και βαθμού αδιαφάνειας, προσφέρει πολλαπλές λύσεις για την αρχιτεκτονική τους ενσωμάτωση, λύσεις οι οποίες μπορούν να ικανοποιήσουν και τις πιο απαιτητικές λειτουργικές ή αισθητικές παραμέτρους.

Τα παρακάτω παραδείγματα παρουσιάζουν κάποιες από τις εφικτά τεχνικές λύσεις ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτίρια ή στο αστικό περιβάλλον. Στη σύντομη περιγραφή που συνοδεύει κάθε έργο, περιλαμβάνονται βασικά δεδομένα για τη Φ/Β εγκατάσταση π.χ.: Φ/Β ισχύς, τύπος πλαισίων, τεχνολογία, περιοχή, ειδικά χαρακτηριστικά κ.α. Αρκετά παραδείγματα αναφέρονται σε περισσότερες από μία διαφορετικές κατηγορίες ενσωμάτωσης.

Παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών συστημάτων στη στέγη

Τα ενσωματωμένα στη στέγη Φ/Β συστήματα κατηγοριοποιούνται περαιτέρω ανάλογα με το αν τοποθετούνται σε επίπεδη ή κεκλιμένη στέγη, σε ευθεία ή κυρτή σκεπή, σε αδιαφανή ή ημιπερατή στέγη, σε κεραμοσκεπή, κλπ.

Ενσωμάτωση Φ/Β σε κεκλιμένη στέγη με κεραμίδια

| | |
|-------------------------|--------------------------------|
| Έργο | Molina de Segura |
| Περιοχή | Murcia - Ισπανία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 38° 4' 53.79" N 1° 7' 58.67" W |
| Έτος | 2004 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 5.985 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε κεραμοσκεπή |
| Πηγή | SOLSURESTE |

Σύντομη Περιγραφή

Στο έργο αυτό, τα Φ/Β συστήματα έχουν ενσωματωθεί στην κεραμοσκεπή του κτιρίου. 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 δεν περιέχουν CFC. Αντέχουν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (έως και 800°C).

Η ετήσια παραγωγή ενέργειας του έργου εκτιμάται ως 8.000 kWh.



Κρυσταλλικά Φ/Β κεραμίδια, ενσωματωμένα σε παραδοσιακή στέγη

Ενσωμάτωση Φ/Β σε κεκλιμένη οροφή (αντικατάσταση κεραμιδιών)

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Islay Columba Centre |
| Περιοχή | Bowmore, Isle of Islay - Ηνωμένο Βασίλειο |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 55° 45' 36" N 6° 16' 47" W |
| Έτος | 2003 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 19,73 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε κεραμοσκεπή |
| Πηγή | SES Atlantis |

Σύντομη Περιγραφή

Το Φ/Β σύστημα στη συγκεκριμένη εφαρμογή περιλαμβάνει συνολικά 1.644 ηλιακές πλάκες SES Atlantis. Η ισχύς της διάταξης είναι 19,73 kWp. Το κτίριο βρίσκεται κατά μήκος του άξονα Βορράς - Νότος, έτσι οι πλευρές της κεκλιμένης στέγης έχουν πρόσωπο προς τη δύση ή την ανατολή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ετήσιας παραγωγής ενέργειας κατά 15%. Για να αντιμετωπιστεί το γεγονός αυτό, επιλέχθηκε να καλυφθούν και οι δυο επιφάνειες της στέγης με τις συγκεκριμένες ηλιακές πλάκες, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η επιφάνεια των εγκατεστημένων Φ/Β πλαισίων.

Η ετήσια παραγωγή του συστήματος είναι 8.164 kWh (δεδομένα 2005).



Ενσωμάτωση Φ/Β πλαισίων σε κεκλιμένη στέγη

| | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Έργο | Σχολικά Κτίρια στο Nieuwland |
| Περιοχή | Amersfoort, Ουτρέχτη - Ολλανδία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 52° 12' 4.3" N 5° 22' 29.6" E |
| Έτος | 1998 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 26 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε κεραμοσκεπή |
| Πηγή | SHELL SOLAR ENERGY |

Σύντομη Περιγραφή

Το έργο αφορά 10 κτίσματα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν προσωρινά ως σχολικά κτίρια. Σε κάθε κτίριο ενσωματώθηκαν Φ/Β πλαίσια με συνολική ισχύ περίπου 26 kWp, σε επιφάνεια 285m². Τα Φ/Β πλαίσια αντικατέστησαν τα κεραμίδια της στέγης. Οι Φ/Β στέγες έχουν σχεδόν νότιο προσανατολισμό, με γωνία κλίσης 23°.

Η ετήσια παραγωγή ενέργειας από τα 10 ημι-νεξάρτητα κτίρια με τα ενσωματωμένα Φ/Β εκτιμάται ως 19.700 kWh.



Ενσωμάτωση Φ/Β σε κεραμοσκεπή, με αντικατάσταση των κεραμιδιών. Λεπτομέρεια στη στέγη

Ενσωμάτωση Φ/Β σε κεκλιμένη στέγη (διαπερατή σκεπή)

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Κτίριο ZICER, Πανεπιστήμιο East Anglia |
| Περιοχή | Norwich, Norfolk – Ηνωμένο Βασίλειο |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 52°37'18"N 1°14'16"E |
| Έτος | 2003 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 33,88 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση σε κεκλιμένη στέγη με ημιπερατά φωτοβολταϊκά πλαίσια |
| | Ενσωμάτωση σε πρόσοψη με ημιπερατά ΦΒΕΚ |
| Πηγή | PURE Project |

Σύντομη Περιγραφή

Το κτίριο του Ινστιτούτου Περιβαλλοντικής Έρευνας Zuckerman (ZICER) στεγάζει τη σχολή Περιβαλλοντικών Επιστημών του Πανεπιστημίου East Anglia. Το συγκεκριμένο τμήμα του Πανεπιστημίου, στο πλαίσιο του έργου για τη “Μείωση των εκπομπών CO₂ στην Κοινότητα”, ανασχεδίασε το κτίριο του τοποθετώντας Φ/Β τόσο στις κάθετες όσο και στις ελαφρά κεκλιμένες επιφάνειες της στέγης, αποδεικνύοντας έτσι - στην πράξη - τη δέσμευσή του για μείωση των εκπομπών CO₂. Φ/Β πλαίσια ενσωματώθηκαν στο αίθριο - στον άνω όροφο του κτιρίου - αντικαθιστώντας τις υάλινες επιφάνειες, ενώ επιλέχθηκαν υάλινες επιφάνειες, οι οποίες διαμορφώθηκαν σε ημιπερατά υαλοστάσια που περιελάμβαναν Φ/Β. Στόχος του έργου ήταν η δυνατότητα επίδειξης Φ/Β συστημάτων και η συμβολή στη μείωση των εκπομπών CO₂.



Εγκατάσταση Φ/Β στη στέγη του κτιρίου ZICER.
Ημιπερατά ΦΒΕΚ.
Πανεπιστήμιο East Anglia

Ενσωμάτωση Φ/Β σε επίπεδη στέγη (ημιπερατή στέγη)

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Δημαρχείο Dongen |
| Περιοχή | Dongen - Γερμανία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 51°37'56".27"N 4°57'32.23"E |
| Έτος | 2002 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 53 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση ημιπερατών Φ/Β πλαισίων σε στέγη |
| Πηγή | SSG |

Σύντομη Περιγραφή

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 διέθεταν διάκενο μόνωσης και τζάμι ασφαλείας. Κάθε πλαίσιο έχει επιφάνεια 1,8m², ισχύ 184Wp και βάρος 100kg. Η μετατροπή από συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση γίνεται μέσω 16 αντιστροφών 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.



