

# **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

## **Ηλιακή ενέργεια**

**Ηλιακή ενέργεια: Φωτοβολταϊκά συστήματα, διαστασιολόγηση και  
βασικοί υπολογισμοί, οικονομική ανάλυση**

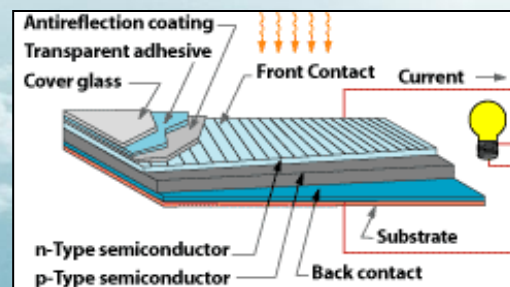
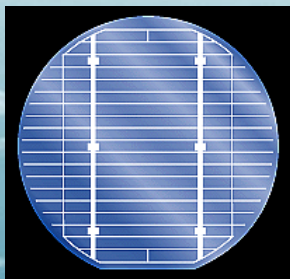
# Τεχνολογίες Φ/Β στοιχείων

Οι εμπορικές τεχνολογίες των Φ/Β στοιχείων σήμερα είναι αυτές του:

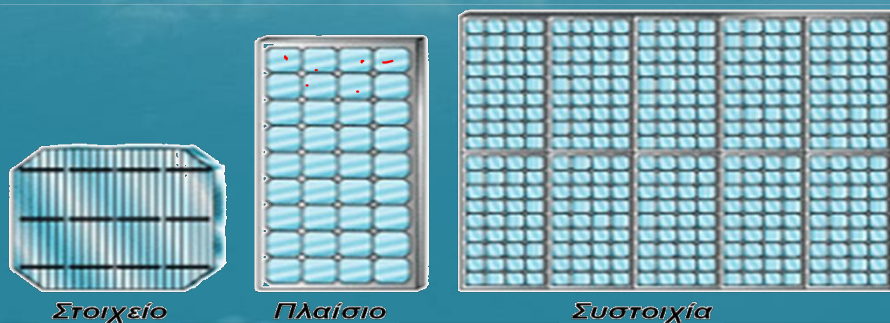
- ✓ μονοκρυσταλλικού πυριτίου (c-Si) με μέγιστες αποδόσεις εμπορικών εφαρμογών 12 – 16 %
- ✓ πολυκρυσταλλικού πυριτίου (p-Si) με μέγιστες αποδόσεις εμπορικών εφαρμογών 10 – 12 %
- ✓ του άμορφου πυριτίου (a-Si) με μέγιστες αποδόσεις εμπορικών εφαρμογών 5 – 7 %

ενώ οι τεχνολογίες ημιαγωγών  $\text{CuInSe}_2$ ,  $\text{CdTe}$  και  $\text{GaAs}$  βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο.

Τα **Φ/Β στοιχεία** αποτελούνται από δίσκους πυριτίου, οι οποίοι βρίσκονται σφραγισμένοι σε πλαστική ύλη για προστασία από τις καιρικές συνθήκες. Η μπροστινή όψη προστατεύεται από ανθεκτικό γυαλί.

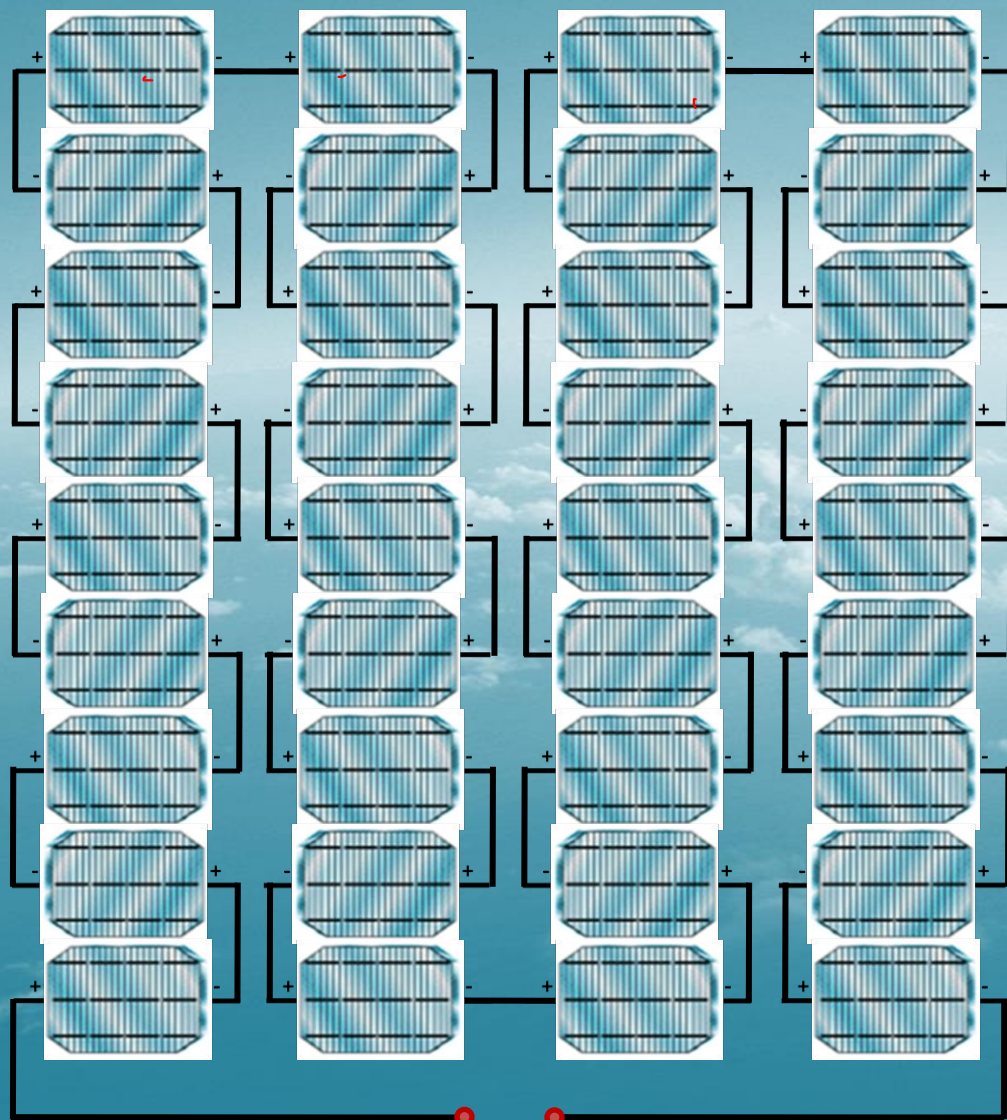


Ένα **φωτοβολταϊκό πλαίσιο** είναι μία διάταξη που συνήθως περιλαμβάνει **36 Φ/Β στοιχεία** συνδεδεμένα σε σειρά.



