



Μάθημα: «Ενέργεια και Περιβάλλον»

ΝΙΚΟΣ ΚΑΤΣΟΥΛΑΚΟΣ, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.  
ΝΙΚΟΣ ΜΑΜΑΣΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**«ΕΝΕΡΓΕΙΑ (και εξοικονόμηση ενέργειας)  
ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ»**

# ΕΝΟΤΗΤΑ 1η

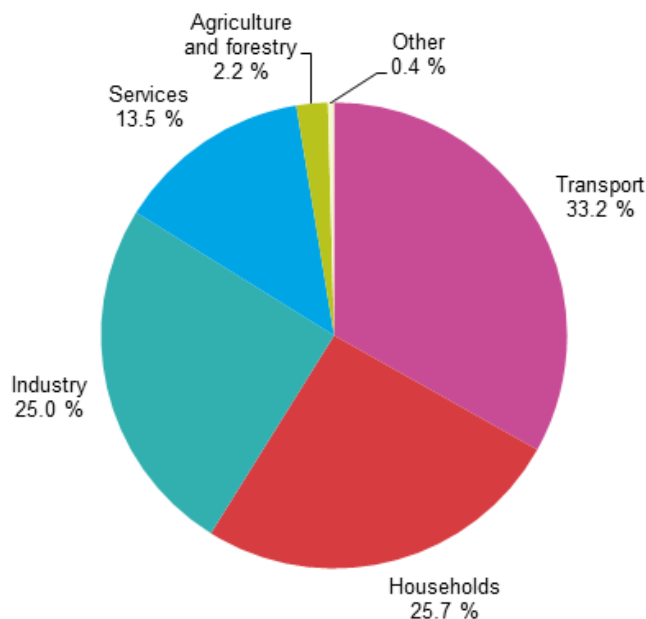
---

**Ας μιλήσουν οι αριθμοί...**

# ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ Η ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ;

## Final energy consumption by sector, EU-28, 2016

(% of total, based on tonnes of oil equivalent)



Source: Eurostat (online data code: nrg\_100a)

eurostat 

- Από το 1990, σταθερά, το ένα τέταρτο της ενέργειας στην ΕΕ καταναλώνεται στον οικιακό τομέα.
- Η ενέργεια που καταναλώνεται στον τομέα υπηρεσιών, σε μεγάλο βαθμό, οφείλεται σε ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίων.

**Συνηματολογία: Η εξοικονομούμενη ενέργεια αποτελεί την πιο πλούσια πηγή ενέργειας**

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

## ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ

- ✓ Θέρμανση χώρων το χειμώνα
- ✓ Θέρμανση νερού χρήσης (ZNX)
- ✓ Μαγείρεμα

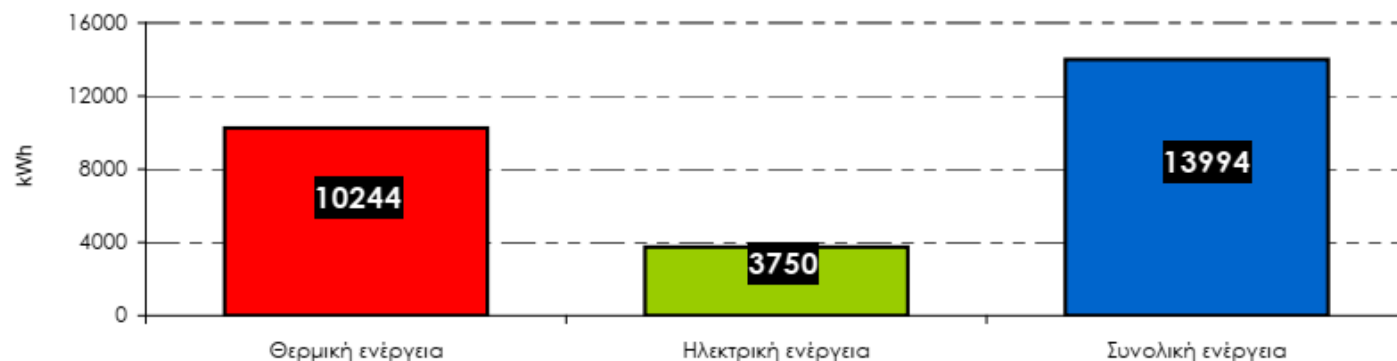


## ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ

- ✓ Φωτισμός χώρων
- ✓ Ηλεκτρικές/ ηλεκτρονικές συσκευές
- ✓ Ψύξη χώρων το καλοκαίρι

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Γράφημα 1. Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά νοικοκυριό



ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τελική χρήση

Θέρμανση χώρων	63,7
Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX)	5,7
Μαγείρεμα	17,3
Ψύξη Χώρων	1,3
Φωτισμός	1,7
Συσκευές (ηλεκτρικές/ηλεκτρονικές)	10,2
Σύνολο	100,0

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

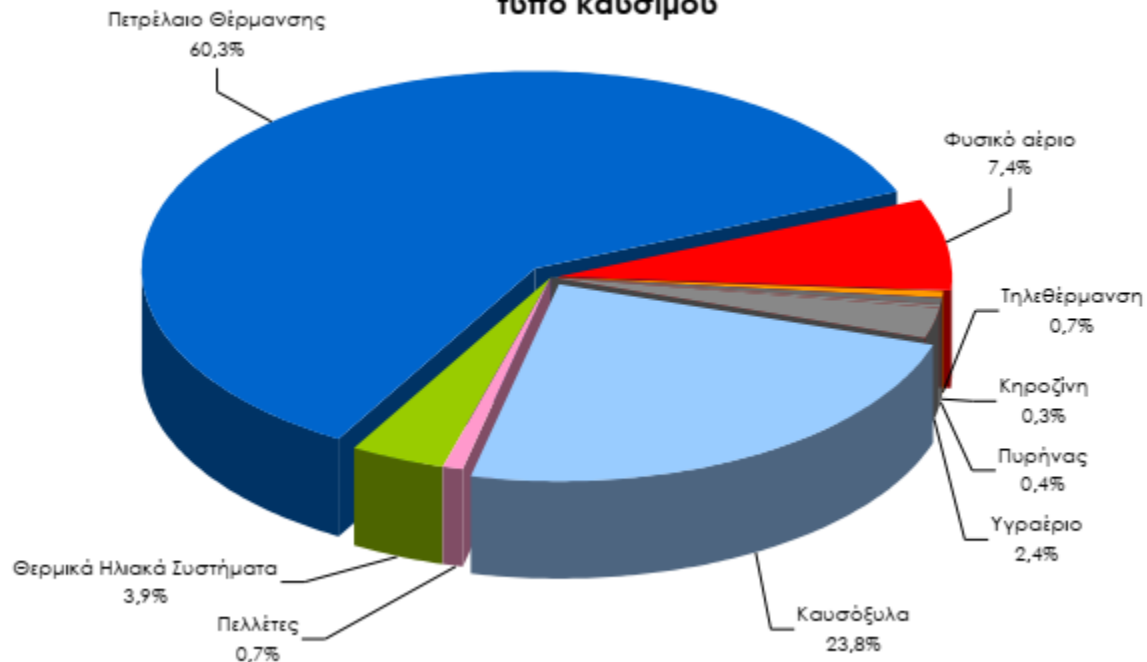
Πετρέλαιο Θέρμανσης	44,1
Φυσικό αέριο	5,4
Τηλεθέρμανση	0,5
Κηροζίνη	0,3
Πυρήνας	0,3
Υγραέριο	1,8
Καυσόξυλα	17,4
Πελλέτες (Συσσωματώματα ξύλου)	0,5
Θερμική Ενέργεια (από Θερμικά Ηλιακά Συστήματα)	2,9
Ηλεκτρισμός	26,8
Σύνολο	100,0

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά νοικοκυριό – Ποσοστιαία (%) κατανομή κατά τελική χρήση**