Φ/Β εγκατάσταση σε επίπεδη στέγη.
Φωτογραφία: Scheuten Solar

Ενσωμάτωση Φ/Β σε θολωτή στέγη/στέγαστρο

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Έργο | Azienda Agraria Anfossi |
| Περιοχή | Savona - Ιταλία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 44°13'59"N 8°30'E |
| Έτος | 2004 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 16,20 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε στέγαστρο |
| Πηγή | AZIENDA AGRARIA ANFOSSI |



Καμπύλη στέγη με ενσωματωμένα Φ/Β σε εμπορικό κτίριο

Ενσωμάτωση Φ/Β σε καμπύλη οροφή

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Lehrter - Νέος Κεντρικός Σιδηροδρομικός Σταθμός |
| Περιοχή | Βερολίνο - Γερμανία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 52°34'1.81"N 13°27'24.76"E |
| Έτος | 2002 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 189 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε καμπύλη οροφή |
| Πηγή | SSG |

Σύντομη Περιγραφή

Τα χωρίς πλαίσια Φ/Β αντικαθιστούν την υαλοκατασκευή στη διαπερατή οροφή της κεντρικής αίθουσας του σιδηροδρομικού σταθμού Lehrter και τοποθετούνται σε γραμμική διάταξη πάνω σε πλέγμα από ατσάλι. Λόγω της καμπυλότητας της αίθουσας, η γεωμετρία κάθε Φ/Β είναι διαφορετική, με επιφάνειες που ποικίλουν από 1,5 - 2,5m². Οι διαφορετικές κλίσεις των σχεδόν τέλεια ευθυγραμμισμένων πλαισίων οδηγούν σε σύστημα αντιστροφών, το οποίο όχι μόνο μεγιστοποιεί την παραγωγή ενέργειας, αλλά παράλληλα βελτιστοποιεί τη διαδικασία παρακολούθησης (monitoring). Η συγκεκριμένη τεχνική λύση συμβάλλει ακόμα περισσότερο στη μείωση του κόστους λόγω της τυποποίησης, της βιομηχανικής κατασκευής και της μείωσης των καλωδιώσεων εναλλασσόμενου ρεύματος. Το παράδειγμα του Lehrter αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά υποδείγματα για την αρχιτεκτονική ενσωμάτωση των Φ/Β (τα οποία έχουν σχεδόν βέλτιστο προσανατολισμό), και ανοίγει νέους ορίζοντες στην Φ/Β τεχνολογία.

Ο αριθμός των Φ/Β πλαισίων είναι 780, σε επιφάνεια 1.700m². Η ισχύς (rated power) του συστήματος είναι 189 kWp.



Σιδηροδρομικός Σταθμός Lehrter, Βερολίνο.
Φ/Β πλαίσια με διαφορετική καμπυλότητα και μέγεθος.
189 kWp, 1.700m². Φωτογραφίες: Scheuten Solar

Ενσωμάτωση Φ/Β σε επίπεδη σκεπή

| | |
|-------------------------|--|
| Έργο | Ακαδημία Mont-Cenis |
| Περιοχή | Herne - Γερμανία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 52°37'18"N 1°14'16"E |
| Έτος | 1999 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 1.000 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β στο γυάλινο κέλυφος στην οροφή και εντός της κατακόρυφης πρόσοψης του κτιρίου |
| Πηγή | SSG |

Σύντομη Περιγραφή

Η αρχιτεκτονική ομάδα των Γάλλων Jourda και Perraudin (σε συνεργασία με την HHS, Kassel) υιοθέτησαν μια νέα αντίληψη οικοδόμησης περικλείοντας τους χώρους μιας ακαδημίας, ενός ξενοδοχείου, μερικών γραφείων και μιας βιβλιοθήκης σε ένα γυάλινο περίβλημα (glass envelope) το οποίο καλύπτει επιφάνεια 180x72 m, σε ύψος 16m. Τα κτίρια στο εσωτερικό του γυάλινου κελύφους προστατεύονται από τον άνεμο και τη βροχή, ενώ το κλίμα που δημιουργείται είναι ανάλογο της Νίκαιας (Nice).

Στον εσωτερικό χώρο μια συστοιχία δένδρων δημιουργεί ευχάριστο περιβάλλον για περίπατο και ξεκούραση καθόλη τη διάρκεια του έτους. Η Scheuten Solar ήταν ο βασικός εργολάβος για την εγκατάσταση των Φ/Β συστημάτων και την ενίσχυση των υάλινων επιφανειών. Ο σχεδιασμός, παραγωγή, προμήθεια και ενσωμάτωση των Φ/Β έγινε από την FSI. Τα ενσωματωμένα στοιχεία optisol παράχθηκαν στις εγκαταστάσεις της Scheuten Solar στο Gelsenkirchen/North-Rhine Westphalia. Οι αντιστροφείς παράχθηκαν από την SMA, θυγατρική εταιρεία της Scheuten Solar.

Πρόσθετα στοιχεία για τη Φ/Β εγκατάσταση:

Επιφάνεια συλλεκτών: 10.000m²

Αριθμός ηλιακών κυψελών: 600.000

Παραγωγή ενέργειας: 700.000 kWh/έτος

Μείωση εκπομπών CO₂: 500.000kg/έτος



Ακαδημία Mont-Cenis, Herne. 10.000m² OPTISOL®
Φωτογραφίες: Scheuten Solar

Παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών ενσωμάτωσης Φ/Β πλαισίων και στοιχείων σε προσόψεις κτιρίων

Ενσωμάτωση Φ/Β πλαισίων σε πρόσοψη

| | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Έργο | Ανάπλαση εργατικής πολυκατοικίας |
| Περιοχή | Ταύρος, Αθήνα - Ελλάδα |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 37°58'32"15"N 23°43'7"66"E |
| Έτος | 2002 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 11,9 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε πρόσοψη κτιρίου |
| Πηγή | SENNERS |

Σύντομη Περιγραφή

Το συγκεκριμένο έργο αποτελεί μια καινοτόμα προσέγγιση στην ενσωμάτωση Φ/Β στην πρόσοψη κτιρίων. Έχουν χρησιμοποιηθεί και συνδεθεί μεταξύ τους Φ/Β γεννήτριες με διαφορετικές διαστάσεις, διαφορετική τάση και ισχύ, δίνοντας έτσι μεγάλη ελευθερία στο σχεδιασμό.

Το ενσωματωμένο διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα της πολυκατοικίας στον Ταύρο, είναι ισχύος 11,9 kW, και αποτελείται από 82 Φ/Β γεννήτριες ισχύος 100W (24V ανά γεννήτρια) και από 74 Φ/Β γεννήτριες ισχύος 50W, των 12V. Οι Φ/Β γεννήτριες είναι της εταιρίας Naps Systems Oy και η διασύνδεση με το δίκτυο έγινε με διασυνδεδεμένους αντιστροφείς της εταιρίας SMA.

Το ΦΒΕΚ βρίσκεται στη νότια όψη του κτιρίου και αποτελούνται από δύο πυραμιδοειδή στοιχεία, ώστε να σχηματίζονται δύο ξεχωριστές ανάστροφες πυραμίδες οι οποίες συνδέονται με το κτίριο με σειρά πρόσθετων μεταλλικών εξωστών. Στόχος του έργου είναι η κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρισμό των κοινόχρηστων χώρων (φωτισμός, κλπ.) και του φωτισμού των χώρων περιμετρικά του κτιρίου.

Το έργο συγχρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα Thermie.

Αρχιτέκτονες: Α. Βέη-Σπυροπούλου, Δ. Παπαδημητρίου, Ε.Τριάντη



Ενσωμάτωση Φ/Β σε πρόσοψη πολυκατοικίας Ταύρος, Αθήνα. Φωτογραφία: SOURSOS.

| | |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Έργο | SOLAR XXI κτίριο, INETI |
| Περιοχή | Λισαβόνα - Πορτογαλία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 38°42'27.42"N 9°8'2.77"W |
| Έτος | 2006 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 12 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β συστήματος σε πρόσοψη |
| Πηγή | IST |

Σύντομη περιγραφή

Το SOLAR XXI είναι το κτίριο του Τμήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας του INETI, του Εθνικού Ινστιτούτου Μηχανικής, Τεχνολογίας και Καινοτομίας, στην Πορτογαλία. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου είναι 1.500m², το οποίο αποτελείται κυρίως από γραφεία, αίθουσες συσκέψεων και εργαστήρια. Τα Φ/Β πλαίσια ενσωματώθηκαν στην νότια πρόσοψη, καλύπτοντας επιφάνεια περίπου 100m²

Το Φ/Β σύστημα σχεδιάστηκε έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται τη θερμότητα, η οποία παράγεται στο πίσω τμήμα των πλαισίων, για τη θέρμανση του χώρου των παρακείμενων γραφείων κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Το Φ/Β σύστημα που έχει ενσωματωθεί στη νότια πρόσοψη του κτιρίου αποτελείται από πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου σε κατακόρυφη διάταξη. Τα πλαίσια αυτά έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ 12 kWp, και παράγουν ηλεκτρική ενέργεια περίπου 12.000 kWh/έτος.

Η καινοτομία της συγκεκριμένης εγκατάστασης ωστόσο, είναι η εκμετάλλευση της θερμότητας που παράγεται στο πίσω μέρος των πλαισίων και χρησιμοποιείται για θέρμανση των γραφείων με φυσική ροή της θερμότητας λόγω αγωγής. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το κενό πίσω από τα πλαίσια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δροσίσει τα Φ/Β πλαίσια, αυξάνοντας έτσι την απόδοση της Φ/Β εγκατάστασης.



