



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα **ΠΠ**

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΕΝΟΤΗΤΑ: 4α. Ηλιακή Ενέργεια

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: Δ. ΚΑΡΑΜΑΝΗΣ

**ΤΜΗΜΑ: Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών
Πόρων**

ΑΓΡΙΝΙΟ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΑΡΑΜΑΝΗΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής Εναλλακτικών Πηγών
Ενέργειας



Επικοινωνία: +30 264107-4210

Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο: dkaraman@upatras.gr



Ηλιακή Ενέργεια

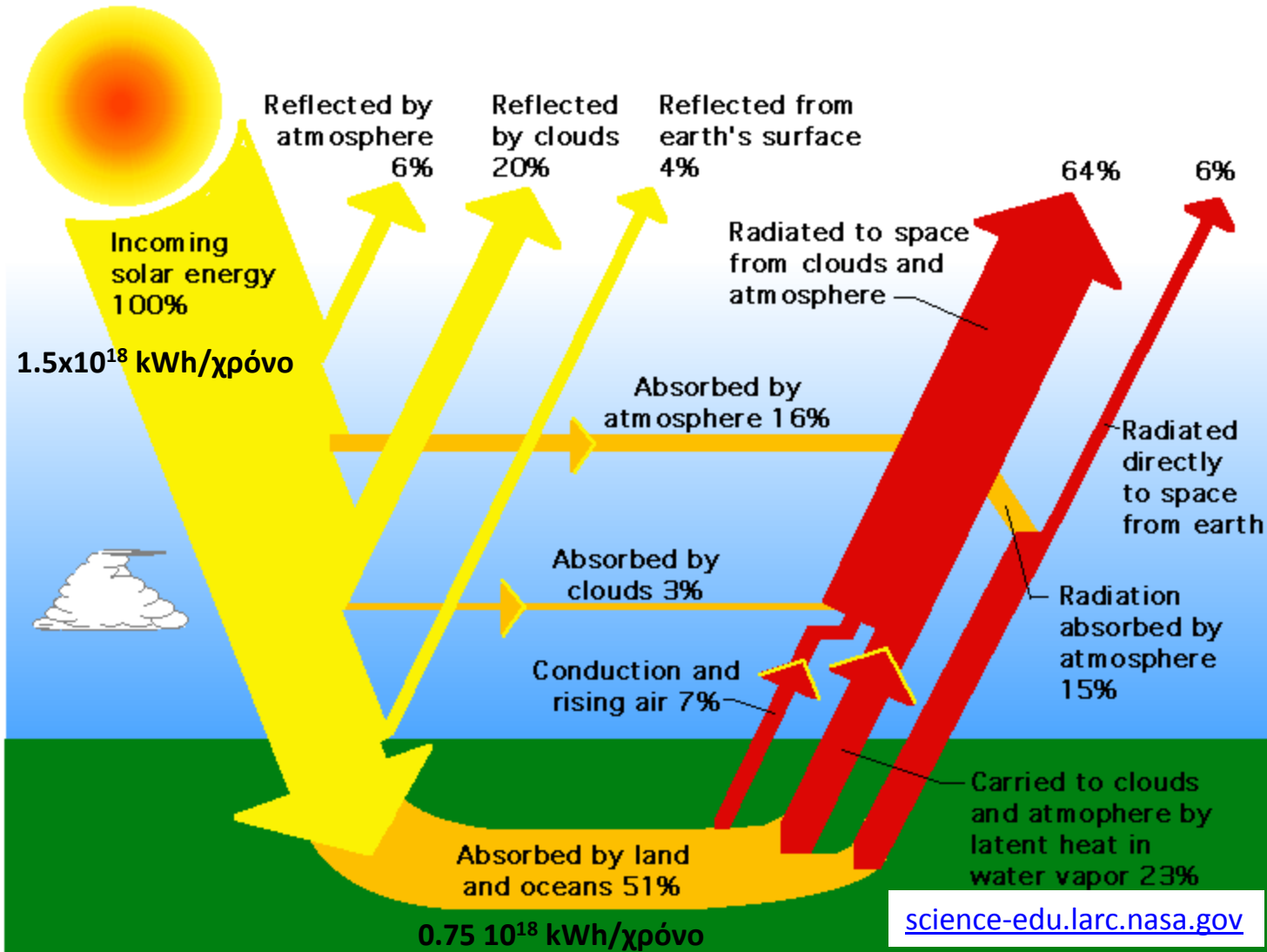
Χαρακτηριστικά στοιχεία του ήλιου

- Απόσταση του ήλιου από τη γη: 150.000.000 km
- Διαφορά απόστασης του ήλιου από τη γη μεταξύ Ιανουαρίου και Ιουλίου: 4.980.000 km.
- Διάμετρος του ήλιου: περίπου 1.392.000 km,
- Επιφάνεια του ήλιου: $6,087 \cdot 10^{12} \text{ km}^2$
- Όγκος του ήλιου: $1,412 \cdot 10^{18} \text{ km}^3$
- Μάζα του ήλιου : $1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
- Μέση πυκνότητα του ήλιου: 0,253 της μέσης πυκνότητας της γης και 1,41 φορές την πυκνότητα του νερού
- Ένταση του μαγνητικού πεδίου του ήλιου: 10^{-4} Tesla
- Ηλικία του ήλιου: 5 δισεκατομμύρια χρόνια
- Ταχύτητα περιφοράς της γης γύρω από τον ήλιο: 30 km/s
- Θερμοπυρηνική σύντηξη στο εσωτερικό του:
- Θερμοκρασία ισορροπίας στην επιφάνεια του ήλιου: 5.776 K
- Θερμοκρασία στο εσωτερικό του ήλιου: 16.000.000 K
- Απόθεμα ενέργειας του ήλιου: $1,8 \cdot 10^{47} \text{ Joule}$
- Ετήσια ανάλωση του ήλιου: $1,2 \cdot 10^{34} \text{ Joule}$
- Εκπομπή από 1 cm^2 ηλιακής επιφάνειας ανά δευτερόλεπτο (κατά Stefan Boltzman): 1490 cal = περίπου 6,3 kJ
- Ολική εκπεμπόμενη ενέργεια ανά δευτερόλεπτο: $3,76 \cdot 10^{23} \text{ kW}$



SOHO (ESA & NASA)

Ενεργειακό Ισοζύγιο Γης



Σύγκριση: γεωθερμία με $3 \cdot 10^{14}$ kWh/χρόνο
και η ενέργεια της παλίρροιας με $3 \cdot 10^{13}$
kWh/χρόνο

$2 \cdot 10^{17}$ kWh/χρόνο μετατρέπονται σε
κινητική ενέργεια του αέρα (αιολική
ενέργεια) και $8 \cdot 10^{14}$ kWh/χρόνο
χρησιμοποιούνται στη φωτοσύνθεση

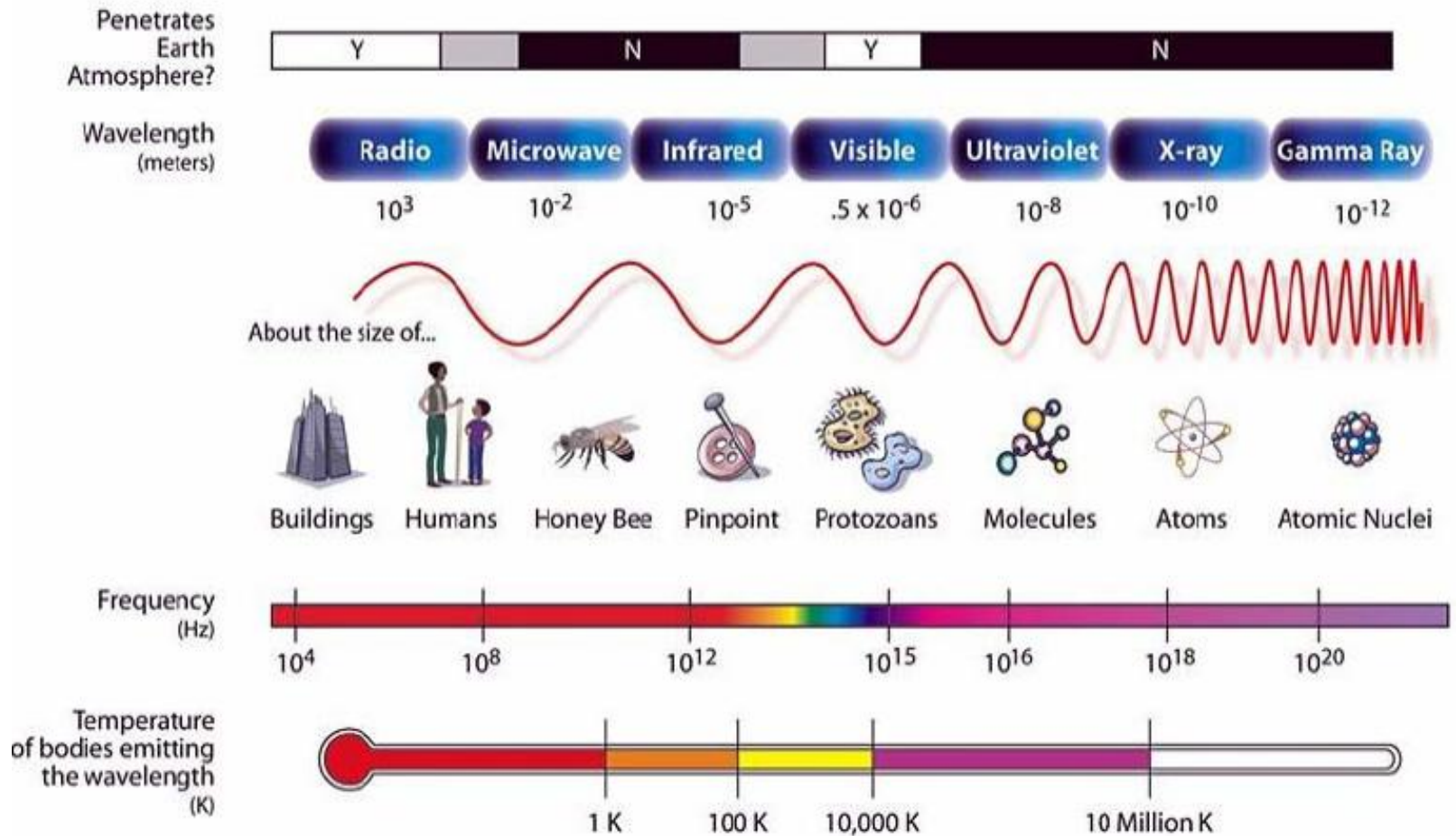
Γρήγορος υπολογισμός:

- Η ΕΥ έχει έκταση 4 εκατομμύρια τετραγωνικά km. Η συνολική ενέργεια που «χτυπά» την ΕΥ σε μια ώρα του μέγιστου ηλιακού φωτός (σε J) είναι:

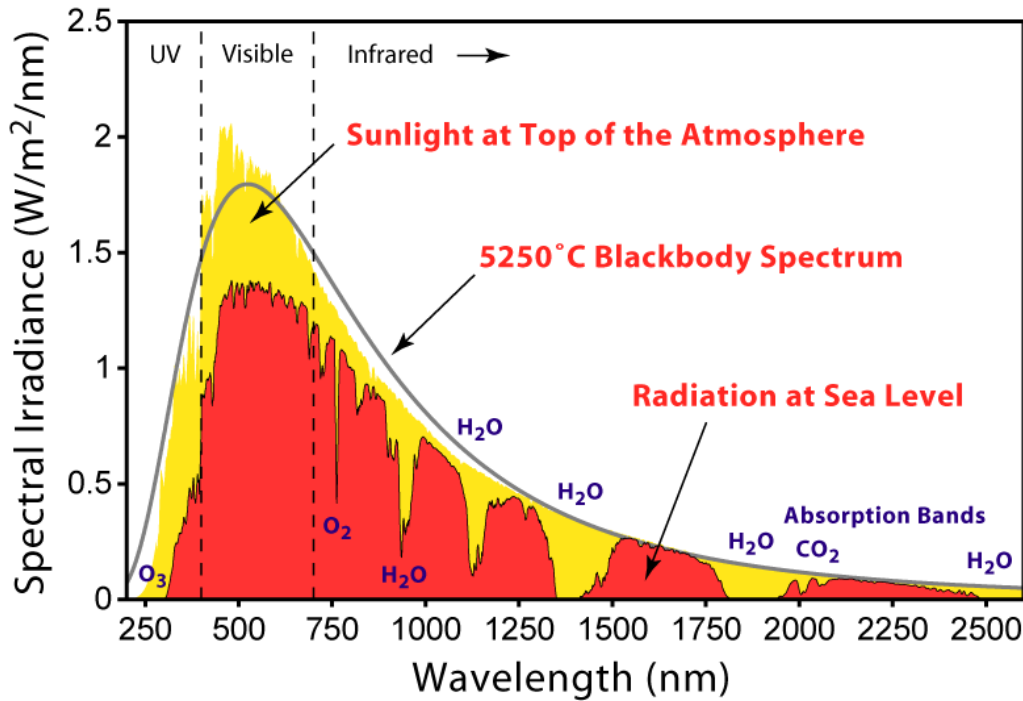
$$4 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 1000 \times \frac{1000 \text{ W}}{\text{m}^2} \times \frac{\left(\frac{1 \text{ J}}{\text{s}}\right)}{1 \text{ W}} \times 3600 \text{ s} = 1.44 \times 10^{19} \text{ J}$$

- Το 2010, η ΕΥ-27 κατανάλωσε 6.9×10^{19} J πρωτογενούς ενέργεια
- Θεωρητικά αυτό σημαίνει ότι 5 ώρες του μέγιστου ηλιακού φωτός μπορεί να μας δώσει την ενέργεια που καταναλώνει η ΕΥ-27 σε ένα ολόκληρο έτος.

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



Ηλιακό φάσμα



commons.wikimedia.org

Καθώς το ηλιακό φως διαπερνά την ατμόσφαιρα, κάποιο απορροφάται από τα αέρια της ατμόσφαιρας. Επιπλέον φως, επανακατανέμεται μέσω της σκέδασης Rayleigh που είναι υπεύθυνη για το μπλε χρώμα της ατμόσφαιρας.

■ Η κατανομή της ακτινοβολίας ακολουθεί το νόμο Stefan-Boltzmann με θερμοκρασία επιφάνειας 5778 K

$$\frac{P}{A} = \sigma \cdot T^4 \left(\frac{J}{m^2 s} \right),$$

$$\sigma = 5.6703 \times 10^{-8} \left(\frac{W}{m^2 K^4} \right)$$

■ 99% της ενέργειας με μήκη κύματος μεταξύ 0.25 και 4.0 μm

■ Τμήματα του ηλιακού φάσματος:

□ Ορατό (Visible) [λ: 0.39-0.77μm] περιέχει ~46% της ενέργειας

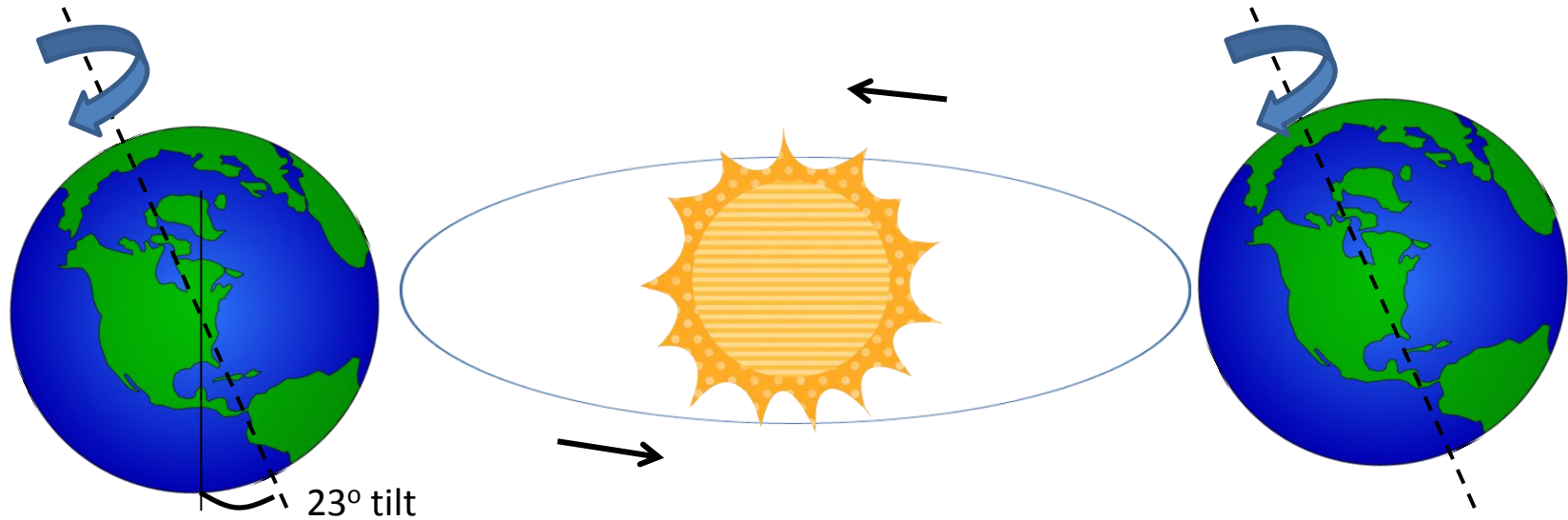
□ Υπεριώδες (Ultraviolet_ [λ<0.4μm] ~ 8% της ενέργειας