# Συνδεσμολογία Φ/Β στοιχείων

Φ/Β στοιχεία ενός πλαισίου συνδεδεμένα σε σειρά:



Ο θετικός πόλος του κάθε Φ/Β στοιχείου συνδέεται με τον αρνητικό του επόμενου στοιχείου, μέσα στο πλαίσιο. Αντίστοιχα, στη σε σειρά σύνδεση Φ/Β πλαισίων ή συστοιχιών, ο θετικός πόλος του κάθε πλαισίου ή συστοιχίας συνδέεται με τον αρνητικό του επόμενου πλαισίου ή της επόμενης συστοιχίας

$$V_{\text{MPPπλαισίου}} = 36 \times V_{\text{MPPστοιχείου}} \approx 36 \times 1 \approx 36 \text{ Volt}$$
$$I_{\text{MPPπλαισίου}} = I_{\text{MPPστοιχείου}} \approx 3 \text{ Ampere}$$

τάση ρεύμα

$$V = \sum V_{\text{α}_i}$$
$$I = I_i$$

$$P = V \cdot I = 36 \cdot 4$$

## Τεχνολογίες Φ/Β στοιχείων

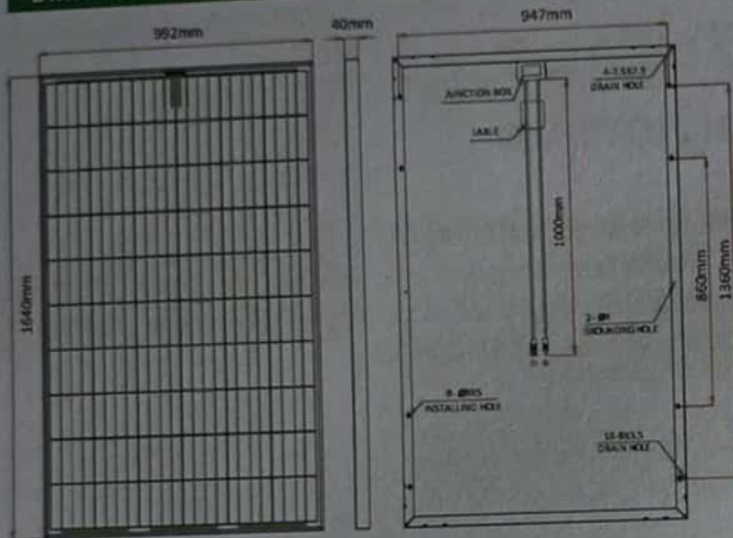
Τα τυπικά δεδομένα για εμπορικά Φ/Β πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου δίνονται στον Πίνακα 1, όπου τα ηλεκτρικά μεγέθη ισχύουν σε πρότυπες συνθήκες ( $AM = 1,5$ ,  $T_c = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  και  $I = 1.000\text{ W/m}^2$ ).

Πίνακας 1 Τυπικά λειτουργικά και γεωμετρικά μεγέθη εμπορικών Φ/Β πλαισίων μονοκρυσταλλικού πυριτίου

|                   |             |        |
|-------------------|-------------|--------|
| <u>διαστάσεις</u> | 644 x 1.282 | mm     |
| <u>πάχος</u>      | 35          | mm     |
| <u>βάρος</u>      | 8,5         | kg     |
| ονομαστική MPP    | 100         | Wp     |
| $V_{MPP}$         | 34,5        | Volt   |
| $I_{MPP}$         | 2,9         | Ampere |
| $V_{OC}$          | 42,5        | Volt   |
| $I_{SC}$          | 3,2         | Ampere |

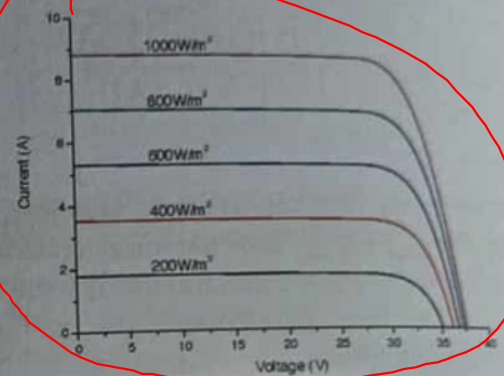
Ένα συγκρότημα Φ/Β συστοιχιών, συνδεδεμένων σε σειρά, παράλληλα ή μεικτά, ανάλογα με την επιθυμητή τάση και ένταση στους τελικούς ακροδέκτες του, ονομάζεται **φωτοβολταϊκό πάρκο** ή **φωτοβολταϊκός σταθμός**.

## Dimensions



Drawing Only for Reference

## I-V Curves



## Varied Irradiation Efficiencies

| Irradiance | 200W/m <sup>2</sup> | 400W/m <sup>2</sup> | 600W/m <sup>2</sup> | 800W/m <sup>2</sup> | 1000W/m <sup>2</sup> |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Efficiency | 15.8%               | 16.2%               | 16.2%               | 16.1%               | 16.0%                |

## Electrical Characteristics STC

|                                                                                                                  | JC250M-24/Bb |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Maximum Power (P <sub>max</sub> )                                                                                | 250 W        |
| Power Tolerance                                                                                                  | 0 - +5W      |
| Module Efficiency                                                                                                | 15.4%        |
| Maximum Power Current (I <sub>mp</sub> )                                                                         | 8.31 A       |
| Maximum Power Voltage (V <sub>mp</sub> )                                                                         | 30.1 V       |
| Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> )                                                                         | 8.83 A       |
| Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> )                                                                          | 37.4 V       |
| Values at Standard Test Conditions STC (Air Mass AM1.5, Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , Cell Temperature 25°C) |              |

## JC250M-24/Bb

## JC255M-24/Bb

## JC260M-24/Bb

|         |         |
|---------|---------|
| 255 W   | 260 W   |
| 0 - +5W | 0 - +5W |
| 15.7%   | 16.0%   |
| 8.39 A  | 8.53 A  |
| 30.4 V  | 30.5 V  |
| 8.86 A  | 8.95 A  |
| 37.5 V  | 37.6 V  |