Κτίριο SolarXXI, 100 m² πρόσοψης με ενσωματωμένα Φ/Β

Διαπερατά Φ/Β σε κατακόρυφη πρόσοψη

| | |
|-------------------------|--|
| Έργο | Βιβλιοθήκη Pompeu Fabra |
| Περιοχή | Mataró - Ισπανία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 41°32'51.98"N 2°27'33.81"E |
| Έτος | 1996 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 52,7 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση διαπερατών Φ/Β στην πρόσοψη δημοτικού κτιρίου |
| Πηγή | TFM |

Σύντομη περιγραφή

Ο σχεδιασμός της βιβλιοθήκης Pompeu Fabra είχε διπλό στόχο: την παραγωγή ηλιακής και θερμικής ενέργειας αλλά και την εξασφάλιση μέγιστης άνεσης στον εσωτερικό χώρο. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει υαλοπετάσματα με ηλιακές κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου, τα οποία επιτρέπουν την είσοδο του φυσικού φωτός στο εσωτερικό του κτιρίου. Στο κτίριο σχεδιάστηκαν ακόμα 3 παράθυρα τύπου υαλοπετάσματος με αδιαφανή μονοκρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα πυριτίου.

Πρόσθετα στοιχεία για τη Φ/Β εγκατάσταση

Επιφάνεια Φ/Β: 603m²

Ετήσια παραγωγή ενέργειας: 50 MWh

Μείωση εκπομπών CO₂: 11,5t/έτος

Ενσωμάτωση Φ/Β συστήματος στην πρόσοψη κτιρίου.
Βιβλιοθήκη Pompeu Fabra, Mataró, Ισπανία.
Φωτογραφίες: TFM



| | |
|-------------------------|--|
| Έργο | Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο |
| Περιοχή | Ζωγράφου, Αθήνα - Ελλάδα |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 37°58'32.15"N 23°43'7.66"E |
| Έτος | 2001 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 50 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση στην πρόσοψη κτιρίου |
| Πηγή | GERMANOS - SUNLIGHT |

Σύντομη περιγραφή

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%).



Ενσωμάτωση Φ/Β στο κτίριο του Τμήματος Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.
Φωτογραφία: Γερμανός - Sunlight

Διαπερατά Φωτοβολταϊκά σε κεκλιμένη πρόσοψη

| | |
|---------------------|--|
| Έργο | Υπουργείο Οικονομικών - Αίθουσα διασκέψεων |
| Περιοχή | Βερολίνο - Γερμανία |
| Έτος | 1999 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 100 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση ημιπερατών Φ/Β σε στέγη Ενσωμάτωση Φ/Β σε πρόσοψη με κλίση |
| Πηγή | SSG |

Σύντομη περιγραφή

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ενσωματωθεί στην πρόσοψη του ομοσπονδιακού Υπουργείου Οικονομίας και Τεχνολογίας. Η πρόσοψη του κτιρίου αποτελείται από 712 στοιχεία ορτίisol διαστάσεων 1,0m x 1,4m και 2,7m x 1,4m. Η συνολική επιφάνεια των Φ/Β είναι 920m² και έχουν ονομαστική ισχύ 100 kWp.

Τα στοιχεία ορτίisol αποτελούνται από τζάμι μπροστά με πάχος 5mm, διάκενο κυψελών πάχους 2mm, τζάμι πίσω με πάχος 5mm, κενό αέρος με αδρανές αέριο πάχους 16mm και πολυστρωματικό τζάμι ασφαλείας (πάχους 10mm) στο εσωτερικό.

Την αρχιτεκτονική μελέτη του έργου υπογράφουν οι Baumann & Schnittger.



Ημιπερατά Φ/Β πλαίσια στην οροφή.
Δεξιά: εσωτερική άποψη. Κεκλιμένη Φ/Β πρόσοψη.
Υπουργείο Οικονομικών Υποθέσεων - Αίθουσα
Διασκέψεων.
Φωτογραφίες: SSG

Φ/Β διπλού κελύφους σε πρόσοψη κτιρίου

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Πανεπιστήμιο de La Salle |
| Περιοχή | Βαρκελώνη - Ισπανία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 41° 23' 51.62" N 2° 12' 32.18" E |
| Έτος | 2002 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 18 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β διπλού κελύφους σε πρόσοψη κτιρίου |
| Πηγή | TFM - SSG |

Σύντομη περιγραφή

Το 2002, 258 στοιχεία optisol της Scheuten Solar εγκαταστάθηκαν στην πρόσοψη του κτιρίου του Πανεπιστημίου La Salle, στη Βαρκελώνη. Η εγκατάσταση αποτελείται από 132 Φ/Β πλαίσια διπλού κελύφους και επιπλέον από 126 υαλοπίνακες με σχέδιο. Οι υαλοπίνακες αυτοί αποτελούν τέλεια αντίγραφα των Φ/Β πλαισίων προκειμένου να ικανοποιείται η ανάγκη για ομοιομορφία και τέλεια αισθητική. Τα συγκεκριμένα Φ/Β στοιχεία -optisol- διαθέτουν κουτί διασύνδεσης και δεν συνδέονται από την πλαϊνή τους πλευρά, όπως γίνεται σε μια τυπική εγκατάσταση. Αυτό ήταν απαραίτητο προκειμένου να γίνει εφικτή η ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στο λιγοστό διαθέσιμο χώρο. Η φουτουριστική αισθητική της πρόσοψης θεωρείται το έμβλημα του κτιρίου Salle.

Πρόσθετα στοιχεία για τη Φ/Β εγκατάσταση

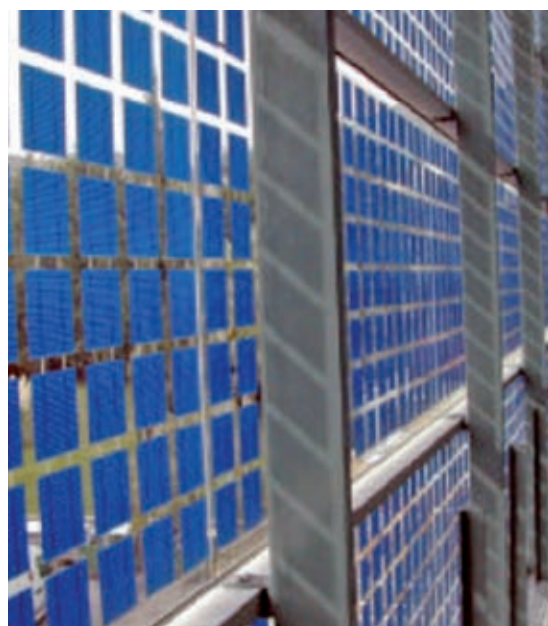
Επιφάνεια: 625m² (215m² Φ/Β)

Ονομαστική ισχύς: 18 kWp

Αριθμός πλαισίων: 132, 140 Wp έκαστο

Αρχιτέκτονας: Robert & Esteve Terradas

Εγκαταστάτης: TFM



Φ/Β διπλού κελύφους σε πρόσοψη
εκπαιδευτικού κέντρου.
Δεξιά: Άποψη από τον εσωτερικό χώρο.
Πανεπιστήμιο de La Salle -Βαρκελώνη.
Φωτογραφίες: TFM and SSG

Κτιριακές δομές με Φ/Β στοιχεία: πέργκολα

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης |
| Περιοχή | As Pontes, A Coruña - Ισπανία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 43°27'3"N 7°50'27"W |
| Έτος | 2003 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 14,3 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β με άλλα στοιχεία. Φωταγωγός σε Φ/Β στέγη |
| Πηγή | ISOFOTON |

Σύντομη περιγραφή

Το Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης του As Pontes αναπτύσσει προγράμματα και συστήματα διαχείρισης με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Για το σκοπό αυτό διοργανώνει τακτικά συνέδρια, σεμινάρια και ημερίδες. Το Κέντρο αποτελείται από σειρά μικρών κτισμάτων γύρω από μια κυκλική αυλή, η οποία καλύπτεται από πέργκολα. Η πέργκολα είναι κατασκευασμένη από ξύλο (πολλαπλών ελασμάτων, με πολύ χαμηλή περιβαλλοντική επίδραση) και αποτελείται από 10 ίσα τμήματα σε σχήμα πυραμίδας. Το βόρειο τμήμα της πέργκολας (5 τμήματα) καλύπτεται μερικώς από τζάμι, ενώ το νότιο (τα υπόλοιπα 5 τμήματα) καλύπτεται μερικώς από ημιπερατά Φ/Β πλαίσια. Λόγω του ότι η γυάλινη επιφάνεια είναι αρκετά μεγάλη και επιτρέπει τον ικανοποιητικό φυσικό φωτισμό στο αίθριο, οι αποστάσεις μεταξύ των κυψελών στα Φ/Β πλαίσια παραμένουν ίδιες με αυτές μιας συμβατικής εγκατάστασης.