□ Υπέρυθρο (Infrared) [>0.77μm] ~ 46% της ενέργειας

□ $E_{\text{φωτ}} = h \cdot f$ με h του Planck 6.63×10^{-34} Js,

(μεταξύ 2.85×10^{-19} J για κόκκινο και 4.97×10^{-19} J για το φωτόνιο του ιώδους χρώματος

Ηλιακή ακτινοβολία



- Η ηλιακή σταθερά: ροή της ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια κάθετη στις ακτίνες του ήλιου στο όριο της ατμόσφαιρας (1367 W/m^2)
- Μεταβολές στην ηλιακή ένταση μεταξύ διαφορετικής ώρας της ημέρας, διαφορετικές εποχιακής ακτινοβολίας στη γη, κινήσεων, κλίσεων κλπ.
- Π.χ. εξαιτίας της μεταβολής της απόστασης ήλιου-γης κατά τη διάρκεια του έτους, η ηλιακή σταθερά μεταβάλλεται χρονικά ως:

$$G_{sc} = 1367 \cdot \left(1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot dn}{365}\right)\right)$$

- Λεπτομερής υπολογισμός στο μάθημα «Φυσική Περιβάλλοντος», Επανάληψη στον Πίνακα

Ηλιακή ακτινοβολία

Γρήγορος υπολογισμός:

Η εκπεμπόμενη ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας από τον ήλιο σύμφωνα με τον νόμο S-B:

$$G_s = P/A = 6.42 \times 10^7 \text{ J/s/m}^2$$

Ολική Ισχύς (για ακτίνα ήλιου R_s 6.955×10^8 m):

$$P_{\text{tot}} = P/A * 4 * \pi * R_s^2 = 3.9 \times 10^{26} \text{ J/s}$$

Ισχύς σε απόσταση ίση με μέση Ήλιου-Γης (d_m 1.496×10^{11} m)

$$G_{\text{sc}} = G_s * (R_s/d_m)^2 = 1368 \text{ W/m}^2$$

Μέση ολική ισχύς που δέχεται η γη:

$$G_{\text{tot}} = G_{\text{sc}} * \pi * R_e^2$$

με ακτίνα γης R_e 6.378×10^6 m

Ηλιακή ακτινοβολία

Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνεια

Ολική ηλιακή ακτινοβολία: το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια

Άμεση ηλιακή ακτινοβολία: προσπίπτει στην επιφάνεια χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα

Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία: προσπίπτει στην επιφάνεια αφού υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα

Πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας: ρυθμός με τον οποίο η ενέργεια ακτινοβολίας προσπίπτει σε μία επιφάνεια ανά m^2 (W/m^2). Ολοκλήρωσή της ισχύος για ορισμένο χρόνο (1 ώρα, 1 μέρα, 1 έτος κλπ) προσδιορίζει την πυκνότητα ενέργειας ακτινοβολίας

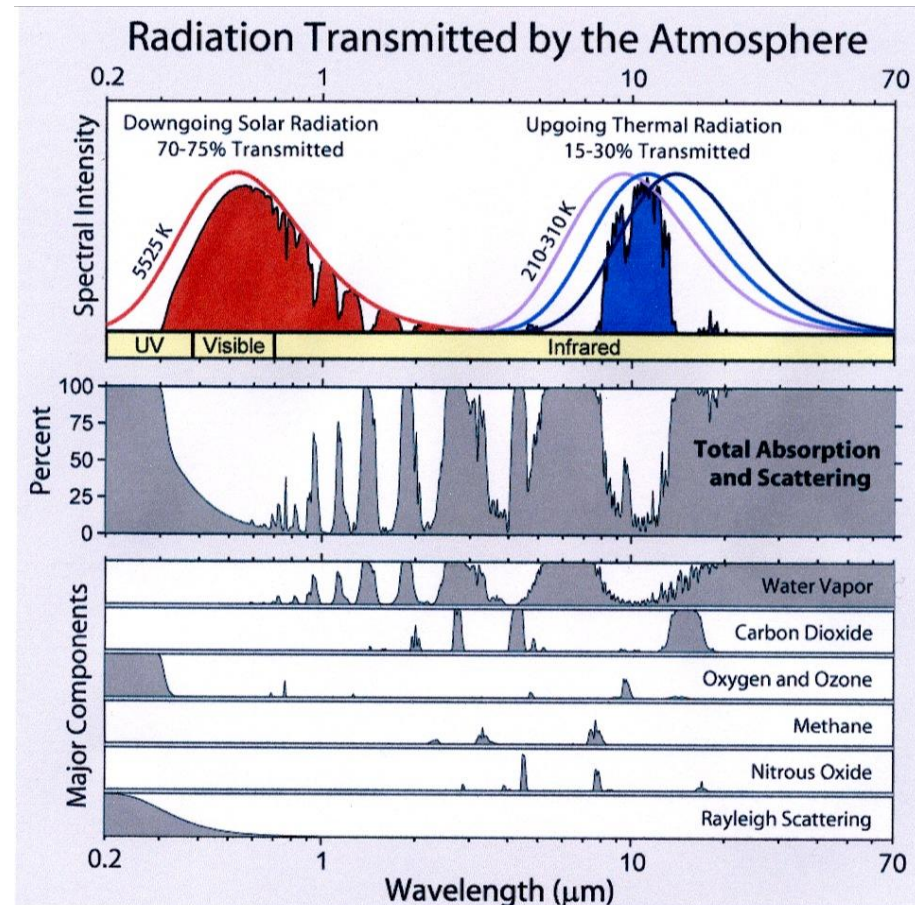
Ηλιακή ακτινοβολία

Διακυμάνσεις της ηλιακής ακτινοβολίας:

- Επίδραση της ατμόσφαιρας (απορρόφηση, σκέδαση, ανάκλαση)
- Γεωμετρικοί Παράγοντας (κλίση ακτίνων, απόσταση ήλιου-γης)

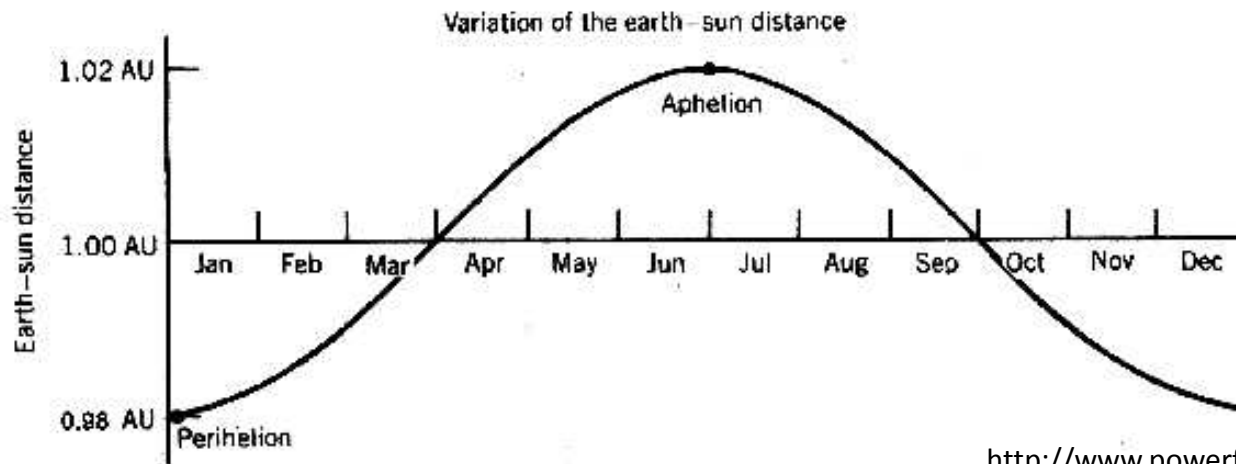
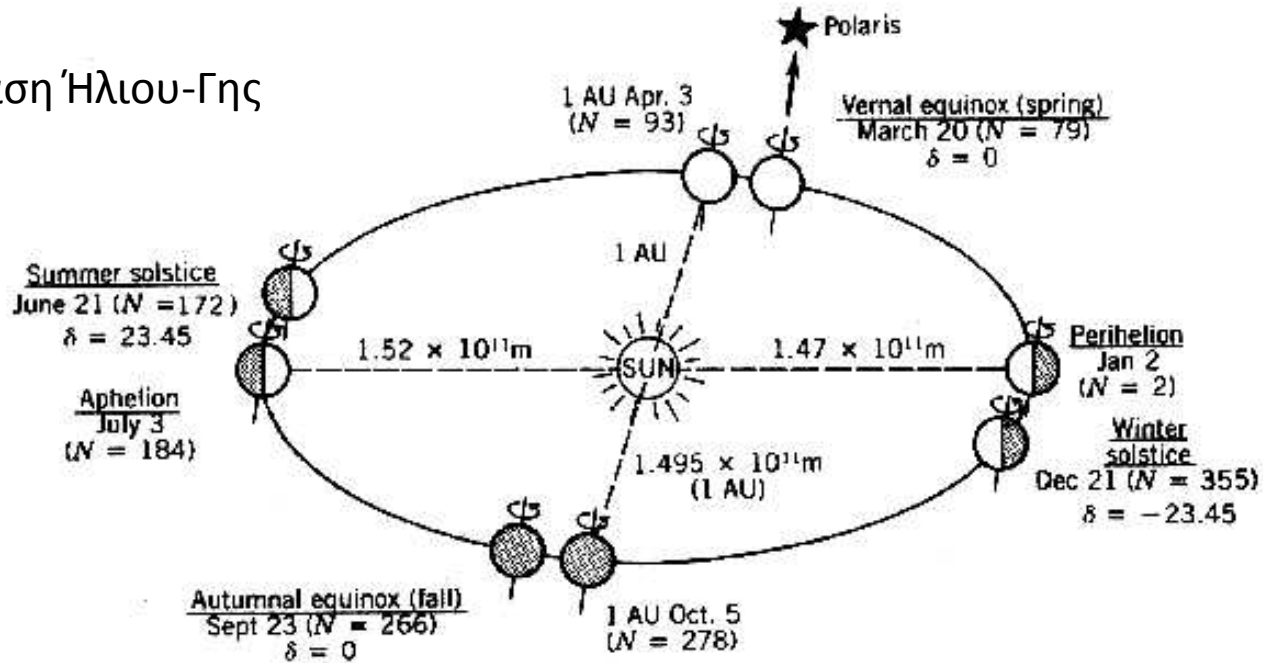
Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μειώνεται λόγω της αλληλεπίδρασής της με τα συστατικά της ατμόσφαιρας:

- Μοριακή σκέδαση
- Αεροσόλ
- Υδρατμοί
- Όζον
- Λοιπά ατμοσφαιρικά αέρια



Ηλιακή ακτινοβολία

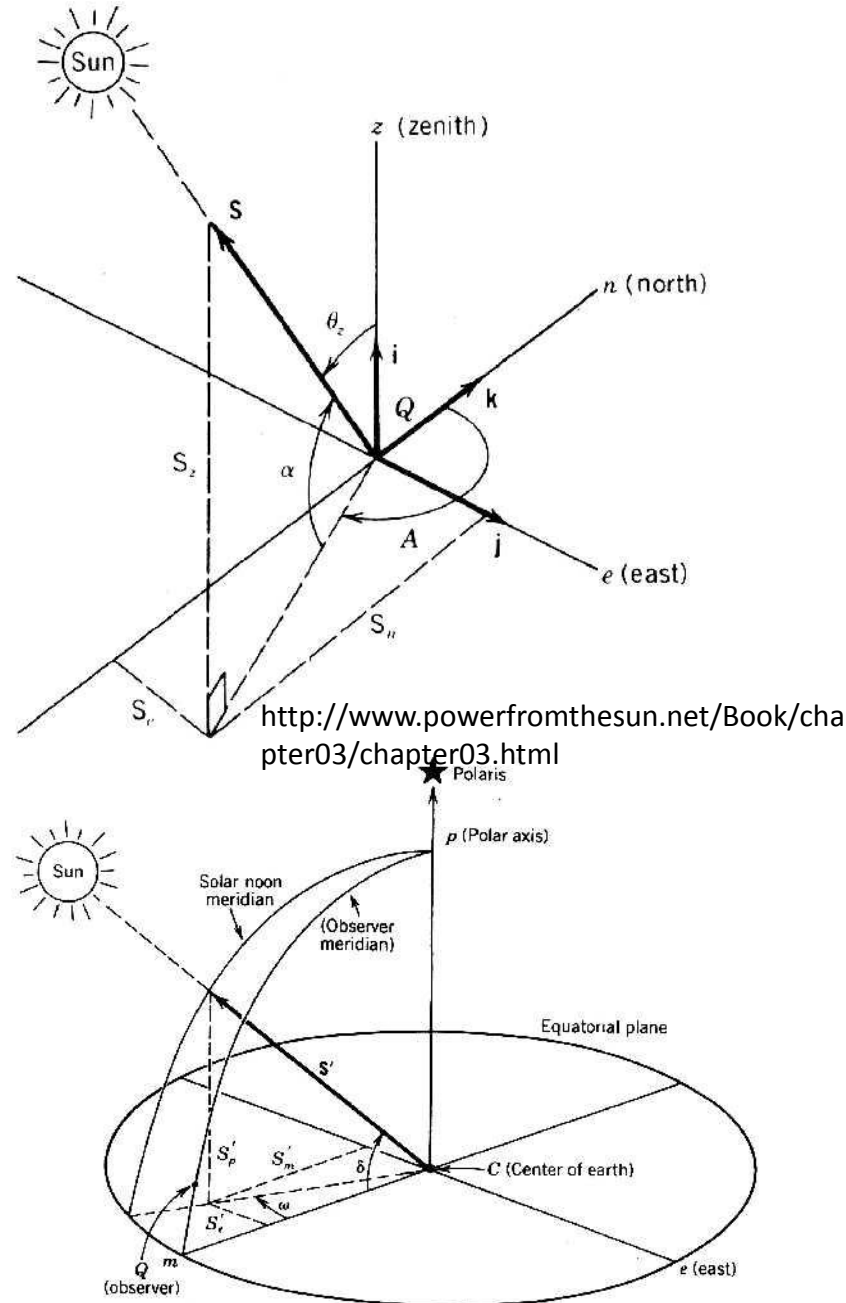
Απόσταση Ήλιου-Γης



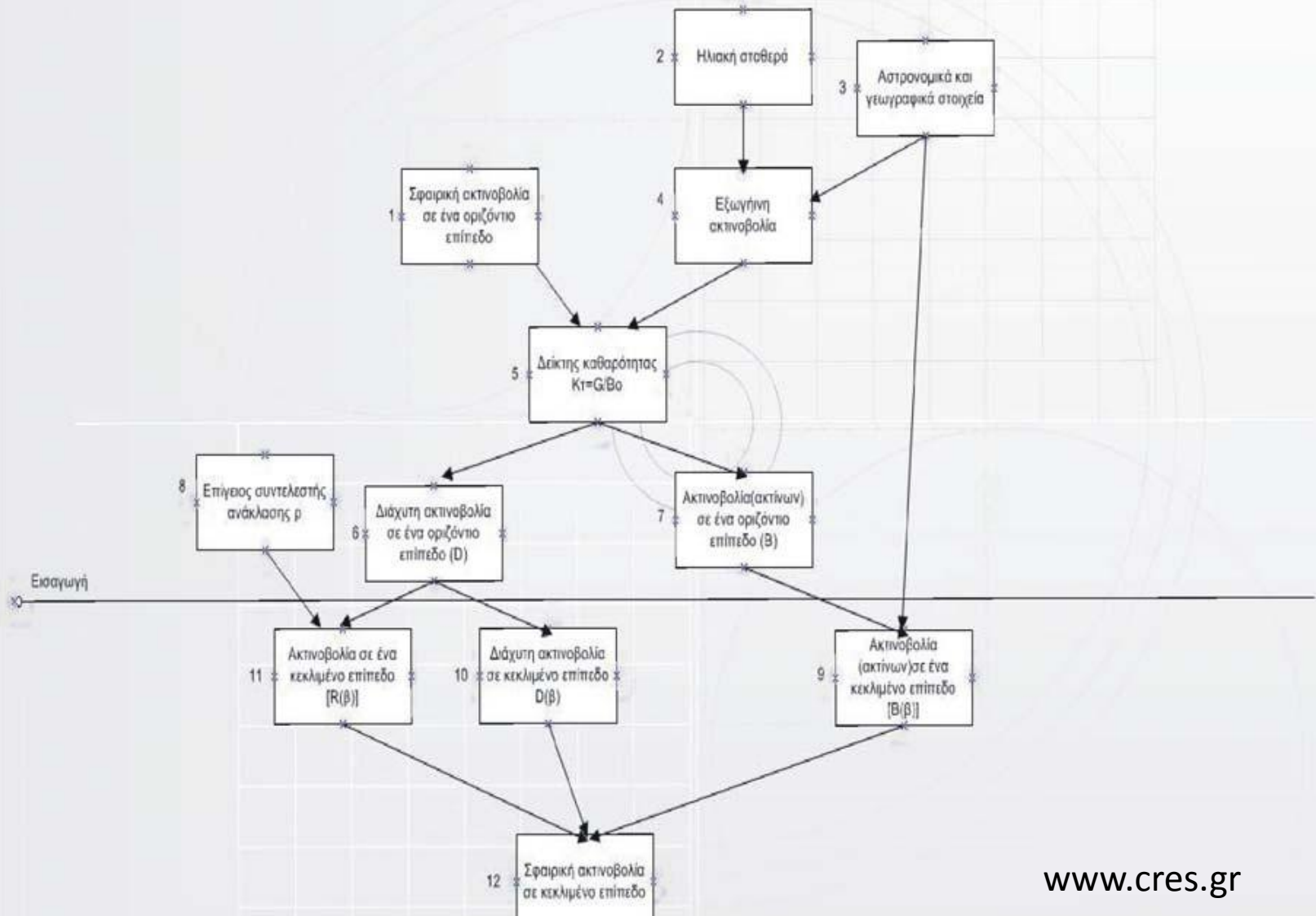
Ηλιακή ακτινοβολία

Γεωμετρικές Παράμετροι

- Ηλιακός χρόνος σε ώρες, $t_s = T_X$ (τοπικός χρόνος) - $(L_s(\text{γεωγραφικό μήκος}) - L_e(\text{γεωγραφικό μήκος χειμερινής ώρας μεσημβρινού}) + EOT/60$ (εξίσωση χρόνου) - $D(1$ για περιοχή με θερινή ώρα και 0 διαφορετικά)
- Εξίσωση Χρόνου, $EOT = 0.258 \cos X - 7.416 \sin X - 3.648 \cos 2X - 9.228 \sin 2X$ (min) ($X = 360(N-1)/365$)
- Ωριαία γωνία απόστασης του ηλίου από την ηλιακή μεσημβρία, $\omega = 15 * (t_s(\text{ηλιακός χρόνος}) - 12)$ (μοίρες)
- Απόκλιση, $\delta = 23.45 \sin \{ 360 * (284 + N) / 365 \}$
- Ύψος ηλίου, α η γωνιακή απόσταση του ήλιου με τον ορίζοντα του τόπου (συμπληρωματική γωνία της θ_z)
- Ζενίθια γωνία, θ_z η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του τοπικού ζενίθ και την ευθεία παρατηρητή-ήλιου ($0 < \theta_z < 90$)
- Γεωγραφικό πλάτος, ϕ γωνιακή απόσταση ενός τόπου από τον Ισημερινό
- Αζιμούθιο, A γωνία της προβολής της θέσης του ήλιου στο οριζόντιο επίπεδο και του άξονα Βορράς-Νότος
- Κλίση β , επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο



Η μεθοδολογία για ακτινοβολία σε κεκλιμένη επιφάνεια



Ηλιακή ακτινοβολία

Όταν δεν υπάρχουν πειραματικές μετρήσεις χρησιμοποιούνται μοντέλα για τον υπολογισμό της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας ανάλογα με την κατάσταση του ουρανού (καθαρός ή νεφοσκεπής)

Δείκτες αιθριότητας: Μέσος μηνιαίος, Ημερήσιος, Ωριαίος ορίζονται ως λόγοι ακτινοβολίας σε οριζόντια επιφάνεια προς την ακτινοβολία στο όριο της ατμόσφαιρας

Οι τιμές των δεικτών μπορούν να υπολογιστούν από τις τριγωνομετρικές σχέσεις και των ηλιακών παραμέτρων όπως της ηλιακής σταθεράς, της Ιουλιανής ημέρα, της απόκλισης, του γεωγραφικού πλάτους και των ωριαίων γωνιών

Ηλιακή ακτινοβολία

- Μέθοδος Orgill and Hollands του ωριαίου δείκτη αιθριότητας για υπολογισμούς σε ωριαίες τιμές της ακτινοβολίας
- Μέθοδος Collares-Pereira and Rabl του ημερησίου δείκτη αιθριότητας για τον υπολογισμό του κλάσματος της ημερήσιας διάχυτης ακτινοβολίας
- Μέθοδος Collares-Pereira and Rabl του μηνιαίου δείκτη αιθριότητας για τον υπολογισμό του κλάσματος της μηνιαίας διάχυτης ακτινοβολίας

Ηλιακή ακτινοβολία

Μέτρηση

Αισθητήρας διάρκειας ηλιοφάνειας (CSD-3)

Το CSD3 έχει τρεις ανιχνευτές, ο κάθε ένας καλύπτει ένα μέρος του ουρανού. Η άμεση ακτινοβολία υπολογίζεται από τη διαφορά του επιπέδου του σήματος. Οι ανιχνευτές έχουν ακριβώς τα ίδια φασματικά και γωνιακά χαρακτηριστικά. Μεγάλη φροντίδα έχει ληφθεί στο σχεδιασμό των γωνιακών χαρακτηριστικών του ανιχνευτή, που έχει σαν αποτέλεσμα μια μέτρηση ώστε μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπουδήποτε στη γη, σε μια ορισμένη θέση, χωρίς να δείχνει καμία εποχιακή επίδραση. Το CSD3 δεν έχει μετακινούμενα μέρη και επίσης έχει χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας: -30 έως
+70 οC

Παροχή ισχύος: <10 mA

Εκτιμώμενη ακρίβεια:

1. άμεση ηλιακή ακτινοβολία >120
W/m² 1±0,1V <120W/m² 0±0,1V
2. Άμεση μέτρηση ακτινοβολίας: 1
mV/W/m² ± 10%

Εύρος φάσματος: 400-1100 nm



Ηλιακή ακτινοβολία

Μέτρηση

Πυρανόμετρο (CMP6)

Ο ανιχνευτής του πυρανόμετρου της σειράς CMP είναι βασισμένος σε μια παθητική θερμική μέτρηση που αποκαλείται thermopile. Το thermopile αποκρίνεται στη συνολική δύναμη που απορροφάται από το μαύρο επίστρωμα επιφάνειας, το οποίο δεν ακτινοβολεί και ζεσταίνεται. Η θερμοκρασία που γεννάται ρέει διαμέσου της θερμικής αντίστασης και συσσωρεύεται σε θερμοσυσσωρευτή του πυρανόμετρου. Η διαφορά θερμοκρασίας διαμέσου της θερμικής αντίστασης του ανιχνευτή μετατρέπεται σε μια τάση ως γραμμική λειτουργία της απορροφημένης ηλιακής ακτινοβολίας. Η άνοδος της θερμοκρασίας επηρεάζεται εύκολα από τον αέρα, τη βροχή και τις θερμικές απώλειες ακτινοβολίας στο περιβάλλον. Επομένως ο ανιχνευτής προστατεύεται από δύο θόλους. Αυτοί οι θόλοι επιτρέπουν την ίση μετάδοση του άμεσου ηλιακού στοιχείου για κάθε θέση του ηλίου στην ουράνια σφαίρα. Μια αποξηραντική σακούλα γεμισμένη με τζελ σιλικόνης, απορροφά την υγρασία στο εσωτερικό του θόλου η οποία δημιουργείται το βράδυ.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Εύρος φάσματος: 310-2600 μm

Ευαισθησία: 5 έως 15 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$

Αντίσταση: 20 έως 200 Ω

Χρόνος ενεργοποίησης: < 6 sec



Ηλιακή ακτινοβολία

Αν υπάρχουν μετρήσεις από πυρανόμετρο και αισθητήρα διάρκειας ηλιοφάνειας:

- Ολική ηλιακή ακτινοβολία G_{β} σε κεκλιμένη επιφάνεια κλίσης β :

$$G_{\beta} = G_{b,\beta} + G_{r,\beta} + G_{d,\beta}$$

με τις τρεις ωριαίες συνιστώσες της άμεσης, της ανακλώμενης και της διάχυτης ακτινοβολίας.

- Διάχυτη συνιστώσα (Diaf et al. App. Ener. 85, 2008)

$$G_{d,\beta} = G_{dh} \left[0.5 \left(1 + \cos \left(\frac{\beta}{2} \right) \right) \right] \left[1 + F \sin^3 \left(\frac{\beta}{2} \right) \right] [1 + F \cos^2(\theta) \sin^3(\theta_z)]$$

όπου θ είναι η γωνία πρόσπτωσης ($\cos\theta = (\cos(\varphi-\beta)\cos\delta\cos\omega) + (\sin(\varphi-\beta)\sin\delta)$), θ_z είναι η ζενιθιακή γωνία ($\cos\theta_z = \sin\delta\sin\varphi + \cos\delta\cos\varphi\cos\omega$) που υπολογίζεται από την ηλιακή απόκλιση δ , το γεωγραφικό πλάτος φ και την ωριαία γωνία ω για νότιο προσανατολισμό $F = 1 - (G_{dh}/G_h)^2$, με G_h την ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (π.χ. μετρούμενη με πυρανόμετρο) και G_{rh} η οριζόντια διάχυτη συνιστώσα η οποία μπορεί να υπολογιστεί θεωρητικά όπως από το μοντέλο CLIMED2 (Diaf et al. 2008).

- Απευθείας συνιστώσα μπορεί να εκτιμηθεί από την ένδειξη αισθητήρα διάρκειας ηλιοφάνειας και από την εξίσωση

$$G_{b,\beta} = (G_h - G_{dh}) \cos\theta / \cos\theta_z$$

ενώ η ανακλώμενη από τη σχέση

$$G_{r,\beta} = 1/2\rho G_h(1 - \cos\beta)$$

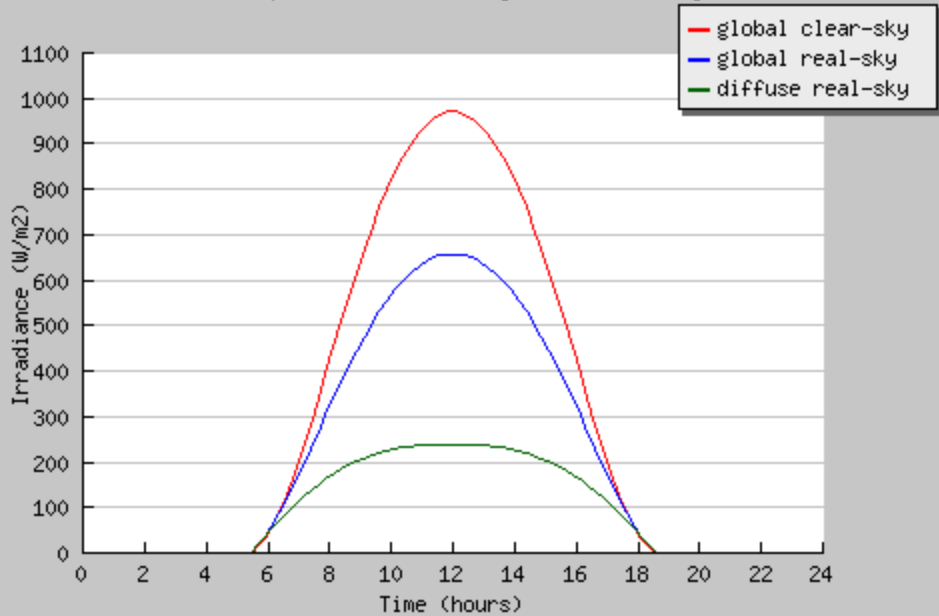
με τιμή 0.2-0.8 για τον συντελεστή ανάκλασης ρ , ανάλογα με το είδος της επιφάνειας πρόσπτωσης ακτινοβολίας

Ηλιακή ακτινοβολία

Πρακτικοί κανόνες για μέγιστη συλλογή:

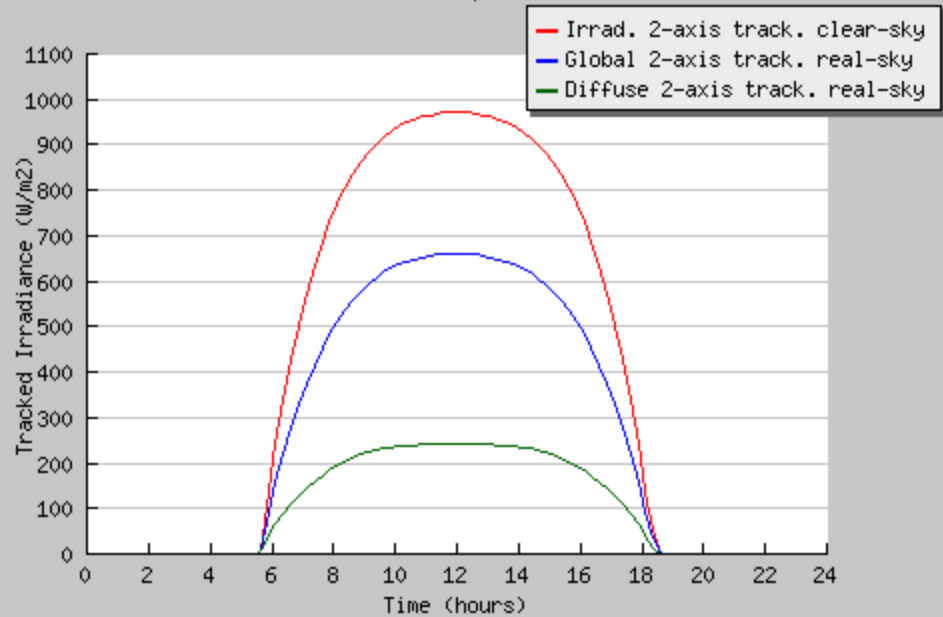
- Η βέλτιστη γωνία κλίσης β να είναι περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου ϕ
- Το καλοκαίρι η βέλτιστη γωνία κλίσης β να είναι περίπου 10° - 15° μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου ϕ
- Το χειμώνα η βέλτιστη γωνία κλίσης β να είναι περίπου 10° - 15° μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου ϕ . Αν στο έδαφος υπάρχει επιφάνεια με μεγάλο συντελεστή ανάκλασης απαιτείται μεγαλύτερη κλίση
- Ο βέλτιστος προσανατολισμός (αζιμούθιο A) να είναι νότιος ($\gamma=0$) και απόκλιση κατά 20° - 30° από νότο

38°37'31"North, 21°24'24"East, nearest city:
Month=April, Incln.=35 deg., Orient.=0 deg.