## Mechanical Characteristics

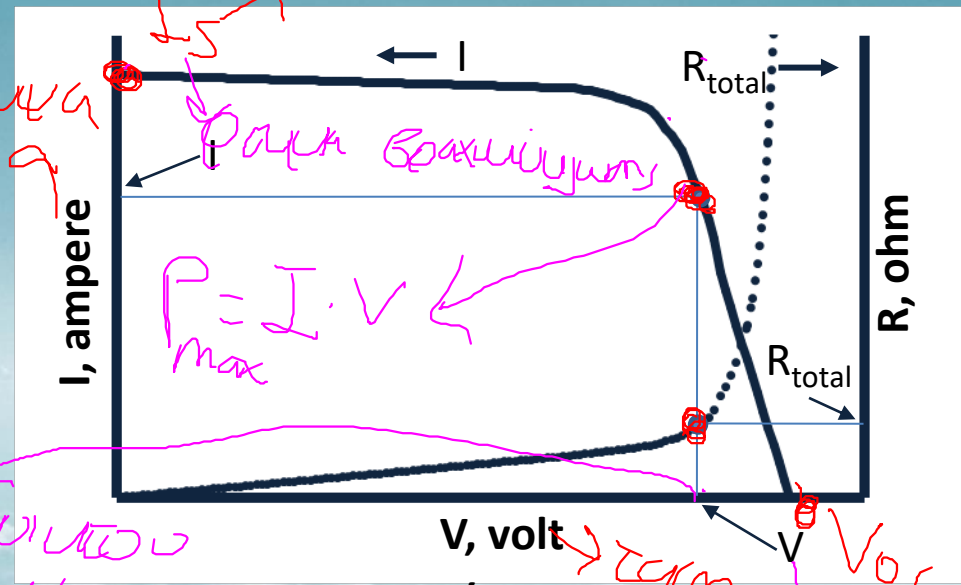
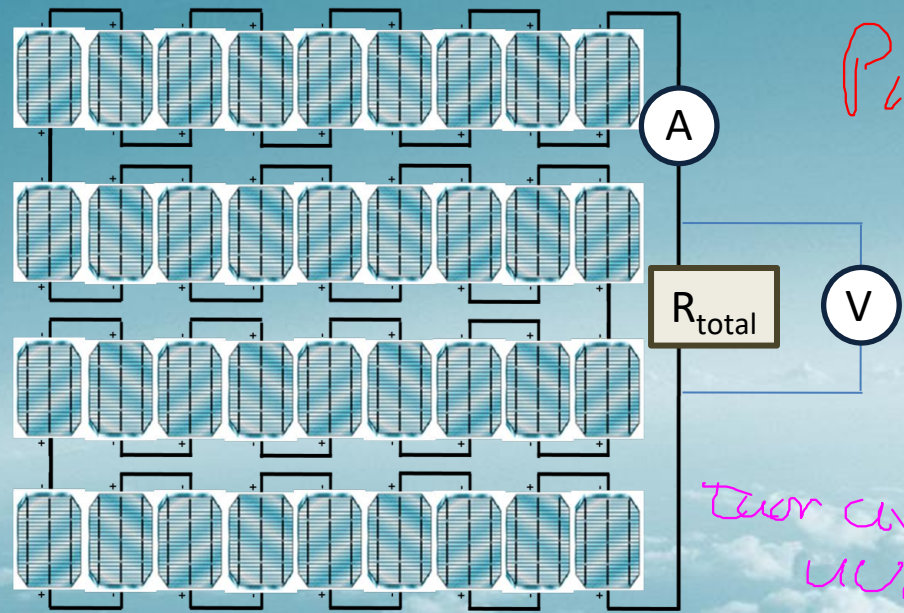
|                            |                                                       |
|----------------------------|-------------------------------------------------------|
| Cell Type                  | 156 x 156 mm Polycrystalline, 60 (6x10) pcs in series |
| Glass                      | High Transmission, Low Iron, Tempered Glass           |
| Frame                      | Anodized Aluminum Alloy                               |
| Junction Box               | IP65/IP67 rated, with bypass diodes                   |
| Dimension                  | ~1640 x 992 x 40 mm                                   |
| Output Cable               | 4 mm <sup>2</sup> (EU)/12 AWG (US), 1000 mm           |
| Weight                     | 18 Kg                                                 |
| Installation Hole Location | See Drawing Above                                     |

## Characteristics

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub>  | -0.30%/°C |
| Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub>  | 0.04%/°C  |
| Temperature Coefficient of P <sub>max</sub> | -0.40%/°C |
| Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)   | 45°C±2°C  |

15.1.138

# Συμπεριφορά Έντασης– Τάσης (συμπεριφορά I – V) Φ/Β στοιχείων



Σχήμα 1

Στο Σχήμα, με συνεχή γραμμή παρουσιάζεται η μεταβολή της έντασης I (ampere) του ρεύματος που διαρρέει το παραπάνω απλοποιημένο κύκλωμα, με τη μεταβολή της συνολικής αντίστασης R (ohm) του κυκλώματος (διακεκομμένη γραμμή) και τη μεταβολή του δυναμικού (volt) στα άκρα του Φ/Β πλαισίου. Στο Σχήμα φαίνεται η θέση του βολτόμετρου και του αμπερόμετρου για τη μέτρηση του δυναμικού (της τάσης) και της έντασης του ρεύματος που παράγεται από το Φ/Β πλαίσιο, ενώ τα τρία μεγέθη (τάση V, ένταση I και αντίσταση R) συνδέονται μεταξύ τους με τον Νόμο του Ohm:

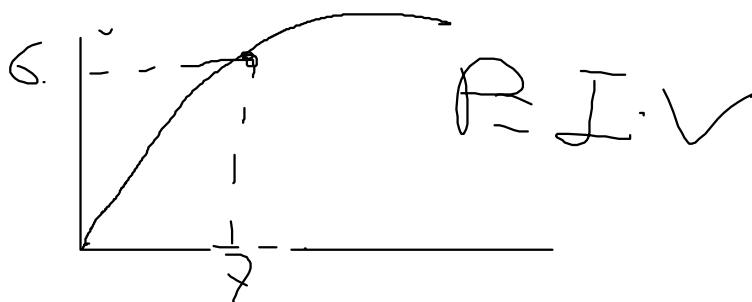
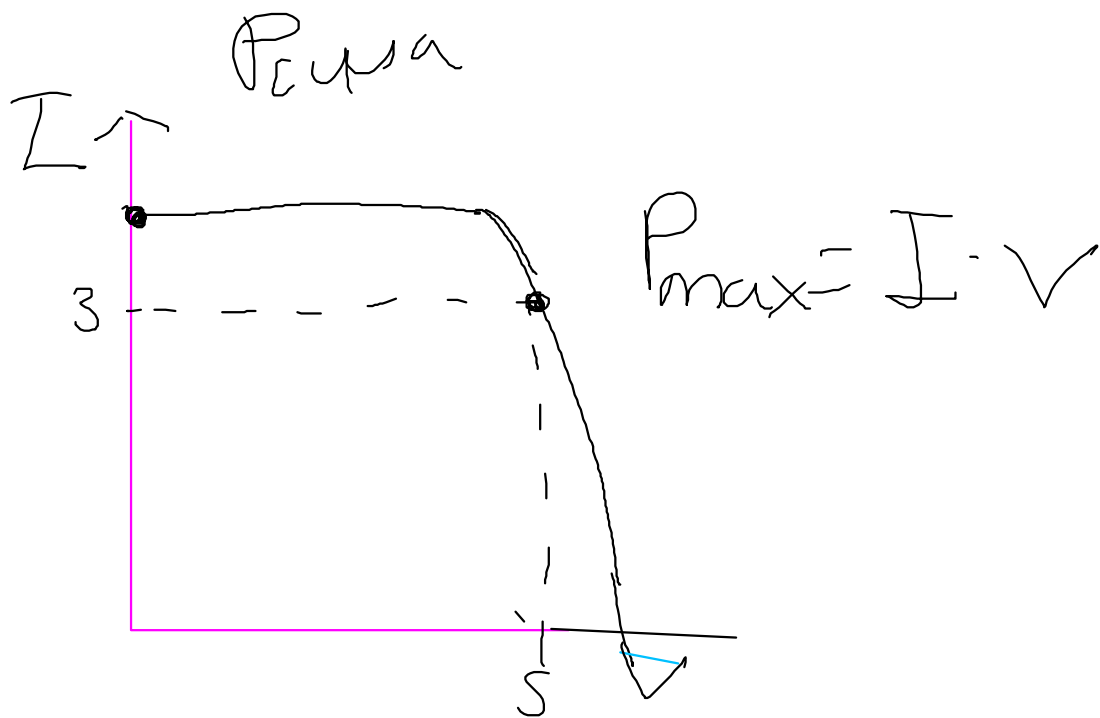
$$V = I \times R_{total} \Leftrightarrow I = V / R_{total} \Leftrightarrow R_{total} = V / I \text{ [volt = ampere x ohm, ampere = volt/ohm, ohm = volt/ampere]}$$