Πρόσθετα στοιχεία για τη Φ/Β εγκατάσταση

Τύπος Φ/Β κυψελών: Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

Ετήσια παραγωγή ενέργειας: 11.740 kWh

Αρχιτέκτονες: Xuan Bello (Δημοτικό Συμβούλιο As Pontes), Jerónimo Vega (Τμήμα Αρχιτεκτονικής Isofotón)



Ενσωμάτωση Φ/Β με άλλα στοιχεία. Φωταγωγός σε Φ/Β στέγη. As Pontes, Galicia. Φωτογραφίες: ISOFOTON

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Δημοτικό σχολείο Kowa |
| Περιοχή | Nerima, Τόκυο - Ιαπωνία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 35° 44' 45" N 139° 36' 26" E |
| Έτος | 2004 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 2.047 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Κτιριακές δομές με Φ/Β στοιχεία, εφαρμογή σε πέργκολα Ενσωμάτωση Φ/Β σε επίπεδη οροφή - με υποστήριξη και μηχανική στερέωση |
| Πηγή | PURE Project |

Σύντομη περιγραφή

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 1^{ος} εγκαταστάθηκε αντί ταράτσας, ενώ ο 2^{ος} τοποθετήθηκε πάνω στη στέγη. Τα Φ/Β πλαίσια στην ταράτσα είναι ημίπερατά, ώστε να δίνουν ένα ικανοποιητικό αισθητικό αποτέλεσμα αλλά και να προσφέρουν επαρκή φυσικό φωτισμό στον εσωτερικό χώρο.

Στο δημοτικό σχολείο έχουν υλοποιηθεί και άλλες περιβαλλοντικά φιλικές εγκαταστάσεις όπως: σύστημα παραγωγής αιολικής ενέργειας (0,9kW), ηλιοθερμικό σύστημα, σύστημα επαναχρησιμοποίησης του νερού της βροχής, κ.α., τα οποία αποτελούν επιδεικτικά έργα για την περιβαλλοντική εκπαίδευση των μαθητών.



Κτιριακές δομές με Φ/Β στοιχεία, εφαρμογή σε πέργκολα. Ενσωμάτωση Φ/Β σε επίπεδη οροφή - με υποστήριξη και μηχανική στερέωση.
Δημοτικό σχολείο Kowa, Tokyo - Ιαπωνία

Κατασκευαστικά στοιχεία με Φ/Β: σκίαστρα

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Κτίριο Φοιτητικής εστίας |
| Περιοχή | Malmö - Σουηδία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 55°36'31.55"N 12°59'36.75"E |
| Έτος | 2006 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 25,6 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε σταθερά σκίαστρα στην πρόσοψη κτιρίου |
| Πηγή | PURE Project |

Σύντομη περιγραφή

Το κτίριο Malmö Stadsfastigheter ανήκει στο δήμο Malmö, ο οποίος διαχειρίζεται όλα τα δημόσια κτίρια του δημοτικού διαμερίσματος. Η δημοτική αρχή επέδειξε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με χρήση Φ/Β συστημάτων και ανέλαβε σημαντικές πρωτοβουλίες για το σκοπό αυτό. Αυτό το έργο ήταν μια από τις πρώτες πρωτοβουλίες κατά την εφαρμογή του προγράμματος υποστήριξης ενσωμάτωσης Φ/Β σε δημόσια κτίρια, από τη Σουηδική κυβέρνηση. Τα Φ/Β πλαίσια έχουν τοποθετηθεί στην πρόσοψη του κτιρίου, και ως σκίαστρα πάνω από τα παράθυρα εξυπηρετώντας διπλό στόχο: την παραγωγή ενέργειας και τη σκίαση των εσωτερικών χώρων.



Φ/Β σκίαστρα σε παράθυρα κτιρίου. Malmö Stadsfastigheter - Σουηδία

Κατασκευαστικά στοιχεία με Φ/Β: μεμβράνες

| | |
|--------------------------------|---|
| Έργο | Wirtschaftshof Linz |
| Περιοχή | Λιντς - Αυστρία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 48° 18' 27" N 14° 17' 36" E |
| Έτος | 1999 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 20 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Φ/Β σε πρόσοψη κτιρίου - Ενσωμάτωση σε κινούμενα σκίαστρα |
| Πηγή | COLT SOLAR TECHNOLOGY AG |

Σύντομη περιγραφή

Το Φ/Β σύστημα που εφαρμόστηκε στο συγκεκριμένο κτίριο, είναι μια ιδιαίτερα καινοτόμα εφαρμογή καθώς χρησιμοποιεί κινούμενο σύστημα ηλιακής παρακολούθησης (solar tracking) με μεμβράνη, για τη σκίαση της πρόσοψης. Ο μηχανισμός που κινεί και κατευθύνει το σύστημα είναι απόλυτα καθοδηγούμενος προς τον ήλιο, μέσω θερμοϋδραυλικού συστήματος που αναπτύχθηκε από την ZSW στη Στουτγάρδη της Γερμανίας. Όταν η μια πλευρά λαμβάνει περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία, το θερμικό υγρό των αγωγών αυτών θερμαίνεται και παράγει κίνηση στον υδραυλικό κύλινδρο, ο οποίος μετακινεί τις μεμβράνες έτσι ώστε και οι δυο κυλινδρικοί συλλέκτες να λαμβάνουν το ίδιο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι, οι μεμβράνες είναι πάντα στραμμένες προς τον ήλιο με τον βέλτιστο τρόπο. Τα Φ/Β πλαίσια, ισχύος 20kWp, έχουν ενσωματωθεί σε επιφάνεια 250m² από κινητές γρίλλιες με 13 διαφορετικούς προσανατολισμούς. Το έργο υποστηρίχθηκε από το πρόγραμμα Thermie.



Παράδειγμα ενσωμάτωσης Φ/Β σε κινούμενα σκίαστρα στα παράθυρα. Wirtschaftshof Linz - Αυστρία

Παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών για την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων στο αστικό περιβάλλον

Στην παρακάτω ενότητα παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογής στο αστικό περιβάλλον, κυρίως σε σηματοδότες, ηχοπετάσματα, πέργκολες, στέγαστρα κ.α.

Ενσωμάτωση Φ/Β σε Πέργκολα

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Τεχνολογικό Πάρκο Ανδαλουσίας |
| Περιοχή | Μάλαγα - Ισπανία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 36° 43' 0" N 4° 25' 0" W |
| Έτος | 2004 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 56 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε κατασκευές, εκτός κτιρίων |
| Πηγή | PURE Project |

Σύντομη περιγραφή

Η Φ/Β πέργκολα υλοποιήθηκε στο Τεχνολογικό Πάρκο Ανδαλουσίας, στην Μάλαγα της Ισπανίας. Στόχοι του έργου ήταν η σκίαση μιας περιπατητικής διαδρομής, η απόδειξη της βιωσιμότητας έργων όπου χρησιμοποιούνται Φ/Β πλαίσια με διαφορετικό προσανατολισμό και γωνίες κλίσης, καθώς και η ανάλυση της αρχιτεκτονικής συμπεριφοράς των Φ/Β αλουμινοκατασκευών (από δομική και τεχνική άποψη). Τα Φ/Β σχεδιάστηκαν σύμφωνα με ένα ασυνήθιστο σχήμα ζιγκ ζαγκ, ενώ ο χώρος του αντιστροφέα σχεδιάστηκε έτσι ώστε να ακολουθεί την αισθητική του υπόλοιπου έργου. Το σύστημα παρακολούθησης της Φ/Β εγκατάστασης βασίζεται σε μια πρωτοποριακή ιδέα, η οποία βασίζεται σε ασύρματη επικοινωνία και σε σύστημα OPC (Ole for Process Control), σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σε βιομηχανικούς χώρους.



Φ/Β πέργκολα στο Τεχνολογικό Πάρκο της Ανδαλουσίας

Πάρκινγκ οχημάτων

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Πάρκινγκ οχημάτων Vidurglass |
| Περιοχή | Manresa, Καταλονία, Βαρκελώνη – Ισπανία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 41° 44' 0" N 1° 30' 0" E |
| Έτος | 2007 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 3 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε κατασκευές, εκτός κτιρίων. Διαπερατά Φ/Β πλαίσια σε πέργκολα |
| Πηγή | VIDURSOLAR |

Σύντομη περιγραφή

Το στέγαστρο του εξωτερικού πάρκινγκ 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" (με «τρύπια» γράμματα), έτσι ώστε η επωνυμία του Φ/Β πλαισίου να απεικονίζεται στην επιφάνεια του εδάφους.