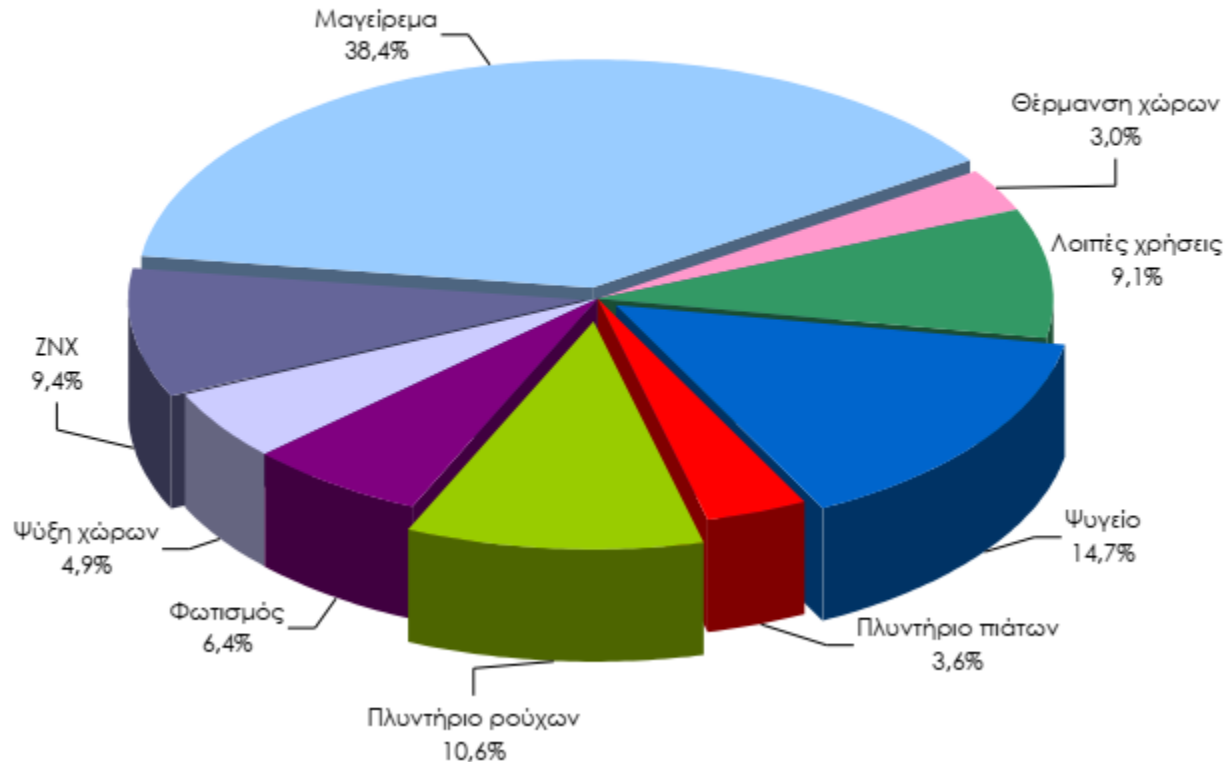
Τύπος τελικής χρήσης	%
Θέρμανση χώρου	85,9
Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX)	4,4
Μαγείρεμα	9,7

**Γράφημα 2. Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης θερμικής ενέργειας κατά τύπο καυσίμου**



# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Γράφημα 3. Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση





## ΕΝΟΤΗΤΑ 2η

---

**Βασικές αρχές εκτίμησης ενεργειακών μεγεθών  
κτιρίων**

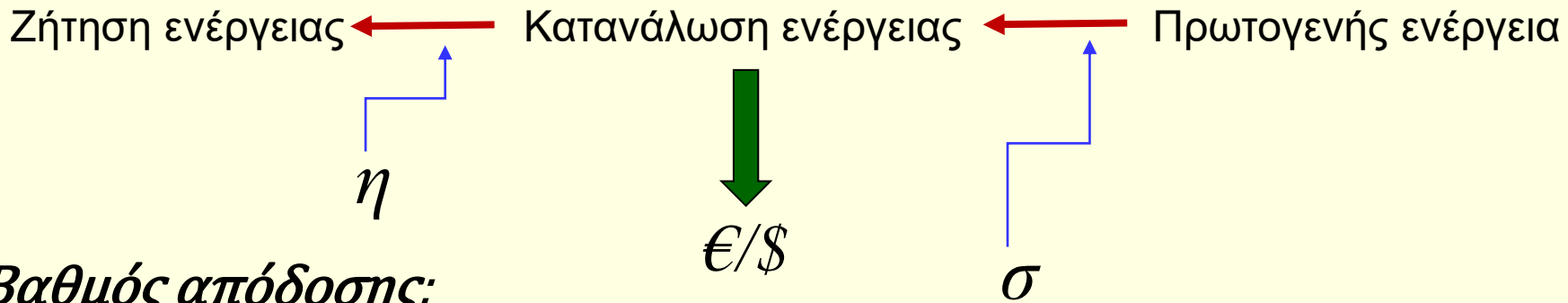
## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ (1/3)

- Το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών καταναλώσεων στα κτίρια σχετίζονται με τη θέρμανση χώρων
- Η θέρμανση είναι σε μεγάλο βαθμό «ανελαστική» κατανάλωση
- Εάν δεν εξασφαλίζονται οι συνθήκες θερμικής άνεσης (**20°C το χειμώνα/ 26°C το καλοκαίρι**), οι χρήστες του κτιρίου αισθάνονται δυσφορία και, ειδικά το χειμώνα, μπορούν να προκληθούν και ασθένειες
- Η μη επίτευξη επαρκούς θέρμανσης και ψύξης ενός σπιτιού και χρήσης βασικών ηλεκτρικών συσκευών (π.χ. ψυγείο, πλυντήριο) λόγω αδυναμίας κάλυψης του σχετικού κόστους, είναι γνωστή ως **ενεργειακή φτώχεια**
- Η εκτίμηση της ζήτησης και κατανάλωσης θερμικής ενέργειας ενός κτιρίου καθώς και ο υπολογισμός της απαιτούμενης ισχύος των σχετικών συστημάτων αποτελούν κλάδο της εφαρμοσμένης θερμοδυναμικής και βασικό μέρος του σχεδιασμού κτιρίων