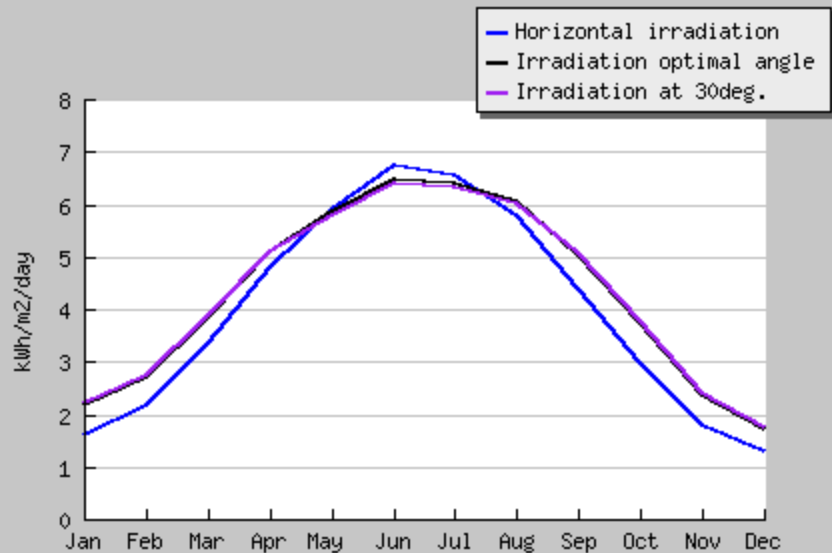


<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

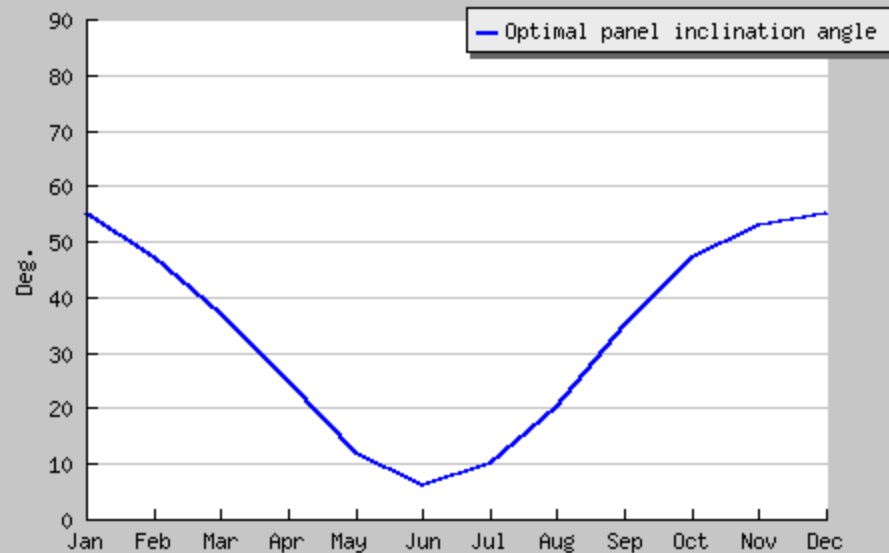
38°37'31"North, 21°24'24"East, nearest city:
Month=April



38°37'31"North, 21°24'24"East

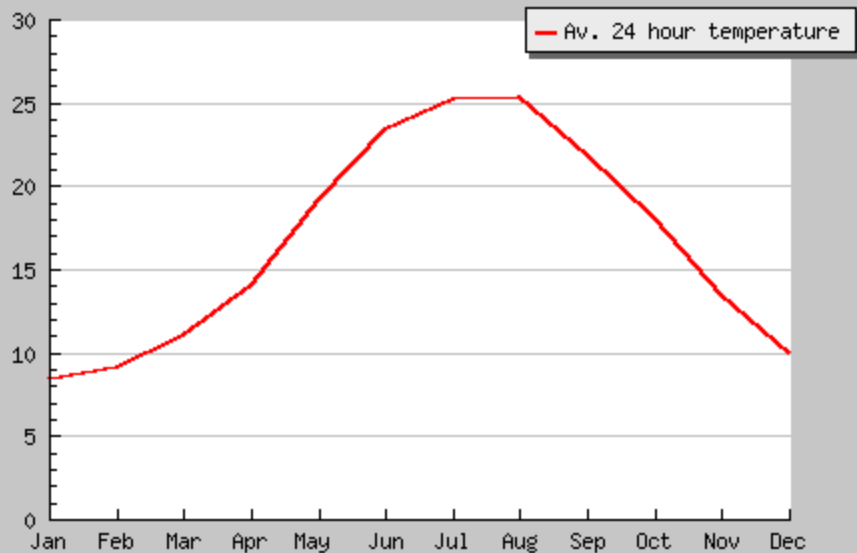


38°37'31"North, 21°24'24"East

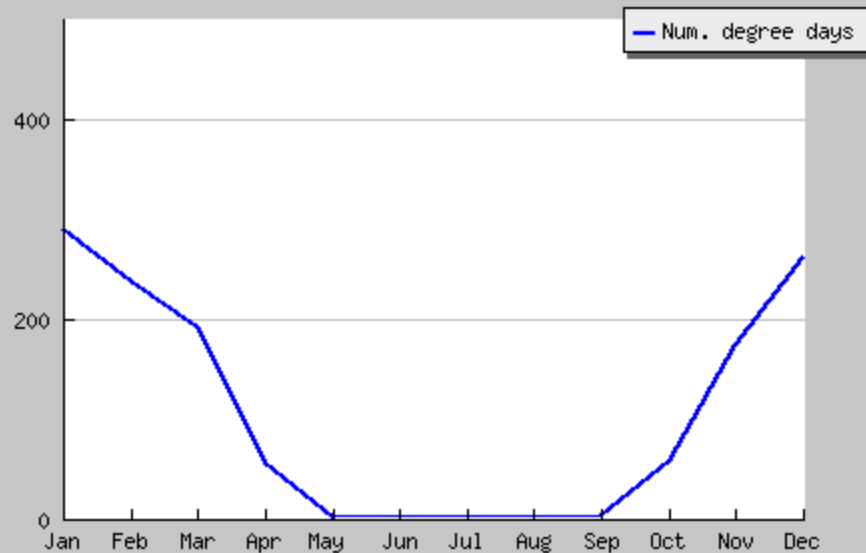


38°37'31"North, 21°24'24"East

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

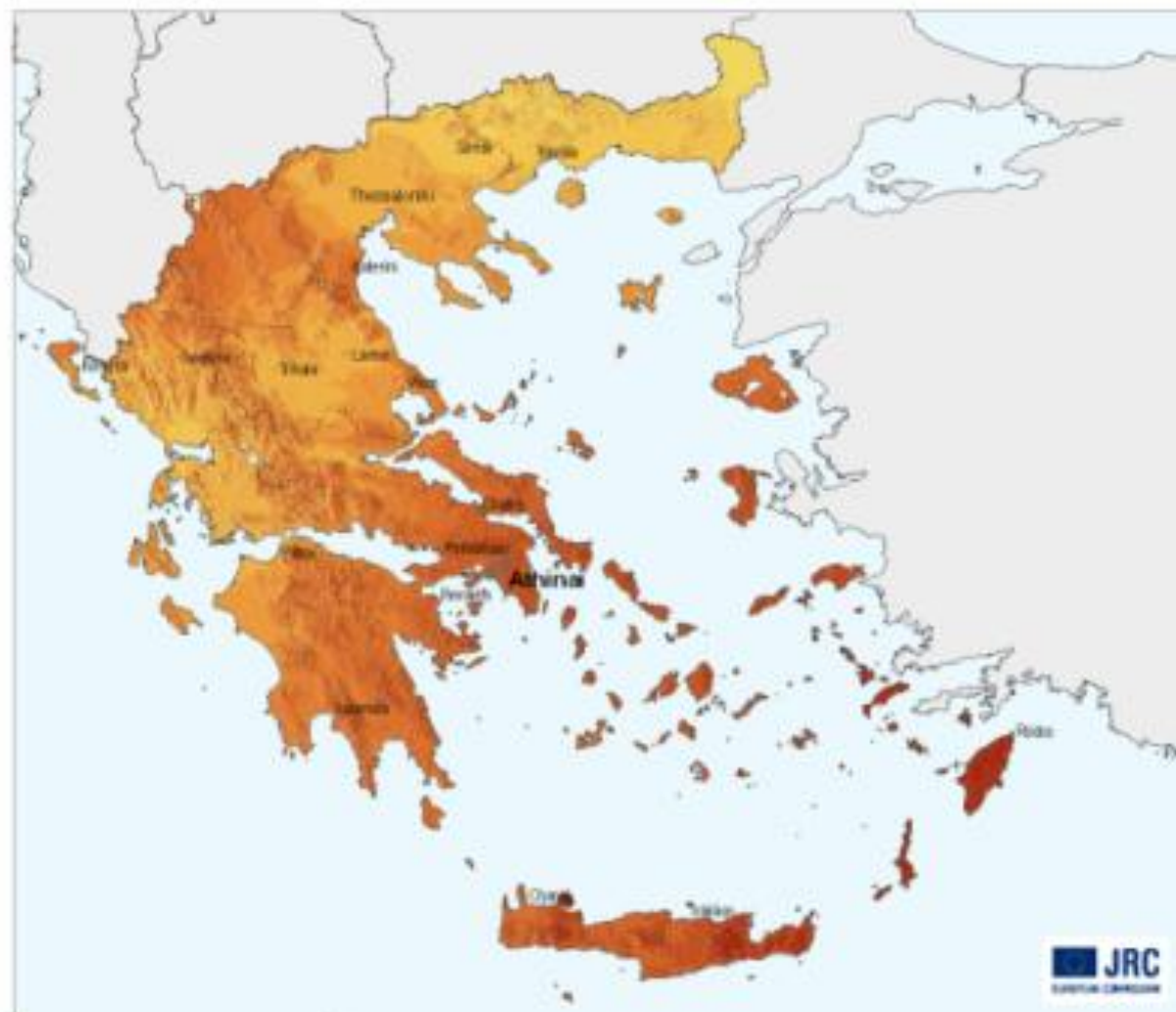


38°37'31"North, 21°24'24"East



Global irradiation and solar electricity potential
Optimally-inclined photovoltaic modules

Greece



Yearly sum of global irradiation [kWh/m^2]

<1500 1600 1700 1800 1900 2000>



<1125 1200 1275 1350 1425 1500>

Yearly electricity generated by $1\text{ kW}_{\text{peak}}$ system with performance ratio 0.75 [$\text{kWh/kW}_{\text{peak}}$]

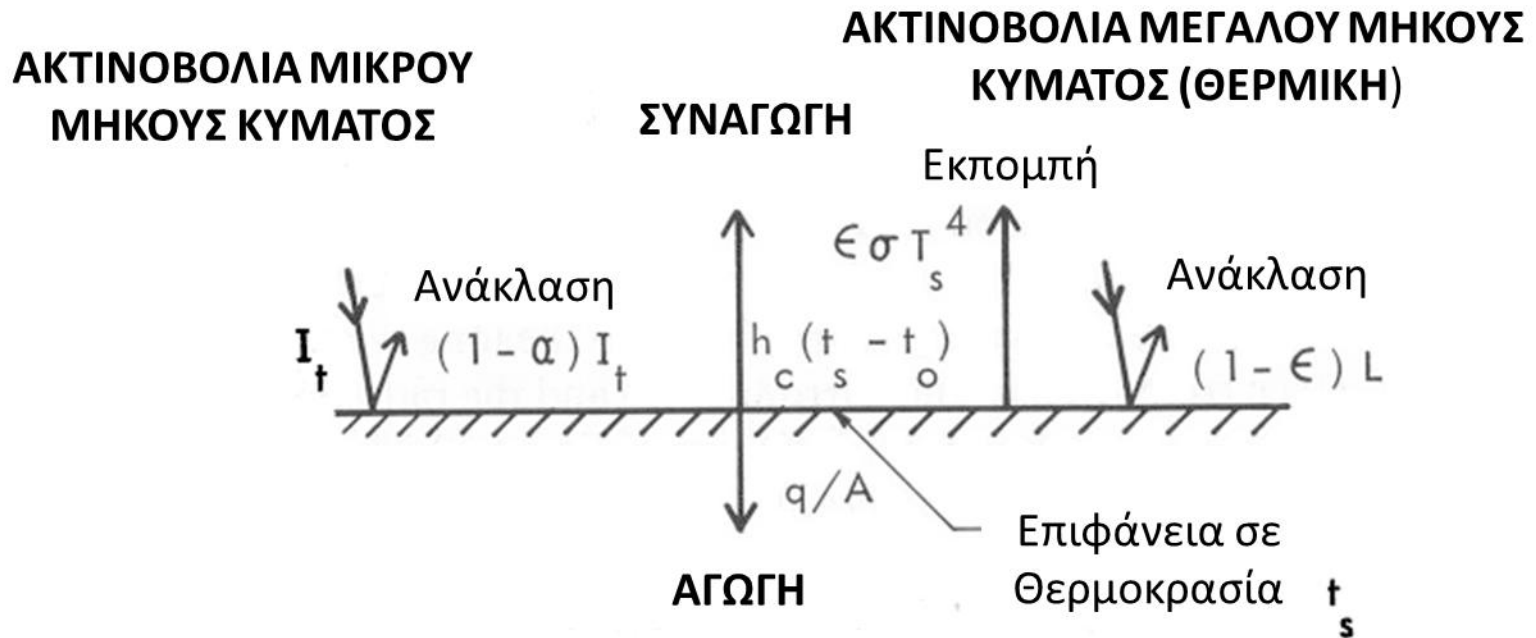
Authors: M. Šušl, T. Cebecauer, T. Hlavá, E. D. Durig

PN02 © European Communities, 2001-2010

<http://ea.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

0 50 100 200 km

Αλληλεπίδραση ηλιακής ακτινοβολίας με επιφάνεια



Συστήματα Συλλογής και Μετατροπής της Ηλιακής Ενέργειας

Γενικές κατηγορίες συστημάτων συλλογής και μετατροπής της ηλιακής ενέργειας είναι:

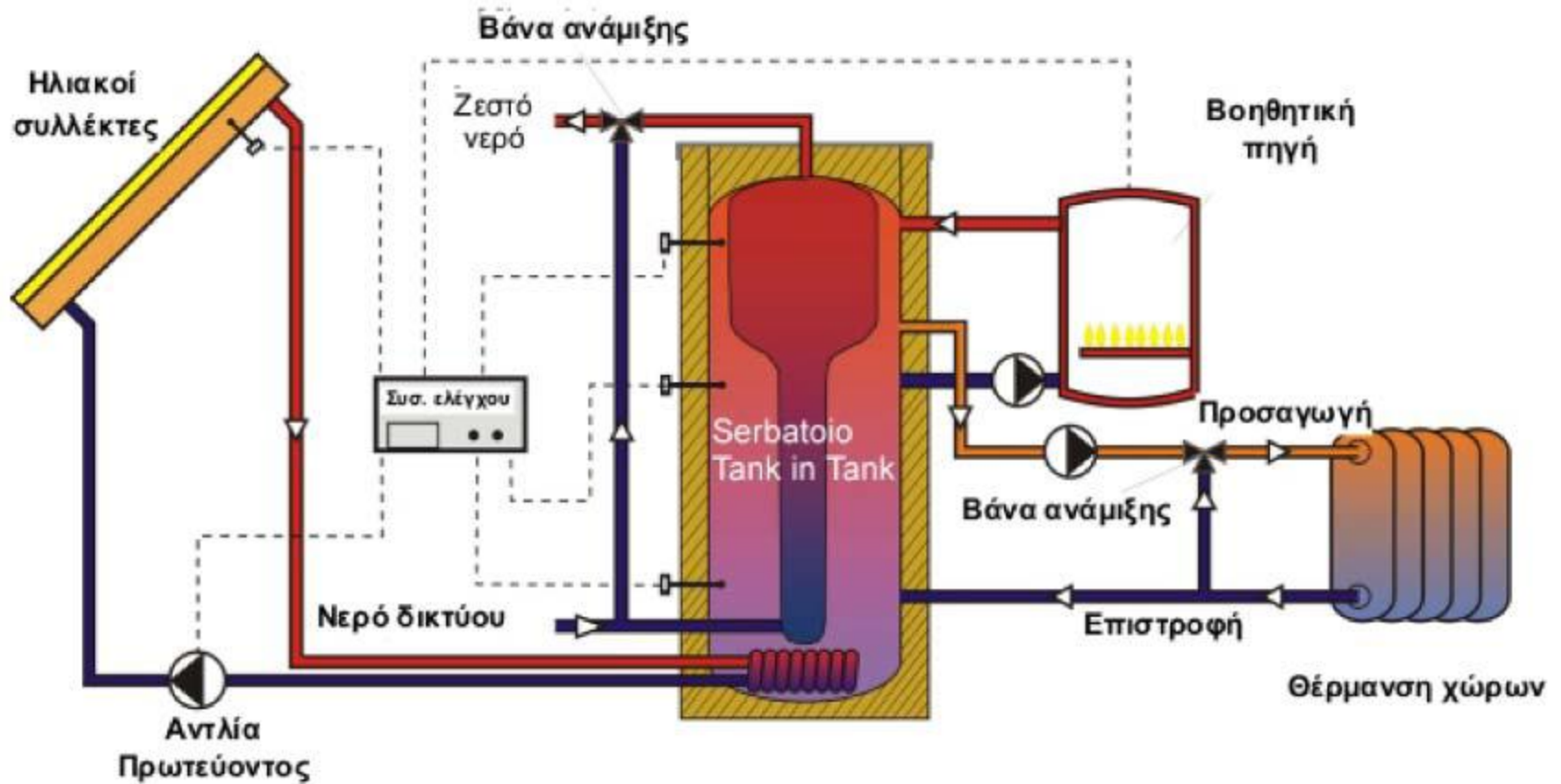
1. Απ' ευθείας μετατροπή σε θερμότητα
2. Μετατροπή σε ηλεκτρισμό με ενδιάμεσο θερμοδυναμικό μετασχηματισμό
3. Απ' ευθείας μετατροπή σε ηλεκτρισμό
4. Μετατροπή σε χημική ενέργεια

Απ' ευθείας μετατροπή σε θερμότητα

Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα γίνεται με υλικά που απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε θερμότητα. Ο βαθμός απορρόφησης των διαφόρων απορροφητών κυμαίνεται μεταξύ 80 % και 98 % (το υπόλοιπο ανακλάται).

