



# Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στη Γεωργία

## Ηλιακή Ενέργεια

Αγγελική Μαραγκάκη  
Μηχανικός Ορυκτών Πόρων, PhD

# Εισαγωγή

## Γενικά

Ηλιακή ενέργεια είναι το σύνολο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκη κύματος από 0.3 μέχρι 3μm, που εκπέμπει ο Ήλιος αδιάκοπα επί δισεκατομμύρια χρόνια

**Ηλικία ήλιου 5 δις έτη**

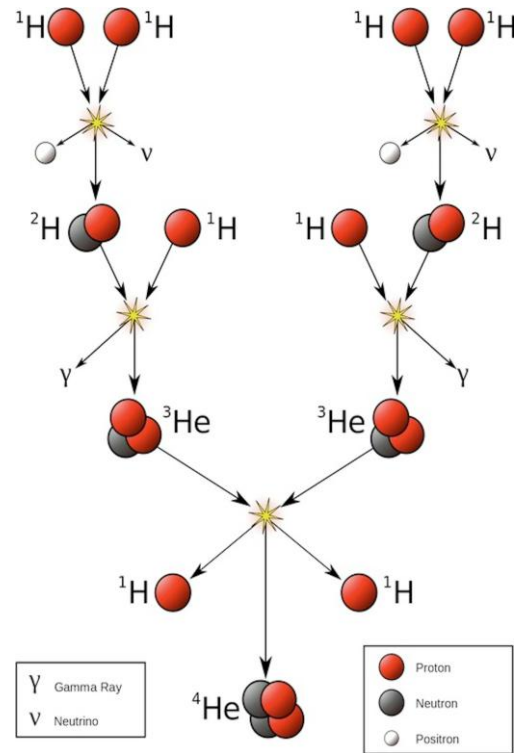
**θα εκπέμπει για άλλα τόσα έτη**

Σταθερή ενέργεια και σε κάθετο επίπεδο ως προς τις ακτίνες είναι  $1,35 \text{ W/m}^2$



# Εισαγωγή

## Γενικά



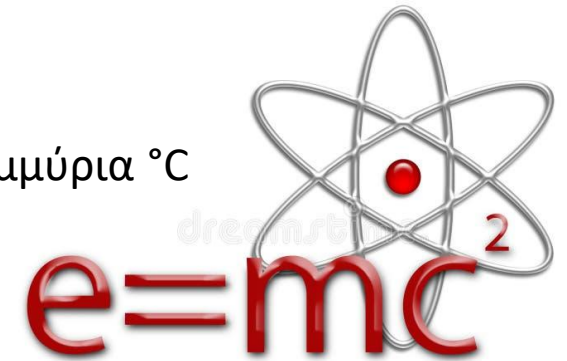
**Κάθε δευτερόλεπτο 4 εκατομμύρια τόνοι υδρογόνου μετατρέπονται σε ενέργεια – ήλιο μέσω πυρηνικών αντιδράσεων**

**μια διαδικασία όπου τα άτομα υδρογόνου ενώνονται και σχηματίζουν ήλιο (He)**

Στον πυρήνα του Ήλιου:

Η θερμοκρασία είναι  $\sim 15$  εκατομμύρια  $^{\circ}\text{C}$

Η πίεση είναι τεράστια

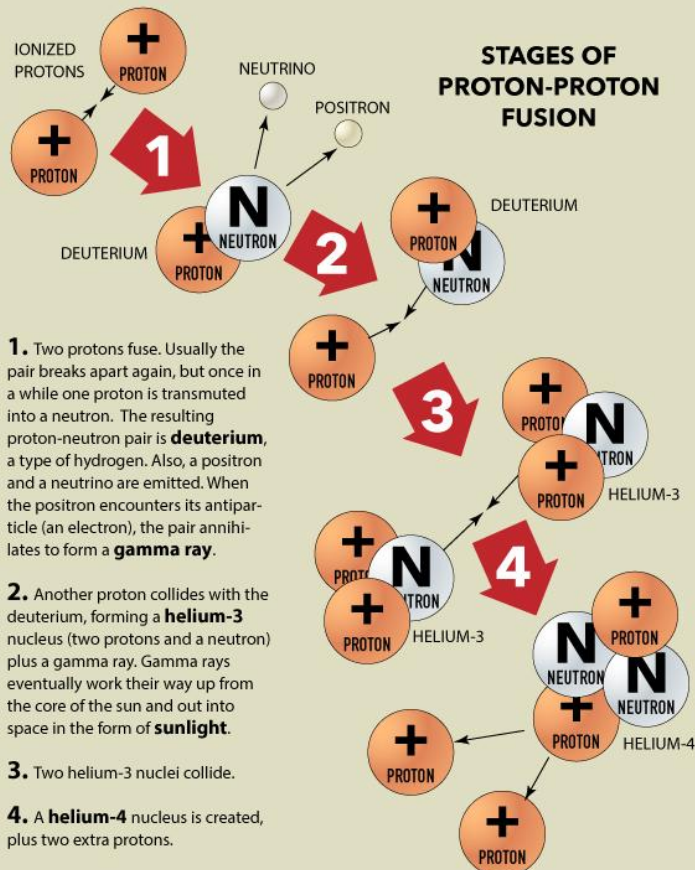


Hydrogen + Hydrogen + Hydrogen + Hydrogen  $\rightarrow$  Helium + Ενέργεια

Αυτή είναι η λεγόμενη αλυσίδα πρωτονίου–πρωτονίου (pp chain)

# WHAT POWERS THE SUN?

Inside stars like the sun, the extreme temperature rips atoms into their components: protons, neutrons and electrons. Under normal conditions, the mutual repulsion of individual protons ought to force them apart. Quantum-tunneling effects in the sun allow hot, high-speed protons to fuse into helium nuclei. This fusion reaction drives the sun's radiance.

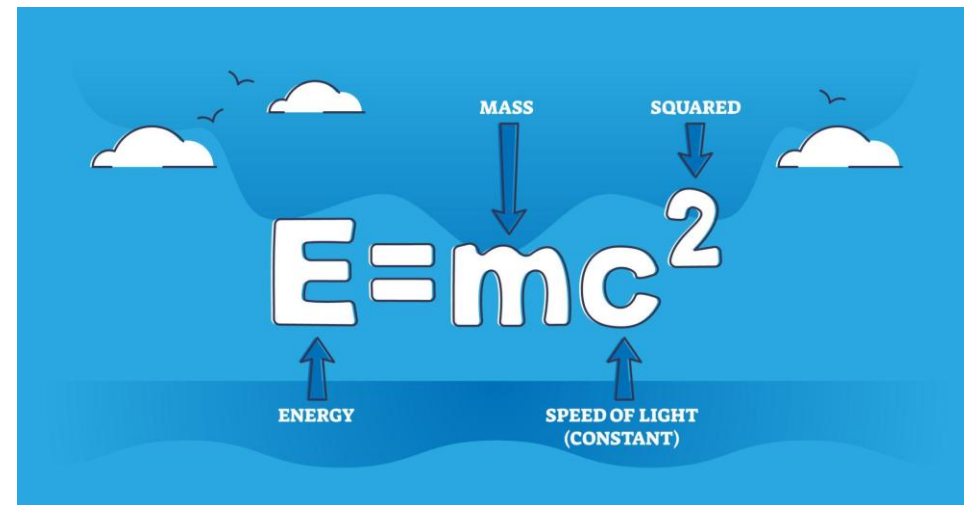


SOURCE: NASA

SPACE  
J O M

KARL TATE / © Space.com

1. Ο Ήλιος αποτελείται κυρίως από υδρογόνο
2. Στον πυρήνα το υδρογόνο συμπιέζεται τρομερά
3. Τα άτομα υδρογόνου ενώνονται και γίνονται ήλιο
4. Κατά τη σύντηξη χάνεται μάζα
5. Η μάζα μετατρέπεται σε ενέργεια ( $E = mc^2$ )
6. Η ενέργεια αυτή φτάνει στη Γη ως φως & θερμότητα



# Εισαγωγή

## Γενικά

**Προβλήματα** για την αξιοποίηση:

Η ηλιακή ενέργεια είναι **διάχυτη**, επομένως για να αξιοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό πρέπει να συγκεντρωθεί με οικονομικό τρόπο

Η **διάθεσή** της είναι **μη συνεχής**. Δηλαδή, διατίθεται μόνο ορισμένες ώρες το 24ωρο (μέρα-νύκτα, ηλιοφάνεια-συννεφιά) και με διαφορετική ένταση (εποχές του έτους, γεωγραφική θέση)