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ (2/3)

- Ορίζεται ως **ενεργειακή απόδοση κτιρίου**: η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την κάλυψη της ζήτησης ενέργειας για θέρμανση χώρων, ψύξη χώρων, αερισμό χώρων, παραγωγή ΖΝΧ και φωτισμό.
- Στην περίπτωση του οικιακού τομέα η ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό δε λαμβάνεται υπ' όψιν.
- Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης ισχύει από το 2010 ο «**Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ**» που καθορίζει τις σχετικές πρότυπες μεθοδολογίες.
- Βάσει του ΚΕΝΑΚ για κάθε νέα οικοδομή (ανέγερση μετά το 2010) πρέπει να τηρούνται ορισμένες ελάχιστες απαιτήσεις ως προς την ενεργειακή της κατανάλωση, οι οποίες πιστοποιούνται από ενεργειακές επιθεωρήσεις.
- Ενεργειακές επιθεωρήσεις είναι υποχρεωτικό να πραγματοποιούνται και κατά την ενοικίαση, πώληση, ανακαίνιση κλπ. ακινήτων

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ (3/3)



**Βαθμός απόδοσης:**

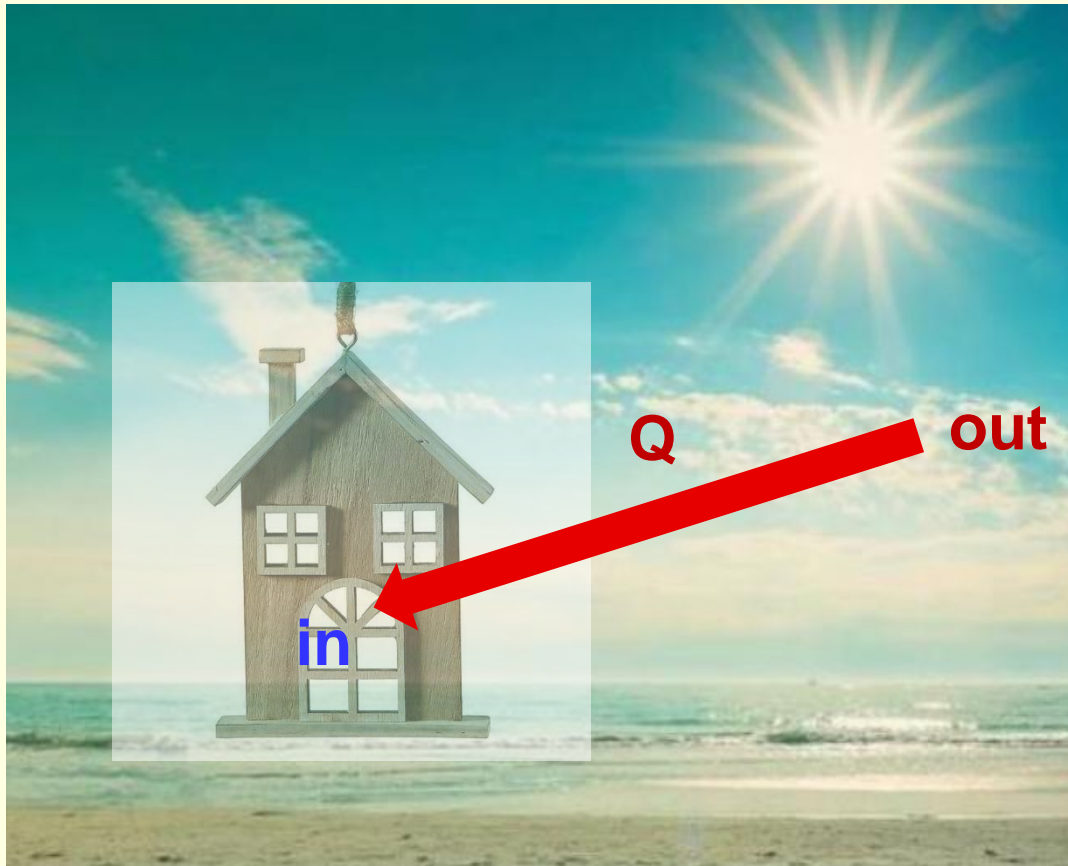
$$\eta = \frac{\text{Ωφέλιμη ενέργεια}}{\text{Καταναλισκόμενη ενέργεια}}$$

