

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Ηλιακή Ενέργεια - Φωτοβολταϊκά

PRODES

Lecturer: Ioannis Nikolettatos
Photovoltaic Energy Sector
Email: inikol@cres.gr

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Φ/Β στοιχείο

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Κρυσταλλικό Πυρίτιο

Photon $E = h \cdot c / \lambda$

Pure silicon crystal (2D structure)

3D Structure

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

The p-n junction

Depletion region

Built-in electric field

Potential Difference

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Φ/Β πλαίσιο

CLASS RIBBON EVA EVA CLASS on TEM AT

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Καμπύλη Φ/Β για διάφορες συνθήκες

IV curves
 1 kW/m², 25 deg C
 0.8 kW/m², 25 deg C
 0.8 kW/m², 45 deg C
 1 kW/m², 45 deg C

Η μέγιστη ισχύς που προκύπτει από την καμπύλη που αντιστοιχεί σε πρότυπες συνθήκες δοκιμής (ακτινοβολία 1000 W/m², θερμοκρασία Φ/Β πλαισίου 25°C, μάζα αέρος AM1.5) εκφράζει την ονομαστική ισχύ του πλαισίου σε μονάδες Wp (Watt peak).

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Σύνθεση καμπυλών

Building a PV Array

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Πρότυπα για Φ/Β πλαίσια

Type approval

- IEC-EN 61215 'Crystalline silicon terrestrial PV modules – Design qualification and type approval'
- IEC-EN 61646 'Thin film terrestrial PV modules – Design qualification and type approval'
- IEC-EN 61730-1 'Photovoltaic (PV) module safety qualification-Part 1. Requirements for construction'
- IEC-EN 61730-2 'Photovoltaic (PV) module safety qualification-Part 2. Requirements for testing'

Άλλα πρότυπα για δοκιμές Φ/Β πλαισίων

- IEC-EN 61345 'UV test for PV modules'
- IEC-EN 61701 'Salt mist corrosion testing of PV modules'
- IEC-EN 61721 'Susceptibility of a PV module to accidental impact damage (resistance to impact test)'

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Φ/Β Πλαίσια

Τα Φ/Β πλαίσια που κυκλοφορούν στην αγορά,

- Κρυσταλλικού Πυριτίου (Μόνο και Πόλυ): Απόδοση 11-18%. (Ένα πλαίσιο επιφάνειας 1 m² παράγει 110 -180 Wp) *
- Αμόρφου Πυριτίου : 4 - 6% (40-60 Wp/ m²) *
- a-Si/μcSi (Micromorph) : 8 - 10% (80-100 Wp/ m²) *

* **Πρότυπες Συνθήκες Δοκιμών (ΠΣΔ):** Θερμοκρασία = 25 °C, Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας = 1.000 W/m², Αέρια μάζα = AM 1.5

Intelligent Energy Europe

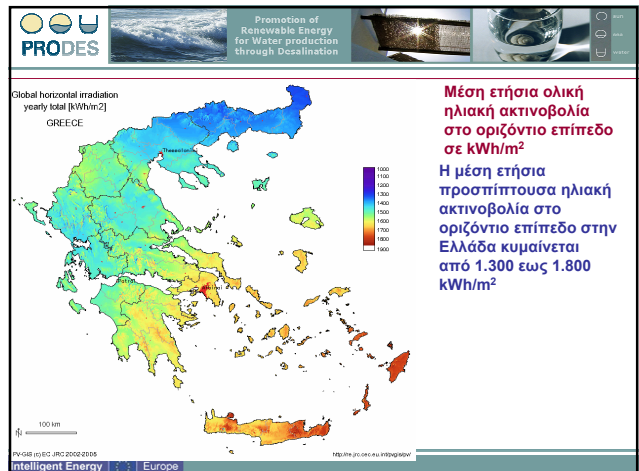
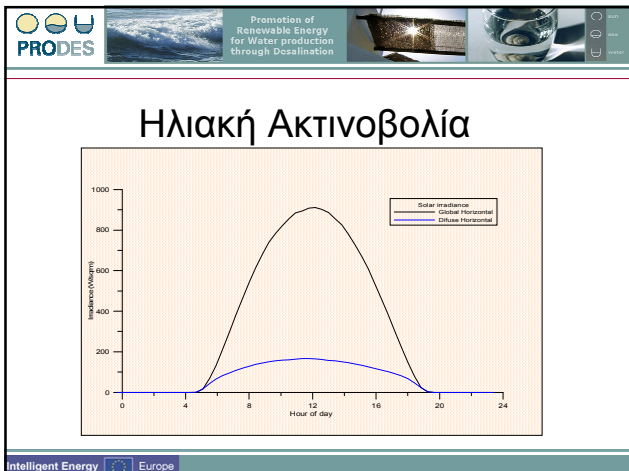
PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Φ/Β Πλαίσια