Φ/Β σκέπαστρα σε παρκινγκ οχημάτων.
Manresa. Βαρκελώνη - Ισπανία.
Φωτογραφίες: VIDURSOLAR

Φ/Β ηχοπετάσματα

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Αυτοκινητόδρομος A27 |
| Περιοχή | De Bilt, Utrecht - Ολλανδία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 52° 5' 50.3" N 5° 9' 27.1" W |
| Έτος | 1995 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 55 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε κατασκευές, εκτός κτιρίων Φ/Β ηχοπέτασμα |
| Πηγή | SHELL SOLAR ENERGY |

Σύντομη περιγραφή

Ένα Φ/Β ηχοπέτασμα έχει κατασκευαστεί κατά μήκος του αυτοκινητόδρομου A27 στο De Bilt, με κατεύθυνση την Ουτρέχτη. Το ηχοπέτασμα έχει μήκος 550m, και σ' αυτό έχουν ενσωματωθεί φωτοβολταϊκά πλαίσια ισχύος 55 kWp. Τα Φ/Β πλαίσια ενσωματώθηκαν στο ανώτατο σημείο του τιμεντένιου τμήματος του ηχοπετάσματος, έτσι ώστε να συμβάλλουν στην περαιτέρω μείωση του θορύβου. Για το συγκεκριμένο έργο χρησιμοποιήθηκαν 1.116 Φ/Β πλαίσια, τα οποία συνδέονται με το δίκτυο μέσω αντιστροφέα 40kW. Το σύστημα αποτελεί ένα μικρό εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας. Η πρακτική αυτή πειραματική εφαρμογή απέδειξε ότι τα Φ/Β πλαίσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ηχοπετάσματα, και ότι η συνδυαστική λειτουργία της παραγωγής ενέργειας με τη μείωση θορύβου μπορεί να αποτελέσει μια οικονομικά αποδοτική εφαρμογή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Φ/Β ηχοπέτασμα στον αυτοκινητόδρομο A27. De Bilt, Utrecht - Ολλανδία

Παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών για Φ/Β συστήματα σε αστική κλίμακα

| | |
|-------------------------|---|
| Έργο | Solarsiedlung am Schlierberg |
| Περιοχή | Freiburg, Breisgau - Γερμανία |
| Γεωγραφικό πλάτος/μήκος | 48°0'0"N 7°51'0"E |
| Έτος | 2006 |
| Συνολική Φ/Β Ισχύς | 445 kWp |
| Τύπος Φ/Β Εφαρμογής | Ενσωμάτωση Φ/Β σε κεραμοσκεπές οικισμού |
| Πηγή | PURE Project |

Σύντομη περιγραφή

Ο ηλιακός αυτός οικισμός αποτελεί τμήμα μιας ευρύτερης συνοικίας στο Freiburg. Μέσα σε χρονική περίοδο περίπου 10 ετών έχουν κατασκευαστεί 60 οικίες “με πλεόνασμα ενέργειας”, σε ένα οικοδομικό τετράγωνο, το οποίο ονομάζεται “Sonnenschiff”. Το “Sonnenschiff” περιλαμβάνει καταστήματα, γραφεία και κατοικίες. Οι κατοικίες της συνοικίας διαθέτουν ταράτσα και είναι διώροφες ή τριώροφες. Το “Sonnenschiff” έχει κτίρια 4-5 ορόφων και αυτό προφυλάσσει τη μικρή αυτή κοινότητα από την κυκλοφοριακή κίνηση της Merzhauser StraÙe. Όλες οι στέγες καλύπτονται με -μεγάλα σε μέγεθος- Φ/Β πλαίσια, τα οποία είναι ενσωματωμένα στην πλευρά της στέγης που έχει νότιο προσανατολισμό. Με το έργο αυτό, ο Rolf Disch - αρχιτέκτονας και κατασκευαστής του Solarsiedlung am Schlierberg - ήθελε να αποδείξει ότι ο σχεδιασμός του για αυτόνομα ενεργειακά κτίρια μπορεί να λειτουργήσει αποδοτικά τόσο σε κατοικίες όσο και σε κτίρια εμπορικής χρήσης. Ο Rolf Disch χρηματοδότησε ο ίδιος το συγκεκριμένο έργο με στόχο να αποδείξει ότι τα σύγχρονα κτίρια μπορούν να παράγουν περισσότερη ενέργεια από αυτή που χρειάζονται.



Solarsiedlung am Schlierberg, Freiburg - Γερμανία

6 ΣΥΧΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς λειτουργούν τα φωτοβολταϊκά;

Το Φ/Β φαινόμενο στηρίζεται στην άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρισμό. Το ηλιακό φως είναι ουσιαστικά μικρές δέσμες ενέργειας που λέγονται φωτόνια, τα οποία περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Όταν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο (που είναι ουσιαστικά ένας "ημιαγωγός"), άλλα ανακλώνται, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται από αυτό. Αυτά τα τελευταία φωτόνια είναι που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένα τα φωτόνια που απορροφούνται από το ημιαγώγιμο υλικό δημιουργούν ζεύγη οπών ηλεκτρονίου-ηλεκτρονίου κάτω από την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου και καθοδηγούνται μέσω εξωτερικού κυκλώματος. Πιο απλά, τα φωτόνια αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν σε άλλη θέση και όπως γνωρίζουμε ο ηλεκτρισμός δεν είναι τίποτε άλλο παρά κίνηση ηλεκτρονίων.

2. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ ηλιακού συλλέκτη και φωτοβολταϊκού συστήματος;

Υπάρχουν δύο τύποι ηλιακών πλαισίων, το ηλεκτρικό και το θερμικό.

Το ηλεκτρικό πλαίσιο, το οποίο αποτελείται από μια διάταξη ή σύνολο διατάξεων που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια αναφέρεται ως "φωτοβολταϊκό". Το θερμικό πλαίσιο, το οποίο αποκαλείται ως "ηλιακός συλλέκτης" ή ηλιακός θερμοσίφωνας, αποτελείται από σωληνώσεις νερού, γυαλί και μόνωση και έχει ως στόχο τη θέρμανση ενός ρευστού (συνήθως νερού ή αέρα).

3. Γιατί να επιλέξουμε την φωτοβολταϊκή ενέργεια;

Για δύο βασικούς λόγους:

- την κάλυψη των αναγκών μας σε ενέργεια και
- την προστασία του περιβάλλοντος. Κάθε kWh ηλεκτρισμού από το δίκτυο της ΔΕΗ, η οποία παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με τουλάχιστον 1 kg CO₂ (το αέριο του θερμοκηπίου που κυρίως ευθύνεται για τις κλιματικές αλλαγές).

Επιπλέον:

- Τα Φ/Β έχουν μικρό λειτουργικό κόστος, δεν απαιτούν συνεχή παρακολούθηση και χρειάζονται ελάχιστη περιοδική συντήρηση.

- Είναι εύκολη η επέκταση του συστήματος, εφόσον έχει προβλεφθεί στο σχεδιασμό. Έτσι, αν αυξηθεί η ζήτηση ενέργειας υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της παραγωγής.
- Τα Φ/Β βασίζονται σε μια ώριμη τεχνολογία, η οποία έχει αποδείξει την απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος για περισσότερα από 15 χρόνια.

4. Τι ενεργειακές ανάγκες μπορεί να καλύψει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα;

Φωτισμό, τηλεπικοινωνίες, ψύξη, ηχητική κάλυψη και γενικά ότι καλύπτει και το ρεύμα του δικτύου (της ΔΕΗ). Ωστόσο, η χρήση Φ/Β δεν συνιστάται για την τροφοδότηση θερμικών ηλεκτρικών συσκευών π.χ. ηλεκτρική κουζίνα, θερμοσίφωνα, ηλεκτρικό καλοριφέρ ή θερμοσυσσωρευτές. Για τις χρήσεις αυτές υπάρχουν οικονομικότερες λύσεις όπως: ηλιακός θερμοσίφοντας, ηλιακός/γεωθερμικός κλιματισμός, ή συστήματα θέρμανσης φυσικού αερίου, υγραερίου, με βιομάζα κλπ. Αντίθετα ο φωτισμός (κατά προτίμηση με λάμπες εξοικονόμησης) και η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών (υπολογιστές, ηχητικά συστήματα, ψυγεία, τηλεοράσεις, τηλεπικοινωνίες κλπ.) μπορούν να καλυφθούν εύκολα και οικονομικά με φωτοβολταϊκά.