**Συντελεστής μετατροπής:**

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια
Φυσικό αέριο	1,05
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10
Ηλεκτρική ενέργεια	2,9
Υγραέριο	1,05
Βιομάζα	1,00
Τηλεθέρμανση από θερμικούς ηλεκτροπαραγωγής σταθμούς	0,7
Τηλεθέρμανση από ΑΠΕ	0,5

# ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΥΝΑΛΛΑΣΣΕΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ

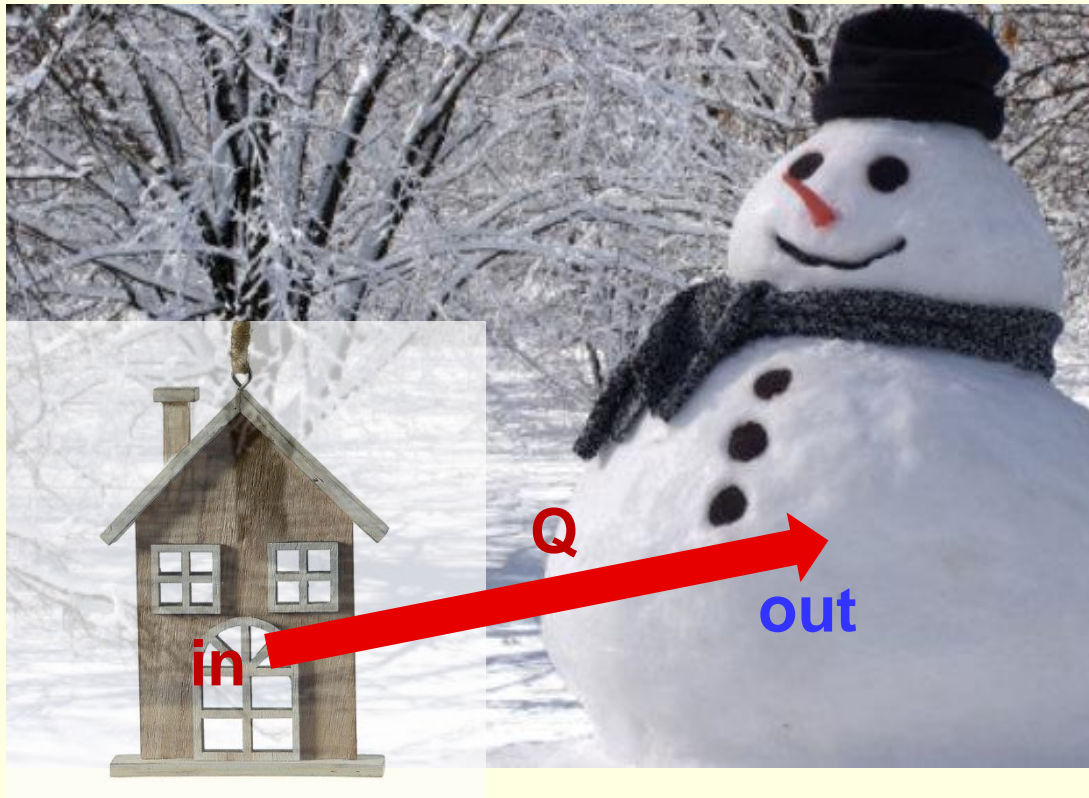
## Το καλοκαιράκι στην ακρογιαλιά...



- Δημιουργούνται ψυκτικά φορτία, λόγω της μεγαλύτερης θερμοκρασίας του περιβάλλοντος σε σχέση με την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου
- Απαιτείται ψύξη του κτιρίου για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων

# ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΥΝΑΛΛΑΣΣΕΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ

Μέσα στη βαρυχειμωνιά τώρα που κάνει κρύο...