- CIS, CIGS (Δισεληνιδιούχος Χαλκός, Cu(InGa)(Se,S)₂): Απόδοση 8 - 9%.
- CdTe (Τελουριούχο Κάδμιο) : 7 - 8%
- GaAs (Αρσενιούχο Γάλλιο) : >25% μη-εμπορικά, διαστημικές εφαρμογές

Φωτο-ηλεκτροχημικά ηλιακά στοιχεία (dye doped Titania solar cell). Απόδοση μικρών δοκιμών 10%, ασταθή, αλλά με δυνατότητα μικρού κόστους παραγωγής.

Intelligent Energy Europe



PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Πηγές ηλιακών δεδομένων

Πίνακες δημοσιευμένων δεδομένων για τον Ελληνικό χώρο (Λάλας- Τεχνικά Χρονικά Β Τόμος 2 Τεύχος 3-4, Πελεκάνος- 1ο Εθνικό Συνέδριο Ηπιων μορφών Ενέργειας)

European Solar Radiation Atlas (ESRA)

Διαδίκτυο
Π.χ.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/imaps/index.htm>
www.soda-is.com/eng/index.html
<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
www.satellite.com

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Εκτίμηση παραγωγής

Για ένα Φ/Β σύστημα ισχύος P_o με ολική ακτινοβολία στο επίπεδο της Φ/Β συστοιχίας H_p και πραγματική παραγωγή ενέργειας E_{PV} ισχύουν οι σχέσεις

Reference yield : $Y_r = H_p / G_{STC}$ (όπου $G_{STC} = 1000 \text{ W/m}^2$)
 Final Yield : $Y_f = E_{PV} / P_o$
 Performance Ratio : $PR = Y_f / Y_r$

Το PR εκφράζει το λόγο της πραγματικής παραγόμενης ενέργειας του Φ/Β συστήματος προς την θεωρητική (ιδεατή) παραγόμενη ενέργεια.

Πραγματική παραγόμενη ενέργεια : $E_{PV} = P_o \cdot (H_p / G_{STC}) \cdot PR$

Το PR για διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα που λειτουργούν χωρίς προβλήματα κυμαίνεται στο εύρος 0.7-0.85.

Παράδειγμα
 Ετήσια οριζόντια ακτινοβ. : 1420 kWh/m^2
 Ετήσια ακτινοβ. σε κλίση Φ/Β συστοιχίας 30° : 1560 kWh/m^2
 Ετήσια παραγωγή Φ/Β συστήματος 5 kWp με $PR=0.78$: $5 \times 1560 \times 0.78 = 6084 \text{ kWh}$

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Αγορά

Year	Production capacity of PVs (in MWp)
2003	764
2004	1200
2005	1700
2006	2500
2007	3300
2008	5500