- Τα συστήματα μετατροπής σε θερμότητα διακρίνονται σε *παθητικά* και *ενεργητικά*. Παράδειγμα παθητικού συστήματος είναι τα παράθυρα και ο εσωτερικός χώρος ενός δωματίου. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται από τα παράθυρα και απορροφάται από τους εσωτερικούς τοίχους ενώ τα αντικείμενα και ο αέρας του δωματίου θερμαίνονται
- Παράδειγμα ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης που τοποθετείται στην ταρατσα ή στη στέγη ενός σπιτιού. Ο συλλέκτης περιλαμβάνει επίπεδη μεταλλική επιφάνεια, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται
- Στην απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται διαφανές κάλυμμα που παγιδεύει τη θερμότητα μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια τοποθετούνται λεπτοί σωλήνες μέσα στους οποίους διοχετεύεται κάποιο υγρό, που απάγει την θερμότητα και τη μεταφέρει σε δεξαμενή αποθήκευσης.

Ηλιοθερμικός συλλέκτης



Ηλιοθερμικός συλλέκτης

Το ενεργειακό ισοζύγιο του συλλέκτη μπορεί να γραφεί ως:

$$\dot{Q}_{useful} = \dot{E}_{opt} - \dot{Q}_{loss}$$

όπου

\dot{Q}_{useful} = ρυθμός της ωφέλιμης ενέργειας του απορροφητή (W)

\dot{E}_{opt} = ρυθμός της οπτικής (μικρό μήκος κύματος) ακτινοβολίας που προσπίπτει στον απορροφητή (W)

\dot{Q}_{loss} = ρυθμός θερμικών απωλειών του απορροφητή (W)

Ο ρυθμός της ωφέλιμης ενέργειας περιγράφεται από την ενέργεια που προστίθεται μέσω μεταφοράς θερμότητας σε ρευστό που βρίσκεται σε επαφή με τον απορροφητή:

$$\dot{Q}_{useful} = \dot{m}c_p(T_{out} - T_{in})$$

όπου

\dot{m} ο ρυθμός ροής μάζας του ρευστού μεταφοράς θερμότητας (kg/s)

c_p η ειδική θερμότητα του ρευστού (J /kgK)

T_{out} η θερμοκρασία του εξερχομένου ρευστού (K)

T_{in} η θερμοκρασία του εισερχομένου ρευστού (K)

Ηλιοθερμικός συλλέκτης

Η εισερχόμενη πηγή δίνεται ως:

$$\dot{E}_{inc} = I\alpha A\alpha \text{ (W)}$$

όπου $I\alpha$ είναι η εισερχόμενη ακτινοβολία (W/m^2) σε επιφάνεια συλλέκτη $A\alpha$ (m^2).

Ο ρυθμός της ενέργειας μικρού μήκος κύματος που φτάνει στον απορροφητή δίνεται ως

$$\dot{E}_{opt} = \Gamma \rho \tau \alpha I\alpha A\alpha \text{ (W)}$$

όπου Γ είναι το κλάσμα της ανακλώμενης ενέργειας που εισέρχεται ή χτυπά τον συλλέκτη

ρ η ανακλαστικότητα των ενδιάμεσων ανακλαστικών επιφανειών

τ η διαπερατότητα γυάλινων ή πλαστικών επιφανειών ή παραθύρων

α η απορροφητικότητα της επιφάνειας του απορροφητή ή του συλλέκτη

$$\dot{Q}_{loss} = \dot{Q}_{loss,convection} + \dot{Q}_{loss,radiation} + \dot{Q}_{loss,conduction}$$

$$\dot{Q}_{loss,convection} = \bar{h}_c A_r (T_r - T_a)$$

όπου \bar{h}_c ο μέσος συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή

A_r η επιφάνεια του απορροφητή (m^2)

T_r η μέση θερμοκρασία του συλλέκτη (m^2)

T_a η θερμοκρασία περιβάλλοντος (K)

Ηλιοθερμικός συλλέκτης

Οι απώλειες ακτινοβολίας $\dot{Q}_{loss,radiation}$ υπολογίζονται ως:

$$\dot{Q}_{loss,radiation} = \varepsilon \sigma A_r (T_r^4 - T_{sky}^4) \text{ (W)}$$

όπου ε η εκπεμπσιμότητα του απορροφητή

σ η σταθερά Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$)

T_{sky} η ισοδύναμη θερμοκρασία μέλαν σώματος του ουρανού (K)

Οι απώλειες συνεπαφής δίνονται από:

$$\dot{Q}_{loss,conduction} = \bar{k} \Delta \bar{x} A_r (T_r - T_a) \text{ (W)}$$

όπου \bar{k} η ισοδύναμη μέση αγωγιμότητα

$\Delta \bar{x}$ το μέσο πάχος του μονωτικού υλικού

Απόδοση Συλλέκτη:

$$n_{col} = \frac{\dot{Q}_{useful}}{A_a I_a}$$

όπου \dot{Q}_{useful} ο ρυθμός εξερχόμενης ενέργειας (W) για εισερχόμενη ενέργεια I (W/m^2) σε επιφάνεια A (m^2)

Παγκόσμια Αγορά Ηλιοθερμικών

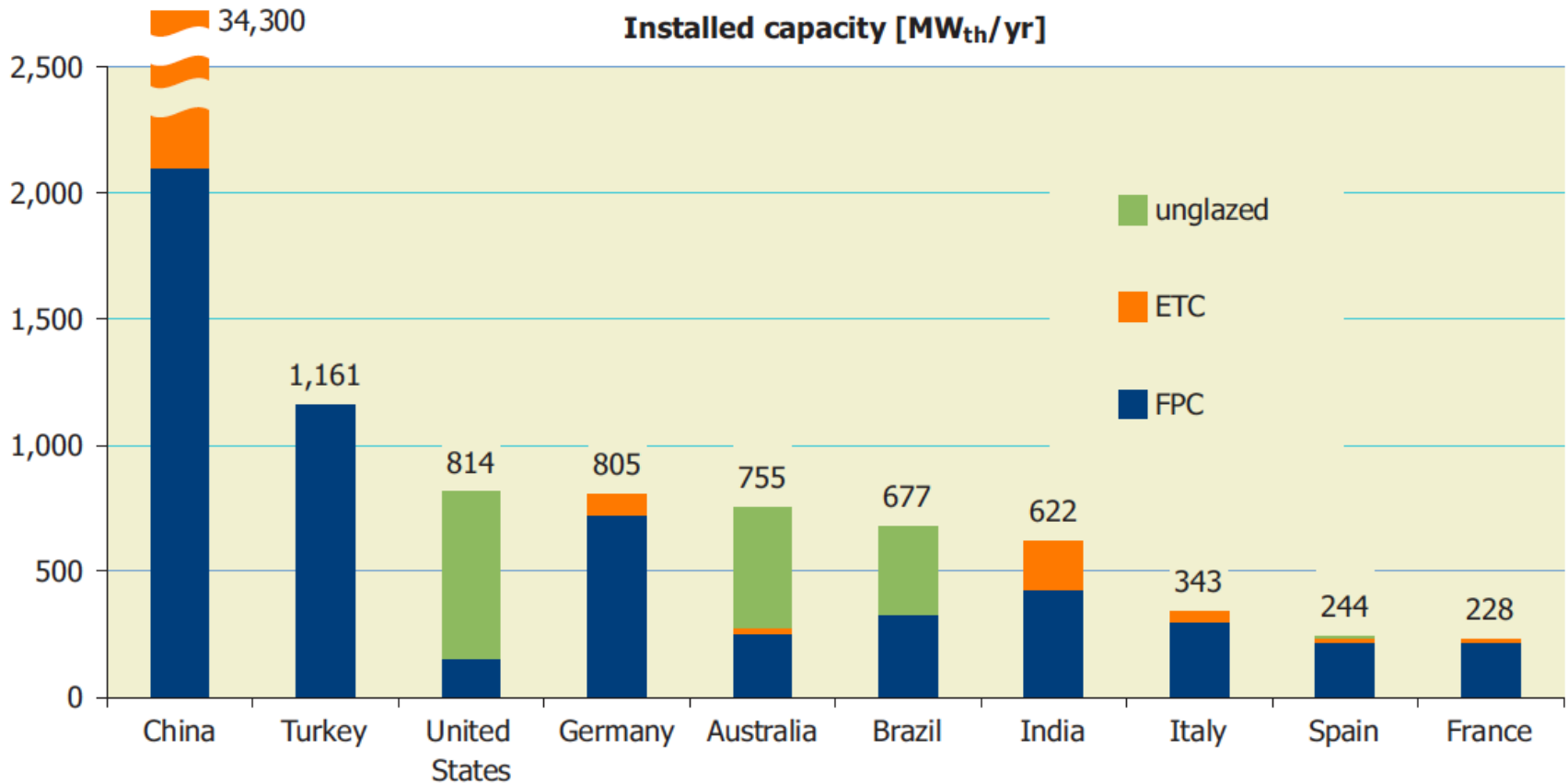
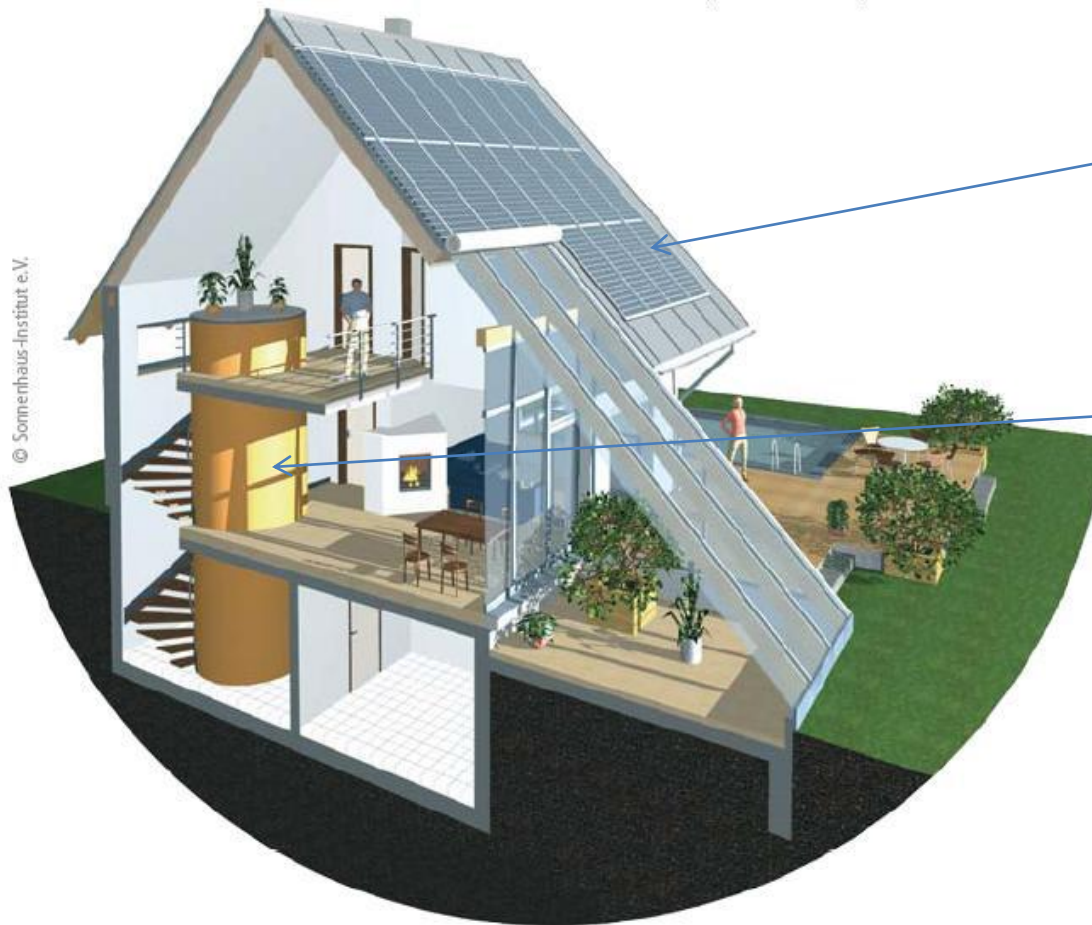


Figure 17: Total capacity of newly installed glazed and unglazed water collectors in the 10 leading countries in 2010

Source: IEA SHC, Solar Heat Worldwide, Edition 2012

Σχέδιο ηλιακά θερμαινόμενου κτιρίου



Ηλιοθερμικοί
Συλλέκτες
30 m² - 60 m²

Εποχιακή
Αποθήκευση
Θερμότητας (Νερό)
6 – 10 m³

Ηλιακό Κλάσμα
(ποσοστό
συνολικών
αναγκών
θερμότητας):
60% - 70%

Ηλιακή Θέρμανση Κοινοτήτων : Υποσχόμενη Μελλοντική Εφαρμογή



https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy

Ηλιοθερμική ενέργεια: Συστήματα Επίπεδου Συλλέκτη

- Το ρευστό κυκλοφορεί στον συλλέκτη με ηλεκτρική αντλία
- Άνω όριο θερμοκρασίας που επιτυγχάνεται ορίζεται από την πυκνότητα ισχύος του ήλιου (850 W/m^2)
- Και το σT^4 ισοδυναμεί σε θερμοκρασία 350 K για ιδανικό απορροφητή σε ισορροπία εκπομπής (βρασμός σε 373 K)
- Στόχος η όσο το δυνατόν περισσότερη μεταφορά της ηλιακής ενέργειας στο νερό
- Περιορισμός άλλων ροών και απωλειών θερμότητας
- Γυαλί διπλού τζαμιού κόβει την αγωγή θερμότητας (από τον ζεστό αέρα στο πίσω μέρος) στο μισό
- Λειτουργεί ως ρυθμιστής απέναντι σε απώλειες εκπομπής (το τζάμι θερμαίνεται από την απορροφούμενη IR ακτινοβολία στον συλλέκτη)

Συστήματα επίπεδου συλλέκτη

- Εάν υπάρχει μικρή απόσταση μεταξύ των τζαμιών, περιορίζεται η συναγωγή του αέρα ανάμεσα στα πανέλα καθώς ο αέρας λειτουργεί μονωτικά
- Μόνωση του απορροφητή στο πίσω μέρος ώστε να μην διαφεύγει η θερμότητα
- Το γυαλί είναι διαπερατό στο οπτικό τμήμα (εκτός από 8% απώλειες ανάκλασης) αλλά μη διαπερατό στην υπέρυθρη ακτινοβολία από μήκοι κύματος 8–24 μm
- Ο συλλέκτης έχει μέγιστη εκπομπή στα 8.3 μm στους 350 K
- Το εσωτερικό γυαλί απορροφά την εκπομπή του συλλέκτη και θερμαίνεται
- Το γυαλί επανεκπέμπει τη θερμική ακτινοβολία: μισή προς τα μέσα και μισή προς τα έξω: περιορίζει τη θερμική ακτινοβολία στο μισό
- Το εξωτερικό τζάμι επιστρέφει την ακτινοβολία ώστε 2/3 καταλήγουν πίσω στον συλλέκτη

Ηλιοθερμική Ενέργεια

Συνολική εγκατεστημένη ισχύς [GWηλ],[GWth] και παραγόμενη ενέργεια [TWηλ],[TWth],2011

Συνολική ικανότητα λειτουργίας και παραγωγής ενέργειας - 2011			
Ηλιακή θέρμανση	245.1	204.3	Συνολική ικανότητα λειτουργίας
Αιολική Ενέργεια	239	514	
Γεωθερμική	12	90	
Φωτοβολταϊκά	67.4	70.2	Συνολική ικανότητα παραγωγής
Ηλιακή	1.2	2.9	
Παλιρροϊκή	0.6	0.8	

Δεδομένα από IEA-SHC Solar Heat Worldwide, Έκδοση 2012

Ηλιοθερμικά E&A

- Ηλιοθερμικοί συλλέκτες
- Θερμική αποθήκευση για μεμονωμένα σπίτια
- Εποχιακή θερμική αποθήκευση για δίκτυα τοπικών κοινωνιών
- Τεχνολογία συστήματος
- Ηλιακή Θερμότητα
- Ηλιακός δροσισμός και ψύξη

π.χ.