- Δημιουργούνται θερμικές απώλειες, λόγω της μικρότερης θερμοκρασίας του περιβάλλοντος σε σχέση με την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου
- Απαιτείται θέρμανση του κτιρίου για την κάλυψη των θερμικών απωλειών

# ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ/ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ

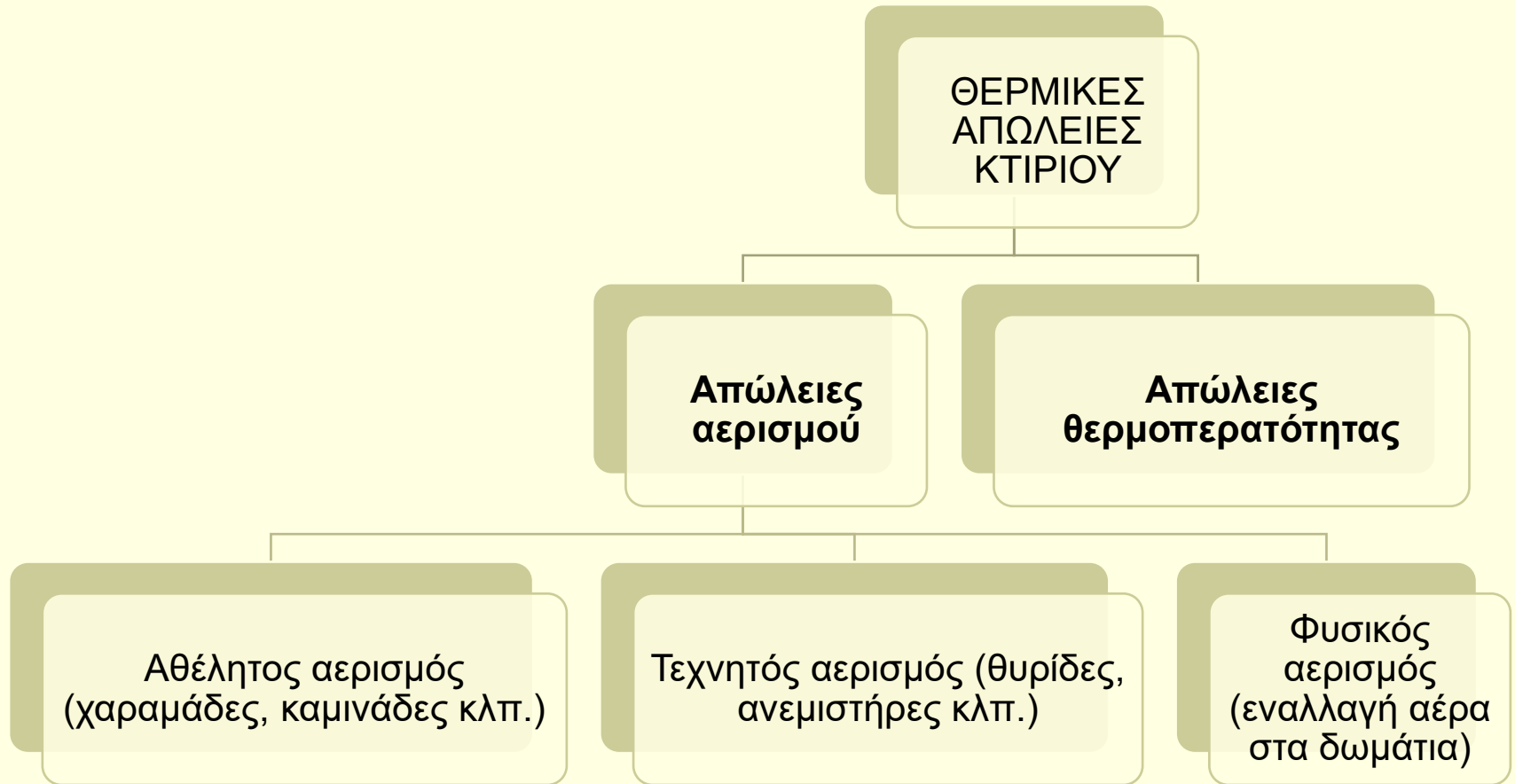
Ζήτηση  
θέρμανσης/  
ψύξης =  $f$  (κλιματικές συνθήκες, κτιριακό κέλυφος, συνήθειες)