Source: Photon 2007/8

Intelligent Energy Europe

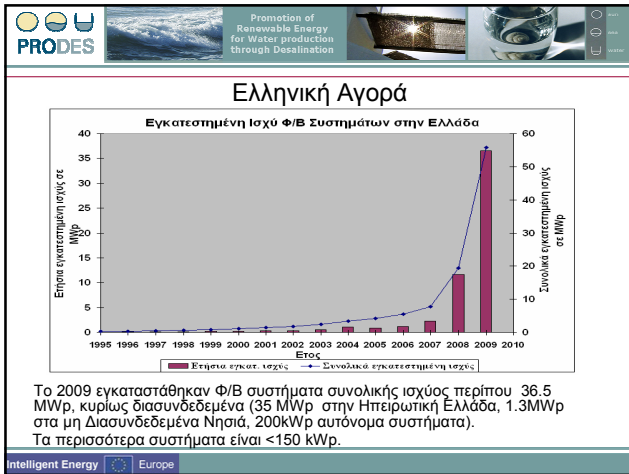
PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Παγκόσμια Αγορά

Figure 1: Historical development of Global cumulative PV power installed per Region

Year	Global Cumulative PV Power (MW)
1998	962
1999	1,166
2000	1,428
2001	1,762
2002	2,201
2003	2,795
2004	3,847
2005	5,167
2006	6,770
2007	9,162
2008	14,730

Intelligent Energy Europe

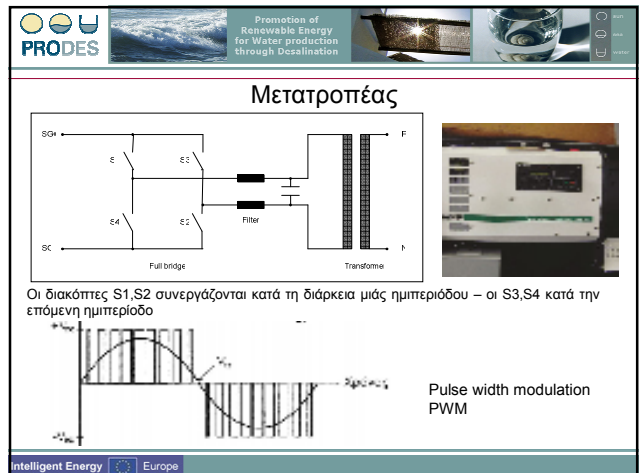
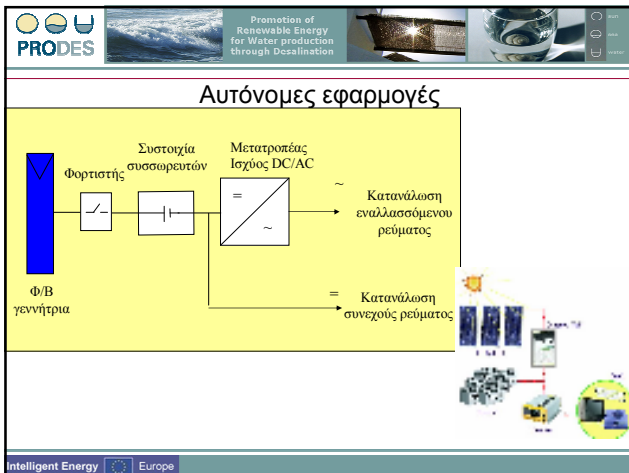


PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Εφαρμογές

- Αυτόνομες εφαρμογές
 - Μικρής και μεγάλης κλίμακος
 - Αριθμομηχανές, φακοί, σκάφη, τροχόσπιτα, φάρoi, κατοικίες, οικισμοί, υβριδικά συστήματα, τηλεπικοινωνίες, μετρητικοί σταθμοί, αντλητικά, μονάδες αφαλάτωσης κτλ.
- Διασυνδεδεμένες
 - Κεντρικοί Φ/Β σταθμοί,
 - Φ/Β σε κατοικίες
 - Ενσωμάτωση σε κτίρια (BIPV)

Intelligent Energy Europe



PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Μπαταρίες Μολύβδου-οξέως



Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Μπαταρίες Μολύβδου-οξέως

Το σημαντικότερο μέγεθος μιας μπαταρίας είναι η χωρητικότητά της, σε μονάδες Ah. Εκφράζει την ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου που μπορεί να εκφορτισθεί από την μπαταρία υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Εξαρτάται από θερμοκρασία, ρεύμα εκφόρτισης, τελική τάση.