Κάθε σημείο της συνεχούς γραμμής I έχει συντεταγμένες I – V (έντασης – τάσης ή αλλιώς ρεύματος – δυναμικού). Σύμφωνα με τον Νόμο του Ohm, κάθε σημείο (V,R) της διακεκομμένης γραμμής R<sub>total</sub> προκύπτει από το πηλίκο V/I των συντεταγμένων του αντίστοιχου σημείου (V,I) της συνεχούς καμπύλης I. Έτσι:

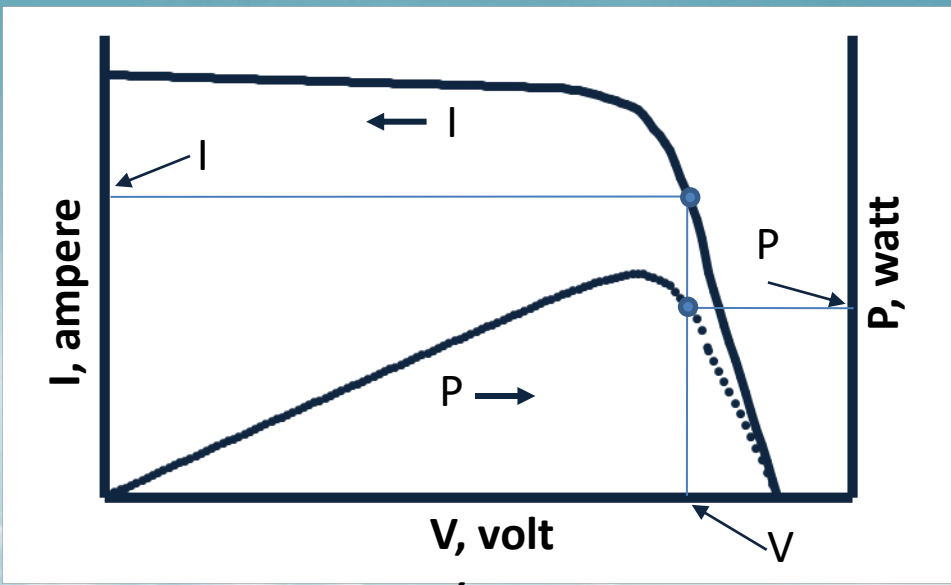
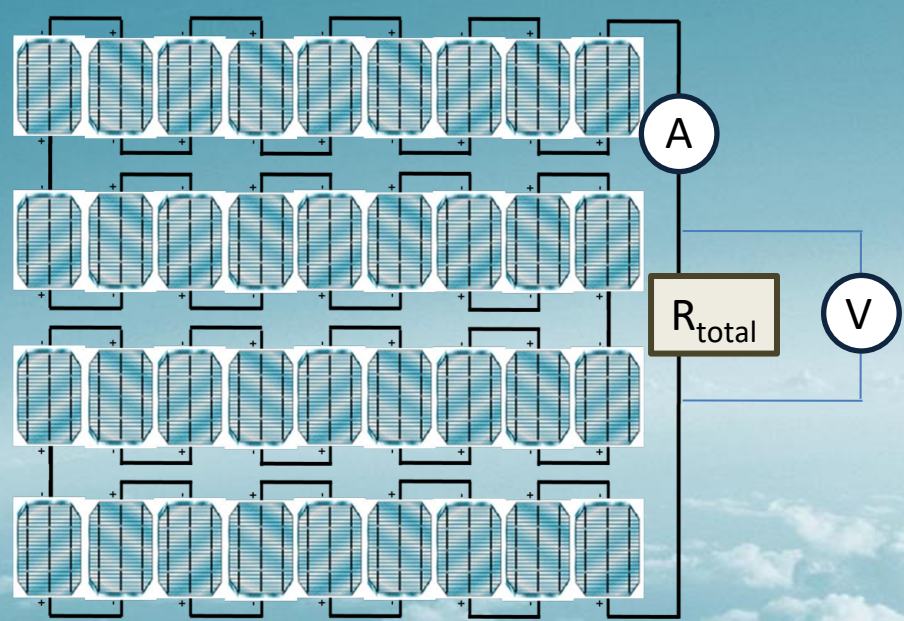
κάθε τιμή της αντίστασης R<sub>total</sub> του φορτίου (της κατανάλωσης) που συνδέεται στο Φ/Β ορίζει μονοσήμαντα μία τιμή δυναμικού V στα άκρα του Φ/Β και μία τιμή ρεύματος I που το διαρρέει

$$I_{\text{panel}} = N_p \cdot I$$

$$= N_p \left[ I_1 - I_0 \left( \exp \left( q \frac{U + R_s}{k \cdot T} \right) - 1 \right) - \frac{U + R_s}{R_{sh}} \right]$$



Συμπεριφορά Έντασης– Τάσης (συμπεριφορά I – V) Φ/Β στοιχείων

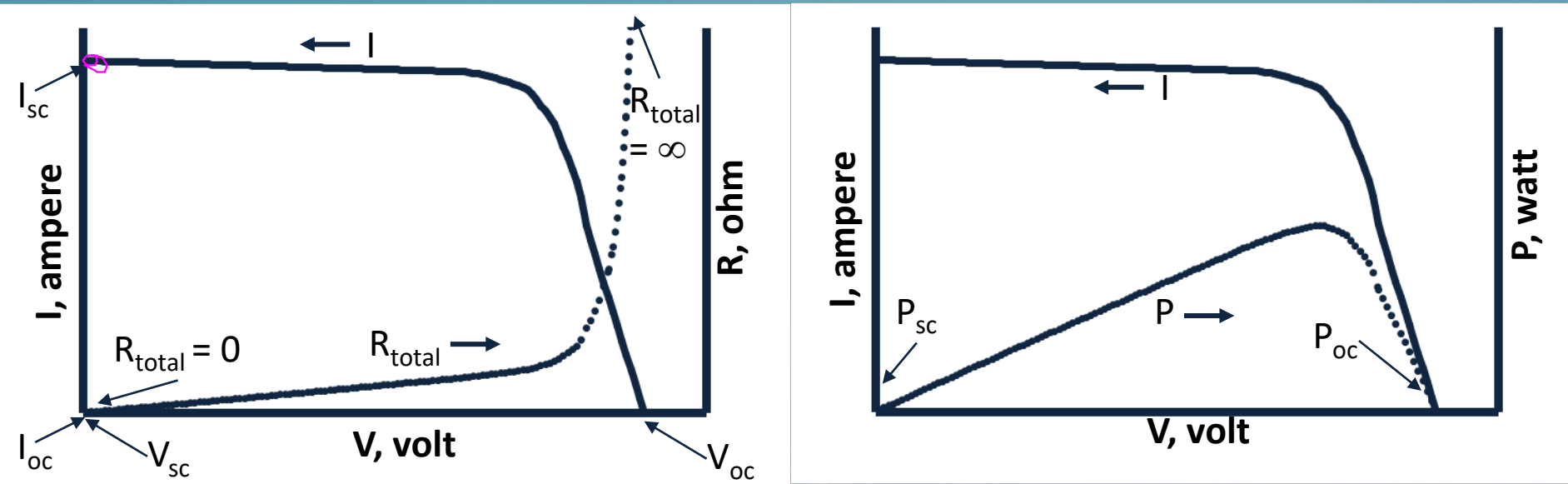


Σχήμα 2

Επιπλέον, το γινόμενο των συντεταγμένων (I,V) κάθε σημείου της συνεχούς γραμμής I – V έχει μονάδες ισχύος, σύμφωνα με τη σχέση:

ισχύς = ένταση x τάση ή  $P = I \times V$  [watt = ampere x volt]

Συμπεριφορά Έντασης– Τάσης (συμπεριφορά I – V) Φ/Β στοιχείων



Από το ίδια Σχήματα φαίνεται ότι όταν  $R_{total} = 0$  (μηδενική αντίσταση, συνθήκες βραχυκύκλωσης, short circuit - SC), το ρεύμα που παράγεται από το Φ/Β λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του και το δυναμικό του Φ/Β είναι μηδέν:

$$I_{max} = I_{sc} \text{ [Ampere]}$$

$$V_{min} = V_{sc} = 0 \text{ [Volt]}$$

Όταν  $R_{total} = \infty$  (άπειρη αντίσταση, συνθήκες ανοικτού κυκλώματος, open circuit – OC), το ρεύμα που παράγεται από το Φ/Β μηδενίζεται και το δυναμικό στους δύο ακροδέκτες του Φ/Β λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του:

$$I_{min} = I_{oc} = 0 \text{ [Ampere]}$$

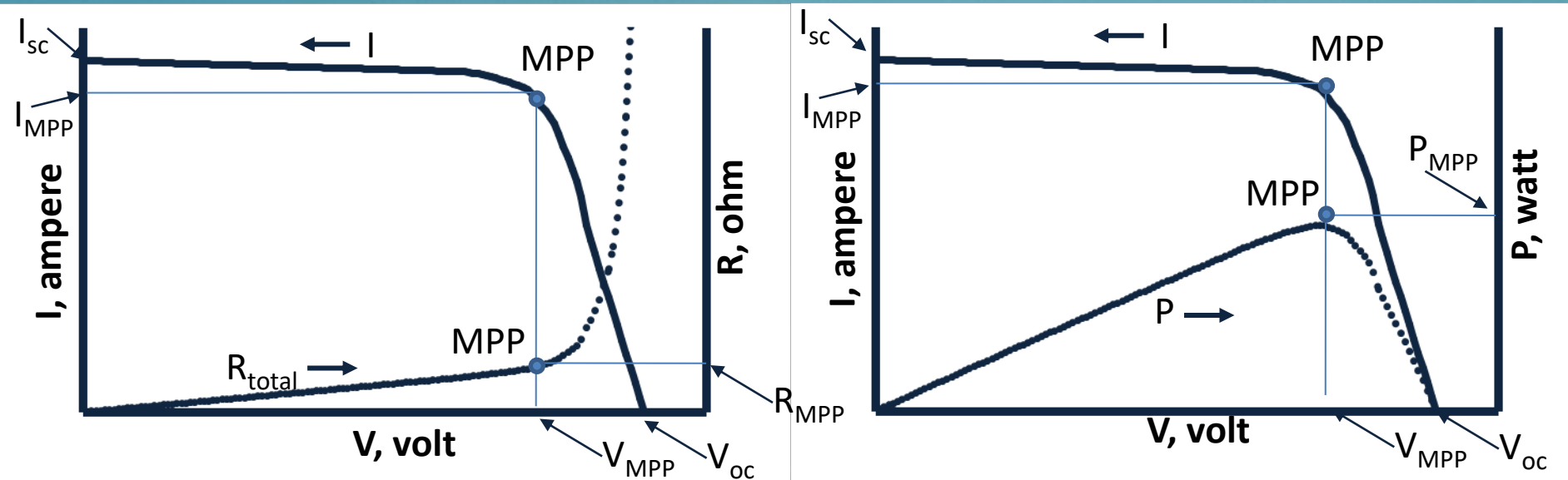
$$V_{max} = V_{oc} \text{ [Volt]}$$

ενώ και στις δύο περιπτώσεις ( $R_{total} = 0$  ή  $R_{total} = \infty$ ) η παραγόμενη ισχύς είναι μηδέν:

$$P = I_{sc} \times V_{sc} = I_{sc} \times 0 = 0$$

$$P = I_{oc} \times V_{oc} = 0 \times V_{oc} = 0$$

Συμπεριφορά Έντασης– Τάσης (συμπεριφορά I – V) Φ/Β στοιχείων



Μεταβάλλοντας την  $R_{total}$  μεταξύ των παραπάνω ακραίων τιμών (από  $R_{total} = 0$  έως  $R_{total} = \infty$ ), λαμβάνεται η συνεχής καμπύλη ρεύματος – δυναμικού (I – V) του Φ/Β στοιχείου, από το οποίο μπορεί να εξαχθεί η διακεκομμένη καμπύλη ισχύος – δυναμικού (P – V), του δεξιού διαγράμματος.

Η καμπύλη ισχύος – δυναμικού παρουσιάζει μέγιστο το οποίο ονομάζεται Maximum Power Point (MPP) ή σημείο μέγιστο ισχύος, με συντεταγμένες:

- $(V_{MPP}, I_{MPP})$  όσον αφορά στην καμπύλη I – V
- $(V_{MPP}, P_{MPP})$  όσον αφορά στην καμπύλη P – V
- $(V_{MPP}, R_{MPP})$  όσον αφορά στην καμπύλη  $R_{total} - V$

Έτσι, το Φ/Β παράγει τη μέγιστη ισχύ  $P_{MPP}$  όταν η κατανάλωση που έχει συνδεθεί στα άκρα του παρουσιάζει αντίσταση  $R_{MPP}$  και τότε η διαφορά δυναμικού στα άκρα του είναι  $V_{MPP}$  και η ένταση του ρεύματος που διαρρέει είναι  $I_{MPP}$ . Μία ειδική διάταξη που ονομάζεται **Maximum Power Point Tracker (MPPT)** και η οποία συνδέεται στα άκρα του Φ/Β εξασφαλίζει ότι το Φ/Β θα λειτουργεί κάθε στιγμή στο σημείο μέγιστης ισχύος ( $V_{MPP}, I_{MPP}$ ). Ο MPPT ρυθμίζει την αντίσταση στα άκρα του Φ/Β ώστε αυτή να βρίσκεται πάντοτε στην τιμή  $R_{MPP}$  ανεξάρτητα από τις μεταβολές της αντίστασης της κατανάλωσης που κάθε στιγμή τροφοδοτείται από το Φ/Β.

# Απόδοση Φ/Β στοιχειών

Ο ονομαστικός **βαθμός απόδοσης**  $n_{nominal}$  ή  $n_n$  ενός Φ/Β (στοιχείου, πλαισίου ή συστοιχίας) ορίζεται ως η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς προς την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και υπολογίζεται στις πρότυπες συνθήκες με βάση τη σχέση:

$$n_n = \frac{I_{MPP} \times V_{mPP}}{I \times A} = \frac{P_{MPP}}{I \times A}$$

όπου  $I_{MPP}$  [ampere] η ένταση του ρεύματος στο MPP,  $V_{MPP}$  [volt] το δυναμικό στο MPP,  $P_{MPP}$  [watt] η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς στο MPP,  $I$  η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας [watt/m<sup>2</sup>] στις πρότυπες συνθήκες (1000 watt/m<sup>2</sup>) και  $A$  η επιφάνεια του Φ/Β [m<sup>2</sup>].