- **Μείωση κόστους με αντικατάσταση χαλκού με αλουμίνιο**
- **Φωτοβολταϊκός-Θερμικός Συλλέκτης (PVT)**
- **Πολυλειτουργικοί συλλέκτες**
- **Συλλέκτες υψηλής απόδοσης**

Ηλιοθερμικά υποβοηθούμενος δροσισμός: Μια υποσχόμενη τεχνολογία

- Η ανάγκη δροσισμού και η παροχή ηλιακής ενέργειας είναι σε φάση
- Υπάρχουν περισσότερα από 400 πιλοτικά συστήματα εγκατεστημένα στην Ευρώπη
- Μικρά συστήματα βρίσκονται υπό ανάπτυξη
- Ηλιακά υποβοηθούμενος κλιματισμός
- Ηλιακά αυτόνομος κλιματισμός

Ηλιακά υποβοηθούμενος δροσισμός

Αρχή λειτουργίας

Η βασική διεργασία της δημιουργίας ψυχρού αέρα είναι η συμπίεση ψυκτικού ρευστού που προκαλεί την εξάτμιση του υγρού σε χαμηλές θερμοκρασίες και πιέσεις και την συμπύκνωση του ατμού σε υψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις.

Αντί της μηχανικής συμπίεσης, τα θερμικά συστήματα χρησιμοποιούν τη θερμική ενέργεια για τη συμπίεση του ρευστού. Η βασική αρχή της θερμικής συμπίεσης είναι η απορ- ή προσ- ρόφηση του ψυκτικού σε υγρό ή στερεό υλικό. Στην απορρόφηση χρησιμοποιείται το ζεύγος λίθιο-βρωμιο ενώ στην προσρόφηση χρησιμοποιούνται σιλικά ή ζεόλιθοι.

Και στα 2 συστήματα το ψυκτικό είναι το νερό και λειτουργεί σε πολύ χαμηλές πιέσεις.

Κτίρια: Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Τα δομικά στοιχεία κτιρίου, που, αξιοποιώντας τις αρχές της φυσικής μεταφοράς θερμότητας συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο.

Το πιο συνηθισμένο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού.

- Παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους: ηλιακοί τοίχοι, ηλιακοί χώροι-θερμοκήπια, ηλιακά αίθρια)
- Παθητικά ηλιακά συστήματα απομονωμένου κέρδους: ηλιακοί συλλέκτες-πανέλα εκτός του κτιριακού περιβλήματος.

Προσαρτώνται σε όψεις του κτιρίου με νότιο προσανατολισμό οι οποίες θα πρέπει να μη σκιάζονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Κτίρια: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

Σχεδιασμός κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών-υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές (αέρα - άνεμο, νερό, έδαφος) αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος.

Βασικά στοιχεία: παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων.

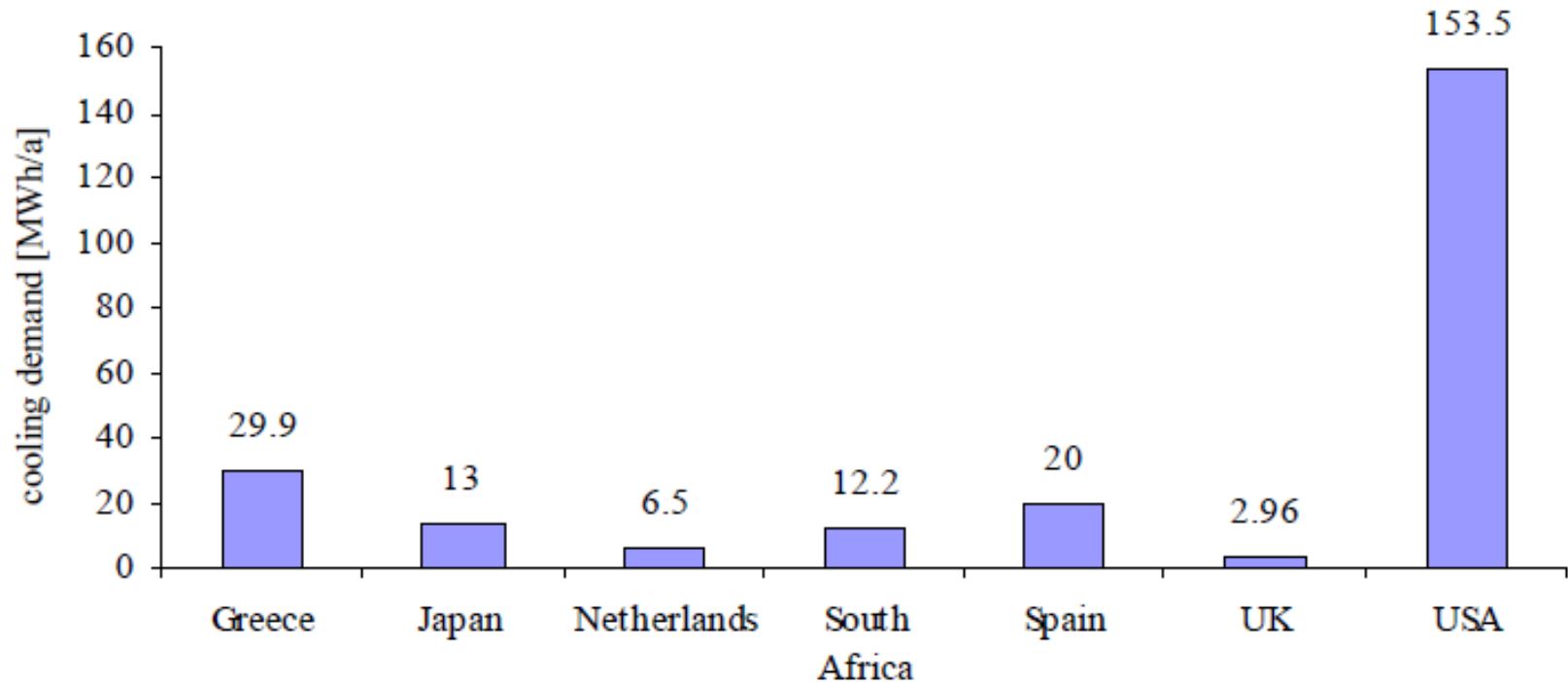
Τεχνικές: θερμική προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού και φυσικού φωτισμού και τεχνικές ορθολογικής χρήσης ενέργειας (θερμικές ζώνες, αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου).

Στην Ελλάδα τα βιοκλιματικά κτίρια παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30% σε σχέση με συνήθη συμβατικά κτίρια, ενώ σε σχέση με παλαιότερα αμόνωτα κτίρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80%.

Κτίρια: Σημερινή κατάσταση στην ενεργειακή κατανάλωση

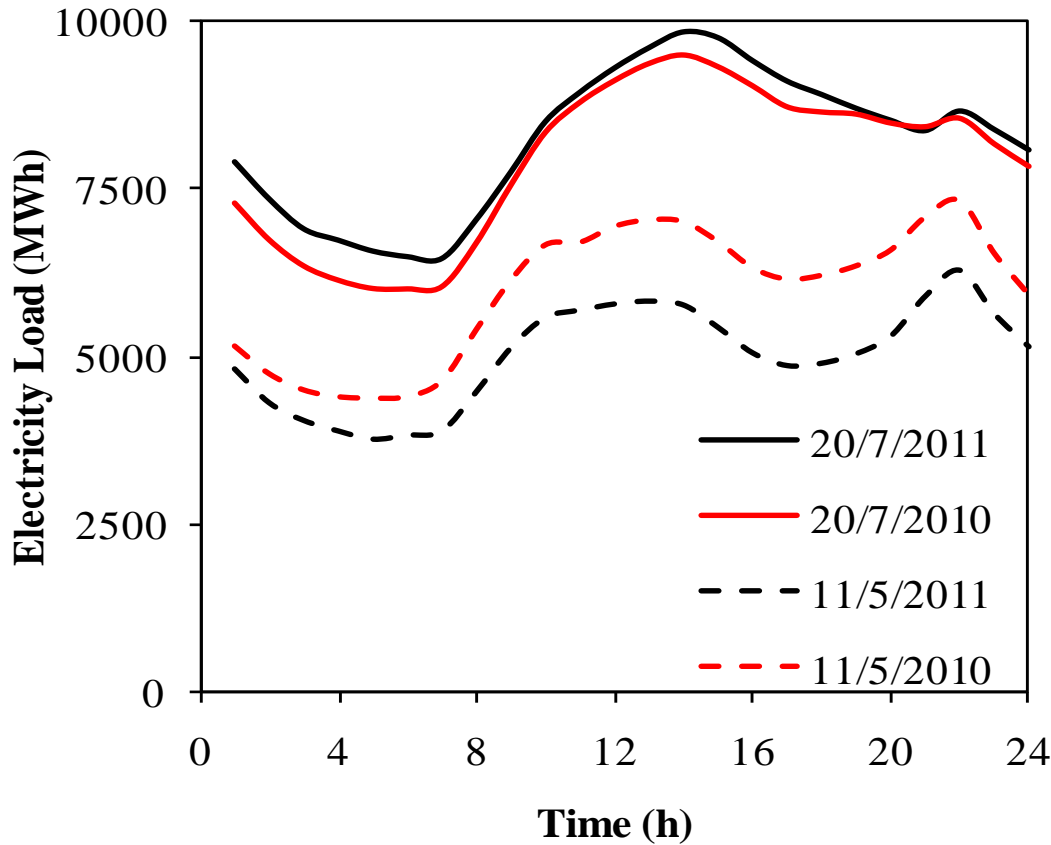
- 40% της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης (και 36% των εκπομπών του ΦΘ) οφείλεται στις κατοικίες, γραφεία, καταστήματα και άλλα κτίρια
- Μεταξύ 12% και 18% από γραφεία και τα υπόλοιπα από κατοικίες
- Εφαρμόζοντας την οδηγία της ΕΕ για μείωση της κατανάλωσης κατά 22%, 40 Mtoe πετρελαίου θ πρέπει να εξοικονομηθούν μέχρι το 2020
- Θέρμανση νερού η κύρια δραστηριότητα ενεργειακής κατανάλωσης στα νοσοκομεία, κατοικίες και σχολεία
- Φωτισμός και θέρμανση χώρου κύριες δραστηριότητες για γραφεία
- Παραγωγή σκυροδέματος υπεύθυνη για 10% των συνολικών εκπομπών CO₂ παγκοσμίως.
- Επιπρόσθετα, οι πρώτες ύλες κατασκευής των κτιρίων δεν είναι άφθονες ώστε να αντλούνται οποτεδήποτε από τη γη ενώ τα υλικά διαβρώνονται με το χρόνο και χάνουν την ενεργειακή τους αποδοτικότητα κατά τη διάρκεια της χρήσης τους

Κτίρια: Ανάγκες ενέργειας ψύξης για νέα εμπορικά κτίρια



Source: Breembroek, G. and Lazaro, F., "International heat pump status and policy review 1993-1996", IEA Heat Pump Centre, 1999.

Κτίρια: Ανάγκες ενέργειας ψύξης στις χώρες της Νότιας Ευρώπης



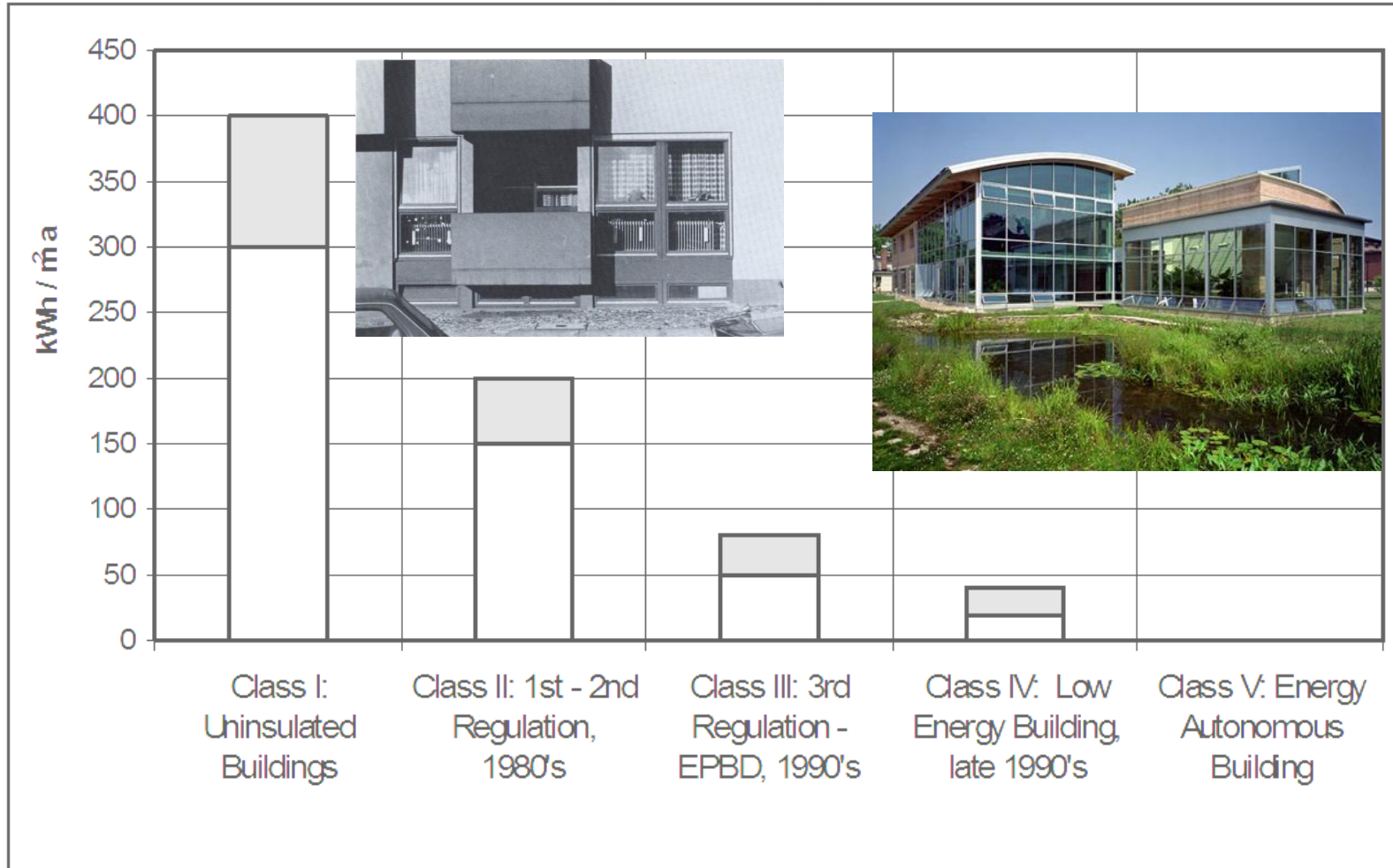
Η μέση κατανάλωση ηλεκτρισμού στην Ελλάδα αυξήθηκε από 23% τον Ιούλιο του 2011 σε σχέση με τη μέση ετήσια ενώ το ωριαίο φορτίο μιας τυπικής ημέρας τον Ιούλιο είναι 70% μεγαλύτερη από το φορτίο τον Μάιο

Μεγάλα ποσά ηλεκτρισμού για μικρό χρονικό διάστημα και παράγονται από την καύση ορυκτών καυσίμων