Η ονομαστική χωρητικότητα δίδεται για συγκεκριμένες συνθήκες εκφόρτισης. Μπαταρία χωρητικότητας $C_{10}=50$ Ah (δηλ. σε 10 ώρες εκφόρτιση), εκφορτιζόμενη με το ρεύμα που αντιστοιχεί σε 10 ώρες εκφόρτιση ($I_{10}=C_{10}/10=5A$), μπορεί να δώσει $5A \cdot 10h=50$ Ah.

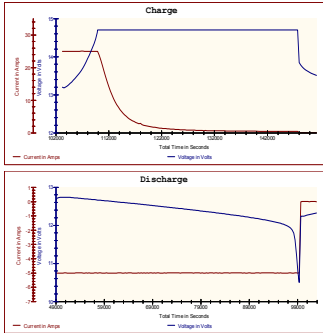
Η κατάσταση φόρτισης μιας μπαταρίας εκφράζεται με το SOC (State of Charge), σαν ποσοστό της υπολειπόμενης χωρητικότητας ως προς την ονομαστική.

Το βάθος εκφόρτισης DOD (Depth of Discharge) εκφράζεται το ποσοστό των Ah που έχουν εκφορτισθεί ως προς την ονομαστική χωρητικότητα. Ισχύει $DOD=1-SOC$.

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Καμπύλες μπαταριών



Ωφέλιμη χωρητικότητα

Ρεύμα εκφόρτισης [A]

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Διαστασιολόγηση αυτόνομου Φ/Β συστήματος

- Υπολογισμοί για τη δυσμενέστερη περίοδο του έτους (π.χ. Δεκέμβριος)
- Υπολογισμός μέσης ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας E_{LOAD} , αθροίζοντας τις καταναλώσεις από κάθε ηλεκτρική συσκευή, που προκύπτουν από τη σχέση Ονομαστική ισχύς συσκευής · Ωρες λειτουργίας ανά ημέρα
- Εύρεση μέσης ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας για τη περίοδο αναφοράς (στη κατάλληλη κλίση) H_T , σε $Wh/m^2/day$
- Υπολογισμός Φ/Β γεννήτριας. Απαιτούμενη ισχύς $P_0=E_{LOAD}/(H_T/G_{STC})/n$ όπου n ο βαθμός απόδοσης λόγω διαφόρων απωλειών (θερμοκρασία λειτουργίας, ωμικές απώλειες, απώλειες μπαταρίας κλπ). Π.χ. $n=0.7$
- Υπολογισμός Μπαταρίας. Η χωρητικότητα C της μπαταρίας, για D ημέρες αυτονομίας, επιθυμητό βάθος εκφόρτισης μπαταριών DOD και τάση μπαταρίας V , υπολογίζεται από το τύπο $C=E_{LOAD} \cdot D/(DOD \cdot V)$

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Διασυνδεδεμένες εφαρμογές

Φ/Β Γεννήτρια

Μετατροπέας Ισχύος Δικτύου

Κατανάλωση εναλλασσόμενου ρεύματος

Ηλεκτρικό Δίκτυο

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Διασυνδεδεμένες εφαρμογές

Αυτοπαραγωγός
Η διαφορά παραγωγής-κατανάλωσης μετρείται

Ανεξάρτητος παραγωγός
Η συνολική παραγωγή ενέργειας μετρείται

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Η απόδοση ενός διασυνδεδεμένου μετατροπέα έχει μέγιστη τιμή συνήθως στο εύρος 50-80% της ονομαστικής ισχύος, και μειώνεται σημαντικά σε μικρές τιμές της ισχύος. Ο Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης (European efficiency) είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος τιμών της καμπύλης απόδοσης, σύμφωνα με τον τύπο $0.03 \times E_N + 0.06 \times E_{10} + 0.13 \times E_{20} + 0.1 \times E_{30} + 0.48 \times E_{50} + 0.2 \times E_{100}$ (όπου E_N είναι ο βαθμός απόδοσης στο ποσοστό $N\%$ της ονομαστικής ισχύος). Είναι ενδεικτικός του βαθμού απόδοσης της μετατροπής ενέργειας του μετατροπέα σε τυπικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας.