Η ονομαστική απόδοση  $n_n$  υπολογίζεται από τα στοιχεία του Φ/Β που δίνει ο κατασκευαστής και αναφέρεται σε πρότυπες συνθήκες ( $I = 1000 \text{ W/m}^2$  και  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Έτσι για το πλαίσιο του Πίνακα 1, η ονομαστική απόδοση είναι:

$$n_n = \frac{2,9V \times 34,5A}{1000 \frac{W}{m^2} \times (0,644 \times 1,282)m^2} = \frac{100W}{1000 \frac{W}{m^2} \times 0,826m^2} = 12,1 \%$$

Η πραγματική απόδοση  $\eta$ , ελαττώνεται με την ελάττωση της ακτινοβολίας και την αύξηση της θερμοκρασίας του στοιχείου, βάση των συντελεστών  $\eta_I$  και  $\eta_T$ :

$$\eta_I [\%] = - 0,446 \times I^2 + 0,96 \times I + 0,48$$

[I σε kW/m<sup>2</sup>]

$$\eta_T [\%] = - 0,00002 \times T_{\Phi B}^2 - 0,001 \times T_{\Phi B} + 1,042$$

[T σε °C]

και δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = n_n \times \eta_I \times \eta_T$$

Η θερμοκρασία του πλαισίου δίνεται, κατά προσέγγιση, από τη σχέση:  $T_{\Phi B} = T_a + h_w \times I$  [°C]

όπου  $T_a$  η θερμοκρασία του αέρα,  $h_w = 0,03 \text{ m}^2 \times \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$  και  $I$  η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας [W/m<sup>2</sup>], ενώ η διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας  $T_a$  στην Ελλάδα παρουσιάζεται στο Σχήμα.

ΔΠΘ

Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος

Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας  
1 Σεπτεμβρίου 2022

ΕΠΩΝΥΜΟ:

ΟΝΟΜΑ:

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ:

5° ΨΗΦΙΟ ΑΡΙΘΜΟΥ ΜΗΤΡΩΟΥ:

**ΘΕΜΑ 1 (60 ΜΟΝΑΔΕΣ)**

Να συμπληρωθεί ο Πίνακας Λύσης και να υπολογιστεί η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται, τον Μήνα Μ, από φωτοβολταϊκό πλαίσιο διαστάσεων  $Y \times \Pi$  m2 και ονομαστικής ισχύος  $I_W$ , το οποίο έχει τοποθετηθεί σε γεωγραφικό πλάτος  $\Delta$ , με βέλτιστη κλίση ΑΠΛΟΥ άξονα  $\beta$  μοίρες. (Δίνονται η κλίμακα μάζας αέρα AM, η θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_a$  και ο συντελεστής ανάκλασης  $\alpha$ )

**ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

| 5° ΨΗΦΙΟ AM | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Μήνας Μ     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     |
| Y, m        | 10     | 9,5    | 9      | 8,5    | 8      | 7,5    | 7      | 6,5    | 6      | 5,5    |
| Π, m        | 8      | 7,5    | 7      | 6,5    | 6      | 5,5    | 5      | 4,5    | 4      | 3,5    |
| I, kW       | 13,600 | 11,756 | 10,080 | 8,564  | 7,200  | 5,981  | 4,900  | 3,949  | 3,120  | 2,406  |
| Δ, μοίρες   | 36     | 36,5   | 37     | 37,5   | 38     | 38,5   | 39     | 39,5   | 40     | 40,5   |
| β, μοίρες   | 40,0   | 34,5   | 19,5   | 6,5    | 4,5    | 3,5    | 16,5   | 33,0   | 49,5   | 60,0   |
| AM          | 3,985  | 3,425  | 3,011  | 2,744  | 2,624  | 2,651  | 2,825  | 3,145  | 3,612  | 4,226  |
| Ta, °C      | 8,377  | 15,851 | 21,583 | 25,573 | 27,821 | 28,327 | 27,091 | 24,114 | 19,395 | 12,934 |
| α           | 0,1    | 0,11   | 0,12   | 0,13   | 0,14   | 0,15   | 0,16   | 0,17   | 0,18   | 0,19   |

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΥΣΗΣ**

|                                |                  |                      |
|--------------------------------|------------------|----------------------|
| I <sub>ov</sub> , W/m2         | RD               | I, kW/m2             |
| δν, ο                          | Ra               | nI                   |
| ωΔ, ο                          | K                | T <sub>pv</sub> , °C |
| ωΔκ, ο                         | HΔ/HH            | nT                   |
| H <sub>ov</sub> , kWh/d/m2     | RH               | n nominal            |
| H <sub>om</sub> , kWh/month/m2 | HHκ, kWh/μήνα/m2 | n                    |
| HH, kWh/month/m2               | HHκ, kWh/day/m2  | Ee, MWh              |
| RA*                            | t, ώρες/ημέρα    |                      |

\* βαθμολογείται με 10 μονάδες

**Τυπολόγιο**
 $I_{DAVE} = 1.373 \text{ W/m}^2$  συντελεστής ανάκλασης εδάφους 0,02  $I_{ov} = I_{DAVE} (1 + 0,0333 \times \text{συν} (360v/365)) \text{ W/m}^2$ 

δν = 23,45 · ημ(360\*(284+v)/365)

ωΔ = τοξουν (-εφ.εφδν)

H<sub>H</sub> = I = 1,1 \* H<sub>OM</sub> \* 0,7<sup>(0,578AMv15)</sup>

όπου AMv15 το AM της 15ης μέρας του μήνα Μ.

$$H_{ov} = \frac{24 I_{DAVE}}{\pi} \left( 1 + 0,0333 \frac{360v}{365} \right) (\eta \mu \phi \cdot \eta \mu \delta \nu \cdot \frac{\pi \cdot \omega_{\Delta}}{180} + \text{συν} \phi \cdot \text{συν} \delta \nu \cdot \eta \mu \omega_{\Delta}) \text{ [W.h/m}^2 \text{]}$$

$$H_{\Delta}/H_H = 1,727 K^2 - 2,965 K + 1,446$$

$$\omega_{\Delta\kappa} = \min(\omega_{\Delta}, \text{τοξουν} [-\epsilon\phi(\phi - \beta) \cdot \epsilon\phi\delta])$$

$$H_{\Delta\kappa} = R_H \times H_H \text{ [W.h/m}^2 \text{]}$$

$$R_A = \frac{\text{συν}(\phi - \beta) \cdot \text{συν} \delta \nu \cdot \eta \mu \omega_{\Delta\kappa} + \left( \frac{\pi}{180} \right) \omega_{\Delta\kappa} \cdot \eta \mu(\phi - \beta) \cdot \eta \mu \delta \nu}{\text{συν} \phi \cdot \text{συν} \delta \nu \cdot \eta \mu \omega_{\Delta} + \left( \frac{\pi}{180} \right) \omega_{\Delta} \cdot \eta \mu \phi \cdot \eta \mu \delta \nu}$$