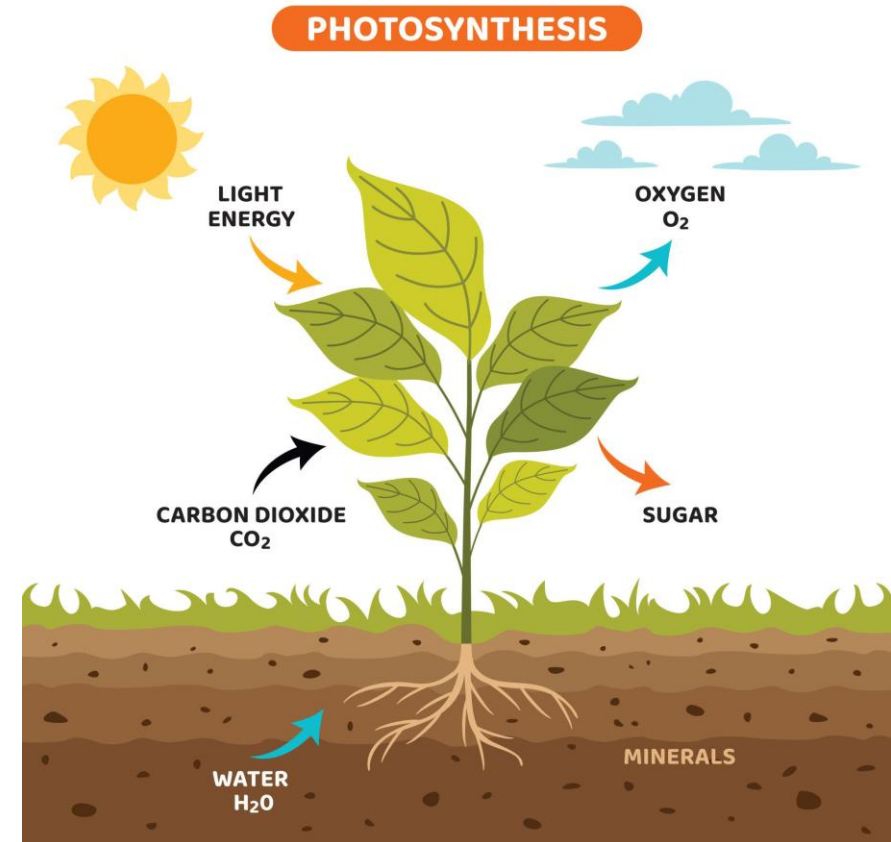
Η **αποθήκευση** της ηλιακής ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια όταν προσφέρεται άφθονη πρέπει να αποθηκευτεί για να χρησιμοποιηθεί όταν την χρειαστούμε και δεν έχουμε την δυνατότητα να την παραλάβουμε απευθείας από τον Ήλιο

# Εισαγωγή

## Χρήσεις

Οι χρήσεις-εφαρμογές της ηλιακής ενέργεια είναι πολλές και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

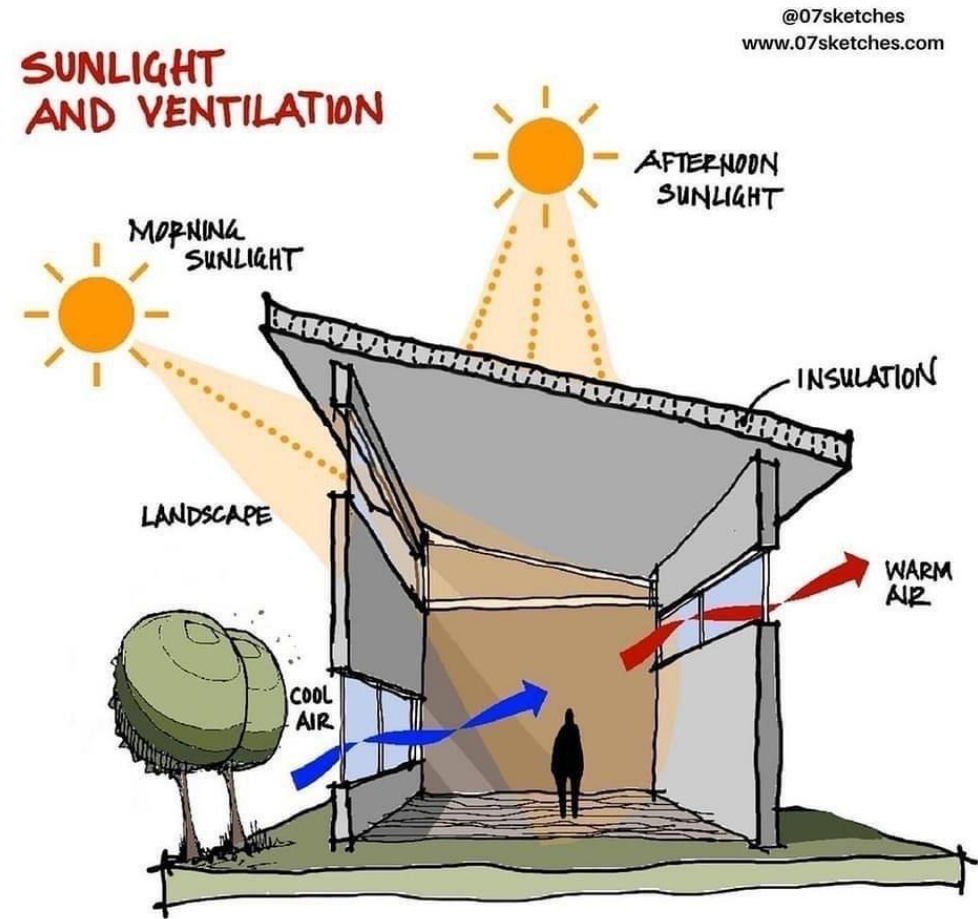
1. Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται κατ' εξοχήν από τα φυτά μέσω της **φωτοσύνθεσης**, για να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν. Συνεπώς, έμμεσα η ηλιακή ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί **αιτία παραγωγής βιομάζας (βιονέργεια)**



# Εισαγωγή

## Χρήσεις

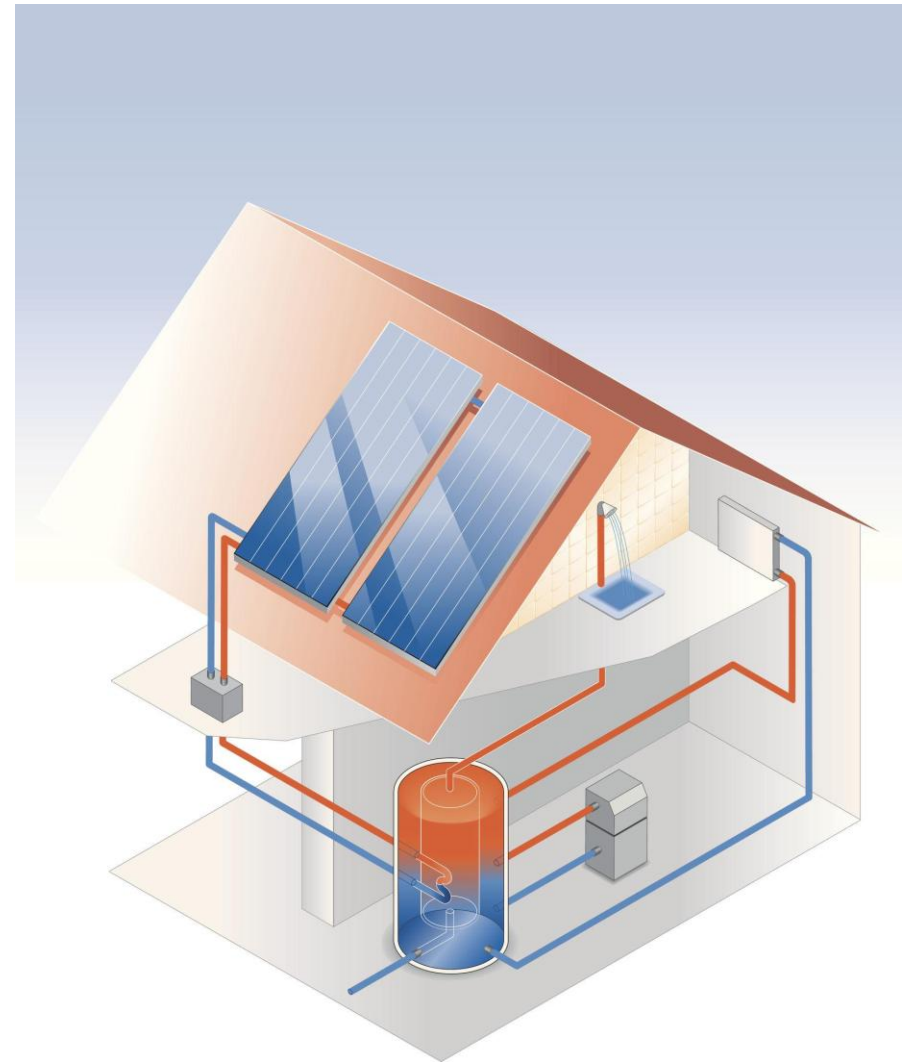
2. Παθητικά ηλιακά συστήματα, στα οποία επιδιώκεται η άμεση απολαβή της ηλιακής ακτινοβολίας, δίχως προηγούμενη μετατροπής της, Τα παθητικά ηλιακά συστήματα ενσωματώνονται κυρίως στις κατασκευές κτιρίων για την κάλυψη των θερμικών φορτίων το Χειμώνα και αποβολή θερμότητας το Καλοκαίρι. **Εφαρμογές: κλιματισμός κτιρίων.**