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Σημαντικά χαρακτηριστικά μετατροπέων

- Μέγιστος βαθμός απόδοσης (>90%)
- Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης $(0.03 \times E_N + 0.06 \times E_{10} + 0.13 \times E_{20} + 0.1 \times E_{30} + 0.48 \times E_{50} + 0.2 \times E_{100})$
- MPPT (Maximum power point tracking)
- Εσωτερική κατανάλωση (<1%)
- Κατανάλωση κατά τη διάρκεια της νύκτας
- Επιτήρηση σφάλματος προς γή (Earth monitoring)
- Λειτουργία κατά την υπερφόρτιση
- Ελάχιστο όριο ισχύος (0.5-4%)
- Ενδεικτικά λειτουργίας (LEDs, display), δυνατότητα παρακολούθησης των σημαντικών παραμέτρων λειτουργίας (τάση, ρεύμα, ισχύς, ενέργεια κλπ)

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Εφαρμογές σε κτίρια



Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Εφαρμογές ενσωμάτωσης σε κτίρια

ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

- ΣΤΕΓΗ (Αδιαφανή ή μερικώς διαφανή)
- ΥΑΛΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ (Προσόψεις με διαβαθμίσεις διαφάνειας)
- ΣΚΙΑΣΤΡΑ (Εξωτερικά)
- ΠΡΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ -ΣΤΗΘΑΙΟ

ΠΟΛΥ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ

- Ελκυστικός σχεδιασμός
- Θερμική μόνωση
- Ηλιο-προστασία (σκίαση)
- Ηχομόνωση
- Παραγωγή Ηλεκτρισμού



Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Εφαρμογές ενσωμάτωσης σε κτίρια



Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Σκίαστρα



Intelligent Energy Europe





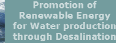


Εσωτερική άποψη μιας πλαϊνής όψης και της οροφής κτιρίου καλυμμένες με μερικούς διάφανα Φ/Β πλαίσια

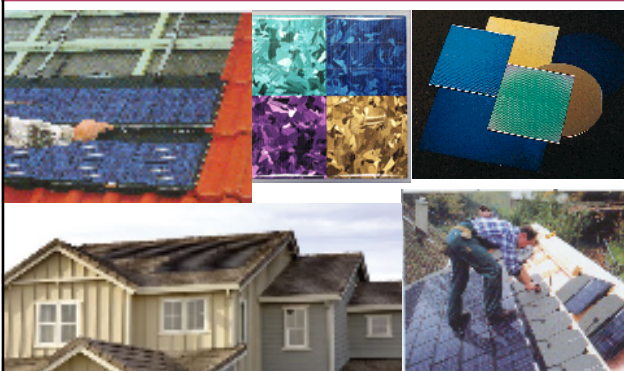


Intelligent Energy Europe














Intelligent Energy Europe

Εφαρμογές σε κτίρια-Νομοθεσία

«Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτηρίων», ΦΕΚ Β' 1079-04/06/2009.

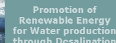


ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

- Λειτουργία Φ/Β συστημάτων με σύνδεση στο Δίκτυο των αστικών περιοχών
- Απευθύνεται σε όλους τους καταναλωτές της χώρας
- Αφορά πολύ μικρές εγκαταστάσεις σε Δώματα- Στέγες- Στέγαστρα
- Αποφυγή δημόσιας δαπάνης (επιχορηγήσεων)- κατανομή επιβάρυνσης μέσω τέλους ΑΠΕ
- 10ετής διάρκεια προγράμματος (έως 13/12/2019)
- Στο Ηπειρωτικό Σύστημα και στα Διασυνδεδεμένα Νησιά
- Προορίζεται για το σύνολο των ιδιωτικών κτηρίων:
 - Οικιακός τομέας (ιδιωτικές κατοικίες) και
 - Επιχειρηματικός τομέας (μικρές ή πολύ μικρές επιχειρήσεις)
- Φ/Β εγκαταστάσεις ως 10 kW