5. Τα Φ/Β αποδίδουν μόνο όταν έχει ήλιο. Τι γίνεται τις ημέρες που δεν έχει ήλιο ή τη νύχτα;

Η παραγωγή ηλεκτρισμού από τον ήλιο, με Φ/Β, χρειάζεται το φως της ηλιακής ακτινοβολίας, όχι τη θερμότητά της. Ακόμη και κατά τη διάρκεια μιας συνεφιασμένης χειμωνιάτικης μέρας, με διάχυτο φως, τα Φ/Β παράγουν ηλεκτρισμό - έστω και με μειωμένη απόδοση (ακόμα και με απόλυτη συνεφιά, το φωτοβολταϊκό θα παράγει το 5-20% της μέγιστης ισχύος του). Π.χ. στη Γερμανία, ένα Φ/Β 3 kWp σε ταράτσα, μπορεί να παράγει -ετήσια- περίπου 3.000 kWh, ενέργεια που είναι δυνατόν να καλύψει την ετήσια ζήτηση σε ηλεκτρισμό ενός μέσου νοικοκυριού.

Η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη από τον ήλιο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αν σκεφτεί κανείς ότι πολλά από τα Φ/Β συστήματα έχουν αναπτυχθεί και αποδίδουν στη Β. Ευρώπη, είναι φανερό ότι οι συνθήκες ηλιοφάνειας στη χώρα μας προσφέρονται για συμφέρουσα παραγωγή ενέργειας. Σε γενικές γραμμές, ένα Φ/Β σύστημα στην Ελλάδα παράγει ετησίως περίπου 1.100-1.500 kWh/έτος/kWp. Φυσικά, στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα Φ/Β παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ό,τι στις βόρειες. Ενδεικτικά ένα Φ/Β στην Αθήνα αποδίδει 1.300-1.400 kWh/έτος/kW, στη Θεσσαλονίκη 1.150-1.250 και στην Κρήτη ή τη Ρόδο 1.350-1.500.

6. Ποια είναι τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων;

- Τα Φ/Β, όπως όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχουν υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους των ημιαγώγιμων υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους. Έχουν όμως πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος. Επιπλέον, πολλές χώρες έχουν ξεκινήσει προγράμματα ενίσχυσης των Φ/Β, με σημαντικές επιδοτήσεις τόσο για την αγορά και εγκατάστασή τους, όσο και για την παραγόμενη ηλιακή kWh.
- Τα Φ/Β, για να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό επίπεδο απόδοσης, απαιτούν συνήθως μεγάλο χώρο για την εγκατάστασή τους.

- Η παραγωγή ενέργειας επηρεάζεται από πιθανές νεφώσεις και από τη ρύπανση του αέρα. Κατά τις νυχτερινές ώρες δεν υπάρχει παραγωγή ενέργειας, όμως ένας συσσωρευτής μπορεί να αποτελέσει λύση.
- Τα Φ/Β πλαίσια παράγουν συνεχή τάση, η οποία πρέπει να μετατραπεί σε εναλλασσόμενη (με τη χρήση αντιστροφέα). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια ενέργειας κατά 4-12%.

7. Σε τι διαφέρει ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα (off-grid) από ένα διασυνδεδεμένο (on-grid);

Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα τροφοδοτούν με ηλεκτρισμό απευθείας το ηλεκτρικό δίκτυο. Τα αυτόνομα συστήματα τροφοδοτούν απευθείας μια κατοικία ή μια εγκατάσταση. Συνήθως τα αυτόνομα συστήματα διαθέτουν συσσωρευτή για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται.

8. Τα Φ/Β πλαίσια μπορούν να ανακυκλωθούν;

Ναι, όλα τα στοιχεία ενός ηλιακού πλαισίου ανακυκλώνονται. Τα πιο πολύτιμα στοιχεία είναι οι ηλιακές κυψέλες, οι οποίες μπορούν να ανακυκλωθούν σε νέα πλακίδια (wafers) πυριτίου, και να αποτελέσουν βάση για νέες κυψέλες. Τα πλαίσια από αλουμίνιο, γυαλί και οι καλωδιώσεις μπορούν επίσης να ανακυκλωθούν.

9. Τι σημαίνει «ΦωτοΒολταϊκό σύστημα Ενσωματωμένο σε Κτίριο» (ΦΒΕΚ);

Ένα Φ/Β σύστημα θεωρείται ενσωματωμένο σε κτίριο (ΦΒΕΚ), όταν η χρήση των Φ/Β πλαισίων έχει ενταχθεί στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και η τοποθέτησή τους γίνεται παράλληλα με την κατασκευή του οικοδομήματος. Ωστόσο, θα μπορούσε να τοποθετηθεί και αργότερα (εναπόθεση από πάνω). Τα ΦΒΕΚ αποτελούν δομικό υλικό για το κέλυφος του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως παραγωγοί καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο, με πλεονέκτημα την εξοικονόμηση κόστους τόσο των υλικών όσο και της ηλεκτρικής ενέργειας.

Για το σωστό σχεδιασμό και εγκατάσταση ενός συστήματος ΦΒΕΚ, είναι απαραίτητη η συνεργασία πολλών διαφορετικών ειδικοτήτων, όπως αρχιτεκτόνων, πολιτικών μηχανικών και σχεδιαστών φωτοβολταϊκών συστημάτων.

10. Με ποιους τρόπους είναι δυνατόν να τοποθετηθούν Φ/Β συστήματα σε υπάρχοντα ή νεοαναγειρόμενα κτίρια;

- με ενσωματωμένα συστήματα (ΦΒΕΚ), τα Φ/Β πλαίσια των οποίων αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα του κτιρίου και συνήθως υποκαθιστούν οικοδομικά υλικά
- με συστήματα, όπου τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται στις υφιστάμενες εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων (στέγες, οικόπεδο)

Η πρώτη περίπτωση είναι προτιμότερη. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα εντοπίζεται στην έμμεση μείωση του κόστους του Φ/Β συστήματος από την υποκατάσταση δομικών υλικών (όπως υαλώσεων, υλικών σκεπής και παραθύρων). Επιπρόσθετα, η πλήρης ενσωμάτωση στην κτιριακή δομή βελτιώνει σημαντικά το αισθητικό αποτέλεσμα της κατασκευής.

11. Πού μπορούν να τοποθετηθούν τα Φ/Β;

- στις στέγες ή προσόψεις των υπαρχόντων κτιρίων (τοποθετούνται στην υπάρχουσα κατασκευή)
- στη στέγη ή πρόσοψη νέων κτιριακών κατασκευών, ως δομικά συστατικά (αντικατάσταση υαλοπινάκων, κεραμιδιών κλπ.) - πλήρης ενσωμάτωση στο κτίριο
- ως φωτοβολταϊκά συστήματα σκίασης. Χρησιμοποιούνται ως σκίαστρα, και τοποθετούνται ταυτόχρονα με το δομικό στοιχείο ή αργότερα
- ως «αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις» σε στάδια, πάρκα, πλατείες, δρόμους, κλπ.

12. Είναι το κτίριο που διαθέτω κατάλληλο για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών;

Τα περισσότερα κτίρια είναι κατάλληλα. Αρκεί να πληρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις:

- Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Τα φωτοβολταϊκά έχουν τη μέγιστη απόδοση όταν έχουν νότιο προσανατολισμό, έτσι αποδίδουν καλύτερα αν τοποθετηθούν σε κτίριο που έχει τη στέγη ή κάποιο τοίχο στραμμένο προς το νότο. Καπνοδόχοι, φεγγίτες, δέντρα ή κτίρια μπορούν να δημιουργήσουν σκιάσεις και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την τοποθέτηση των Φ/Β, καθώς μπορεί να συντελέσουν στη μείωση της απόδοσης του συστήματος.
- Τα Φ/Β να τοποθετηθούν με σωστή κλίση σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.
- Να μην είναι σε μεγάλη απόσταση από το δίκτυο χαμηλής τάσης, εάν πρόκειται για διασυνδεδεμένο σύστημα.
- Μια τυπική εγκατάσταση απαιτεί επιφάνεια τουλάχιστον 7 - 15m². Αν επιλεγεί αυτόνομο σύστημα χρειάζεται επιπλέον, κατάλληλος χώρος, για τα ηλεκτρονικά συστήματα και τους συσσωρευτές.
- Τα Φ/Β πλαίσια, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, ενδέχεται να έχουν σημαντικό βάρος. Έτσι θα πρέπει να ελεγχθεί εάν η στέγη μπορεί να δεχτεί αυτό το βάρος (πχ. στην περίπτωση τοποθέτησης πάνω σε κεραμίδια). Ωστόσο ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα μαζί με τις βάσεις του ζυγίζει περίπου 15 - 20 kg/m² και συνήθως δεν δημιουργείται κανένα πρόβλημα στα στατικά του κτιρίου.