**Εισαγωγή**

**Χρήσεις**

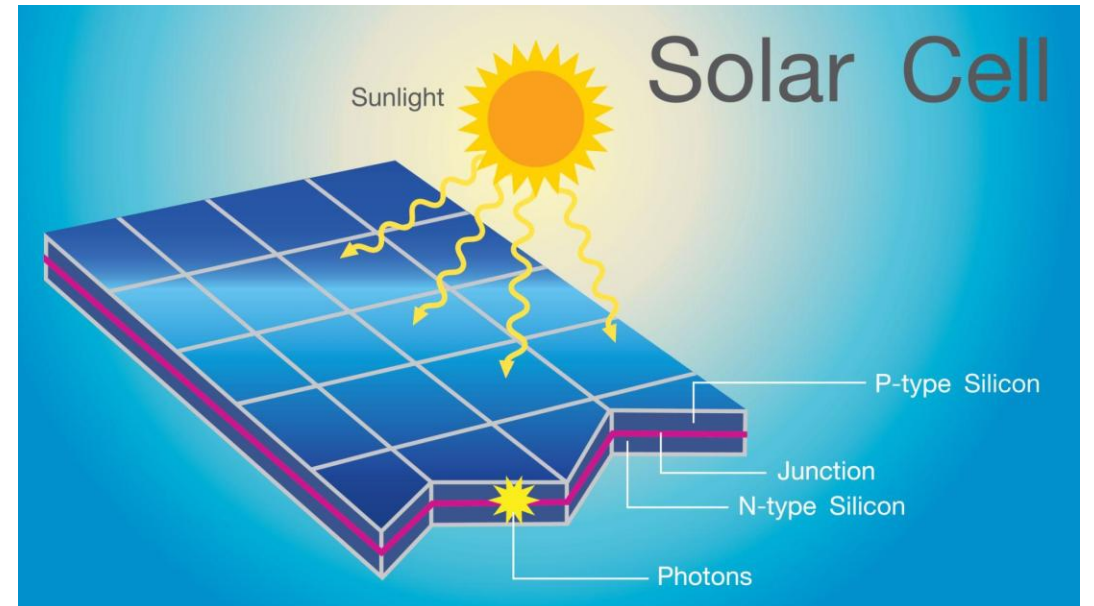
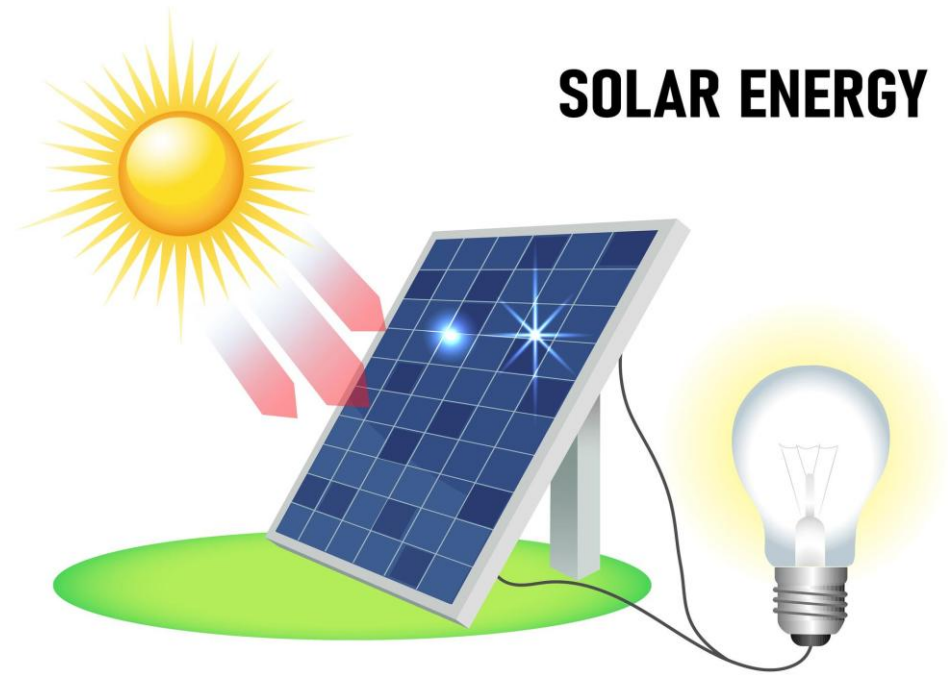
**3. Ενεργητικά θερμικά ηλιακά συστήματα**  
όπου συλλέγεται ηλιακή ακτινοβολία με μετατροπή της σε θερμότητα, και ακολούθως αξιοποιείται η τελευταία



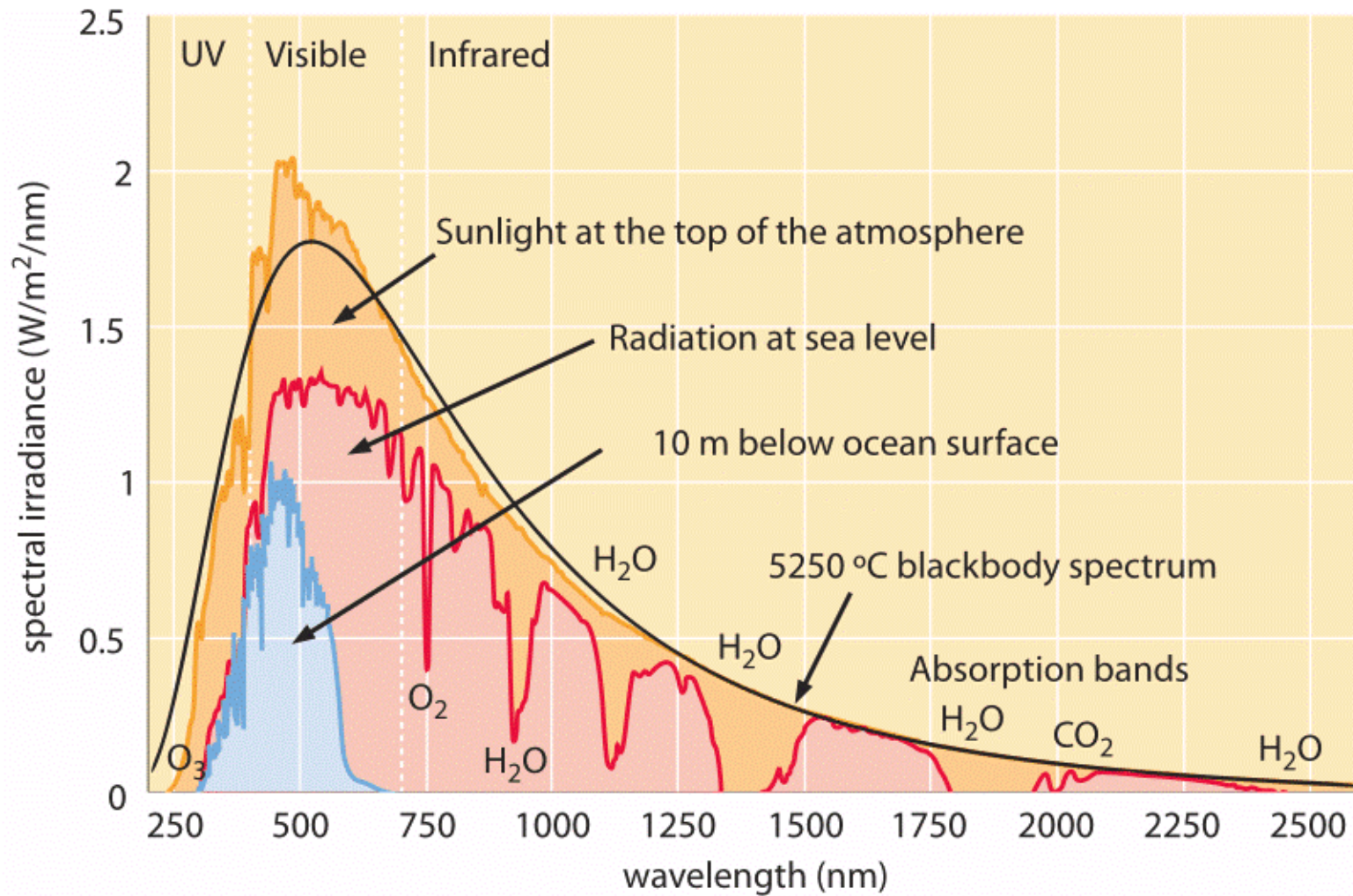
# Εισαγωγή

## Χρήσεις

4. Φωτοβολταϊκά συστήματα στα οποία η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό για περαιτέρω χρήση