(για μεταβαλλόμενη κλίση διπλού άξονα, ο αριθμητής γίνεται:  $(\pi/180) \cdot \omega_{\Delta\kappa}$ )

$$K = (0,895 - 0,014\phi) + 0,0001v - 2 \cdot 10^{-5} v^2 - 1,03 \cdot 10^{-7} v^3 + 1,5 \cdot 10^{-10} v^4 - 5,5 \cdot 10^{-14} v^5$$

$$R_{\Delta} = \frac{H_{\Delta\kappa}}{H_{\Delta}} = \frac{1 + \text{συν} \beta}{2}$$

$$R_a = \frac{1 - \text{συν} \beta}{2}$$

$$R_H = \frac{H_{H\kappa}}{H_H} = \left[ 1 - \frac{H_{\Delta}}{H_H} \right] R_A + \frac{H_{\Delta}}{H_H} \left( \frac{1 + \text{συν} \beta}{2} \right) + \left( \frac{1 - \text{συν} \beta}{2} \right)$$

$$\eta_I = -0,446 \times I^2 + 0,96 \times I + 0,48 \text{ [I σε kW/m}^2 \text{]}$$

$$\eta_T = -0,00002 \times T^2 - 0,001 \times T + 1,042 \text{ [T σε } ^\circ\text{C]} \text{]}$$

$$PV = \frac{S}{(1 + \pi)^v}$$

$$\eta = \eta_n \times \eta_I \times \eta_T$$

$$T_{\text{cell}} = T_a + h_w \times I \text{ [} ^\circ\text{C]} \text{]}$$

$$h_w = 0,03 \text{ m}^2 \times ^\circ\text{C/W} \text{ και I η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας [W/m}^2 \text{]}$$

Βρούα 1<sup>ο</sup> υπολογίσω την ένταση της  
αυτοαποβολής που φτάνει στη  
στη  $\Sigma_0$

$$I_{0v} = I_{0ve} (1 + 0,033) \cdot \cos 360 \cdot \left( \frac{v}{365} \right)$$

$\downarrow$   $1373 \text{ W/m}^2$ 
 $\downarrow$   $\frac{v}{365}$

1<sup>η</sup> ως υπολογίω τον

ωχ: 30 μαρτίο 31 + 28 + 30 = 89 = v

$\downarrow$   $\downarrow$   
 $\Gamma$   $\Phi$

ωχ μαρτίο 31 + 28 + 15 = 74

$\downarrow$   $\downarrow$   
 $\Gamma$   $\Phi$

$$v = 31 + 15 = 46$$

$\downarrow$   $\downarrow$   
 $\Gamma$   $\Phi$

$$I_{0v} = 1373 (1 + 0,033) \cdot \cos 360 \cdot \left( \frac{45}{365} \right)$$

$$I_{av} = 1405,68 \text{ W/m}^2$$

Βρείτε 2<sup>ο</sup> Ηλεκτρικό κύκλωμα  $R_V$

$$\begin{aligned} R_V &= 23,45 \sin\left(360 \cdot \frac{284+n}{365}\right) \\ &= 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284+46}{365}\right) \\ &= -13,62^\circ \end{aligned}$$

$$\boxed{-23,45 \text{ έως } 23,45}$$

Βρείτε 3<sup>ο</sup>  $\omega_{200}^\circ$  γωνίακ μετα-  
 ωση του ηλίου  
 average

$\omega_{200}^\circ$  γωνίακ μετα-  
 τωση του ηλίου  
 οριζων

$$\cos^{-1}$$

$$\omega_{200} = \cos^{-1}(-\tan\phi \cdot \tan\delta)$$

↓  
 δλωροφω  
 ωτος

$$= \cos^{-1}(-\tan 36 \cdot \tan(-13,62))$$

$$\omega_{\Delta 0} = 79,86^\circ \text{ ακτινωτά}$$

$$\omega_{\Delta \kappa 0} = \min (\omega_{\Delta 0}, \tau \omega_{\Sigma 0} (-\epsilon \phi (\phi - \theta) \cdot \epsilon \phi \delta \nu))$$

βέλτιστη ακτινωτότητα

$$\begin{aligned} &= \tau \omega_{\Sigma 0} (-\epsilon \phi (36 - 46) \cdot \epsilon \phi (-13,62)) \\ &\Rightarrow 92,45^\circ \end{aligned}$$

$$\omega_{\Delta \kappa 0} = 79,86$$

Βηφια 4° Ηον = ηλίου ενερξια  
 που δέχεται ο  
 οριζώντιος συλλεκτης  
 με νοτιο προσανα-  
 τωμένο με ακριβή  
 ατμ.

$$H_{ov} = \frac{24 \cdot I_{\text{avg}}}{\omega} \cdot \left( 1 + 0,033 \sin \frac{360 \cdot \nu}{365} \right) \cdot (\eta_{\mu\phi} + \eta_{\mu\delta\nu} \cdot \frac{\pi \cdot \omega \Delta_0}{180} + \sigma_{\nu\phi} \cdot \sigma_{\nu\delta\nu} \cdot \eta_{\mu\omega\Delta})$$

$\uparrow 1373 \text{ W/m}^2 \text{ σταθ.ρα}$   
 $\downarrow 3,14$

$$H_{ov} = \frac{24 \cdot 1373}{3,14} \cdot \left( 1 + 0,033 \sin \frac{360 \cdot 46}{365} \right) \cdot \eta_{\mu 36} \cdot \eta_{\mu}(-13,62) \cdot \frac{3,14 \cdot 79,86}{180} + \sigma_{\nu 36} \cdot \sigma_{\nu}(-13,62) \cdot \eta_{\mu}(79,86)$$

$$H_{ov} = 6240 \text{ Wh/d/m}^2$$

$$H_{ov} = 6240 : 1000 = 6,24 \text{ kWh/d/m}^2$$

$$H_{om} = m \cdot H_{ov}$$

$$\phi = 28 \frac{\text{day}}{\text{month}} \cdot 6,24 \text{ kWh/d/m}^2$$

$$H_{om} = 174,72 \text{ kWh/month/m}^2$$

Βημα 5<sup>ο</sup> ∅ Υπολογισμός ηλ. επιρροών

$$H_{Hm} = 1,1 \cdot H_{om} \cdot 0,7 \quad (0,678 \cdot \text{Am}) \rightarrow \text{Σε Βημα 4ο}$$

$$= 1,1 \cdot 174,72 \cdot 0,7 (0,678 \cdot 398)$$

$$\rightarrow = 73,32 \text{ kWh/month/m}^2$$

Βημα 6<sup>ο</sup> ∅ Υπολογισμός οπίσθιας αντι-ροβολίας στο χώρο

$$H_{Hic} = R_H \cdot H_H$$

$$R_H = \left(1 - \left(\frac{H_D}{H_H}\right)\right) \overset{\uparrow}{R_A} + \frac{H_D}{H_H} \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right) + 0,1$$

$$\left(\frac{1 - \cos \theta}{2}\right)$$

Βημια 6.1 %  $\gamma_{\omega\Delta\chi\lambda\omicron\sigma\tau\omicron\varsigma}$  RA

$$RA = \underbrace{\sigma\omega(\varphi - \epsilon)}_{\delta_{\omega\omega\eta}} \cdot \underbrace{\sigma\omega\delta\nu\eta\mu\omega\Delta\chi}_{\delta_{\omega\omega\eta}} + \frac{\pi}{180}$$

$$\cdot \underbrace{\omega\Delta\chi}_{\delta_{\omega\omega\eta}} \cdot \eta\mu(\varphi - \epsilon) \cdot \eta\mu\delta\nu$$