13. Σε ποια φάση της ανέγερσης/κατασκευής ενός νέου κτιρίου θα πρέπει να σχεδιαστεί η εγκατάσταση Φ/Β;

Καλό είναι το Φ/Β σύστημα να έχει ενταχθεί από την αρχή στο σχεδιασμό του κτιρίου. Μια συνολική μελέτη που θα καλύπτει την εξοικονόμηση ενέργειας (μόνωση, έξυπνα παράθυρα, σκίαση κλπ.) τη θέρμανση, τον κλιματισμό και τις ανάγκες σε ηλεκτρισμό, θα βοηθήσει να επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Η θέση των Φ/Β έχει μεγάλη σημασία για την απόδοσή τους. Π.χ. αν κτίζετε τώρα την κατοικία σας, μπορείτε να διαμορφώσετε τη στέγη σας κατάλληλα ώστε να υποδεχθεί τα Φ/Β πλαίσια. Θα γλιτώσετε χώρο από τον κήπο ή την αυλή, καθώς και μέρος των δαπανών στήριξης των

πλαισίων. Τα Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες (επίπεδες και κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων. Μπορούν ακόμα να υποκαταστήσουν τμήμα κεραμοσκεπής και τα υαλοστάσια σε μία πρόσοψη (μειώνοντας αντίστοιχα το κόστος) ή να παίξουν το ρόλο σκιάστρων πάνω από παράθυρα (βοηθώντας έτσι στη μείωση των δαπανών κλιματισμού). Τέλος, για ειδικές αρχιτεκτονικές εφαρμογές, τα Φ/Β παρέχονται σε διάφορα χρώματα και διαφάνειες.

14. Πόσος χώρος χρειάζεται για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος;

Εξαρτάται από την τεχνολογία που εφαρμόζεται. Π.χ. ένα σύστημα 3 kWp, από κρυσταλλικά πλαίσια, χρειάζεται περίπου 25m² μιας στέγης με κλίση και νότιο προσανατολισμό.

Γενικά η Φ/Β τεχνολογία δεν απαιτεί μεγάλες εκτάσεις. Για να καλυφθεί το σύνολο της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Ευρώπη, θα ήταν αρκετό το 0,7% της συνολικής έκτασης της. Υπάρχει αρκετή επιφάνεια διαθέσιμη που δεν ανταγωνίζεται άλλες χρήσεις γης π.χ. προσόψεις κτιρίων, ηχοπετάσματα κ.α.

15. Πόσο βαρύ είναι ένα φωτοβολταϊκό σύστημα; Μήπως τα στατικά του κτιρίου πρέπει να ενισχυθούν;

Ένα πλήρες φωτοβολταϊκό σύστημα, μαζί με τις βάσεις, ζυγίζει περίπου 15-20 kg/m². Έτσι στις περισσότερες περιπτώσεις δεν χρειάζεται περαιτέρω ενίσχυση των στατικών.

Οι κατά παραγγελία διατάξεις μπορεί να έχουν μεγαλύτερο βάρος. Τα πλαίσια που χρησιμοποιούνται σε ηλιοροφές και αίθρια, και κατά κανόνα είναι μονωμένα με διπλό ή τριπλό τζάμι, έχουν 2 με 3 φορές μεγαλύτερο βάρος. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το βάρος ενός Φ/Β συστήματος είναι το είδος του πλαισίου και η μέθοδος διασύνδεσης.

Σε κάθε περίπτωση, οι Φ/Β εγκαταστάσεις πρέπει να πληρούν τους οικοδομικούς κανονισμούς και τους κώδικες ασφάλειας.

16. Από τι εξαρτάται η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος;

- Από το κλίμα της περιοχής (όσο λιγότερες είναι οι ημέρες της ηλιοφάνειας, πχ. στη Δ. Ελλάδα, τόσο μικρότερη είναι η απόδοση)
- Από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής (όσο πιο νότια είναι η περιοχή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας)
- Από την κλίση των Φ/Β πλαισίων ως προς το οριζόντιο επίπεδο (η βέλτιστη απόδοση είναι με νότιο προσανατολισμό και κλίση περίπου 30 μοίρες)
- Από την ηλικία των Φ/Β πλαισίων (υπολογίζεται ότι τα πλαίσια έχουν ζωή 20-30 έτη με απόδοση έως και 80% για τα πρώτα 20 έτη)

Αυτό που ενδιαφέρει είναι πόσες kWh θα δώσει το σύστημα σε ετήσια βάση και πόσο θα κοστίζει η κάθε παραγόμενη kWh. Για την Ελλάδα μπορούμε να θεωρήσουμε πως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα με την βέλτιστη κλίση και τον βέλτιστο προσανατολισμό παράγει κατά μέσο όρο 1.100 - 1.500kWh/έτος/kWp. Στην Ελλάδα, οι υψηλότερες αποδόσεις παρατηρούνται όσο πιο νότια και ανατολικά βρίσκεται μια περιοχή.

17. Ποιος είναι ο χρόνος ζωής ενός Φ/Β συστήματος; Τα Φ/Β συστήματα έχουν υψηλό λειτουργικό κόστος;

Μια καλά σχεδιασμένη και συντηρημένη εγκατάσταση μπορεί να λειτουργήσει για περισσότερα από 20 χρόνια. Τα Φ/Β συστήματα, εκτός από τα κινητά τους μέρη, έχουν αναμενόμενη διάρκεια ζωής άνω των 30 ετών. Η μέχρι σήμερα εμπειρία δείχνει πως σε ένα Φ/Β σύστημα μπορεί να εμφανιστούν προβλήματα μόνο λόγω κακής εγκατάστασης. Άστοχες συνδέσεις, ανεπαρκές μήκος καλωδιώσεων, υλικά ακατάλληλα για εφαρμογές συνεχούς ρεύματος, κλπ., είναι οι κυριότερες αιτίες προβλημάτων. Μια ακόμα τυπική αιτία δυσλειτουργίας είναι η ανεπάρκεια των ηλεκτρονικών τμημάτων (αντιστροφέας, συστήματα ελέγχου και ασφαλείας κα. Σε γενικές γραμμές, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των συστημάτων Φ/Β είναι χαμηλό.

18. Πόσο κοστίζει μια εγκατάσταση ΦΒΕΚ;

Το κόστος μιας εγκατάστασης ΦΒΕΚ εξαρτάται από:

- την τεχνολογία των πλαισίων (π.χ. τα πλαίσια άμορφου πυριτίου κοστίζουν λιγότερο, απαιτούν όμως περίπου διπλάσια έκταση από τα μονοκρυσταλλικά)
- την προέλευση των πλαισίων και των άλλων στοιχείων του εξοπλισμού (τα ευρωπαϊκά είναι ακριβότερα αλλά και πιο αξιόπιστα από τα κινέζικα)
- το μέγεθος του Φ/Β συστήματος (όσο μικρότερη είναι η ισχύς, τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος του κάθε εγκατεστημένου kW)
- τη δυσκολία της εγκατάστασης (δυσπρόσιτες περιοχές ή εγκαταστάσεις με αυξημένη τεχνική δυσκολία κοστίζουν περισσότερο)
- την απόσταση από το δίκτυο της ΔΕΗ (πρέπει να υπολογιστεί και το κόστος επέκτασης του δικτύου)
- τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου

Ενδεικτικά, το κόστος ανά εγκατεστημένο kW κυμαίνεται από 4.200€ (για πλαίσιο άμορφου πυριτίου σε ήδη διαμορφωμένο και φραγμένο χώρο) έως 7.500€ (για πλαίσιο πολυκρυσταλλικού πυριτίου, με πλήρη διαμόρφωση χώρου και περίφραξη ασφαλείας). Για τον αρχικό προγραμματισμό του, ο υποψήφιος επενδυτής μπορεί να υπολογίσει μια ενδεικτική μέση τιμή συνολικού κόστους 6.000€/εγκατεστημένο kW.

Οι σχεδιαστές Φ/Β συστημάτων γνωρίζουν ότι κάθε απόφαση που λαμβάνεται κατά το σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος επηρεάζει το τελικό κόστος της εγκατάστασης. Εάν το σύστημα υπερδιαστασιολογηθεί, επειδή ο αρχικός σχεδιασμός βασίστηκε σε μη ρεαλιστικές απαιτήσεις, το αρχικό κόστος αυξάνεται υπερβολικά. Αν υπάρχουν κινητά μέρη, το κόστος συντήρησης και αντικατάστασης αυξάνεται. Συνεπώς, ο σωστός σχεδιασμός μιας Φ/Β εγκατάστασης είναι το κλειδί για μια οικονομικά αποδοτική επένδυση.