## Ηλιακό Δυναμικό



Η ενεργειακή κατανομή της έντασης ακτινοβολίας για οριζόντιο επίπεδο

Η φασματική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας εντός της ατμόσφαιρας μεταβάλλεται με τις καιρικές συνθήκες, τη θέση του Ήλιου σε σχέση με την επιφάνεια της Γης, την ώρα της ημέρας και την περιοχή

# Εισαγωγή

## Πλεονεκτήματα

- ❖ Ανεξάντλητη
- ❖ Άφθονη (ίση με 10,000 φορές της συνολικής χρήσης ενέργειας στον πλανήτη)
- ❖ Χαμηλού λειτουργικού κόστους κατά την εκμετάλλευση
- ❖ Διαθέσιμη σε μεγάλο μέρος της Γης
- ❖ Περιβαλλοντικά καθαρή

# Εισαγωγή

## Μειονεκτήματα

- ❖ **Μεγάλη χρονική διακύμανση** (ημέρα-νύχτα, Χειμώνας-Καλοκαίρι)
- ❖ **Γεωγραφική διακύμανση.** Η ηλιακή ακτινοβολία στον ισημερινό είναι τριπλάσια απ' ότι στη Βόρεια Ευρώπη. Επίσης, στον ισημερινό η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας το Καλοκαίρι είναι διπλάσια από το Χειμώνα ενώ στη Βόρεια Ευρώπη έως και 10 φορές περισσότερη
- ❖ **«Αραιή» μορφή ενέργειας.** Στην επιφάνεια της Γης η ένταση της ισχύος της ακτινοβολίας έχει ως μέγιστο το  $1\text{kW/m}^2$  ενώ σε ένα τυπικό ατμοπαραγωγό η ένταση ισχύος είναι  $200\text{kW/m}^2$

## Εισαγωγή

### Ηλιακό Δυναμικό

Σε ετήσια βάση:

- ❖ 20% της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της Γης απορροφάται από την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα,
- ❖ 30% ανακλάται πίσω στο διάστημα,
- ❖ 50% φτάνει στο έδαφος με τη μορφή άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας

## Σύμβολα ηλιακής τεχνικής

- **G** για τη στιγμιαία ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, (μονάδες ισχύος-Watt)
- **I** για την ηλιακή ακτινοβολία σε διάρκεια μιας ώρας (μονάδες ενέργειας-Joule)
- **H** για την ημερήσια (ή μεγαλύτερης χρονικής κλίμακας) ηλιακή ακτινοβολία (μονάδες ενέργειας-Joule)

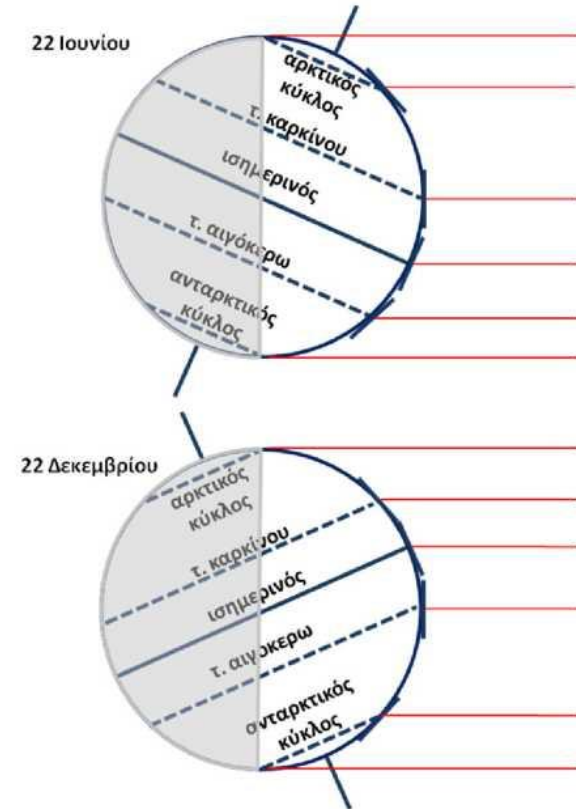
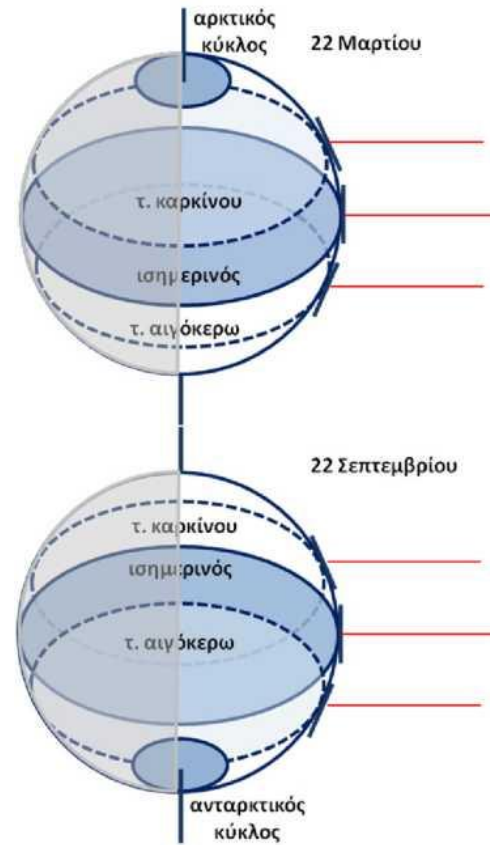
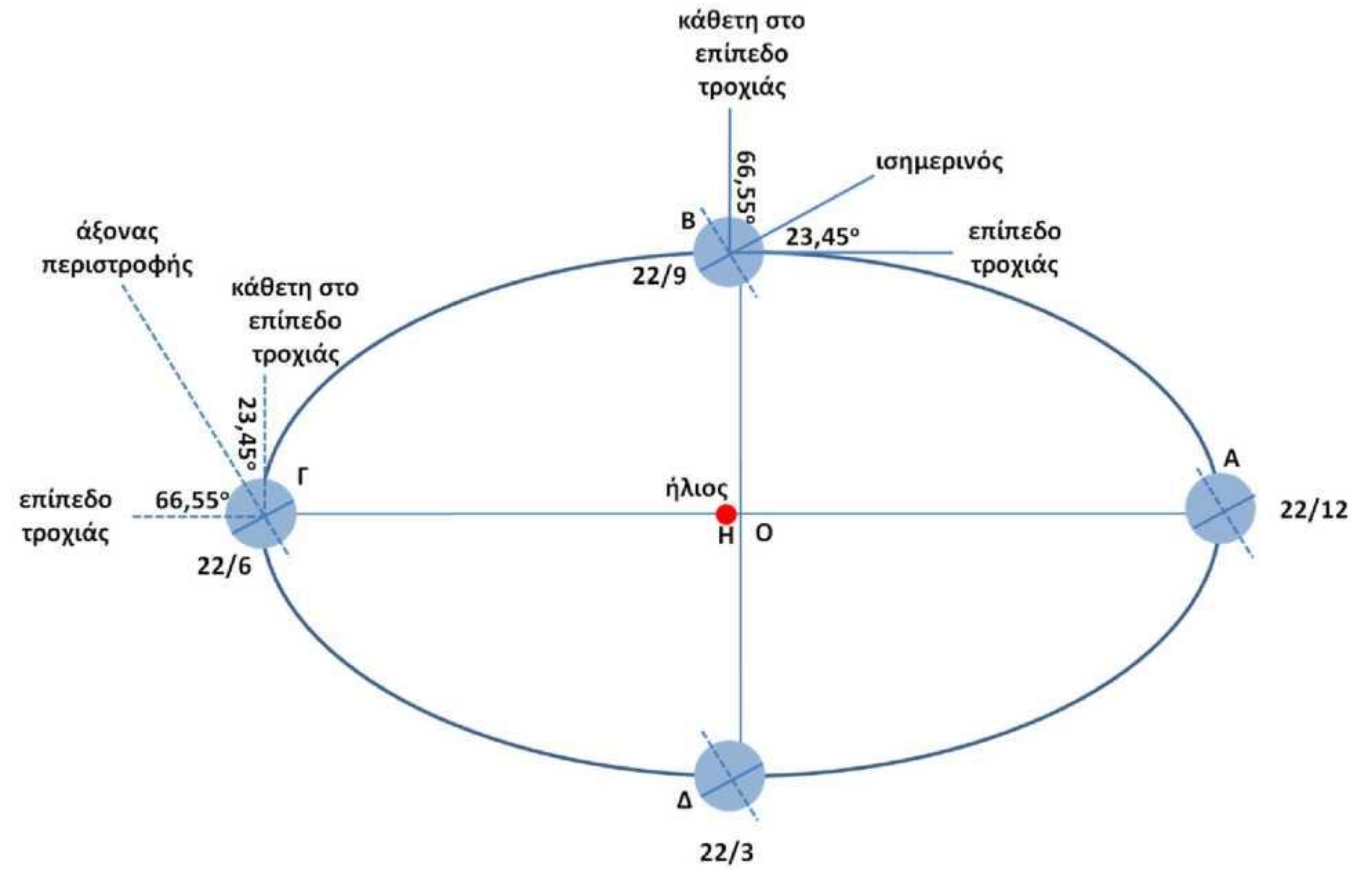
Τα παραπάνω σύμβολα δέχονται τους δείκτες:

- **o** για ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας
- **b** για άμεση ηλιακή ακτινοβολία
- **d** για διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία
- **T** για ακτινοβολία σε κεκλιμένη επιφάνεια, ως προς την οριζόντια,
- **n** για ακτινοβολία κάθετη στην επιφάνεια που προσπίπτει.