Ωριαίο φορτίο ηλεκτρισμού στην Ελλάδα τον Μάιο και Ιούλιο των ετών 2010 και 2011

Κτίρια & Ενέργεια

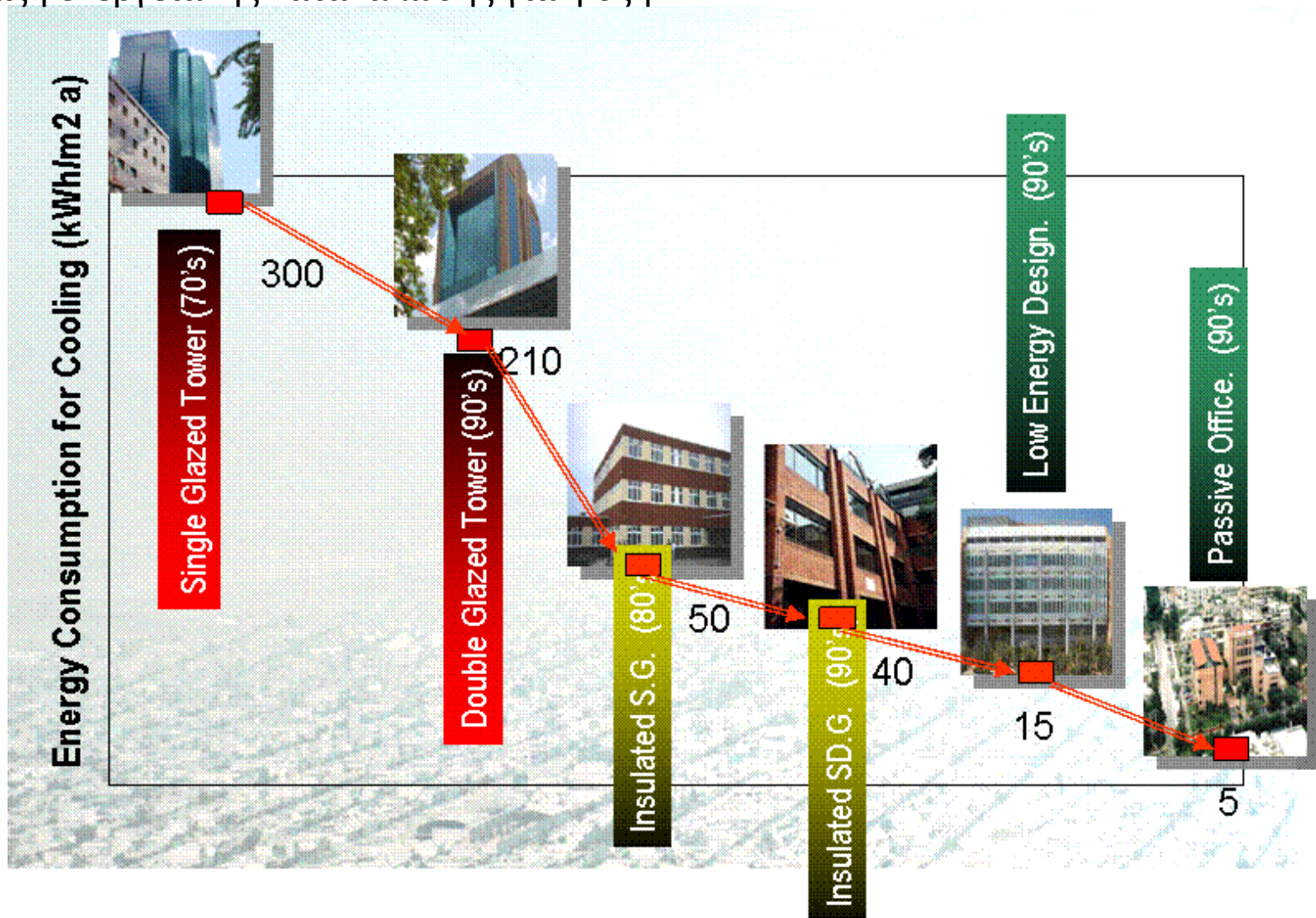
Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση



Source: Gertis, K., 1999, Sind Neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil 2: Glas-Doppelfassaden, Bauphysik, vol. 21, pp. 54–66

Κτίρια & Ενέργεια

Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη



Source: M. Santamouris (Ed.), Advances in Passive Cooling (BEST (Buildings Energy and Solar Technology)), Routledge, ISBN-13: 978-1844072637, 2007

Κτίρια & Ηλιακή Ενέργεια

Γιατί να χρησιμοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια στα κτίρια?

Η ενέργεια από τον ήλιο είναι ανανεώσιμη, καθαρή, άφθονη, διαθέσιμη, φτηνή, μετασχηματίσιμη, μεταφερόμενη, αποθηκευόμενη, ανεξάντλητη πηγή ενέργειας.

Οι υπάρχουσες τεχνολογίες μπορούν να μετατρέψουν την ακτινοβολία σε θερμότητα, ηλεκτρισμό και ψύξη

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να καλύψει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών: θέρμανση χώρου και φωτισμός, ζεστό νερό χρήσης, και ψύξη χώρου

Ανάγκες Κτιρίου		Ηλιακή Τεχνολογία
Ζεστό Νερό Χρήσης		Ηλιακή Θέρμανση
Θερμότητα		Παθητική Θέρμανση
Ψύξη		Ελεύθερη Ψύξη
Φως		Φυσικός Φωτισμός
Ηλεκτρισμός		Φωτοβολταϊκά

Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης: Βιοκλιματικός σχεδιασμός και ενσωμάτωση ΑΠΕ



ΚΜΚ: Αειφόρος δόμηση μηδενικής ενέργειας



Τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας

Παθητικές ηλιακές τεχνολογίες συμπεριλαμβάνουν υλικά με κατάλληλες θερμικές ιδιότητες, σχεδιασμό χώρων με φυσική κυκλοφορία αέρα και κατάλληλος προσανατολισμός κτιρίων

Ενεργές ηλιακές τεχνολογίες με χρήση φωτοβολταϊκών πινέλων, αντλίες και ανεμιστήρες που μετατρέπουν το ηλιακό φως σε χρήσιμη ενέργεια

Κτιριακή ενσωμάτωση

1. Κτιριακά εξαρτήματα
(Κέλυφος, Τοίχοι,
Παράθυρα κλπ..)
Φάση Σχεδιασμού

2. Κτιριακά
προστιθέμενα
εξαρτήματα
(Οροφές, Πρόσοψη
κλπ.)
*Φάση Κατασκευής-
Λειτουργίας*

3. Κτιριακά
προστιθέμενα
συστήματα
Φάση Λειτουργίας

Παθητικές ηλιακές διεργασίες:Θέρμανση

- Ο ήλιος θερμαίνει τους χώρους και η θερμοκρασία διατηρείται
- Σχεδιασμός 3 στοιχείων:
 - μόνωση
 - συλλογή
 - αποθήκευση
- Προσαρμογή των παραθύρων ώστε να συμβάλλουν:
 - μείωση της τιμής-U
 - διατήρηση μεγάλου συντελεστή SHGC για ηλιακή θέρμανση και μικρού για ηλιακό δροσισμό με ανακλαστικές επικαλύψεις
 - επιτρέπει μικρή εκπεψιμότητα

**Απορροφητικοί τοίχοι που συλλέγουν και αποθηκεύουν θερμότητα
Συναγωγή με φυσική κυκλοφορία
Ακτινοβολία από τους τοίχους ενισχύουν τη θερμική μεταφορά**

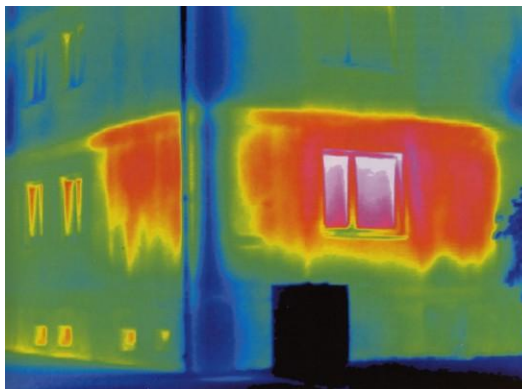
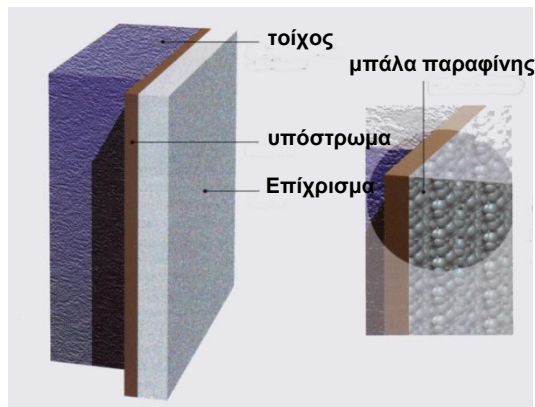
**Ηλιακή
Πρόσοψη (Τοίχος
Trombe)**

**Απευθείας
Κέρδη**

**Τοίχος συλλογής-
Αποθήκευσης**

Παθητικές ηλιακές διεργασίες και Νέες Τεχνολογίες Κτιριακής Ενσωμάτωσης

Νέοι θερμομονωτές: μικρότερου πάχους και μεγαλύτερης αποδοτικότητας για ενεργειακή αποθήκευση. Υλικά αλλαγής φάσης



Νέες τεχνολογίες για τη μείωση της επίδρασης των θερμικών γεφυρών (εξωτερική θερμομόνωση, συνδέσεις μεταξύ των τοίχων, μεταλλικές κατασκευές, πλαίσια αλουμινίου και ξύλου): μείωση των θερμικών απωλειών μέχρι 30%

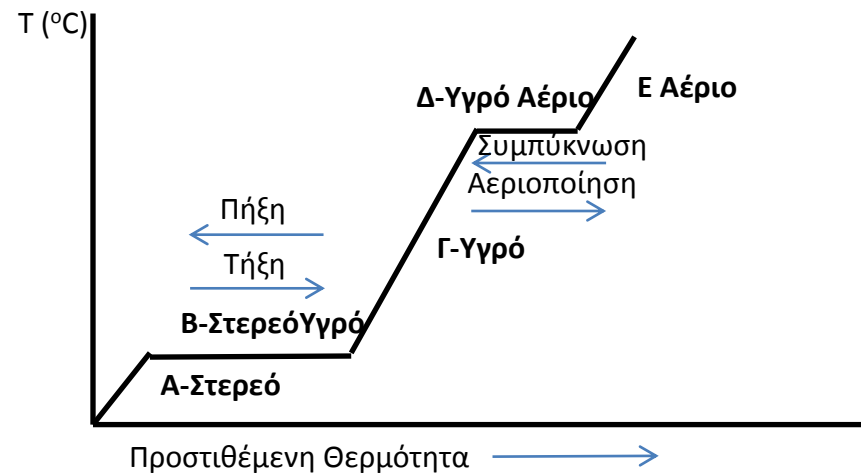
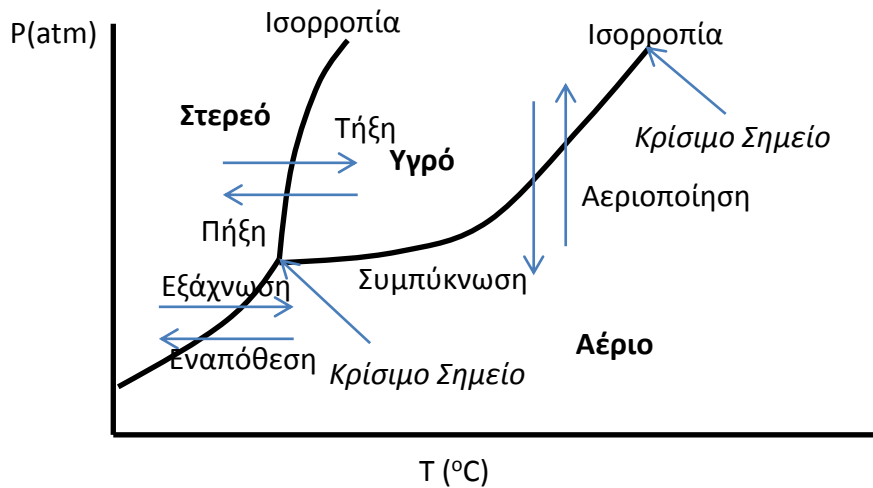
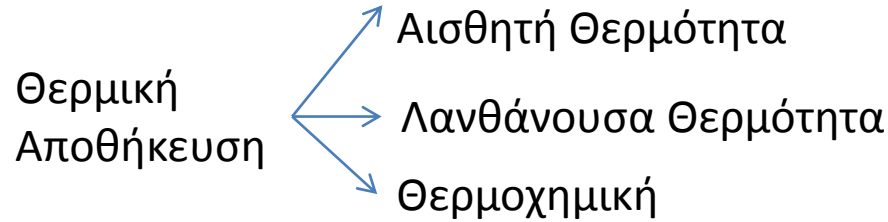
Παράθυρα μεγάλης θερμομονωτικής ικανότητας και ενεργά παράθυρα:

- Διπλά τζάμια υπό κενό: ενεργειακές απώλειες $=0.5 \text{ W/m}^2/\text{°C}$
- Θερμοχρωμικά-Ηλεκτροχρωμικά: μεταβλητά διαπερατά με τη θερμική ροή (20-60%)
- Νέα διαφανή υλικά και Φωτοβολταικά



<https://en.wikipedia.org/wiki/Muntin>

Παθητική Ηλιακή Θέρμανση & Ψύξη – PCMs (Υλικά Αλλαγής Φάσης)

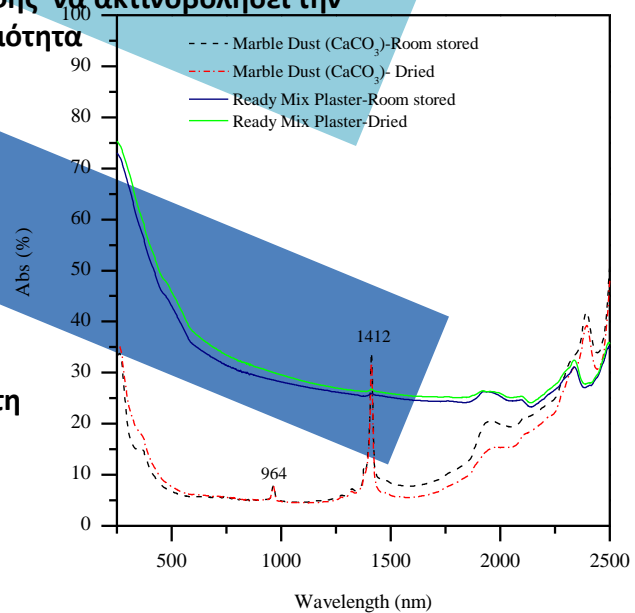
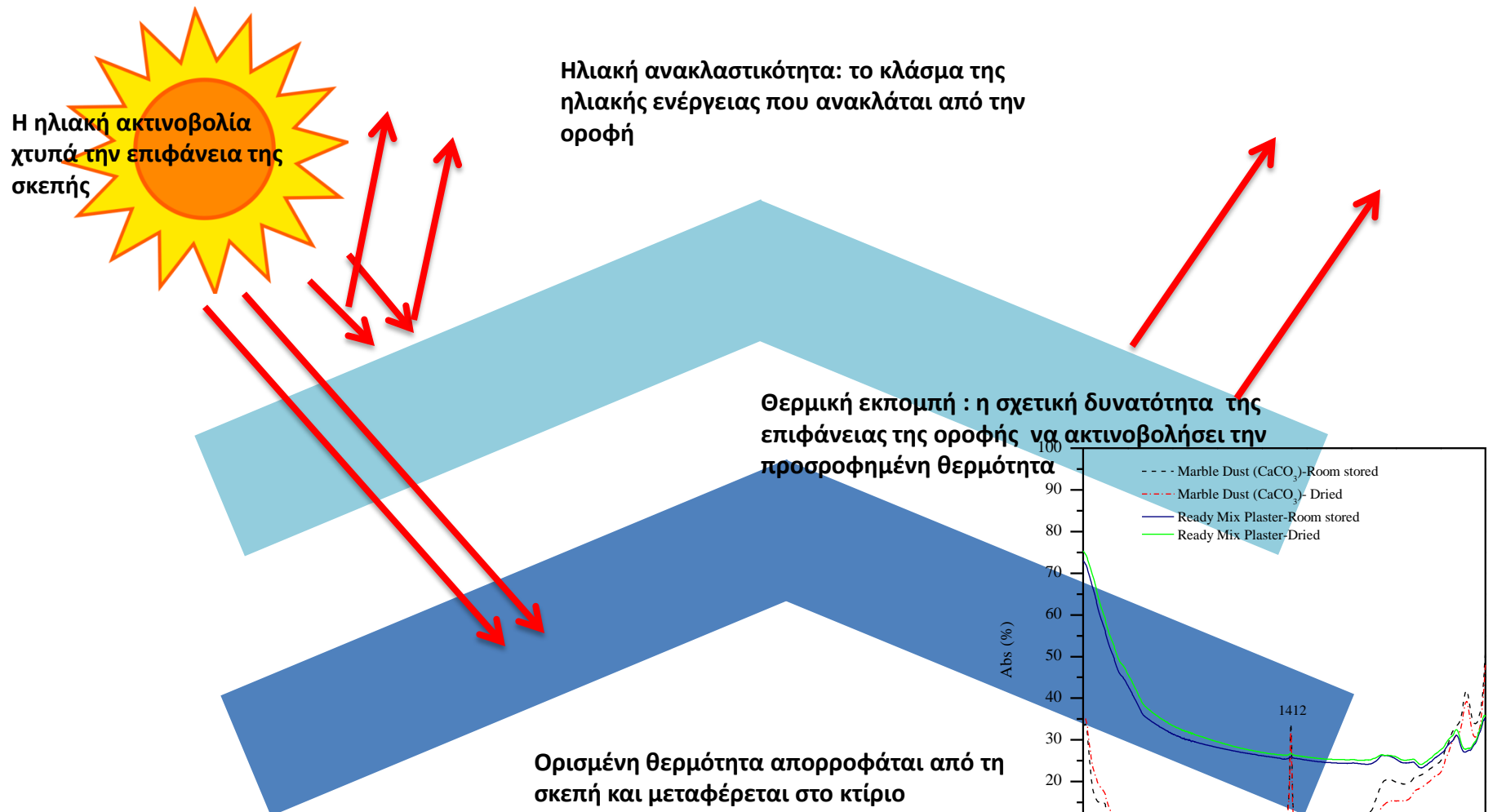