Παραμετροποίηση  
μέσω βαθμομερών

Παραμετροποίηση μέσω  
συντελεστών  
θερμοπερατότητας και  
παροχών αέρα

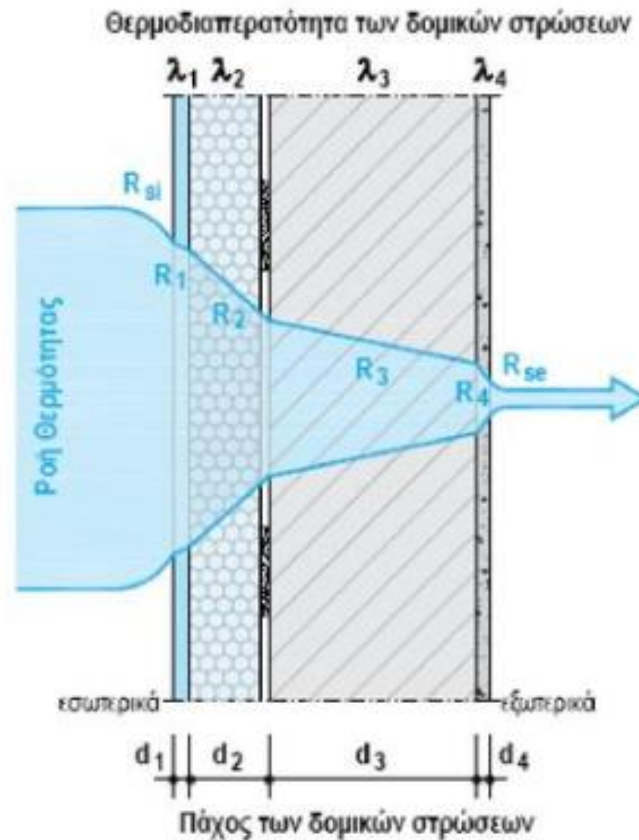
Δύσκολη παραμετροποίηση  
/ υποκειμενικός  
παράγοντας – ποιοτική  
διάσταση

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ





# ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ/ ΓΕΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ



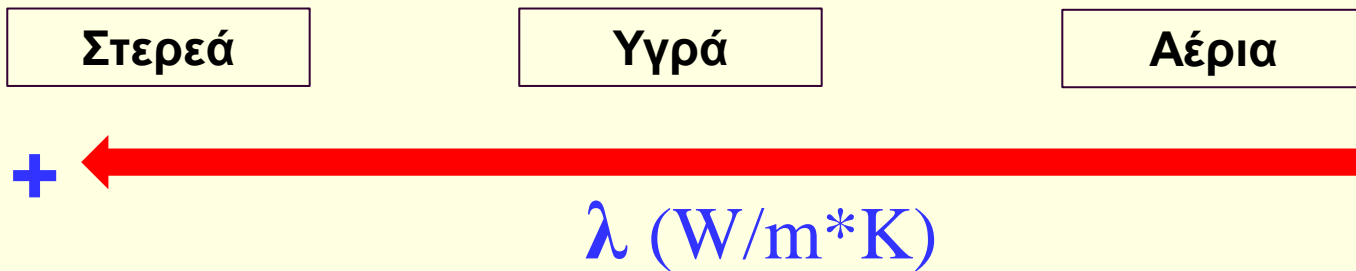
$R_{1,4}$  = Αντίσταση θερμικής διαπερατότητας των δομικών στρώσεων

$R_{si}$  = Θερμική αντίσταση εσωτερικά = Θερμική μεταφορά από αέρα δωματίου στο δομικό στοιχείο εσωτερικά

$R_{se}$  = Θερμική αντίσταση εξωτερικά = Θερμική μεταφορά από δομικό στοιχείο στον εξωτερικό αέρα

# ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ/ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

- Η θερμική αγωγιμότητα είναι χαρακτηριστική ιδιότητα της ύλης που προσδιορίζει την ευκολία ή δυσκολία μετάδοσης θερμότητας στο εσωτερικό ενός υλικού
- Μετριέται με τον συντελεστή αγωγιμότητας ( $\lambda$ ) ο οποίος διαφέρει από σώμα σε σώμα



- Μάρμαρο: 3,5    ▪ Πυκνό ξύλο: 0,21    ▪ Γυαλί: 0,81                      ▪ Υαλοβάμβακας: 0,035
- Χαλκός: 283,5    ▪ Σκυρόδεμα: 2,03    ▪ Γυψοσανίδα: 0,58                ▪ Περλίτης: 0,064

# ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ/ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ & ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ

- **Θερμική αντίσταση** [ $m^2 \cdot K/W$ ]: Μετρά με πόση δυσκολία περνά η θερμότητα, διαμέσου ενός υλικού ή στρώσεων υλικών (σύστημα) με διαφορά θερμοκρασίας στις δύο πλευρές του ίση με ένα βαθμό.