Για παράδειγμα, το σύμβολο **H<sub>τb</sub>** αναφέρεται στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια κεκλιμένη επιφάνεια σε μια ημέρα.

Όταν δεν εμφανίζονται οι δείκτες T ή n, τότε τα μεγέθη αναφέρονται σε οριζόντια επιφάνεια.

# Συνέπειες της Περιστροφής της Γης γύρω από τον Εαυτό της και τον Ήλιο



## Παθητικά Ηλιακά Συστήματα - Βιοκλιματικά Κτίρια

Ως **βιοκλιματικός σχεδιασμός** ή **βιοκλιματική αρχιτεκτονική** νοείται ο σχεδιασμός κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών) ο οποίος επιδιώκει την **εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης** με τη όσο το δυνατόν πιο εκτεταμένη χρήση **παθητικών συστημάτων δροσισμού και θέρμανσης**. Για το σκοπό αυτό αξιοποιεί την **ηλιακή ενέργεια** (και άλλες ανανεώσιμες πηγές), το τοπικό κλίμα (συνήθως αναφερόμενο ως **μικροκλίμα**), τις ιδιότητες των υλικών δόμησης και αρχιτεκτονικά στοιχεία

Το ζητούμενο στον βιοκλιματικό σχεδιασμό είναι η ανέγερση κτιρίων:

- σχεδιασμένων έτσι ώστε αφενός να καλύπτονται **πλήρως οι ενεργειακές τους ανάγκες** και αφετέρου στο ετήσιο ισοζύγιο να είναι μηδενική η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με εκπομπές βλαβερών για το περιβάλλον αερίων,
- οι ενεργειακές ανάγκες των οποίων σε θέρμανσης και ψύξη να καλύπτονται πλήρως μέσω συστημάτων εκμετάλλευσης των γεωθερμικών ενεργειακών πόρων, όπου η αναγκαία για τις **αντλίες θερμότητας ηλεκτρική ενέργεια να παράγεται μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων, και**
- με λογικό κόστος κατασκευής,

Στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι:

- Η εξασφάλιση ηλιασμού το Χειμώνα
- Η προστασία από τους δυνατούς ανέμους του Χειμώνα
- Η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το Χειμώνα
- Η προστασία από τον Ήλιο του Καλοκαιριού
- Η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το Καλοκαίρι
- Η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το Καλοκαίρι



# Παθητικά Ηλιακά Συστήματα - Βιοκλιματικά Κτίρια

## Το υβριδικό σπίτι και η κατασκευή του

### Φ/Β

Φωτοβολταϊκά πάνελ γερμανικής κατασκευής για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο

### Σύστημα κεντρικού καθαρισμού

### Ενδοδαπέδια θέρμανση

Σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης με συλλέκτες για αυτονομία ανά επίπεδο και χώρο

### Αντλία θερμότητας

Inverter αντλία θερμότητας παραγωγής ζεστού/κρύου νερού για θέρμανση/ψύξη

### Γεωθερμία

Σύστημα αεληνόστρων για γεωθερμικό κλιματισμό

### Κουφώματα αλουμινίου

Κουφώματα αλουμινίου σειράς 6.000/10.000 με θερμοδιακοπή, ηλεκτρικό ρολό με θύρα βαρέως τύπου μονωμένα κουτί ρολού και κρύσταλλα διπλά - ενεργειακά με αέριο Ar (Argon) στο διάκενο

### Οικοσκευή

Ηλεκτρικές συσκευές κούζινας ενεργειακής κλάσης A+

### Μπόιλερ

Δεξαμενή νερού διπλής/τριπλής ενέργειας 350 λίτρων

### Ηλιακό θερμικό σύστημα

Επιλεκτικός ηλιακός συλλέκτης για παθητική ζεστού νερού χρήση

### Ψύξη οροφής

Ευνοηματομένο δίκτυο αεληνόστρων οροφής σε γυψοσανίδα

### Δικέλυφη μόνωση εξωτερικού τοίχου

Συνδυασμός θερμοπροσώψης και μόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας ανάμεσα σε τούβλα χωρίς θερμογέφυρες

### Κάδοι συλλογής ανακύκλωσης

Ανακύκλωση βιολογικών και στερεών απορριμμάτων

### Βιολογικός Βόθρος

Διαχείριση οικιακών αποβλήτων

### Οικοδομικός σκελετός

Αντισεισμικός σκελετός οπλισμένου σκυροδέματος (C2/30 - B500c) υπολογισμένος σύμφωνα με τον νέο ελληνικό αντισεισμικό κανονισμό (ΕΑΚ 2003)

### Μόνωση πλάκας

Μόνωση οροφής υπογείου για θερμομόνωση του επιπέδου στο ισόγειο

### Δεξαμενή νερού ομβρίων

Διαχείριση ομβρίων υδάτων



# Φωτοβολταϊκά



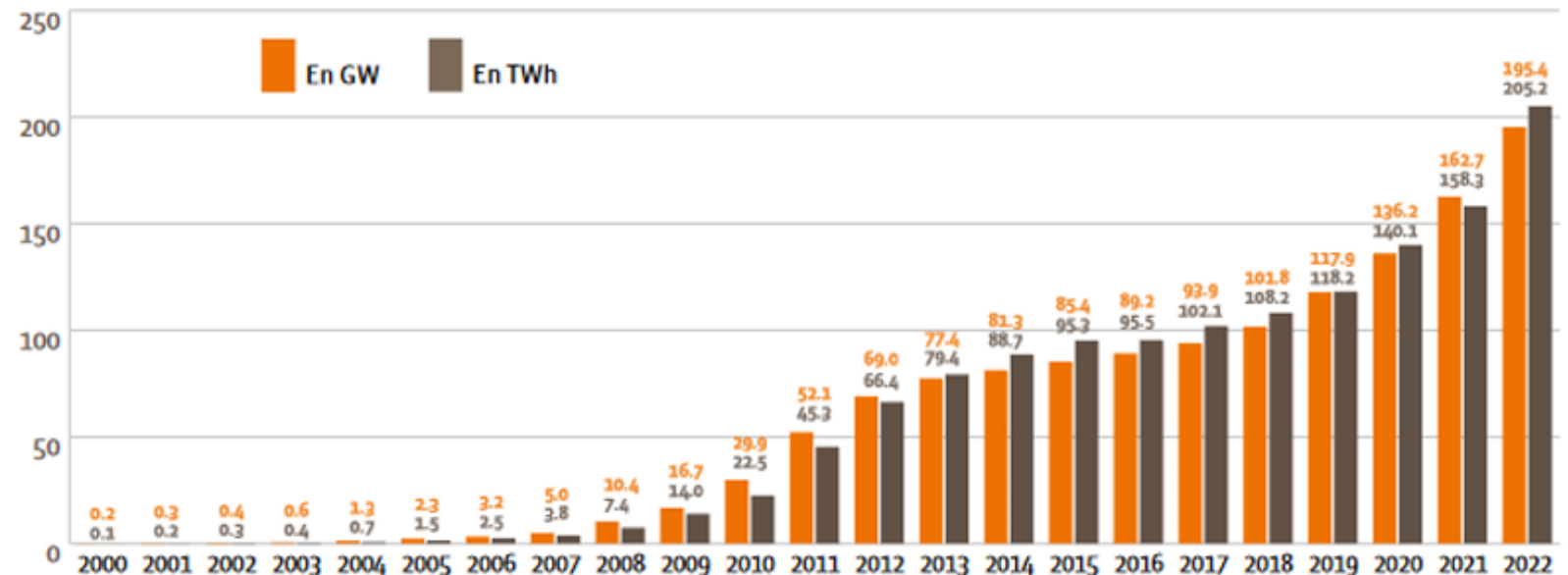
# Φωτοβολταϊκά

## Εγκατεστημένη ισχύς (2022)

- ❖ Παγκοσμίως: 1053 GW<sub>p</sub>
- ❖ Ευρώπη: 195 GW<sub>p</sub>
- ❖ Γερμανία: 67 GW<sub>p</sub>
- ❖ ΗΠΑ: 113 GW<sub>p</sub>
- ❖ Ιαπωνία: 79 GW<sub>p</sub>
- ❖ Ελλάδα: 5.3 GW<sub>p</sub>

**Graph No. 1**

Evolution of photovoltaic capacity installed\* (In GW) and gross photovoltaic electricity production (In TWh) from 2000 to 2022\*\* In the EU 27



\* Net maximum electrical capacity. \*\* Estimation. Sources : Years 2000-2020 (Eurostat), Year 2021 and 2022 (EuroObserv'ER).