Παθητική Ηλιακή Θέρμανση & Ψύξη – PCMs (Υλικά Αλλαγής Φάσης)

PCMs ενσωμάτωση σε δομικά υλικά

1. Απευθείας ενσωμάτωση
2. Απορρόφηση
3. PCMs σε κόκκους και σύνθετα υλικά
 - micro-ENCAPSULATION
 - macro-ENCAPSULATION
 - Σύνθετα
 - Shape-stabilized PCM
 - OTHERS

Παθητικός Ηλιακός Δροσισμός- Ανακλαστικά Υλικά



Φάσμα απορρόφησης από το φασματοφωτόμετρο Lambda 950 του Τμήματος ΔΠΦΠ

Παθητικός Ηλιακός Δροσισμός – Πράσινες επιφάνειες



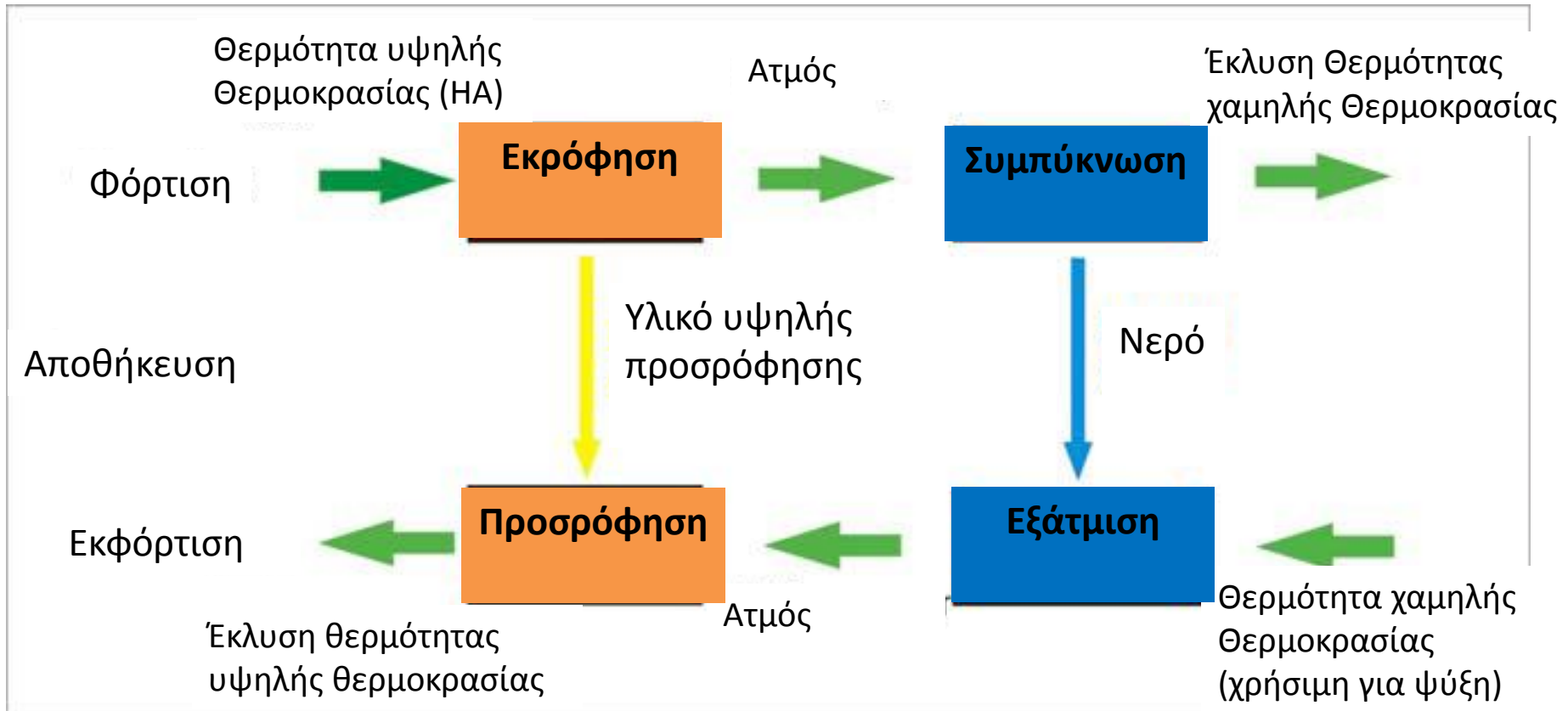
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zielona_G%C3%B3ra,_ul._G%C5%82owackiego_7_\(4\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zielona_G%C3%B3ra,_ul._G%C5%82owackiego_7_(4).jpg)



https://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof

Θερμική αποθήκευση προσρόφησης – Θερμικές Αντλίες – Μηχανές Ψύξης

Αρχή λειτουργίας θερμικής αποθήκευσης με προσρόφηση σε υλικό όπως ζεόλιθοι-silica gel



Η εξαγωγή θερμότητας από τον προσροφητή είναι ανάλογη της ποσότητας ατμού που προσροφάται

Σύγκριση προσροφητών

Πυκνότητα θερμικής αποθήκευσης: 250 kWh/m³

Έρευνα για αύξηση κατά παράγοντα 2 μέχρι το 2030

Τιμές των υλικών
(AIPO's: 20-50 €/kg)

Στόχος: <1 €/kg

Έντονη ερευνητική δραστηριότητα τα τελευταία χρόνια

Κτίρια που ιδρώνουν



<https://pixabay.com/en/photos/blue%20rain/>



<https://pixabay.com/en/drinking-sun-water-woman-young-87155/>

Nature | Research Highlights

Πολυμερικό υλικό (από ETH Zurich) κάνει τα κτίρια να ιδρώνουν

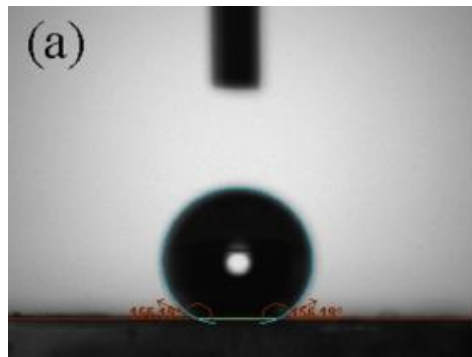
Nature

489,180 (13 September 2012),

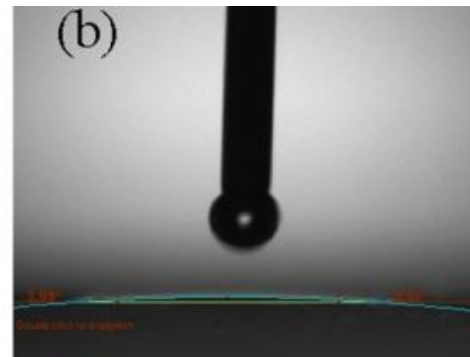
Published online, 12 September 2012

Παθητικός δροσισμός με φωτο-επαγόμενη υδροφιλία

Λεπτά υμένια TiO_2 που καλύπτονται με νερό, υπό ηλιακή ακτινοβολία καταλαμβάνουν πάχος ορισμένων μικρών και ψύχουν τις επιφάνειες λόγω της εξάτμισης



Υδρόφοβη Επιφάνεια



Υδρόφιλη Επιφάνεια

Εξατμιστικός δροσισμός και Πορώδη Υλικά

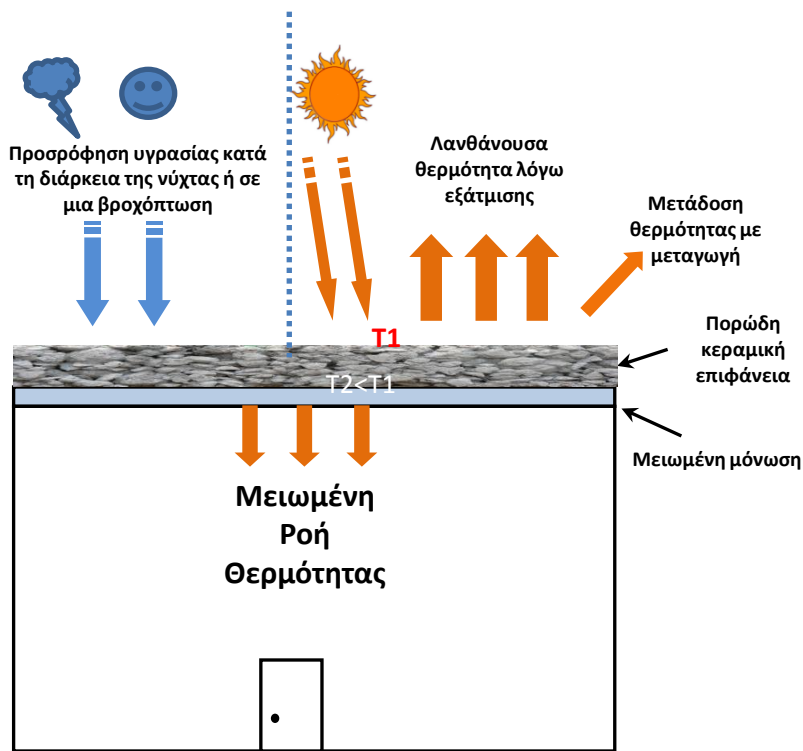
Αρχή Εφαρμογής

Όταν συμβαίνει η εξάτμιση, η επιφανειακή θερμοκρασία του πορώδους υλικού μειώνεται εξαιτίας της λανθάνουσας θερμότητας που απελευθερώνεται. Συνεπώς η ροή θερμότητας από την επιφάνεια μειώνεται.

Εργασίες των J. He και A. Hoyano στο περιοδικό Building and Environment 345 (2010) 461

και Q. Meng, W. Hu Energy and Buildings 37 (2005) 1, S. Wanphen, K.Nagano Building and Environment 44 (2009) 338

Ηλιακός δροσισμός κτιρίων με δομική ενσωμάτωση υλικών



Κύκλος: Νυχτερινή προσρόφηση υγρασίας – Συμπύκνωση - Ηλιακή Εξάτμιση - Εκρόφηση

↓

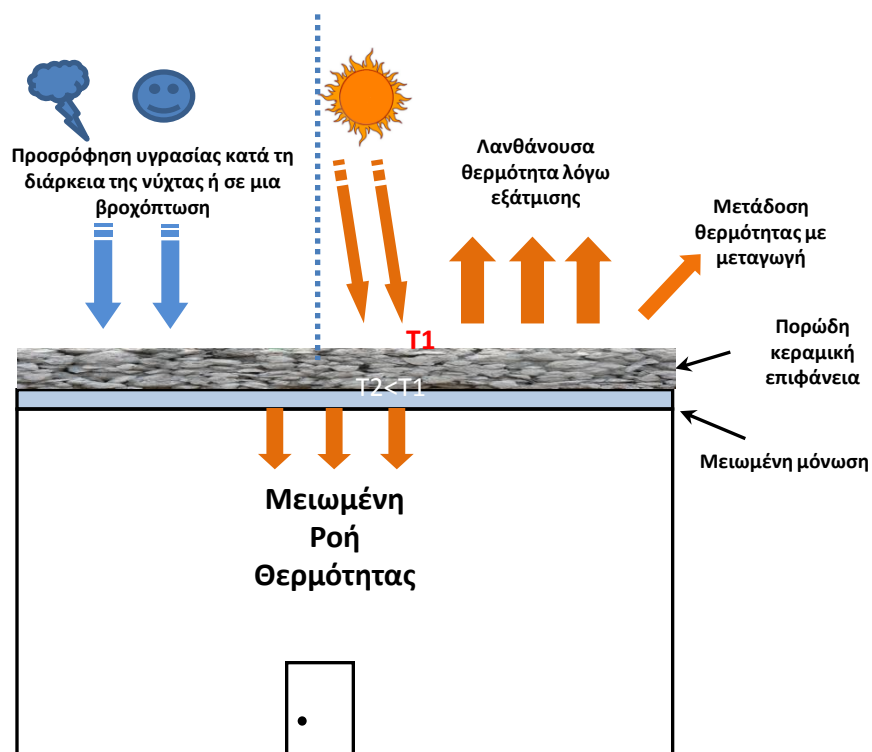
Η επιφανειακή θερμοκρασία του πορώδους υποστρώματος μειώνεται, εξαιτίας της λανθάνουσας θερμότητας και της ενέργειας εκρόφησης που απελευθερώνονται

↓

Η ροή θερμότητας διαμέσου της οροφής ή του κελύφους περιορίζεται

Ηλιακός δροσισμός κτιρίων με δομική ενσωμάτωση υλικών

Ως υλικό οροφής ή
Ενσωματωμένο σε τμήματα των κτηρίων



Πρόσθετα (Οροφή καλυμμένη με βότσαλα)



https://en.wikipedia.org/wiki/Japanese_rock_garden
Χρήση σε θερμοκήπια για διατήρηση
σταθερής θερμοκρασίας



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Strawberry_greenhouse.jpg

Ειδικοί υαλοπινάκες

Ανακλαστικοί υαλοπίνακες: Μείωση των ηλιακών κερδών μέσω ανάκλασης, αλλά θάμπωση περιβάλλοντα χώρο

Έγχρωμοι υαλοπίνακες: Χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα

Επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e): Περιορισμός θερμικής ακτινοβολίας

Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες: Αύξηση θερμομονωτικής ικανότητας (συνήθως διπλοί με διάκενο κάποιο αδρανές αέριο (π.χ. αργό))

Ηλεκτροχρωμικοί: Μεταβολή οπτικών χαρακτηριστικών (αύξηση ανακλαστικότητας και απορρόφησης με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος)

Φωτοχρωμικοί: Μεταβολή οπτικών ιδιοτήτων με μείωση της φωτοδιαπερατότητας όταν αυξάνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

Θερμοχρωμικοί: Μεταβολή των οπτικών ιδιοτήτων με μείωση της φωτοδιαπερατότητας όταν αυξάνει η επιφανειακή τους θερμοκρασία

Ενσωματωμένων ΦΒ: Συνήθως άμορφου πυριτίου και DSSC με δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρισμού και έμμεσα οφέλη

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την 1^η έκδοση.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Δημήτρης Καραμάνης, 2015.

Δημήτρης Καραμάνης, «Περιβάλλον - Ενέργεια». Έκδοση: 1.0. Αγρίνιο 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/ENV110/index.php>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού, Απαγόρευση Εμπορικής Χρήσης και Όχι Παράγωγα Έργα. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

« Το υλικό της παρουσίασης προέρχεται από τις πανεπιστημιακές παραδόσεις του καθηγητή Δ. Καραμάνη».



Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Διαφάνεια 5: www.nasa.gov

Διαφάνεια 6: science-edu.larc.nasa.gov

Διαφάνεια 8: mynasadata.larc.nasa.gov

Διαφάνεια 9: commons.wikimedia.org

Διαφάνεια 10: <https://pixabay.com/en/photos/earth/>

Διαφάνεια 13: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmospheric_Transmission.png

Διαφάνεια 14-15: <http://www.powerfromthesun.net/Book/chapter03/chapter03.html>

Διαφάνεια 16: www.cres.gr

Διαφάνεια 23-25: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvngis/>

Διαφάνεια 29: Δ. Χασάπης, Συστήματα Cobi, ΚΑΠΕ (www.cres.gr)

Διαφάνεια 33: Source: IEA SHC, Solar Heat Worldwide, Edition 2012

Διαφάνεια 35: https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy

Διαφάνεια 45: Source: Breembroek, G. and Lazaro, F., "International heat pump status and policy review 1993-1996", IEA Heat Pump Centre, 1999.

Διαφάνεια 47: Source: Gertis, K., 1999, Sind Neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil 2: Glas-Doppelfassaden, Bauphysik, vol. 21, pp. 54–66



Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Διαφάνεια 48: Source: M. Santamouris (Ed.), Advances in Passive Cooling (BEST (Buildings Energy and Solar Technology)) , Routledge, ISBN-13: 978-1844072637, 2007

Διαφάνεια 50: https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_building

Διαφάνεια 54: <https://en.wikipedia.org/wiki/Muntin>

Διαφάνεια 58:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zielona_G%C3%B3ra,_ul._G%C5%82owackiego_7_\(4\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zielona_G%C3%B3ra,_ul._G%C5%82owackiego_7_(4).jpg)

https://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof

Διαφάνεια 61: <https://pixabay.com/en/drinking-sun-water-woman-young-87155/>

<https://pixabay.com/en/photos/blue%20rain/>

Διαφάνεια 65: https://en.wikipedia.org/wiki/Japanese_rock_garden

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Strawberry_greenhouse.jpg