19. Ποια βήματα πρέπει να ακολουθήσω; Τι πρέπει να προσέξω;

- Περιγράψετε αναλυτικά τις ενεργειακές σας ανάγκες. Καταγράψτε τις ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιείτε καθώς και το χρόνο που παραμένουν σε λειτουργία. Αν είστε συνδεδεμένοι με το δίκτυο, συγκεντρώστε τους λογαριασμούς του τελευταίου έτους.
- Εφαρμόστε απλές πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας. Υπολογίστε έστω και χοντρικά τη μείωση της κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό που αναμένετε να έχετε ακολουθώντας τις.
- Επικοινωνήστε με αντιπροσώπους και εγκαταστάτες Φ/Β και δώστε τους τα παραπάνω στοιχεία. Καλέστε τους να δουν το χώρο σας για να εκτιμήσουν την ισχύ του συστήματος που χρειάζεστε. Ζητείστε προσφορές για φωτοβολταϊκά ή υβριδικά συστήματα που να καλύπτουν τις ανάγκες σας.
- Ζητείστε από τις εταιρίες να σας δείξουν κάποιες υπάρχουσες εγκαταστάσεις. Αν είναι δυνατόν, επισκεφθείτε άλλους πελάτες τους και ζητήστε την άποψή τους. Κάλυψαν τις ανάγκες τους; Είναι ικανοποιημένοι από την ποιότητα εργασίας και την τεχνική υποστήριξη;
- Μελετείστε τις προσφορές. Ζητείστε τη σχετική τεκμηρίωση για το προτεινόμενο σύστημα.
- Συγκρίνετε τις τιμές, την εγγύηση και την τεχνική υποστήριξη που προσφέρει κάθε εταιρία.
- Συζητείστε με τις εταιρίες για τη δυνατότητα επιδότησης του συστήματός σας και την αναγκαία διαδικασία αδειοδότησης.

20. Τελικά, συμφέρει η ηλιακή ενέργεια; Αποτελούν τα Φ/Β ακριβή επένδυση;

Το κόστος ηλεκτροπαραγωγής από Φ/Β είναι σήμερα υψηλότερο από ότι από άλλες ενεργειακές πηγές, χωρίς βέβαια να λαμβάνουμε υπόψη το περιβαλλοντικό κόστος της συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής. Με την αύξηση της παραγωγής των Φ/Β, οι τιμές αναμένεται να υποχωρήσουν κάνοντας ακόμα πιο αποδοτική την επένδυση, ενώ μέσα σε 20-30 χρόνια θα ανταγωνίζονται και την παραγωγή ρεύματος από άλλες πηγές (πυρηνική, ορυκτά). Στις χώρες όπου εφαρμόζονται κίνητρα ή συστήματα χρηματοδότησης, η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από Φ/Β είναι ήδη μια ελκυστική επένδυση.

Σε εφαρμογές εκτός δικτύου, στην περίπτωση αυτόνομων συστημάτων - όπου η ανταγωνιστική τεχνολογία αφορά τις θορυβώδεις και ρυπογόνες ηλεκτρογεννήτριες- οι οποίες είναι πολύ κοστοβόρες στη λειτουργία τους, τα φωτοβολταϊκά είναι ήδη μια συμφέρουσα εναλλακτική λύση.

Εξάλλου τα κριτήρια δεν πρέπει να είναι μόνο οικονομικά. Η στροφή στις καθαρές πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, συμβάλει στην μείωση εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και συνεπώς στην αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη. Επιπλέον, η χρήση ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως καρκινογόνα μικροσωματίδια, οξείδια του αζώτου, ενώσεις θείου, κλπ.).

7 Βιβλιογραφία

Αναφορές

- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), www.cres.gr
- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), www.rae.gr
- Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), www.helapco.gr
- Υπουργείο Ανάπτυξης, www.ypa.gr
- European Commission - Joint Research centre, Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), sunbird.jrc.it/pvgis/
- European Photovoltaic Industry Association (EPIA), www.epia.org
- Kaldellis JK, "Optimum technoeconomic energy autonomous photovoltaic solution for remote consumers throughout Greece", Energy Conversion and Management, Volume 45, Issue 17, October 2004, pp 2745-2760
- Papadakis G, "Hybrid Renewable Energy Systems for the Supply of Services in Rural Settlements of Mediterranean Partner Countries. The HYRESS Project", 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference (1-5 September 2008) and Exhibition (1-4 September 2008), Valencia, Spain
- Papadopoulos AM, Theodosiou TG, Karatzas KD, "Feasibility of energy saving renovation measures in urban buildings: The impact of energy prices and the acceptable pay back time criterion", Energy and Buildings, Volume 34, Issue 5, June 2002, pp 455-466
- Papantoniou S, Tsoutsos T, "Building integrated PV application in the island of Crete", 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference (1-5 September 2008) and Exhibition (1-4 September 2008), Valencia, Spain
- Tripanagnostopoulos Y, "Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/thermal solar energy systems", Solar Energy, Volume 81, Issue 9, September 2007, pp 1117-1131
- Tselepis S, "Market perspectives in Greece", 2nd PV MED "Shining Light on the Mediterranean" Athens, Greece, 19-20 April 2007
- Tsoutsos T, Karapanagiotis N, Mavrogiannis I, Tselepis S, Agoris D, "An analysis of the Greek photovoltaic market", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 8/1, 2004, pp 49-72

Συντελεστές Έκδοσης

Ο οδηγός αυτός εκδόθηκε στο πλαίσιο των εργασιών του Ευρωπαϊκού Έργου PURE. Τα μέλη της συντονιστικής επιτροπής του έργου ήταν οι: Dr. Eduardo Román (ROBOTIKER-Tecnalia), José R. López (EVE), Dr. Luis Alves (IST), Ilona Eisenschmid (Scheuten Solar), Paolo Melo (Provincia di Savona), Jan Rousek (SIEA) και Επ. Καθηγητής Θεοχάρης Τσούτσος (Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος).

Οι συγγραφείς και οι συντελεστές του έργου είναι ευγνώμονες σε όσους συνέβαλαν στην προετοιμασία, τη σύνταξη και τη βελτίωση αυτής της έκδοσης. Επιπλέον, θα ήθελαν να εκφράσουν τις θερμές ευχαριστίες τους προς τον Εκτελεστικό Οργανισμό για την Ανταγωνιστικότητα και την Καινοτομία (EACI) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την καθοδήγηση και την υποστήριξή τους.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ: Επ. Καθηγητής Τσούτσος Θεοχάρης και Ζαχαρίας Γκούσκος (Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος), Ilona Eisenchmid (Scheuten Solar), Dr Eduardo Román και Ricardo Alonso (ROBOTIKER-Tecnalia)

ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ: Νεκτάριος Δρουδάκης

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ: Σταυρούλα Τουρνάκη

Περισσότερες πληροφορίες για το έργο PURE είναι διαθέσιμες στο διαδίκτυο στη διεύθυνση: www.pure-eie.com. Τα σχόλια και οι προτάσεις σας για την παρούσα έκδοση είναι ευπρόσδεκτα. Εάν έχετε οποιαδήποτε ερώτηση σχετικά με το έργο PURE μπορείτε να επικοινωνήσετε με τον συντονιστή του έργου, Dr. Eduardo Román (ROBOTIKER-Tecnalia).

ΜΕ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ

Intelligent Energy  Europe

NOMΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ:

Την αποκλειστική ευθύνη για το περιεχόμενο του εντύπου έχουν οι συγγραφείς του. Οι απόψεις που εκφράζονται στην παρούσα έκδοση δεν απηχούν κατ' ανάγκη τις απόψεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεν αναλαμβάνει οποιαδήποτε ευθύνη όσον αφορά τη χρήση, ή την όποια βλάβη μπορεί να προκύψει ως αποτέλεσμα της χρήσης αυτών των πληροφοριών.



ROBOTIKER-Tecnalia
www.robotiker.es



EVE | Ente Vasco
de la Energía

ENTE VASCO DE LA ENERGÍA
www.eve.es



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
www.ist.utl.pt



SCHEUTEN SOLAR
www.scheutensolar.de



PROVINCIA DI SAVONA
www.provincia.savona.it



SLOVAK INNOVATION AND ENERGY AGENCY
www.siea.gov.sk



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
www.enveng.tuc.gr

Με την υποστήριξη:

Intelligent Energy  Europe