# Οι 10 κορυφαίες χώρες στον κόσμο στην ισχύ φωτοβολταϊκών ανά κάτοικο



Υπόμνημα  
Watt/κεφαλήν  
το 2022  
(Watt/  
capita)  
το 2021

Αυστραλία

1n



1.191 (1,048)  
Watt/κεφαλήν



Ολλανδία

2n



1.029 (801)  
Watt/κεφαλήν



Γερμανία

3n



815 (727)  
Watt/κεφαλήν



Δανία

4n



713 (424)  
Watt/κεφαλήν



Ιαπωνία

5n



677 (621)  
Watt/κεφαλήν



Βέλγιο

6n



667 (585)  
Watt/κεφαλήν



Εσθονία

7n



601 (404)  
Watt/κεφαλήν



Ισπανία

8n



572 (400)  
Watt/κεφαλήν



Ελβετία

9n



535 (422)  
Watt/κεφαλήν



Ελλάδα

10n



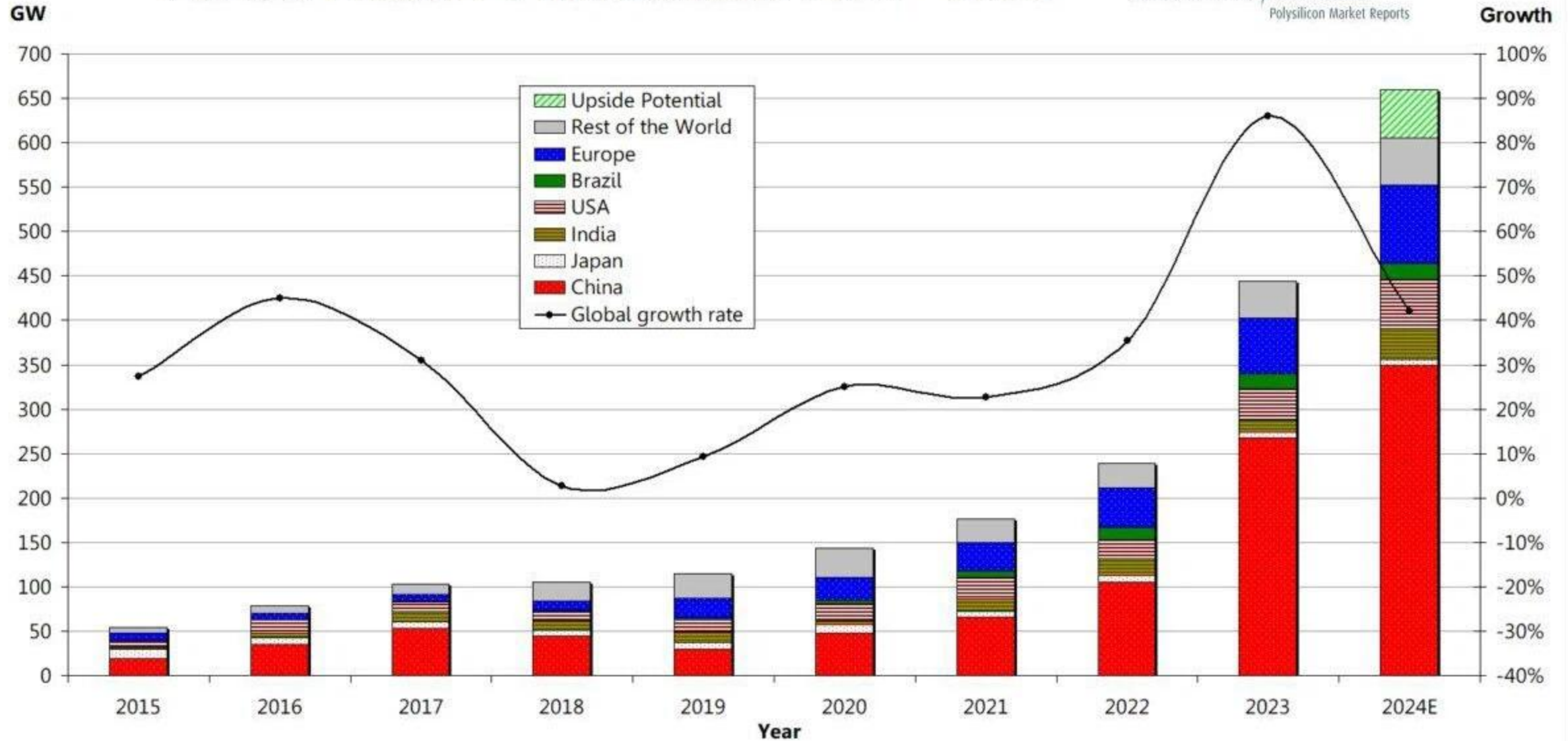
531 (397)  
Watt/κεφαλήν



Πηγή:  
© SOLARPOWER  
EUROPE 2023

OT

# Annual Global PV Installations 2015 - 2024



## Φωτοβολταϊκά Πως δουλεύουν...

Το ηλιακό φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία

- Όταν οι ακτίνες του ήλιου αλληλοεπιδρούν με το κύτταρο πυριτίου, τα ηλεκτρόνια αρχίζουν να κινούνται
- Τα κινούμενα ηλεκτρόνια δημιουργούν μια ροή ηλεκτρικού ρεύματος, που συλλαμβάνεται από κόμβους και καλωδίωση στον πίνακα
- Τα καλώδια τροφοδοτούν αυτό το ρεύμα συνεχούς ρεύματος (DC) σε έναν ηλιακό μετατροπέα που πρέπει να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC)

## Αρχή Λειτουργίας Φωτοβολταϊκού Κελιού

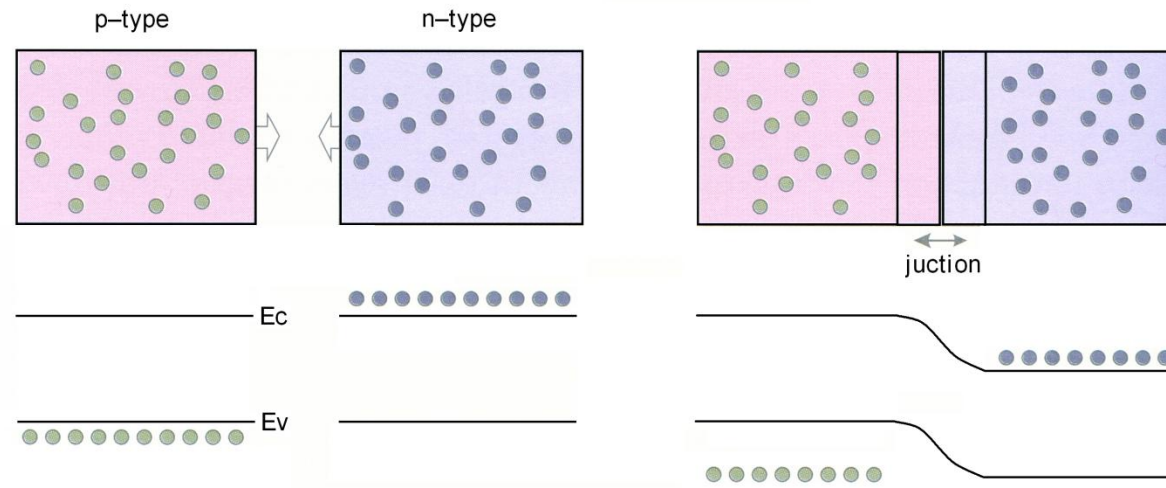
### Φωτοβολταϊκό (Φ/Β) κελί ή στοιχείο

- Μονοκρυσταλλικού πυριτίου**, (mono-Si) Σήμερα επιτυγχάνουν βαθμό απόδοσης 20% - 21%, αλλά η διαδικασία παραγωγής τους είναι ακριβότερη και δυσκολότερη καθώς το πυρίτιο κρυσταλλώνεται στο ίδιο πλέγμα. Λόγω της διαδικασίας παραγωγής τους παράγουν σημαντική ποσότητα αποβλήτων. Έχουν ομοιόμορφο μπλε σκούρο/μαύρο χρώμα και σχήμα τετραγωνικής κυψέλης.
- Πολυκρυσταλλικού πυριτίου**, (poly-Si) Είναι τα συνηθέστερα φωτοβολταϊκά στην αγορά αλλά έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης από τα μονοκρυσταλλικού πυριτίου φθάνοντας έως 18%. Η διαδικασία παραγωγής τους είναι απλή και δεν παράγονται τόσα πολλά απόβλητα. Έχουν μπλε χρώμα το οποίο δεν είναι ομοιόμορφο σε όλη την επιφάνεια του κελιού ενώ το σχήμα τους είναι τετραγωνικό ή τετραγωνικής κυψέλης.
- Λεπτού υμενίου**. Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών λεπτού υμενίου έχει ως χαρακτηριστικό το χαμηλό βαθμό απόδοσης αλλά και το χαμηλό κόστος. Οι ημιαγωγοί που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι άμορφου - πυριτίου (a - Si) με βαθμό απόδοσης έως 9%, καδμίου - τελούριου (CdTe) και χαλκού - ινδίου - γαλλίου (CIS). Το χρώμα τους ανάλογα με τον τύπο είναι μαύρο, μπλε ή σκούρο μωβ, ενώ έχουν τετράγωνο σχήμα.