---


$$\sigma\omega\varphi \cdot \sigma\omega\delta\nu \cdot \eta\mu\omega\Delta\chi + \frac{\pi}{180} \cdot \omega\Delta\chi$$

$\downarrow$   $\alpha\lambda\alpha\tau\omega\eta\varsigma$                        $\downarrow$   $\alpha\lambda\alpha\tau\omega$

$$\cdot \eta\mu\varphi \cdot \eta\mu\delta\nu$$

$$RA = \sigma\omega(36 - 46) \cdot \sigma\omega(-13,62)$$

$$\cdot \eta\mu(79,86) + \frac{\pi}{180} \cdot 79,86 + \eta\mu(36 - 46)$$

$$\cdot \eta\mu(-13,62)$$

---


$$\sigma\omega(36) \cdot \sigma\omega(-13,62) \cdot \eta\mu(79,86) + \frac{\pi}{180} \cdot$$

$$79,86 \cdot \eta \mu (36) \eta \mu (-13,62)$$

$$\Rightarrow R_A = 1,72$$

Βήμα 6 II ο Υπολογισμός διαχυτο

αυτινοβολίας  $R_D$ , ανα  
υψηλότερη αυτινοβολίας

$R_a$  και των συντελ.

α ιδριότητας  $K$

$$R_D = \frac{1 + \sin \theta}{2} \rightarrow \text{δεδωμένο}$$

$$= \frac{1 + \sin 46}{2} = 0,85$$

$$R_a = \frac{1 - \sin \theta}{2} = \frac{1 - \sin 46}{2} = 0,15$$

$$K = (0,895 - 0,014\phi) + 0,0001V + 2 \cdot$$

$$10^{-5}V^2 - 103 \cdot 10^{-7}V^3 + 15 \cdot 10^{-10}V^4 - 5,5 \cdot 10^{-14}V^5)$$

$$K = 0,895 - 0,014 \cdot 36 + 0,0001 \cdot 46 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot 46^2 - 103 \cdot 10^{-7} \cdot 46^3 + 15 \cdot 10^{-10} \cdot 46^4 - 5,5 \cdot 10^{-14} \cdot 46^5)$$

$$\Rightarrow K = 0,43$$

Βημια 6<sup>ο</sup> III<sup>ο</sup> V<sup>ο</sup>  $\gamma$   $\mu\omega\lambda\lambda\omicron\gamma\iota\sigma\mu\epsilon\omicron\varsigma$   $\epsilon\gamma\kappa\alpha$   
 $\sigma\eta\varsigma$   $\eta\lambda\iota\alpha\upsilon\sigma$   $\alpha\upsilon\tau\iota\upsilon\omicron\gamma\epsilon\gamma\mu\alpha\varsigma$   $\sigma\epsilon$   $\omega\sigma\epsilon\rho\omicron\upsilon\gamma$   
 $\kappa\alpha\iota$   $\alpha\tau\mu$ .  $\frac{H_2O}{H_2}$

$$\frac{H_2O}{H_2} = 1,727 \cdot 10^2 - 2,965 \cdot K + 1,446$$

$$= 1,727 \cdot 0,43^2 - 2,965 \cdot 0,43 +$$

1,446

$$\Rightarrow \frac{H_2O}{H_2} = 0,49$$

Βημε 6° IV° 2014/15

Σημειώσεις της αγωγής αλμ. στο  
ωκεανό

Βημε 6° I

$$R_H = \left(1 - \frac{H_2O}{H_2}\right) R_A + \frac{H_2O}{H_2} \left(\frac{1 + \sigma_{\text{H}_2\text{O}}}{2}\right) R_B$$

+ ρ  $\left(\frac{1 - \sigma_{\text{H}_2\text{O}}}{2}\right) R_A$

Είναι το α  
από τα  
δεν είναι

$$R_H = (1 - 0,49) \cdot 1,72 + 0,49(0,8)$$

+ 0,1 (0,15)

$$RH = 130$$

Βηχκα 7°%  $\gamma$   $\omega\sigma\tau\omega$ .  $\sigma\lambda\iota\mu\eta$   
αετινοβόλεια στο  
ωκεανό για των  
μηνιαίων  $\omega\sigma\tau\omega$   $\epsilon\chi\omega$   
+  $\mu\epsilon\theta\alpha$

μηνια  
↑

$$HH_k = RH \cdot (AH) \rightarrow \text{Βηχκα } 5^{\circ}$$

$$= 1,30 \cdot 73,3$$

$$= 95,57 \text{ kWh/month/m}^2$$

$$HH_k = \frac{95,57}{28} = 3,41 \text{ kWh/d/m}^2$$

μηνια  
↓  
 $\phi_{\mu\epsilon\theta}$

Bruck 800 Vojvukus t, poms  
luxus I, out\_kon h,

$$t = \frac{2(\omega_{2,0})}{1s} \rightarrow \text{Cavitation}$$

$$t = \frac{2.79,86}{15} = 10,64 \text{ h/d}$$

$$I = \frac{HH_L}{t} = \frac{3,41}{10,64} = 0,321 \text{ kw/m}^2$$

$$n_1 = (-0,446 \cdot I)^2 + 0,96 \cdot I + 0,48 + 0,742$$

$$\Rightarrow n_1 = 0,742$$

Bnpa 9<sup>00</sup> Yawpoxifayal tru  
 uun  $T_{pv,01}$

$$T_{pv,01} = T_a + h_w \cdot I$$

$\downarrow$                        $\downarrow$   
 8,377                      0,0321  
 $\text{W/m}^2$                        $\text{W/m}^2$

$$T_{pv} = 8,377 \cdot 0,0321 \cdot 1000$$

$$\Rightarrow T_{pv} = 18^\circ \text{C}$$

$\downarrow$   
 $\text{KWh} \cdot 1000$   
 $\text{Wh}$

Bnpa 10<sup>00</sup> Yawpoxifayal tru  
 uun  $T(n_T)$

$$\begin{aligned}
 n_T &= -0,000002 \cdot T^2 - 0,0001T + 1,04 \\
 &= 1,018
 \end{aligned}$$

Brue 11° 0' 1/2 W 2000000 S 1/2

χημικού στερεού αλκοόλης  
δεν είναι + υαλογό.

Other calculations with  
Sours n

$$h = \underline{\underline{n_n \cdot n_i \cdot n_T}}$$

7. Сторона кнб

$$P_n = \underline{I \cdot V} \Rightarrow P$$

$$\frac{10000}{m^2}$$

Ευχαριστώ τον  
υπόχρηστο

Студия

↓  
Sofistikation

$$\approx \frac{13,6}{1000 \cdot (8 \cdot 10)}$$

$$= 1,7 \cdot 10^{-7}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \eta_h \cdot \eta_c \cdot \eta_t \\
 &= 0,85 \cdot 1,018 \cdot 1,7 \cdot 10^{-4} \\
 &= 0,001
 \end{aligned}$$

Ηλεκτρ. Ενέργεια

~~Βρυγ (μPa)~~

$$\begin{aligned}
 EE &= \frac{\text{εμβαδόν} \cdot \overset{\uparrow}{H_{tk}} \cdot \eta}{1000} \\
 &= 33,92 \text{ MWh}
 \end{aligned}$$