•Σύμβαση 25ετής με πολύ ευνοϊκή τιμή για πώληση ενέργειας με στόχο την απόσβεση σε λιγότερο από 10 χρόνια

Intelligent Energy Europe



«Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτηρίων», ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΝΤΑΞΗΣ

- Υπαρξη ενεργής σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του Φ/Β στο κτήριο όπου το σύστημα εγκαθίσταται
- Μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης της ιδιοκτησίας του κυρίου του Φ/Β, εφόσον αυτή χρησιμοποιείται για κατοικία, πρέπει να καλύπτεται με χρήση ΑΠΕ (π.χ. ηλιακοί θερμοσίφωνες)
- Μη ύπαρξη δημόσιας ενίσχυσης

ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

- Παρέχει σταθερό feed-in-tariff για 25ετα ανά εγκατάσταση. Για τις νέες εγκαταστάσεις από 2012 το ύψος του feed-in-tariff μειώνεται κατά 5% ετησίως
- Δεν απαιτείται καμία αδειοδότηση ΥΠΑΝ – ΥΠΕΧΩΔΕ
- Απλές και γρήγορες διαδικασίες μέσω των τοπικών Υπηρεσιών ΔΕΗ και του λογαριασμού ηλ. ρεύματος
- Καμία Φορολογική Υποχρέωση (έναρξη εργασιών- ΦΠΑ- φορολογία εισοδήματος)

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Εφαρμογές σε κτίρια-Τεχνικά θέματα

Παραγωγή (Feed-in tariff)

Συστήματα ισχύος ≤ 5 kWp, συνδέονται στο δίκτυο Χ.Τ. μέσω μονοφασικής ή μέσω τριφασικής παροχής.

Αν η μέγιστη ισχύς ξεπερνά τα 5 kWp (αλλά σε καμία περίπτωση τα 10 kWp) υποχρεωτικά συνδέονται στο δίκτυο μέσω τριφασικής παροχής.

Απαιτείται η εγκατάσταση ξεχωριστού ηλεκτρικού πίνακα. Όλη η παραγόμενη ενέργεια πωλείται

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Εφαρμογές σε κτίρια-Τεχνικά θέματα

Εξοπλισμός και ποιότητα εγκατάστασης πρέπει να καλύπτουν απαιτήσεις ασφάλειας (π.χ. Φ/Β πλαίσια κατάλληλα για αυτήν την κατηγορία εφαρμογών [Application Class A] κατά το πρότυπο EN 61730, μετατροπείς με διακόπτη απομόνωσης στην συνεχή πλευρά, υλικά και εγκατάσταση με προστασία Class II, κτλπ)

Τεχνικές οδηγίες περιλαμβάνονται στο τεύχος:
‘Οδηγίες για την εγκατάσταση Φ/Β Συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις’
 από την ιστοσελίδα του ΚΑΠΕ.

Το κόστος ενός συστήματος εκτιμάται περίπου στα 5€/Wp.

Κόστος διασύνδεσης 800 € -2000 € ανάλογα με τις ανάγκες έργων ενίσχυσης και τις απαιτούμενες εργασίες (π.χ. μετατροπή μονοφασικής παροχής σε τριφασική).
Μέση τιμή 1100 €.

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Εφαρμογές σε κτίρια-Κεκλιμένη οροφή

Πρόσθετη κατασκευή για στήριξη. Σύστημα στήριξης με απλό ή διπλό οδηγό αλουμινίου (railway)

Intelligent Energy Europe

PRODES Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination

Εφαρμογές σε κτίρια-Οριζόντια οροφή

Η βαρυστική στήριξη προτιμάται, καθώς δεν απαιτείται διάτρηση που μπορεί να τραυματίσει την μόνωση

Intelligent Energy Europe