Αρχή Λειτουργίας Φωτοβολταϊκού Κελιού

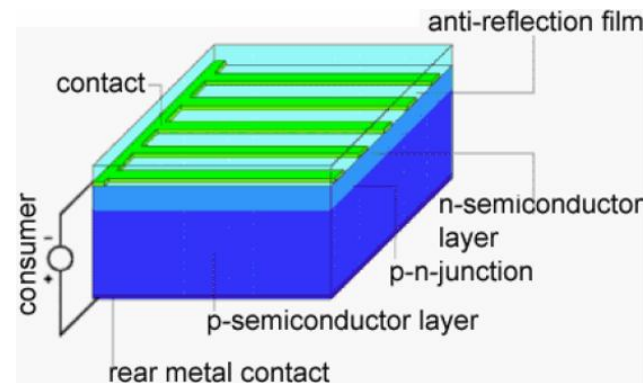
Επαφή p-n



Ενεργειακό χάσμα (band gap),  $E_g (=E_c - E_v)$

Υλικό	Ενεργειακό χάσμα (eV)
Άμορφο πυρίτιο	1.7
Κρυσταλλικό πυρίτιο	1.12

Δομή φωτοβολταϊκού κελιού



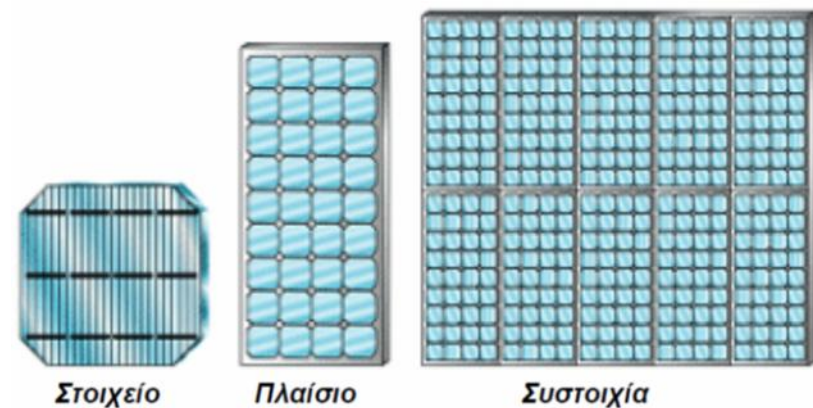
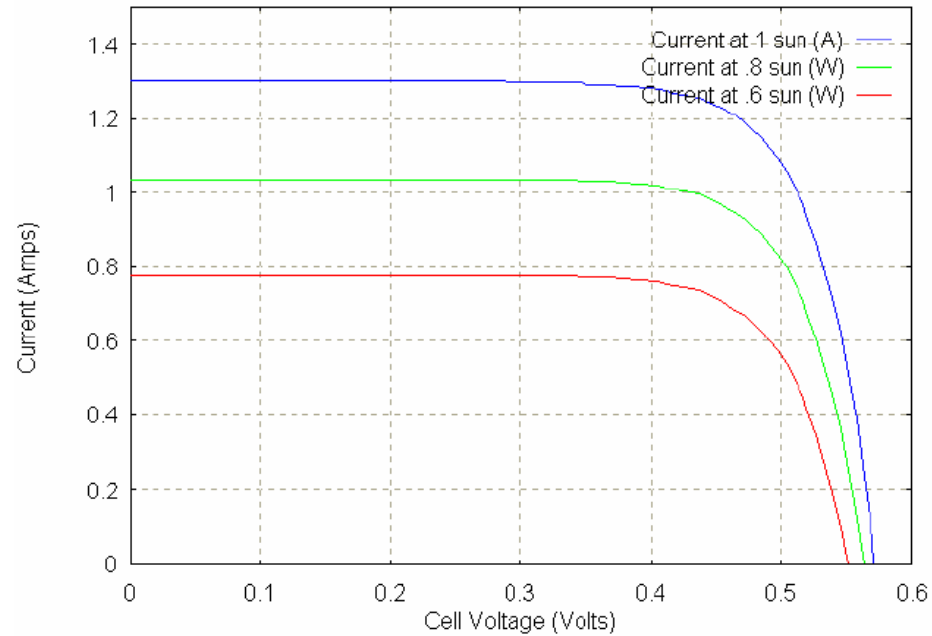
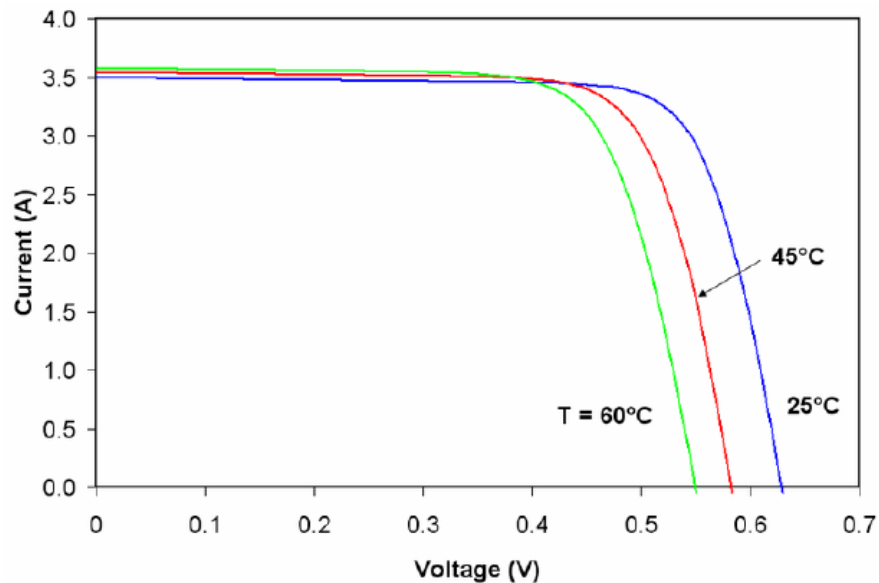
## Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Λειτουργία των Πλαισίων

### Ηλιακή ακτινοβολία

το φωτόρευμα και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγέθη ανάλογα:

$$I_i = I_{i,STC} \frac{G}{G_{STC}}$$

### Θερμοκρασία επιφάνειας πλαισίου



**Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Λειτουργία των Πλαισίων**

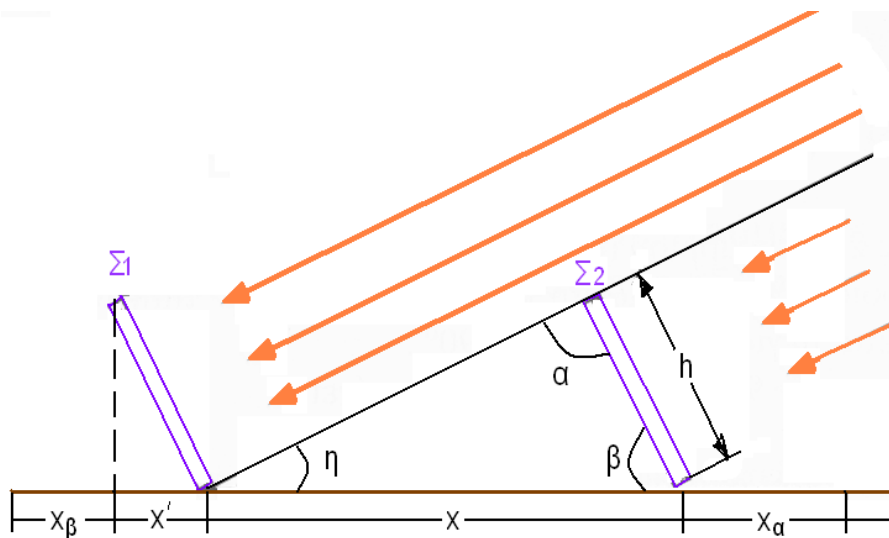
Ηλεκτρικές Απώλειες

Οι ηλεκτρικές απώλειες εντοπίζονται στους αγωγούς που συνδέουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στις συστοιχίες, καθώς και τις συνδέσεις τους με άλλα μέρη του συστήματος, όπως διατάξεις ρύθμισης, προστασίας και ελέγχου, συσσωρευτές, μετατροπείς κ.λπ.

Οπτικές Απώλειες

Με τον όρο οπτικές απώλειες εννοούμε τη **διαφοροποίηση της ανακλαστικότητας του φωτοβολταϊκού πλαισίου** (υαλοπίνακας, αντανακλαστικό επίστρωμα, υλικό φωτοβολταϊκών στοιχείων) σε σχέση με την αντίστοιχη σε STC (Standard Testing Conditions). Επίσης, οπτικές απώλειες έχουμε και με τη διαφοροποίηση του φάσματος της ακτινοβολίας σε ετήσια βάση. Επιπλέον, υπάρχουν απώλειες λόγω διαφοροποίησης της πόλωσης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας καθώς και λόγω χαμηλών τιμών της πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας.

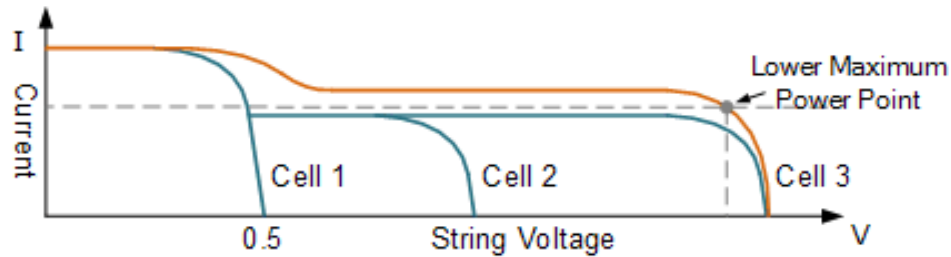
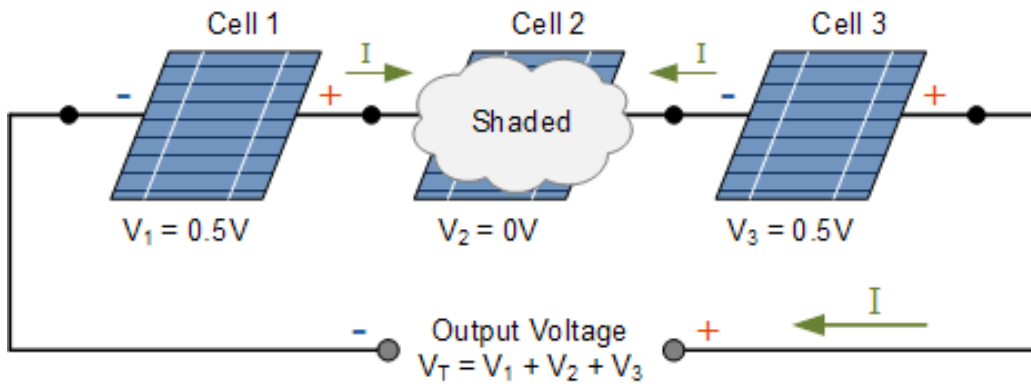
Σκίαση



Η συνολική έκταση που απαιτείται μαζί με την αναγκαία έκταση για άνετη κυκλοφορία περιμετρικά των σειρών των Φ/Β πλαισίων (κυκλοφορία οχήματος για έλεγχο, συντήρηση ή καθαρισμό), είναι:

$$A_s^t = [(n - 1)x + x' + x_\alpha + x_\beta] (y + y_\alpha + y_\beta)$$

Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Λειτουργία των Πλαισίων



Στην πράξη, για τα τυπικά φωτοβολταϊκά πλαίσια, το σκιασμένο στοιχείο λειτουργεί ως μία μεγάλη αντίσταση, όπου αποδίδεται η ενέργεια που προσφέρουν τα υπόλοιπα,.

Παρατεταμένος σκιασμός ενός στοιχείου σε συνδυασμό με έντονο φωτισμό των υπολοίπων μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του πλαισίου, επειδή δεν υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης ενός κατεστραμμένου στοιχείου. Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται ως φαινόμενο **Hot Spot** (κατάσταση «θερμής κηλίδας»).

### Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Λειτουργία των Πλαισίων

#### Ρύπανση

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί να μειωθεί από **ρύπανση της επιφάνειάς τους, από την επικάλυψη σκόνης, φύλλων, χιονιού, αλατιού από τη θάλασσα, εντόμων και άλλων ακαθαρσιών (π.χ. απορρίμματα πουλιών)**. Η μείωση είναι σημαντικότερη σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Γενικά, σε περιοχές με ιδιαίτερα επιβαρυσμένη ατμόσφαιρα σε ρύπους όπως π.χ. πλησίον σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος με καύση άνθρακα και με ανοικτά ορυχεία ή μεγάλα αστικά κέντρα ή περιοχές όπου συχνά μεταφέρεται σκόνη π.χ. από τη Σαχάρα (αφρικανική σκόνη), είναι **επιβεβλημένος ο καθαρισμός των επιφανειών 2-4 φορές το χρόνο, τουλάχιστον**. Αντίθετα, σε περιοχές με γενικά καθαρή ατμόσφαιρα, καθαρισμός 1-2 φορές το χρόνο είναι αρκετός. Ο καθαρισμός πρέπει να γίνεται με νερό και σφουγγάρι τζαμιών και ώρες όπου η θερμοκρασία των πλαισίων έχει μειωθεί αρκετά (νωρίς το πρωί ή αργά το απόγευμα ή όταν ο ουρανός είναι νεφοσκεπής), έτσι ώστε να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του κρύου νερού καθαρισμού και των panels. Σε αντίθετη περίπτωση, μπορεί η απότομη ψύξη να προκαλέσει φθορές στα panels ακόμα και καταστροφή τους λόγω συστολής.

#### Άνεμος

Η ταχύτητα του ανέμου, μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της θερμοκρασίας του στοιχείου καθότι μεγάλες ταχύτητες, έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου.

#### Γήρανση

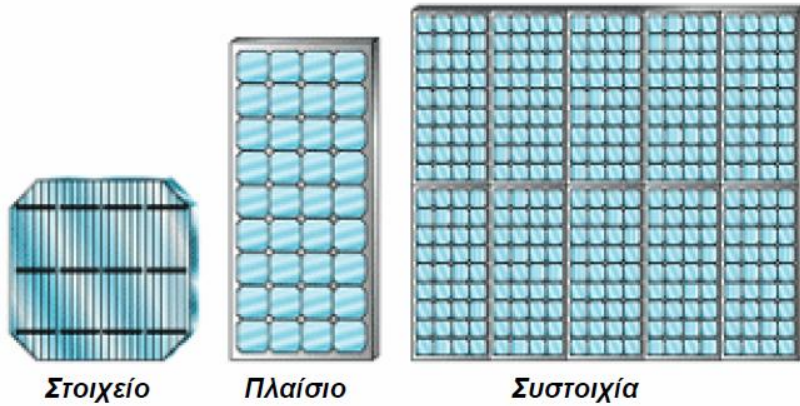
Λόγω της φθοράς των φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς και των υπόλοιπων μερών που απαρτίζουν το φωτοβολταϊκό σύστημα αναμένεται ότι με την πάροδο του χρόνου θα παρουσιάζεται μία μικρή βαθμιαία πτώση στην ποσότητα παραγωγής της ηλεκτρικής ισχύος, που συνήθως υπολογίζεται **από 1% ως 2% για κάθε έτος**.

## Φωτοβολταϊκά Τυπικές αποδόσεις



Τύπος ΦΒ πλαισίου	Απόδοση
Μονοκρυσταλλικά	>20%
Πολυκρυσταλλικά	15-17%
Copper indium gallium selenide (CIGS)	13-15%
Cadmium telluride (CdTe)	9-11%
Αμόρφου πυριτίου (a-Si)	6-8%

Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο



Ονομαστικός βαθμός απόδοσης:

$$\eta_{STC} = \frac{P_{mp,STC} / A_{panel}}{G_{STC}}$$

- $P_{mp}$  ή  $P_{max}$  μέγιστη ισχύς
- $G_{STC}$  : 1000 W/m<sup>2</sup> (ισχύς ανά m<sup>2</sup> προσπιπτόμενης ηλιακής ακτινοβολίας) και Θερμοκρασία κυψελίδας : 25 βαθμοί Κελσίου
- A : Επιφάνεια στοιχείου ή πλαισίου