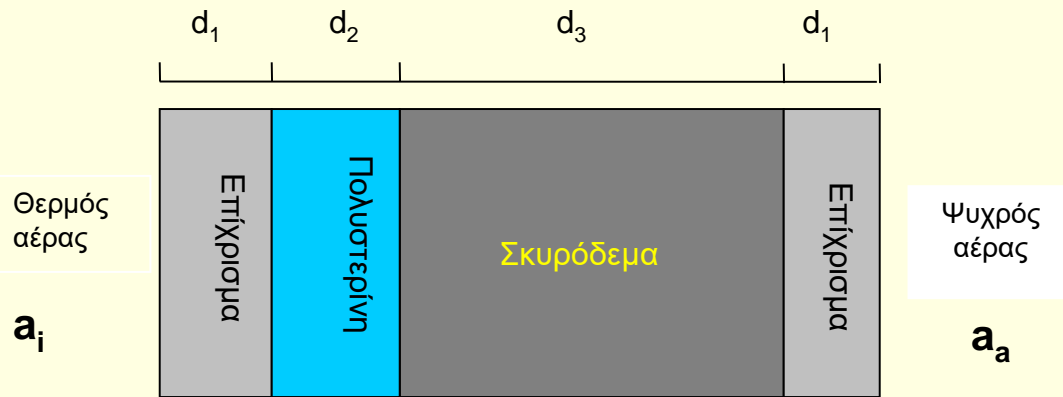
$$R = \frac{d}{\lambda}$$

- **Συντελεστής Θερμοπερατότητας ή Θερμοδιαφυγής** [ $W/m^2 \cdot K$ ]: Είναι η ποσότητα θερμικής ισχύος που περνά μέσα από ένα τετραγωνικό ενός δομικού στοιχείου, ορισμένου πάχους  $d$ , όταν μεταξύ των δύο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού.

$$U = \frac{1}{R}$$

# ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ/ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ & ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ

Προσδιορίστε στο παρακάτω δομικό στοιχείο το συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$ .



όπου:  $d_1=0.020$  m       $\lambda_1=0.800$  W/m\*K  
 $d_2=0.040$  m       $\lambda_2=0.035$  W/m\*K  
 $d_3=0.250$  m       $\lambda_3=1.810$  W/m\*K  
 $1/a_i=0.130$        $1/a_a=0.040$

Συνολική θερμική αντίσταση υλικών:  $R_{o\lambda} = 2 \cdot d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + d_3/\lambda_3$

Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου:  $U = 1/a_i + 1/R_{o\lambda} + 1/a_a$

# ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ/ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Έστω ότι σε ένα κτίριο υπάρχουν  $i$  δομικά στοιχεία, το καθένα εκ των οποίων έχει εμβαδόν  $A_i$  και συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_i$ .

Τότε, ορίζεται ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω θερμοδιαφυγής/ θερμοπερατότητας ως το άθροισμα των γινομένων των επιμέρους συντελεστών θερμοπερατότητας με τα αντίστοιχα εμβαδά. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει τη ροή θερμότητας λόγω θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτιρίου, για κάθε βαθμό θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ του εσωτερικού του κτιρίου και του περιβάλλοντος [W/K].

$$H_c = \sum_i U_i \cdot A_i$$

Για υψόμετρα > 500 m, το κτίριο κατατάσσεται στην αμέσως επόμενη δυσμενέστερη ζώνη



- Κλιματική Ζώνη Α
- Κλιματική Ζώνη Β
- Κλιματική Ζώνη Γ
- Κλιματική Ζώνη Δ

# ΜΕΓΙΣΤΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΚΕΝΑΚ

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,55	0,45	0,40	0,35
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20

# ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ/ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

$$H_{ven} = \rho \cdot C_p \cdot \left( \sum_i q_{w,i} + \sum_j q_{ve,j} + \sum_k q_{fan,k} \right)$$

Πυκνότητα αέρα  
1,2 kg/m<sup>3</sup>

Ειδική θερμότητα αέρα  
1006 J/kg\*K

Παροχή αέρα (m<sup>3</sup>/sec)  
που εισέρχεται από το  
κούφωμα i στο  
εσωτερικό του κτιρίου

Παροχή αέρα (m<sup>3</sup>/sec)  
που εισέρχεται από το  
σύστημα αερισμού k  
στο εσωτερικό του  
κτιρίου

Παροχή αέρα (m<sup>3</sup>/sec) που εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου, στο δωμάτιο j, λόγω εναλλαγών αέρα. Συνήθως υπολογίζεται ο όγκος του δωματίου και ένας αριθμός εναλλαγών του όγκου του αέρα ανά ώρα (π.χ. 3 εναλ./ ώρα στα λουτρά, 1 εναλ./ώρα στα δωμάτια)



# ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ/ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ

- Το κτίριο χαρακτηρίζεται από ένα συνολικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας

$$H_{ολ} = H_c + H_{ven}$$

- Εάν πολλαπλασιαστεί ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας επί τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εξωτερικού περιβάλλοντος και επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών, θα προκύψουν οι συνολικές θερμικές απώλειες

$$Q_{ολ} = H_{ολ} \cdot \Delta T$$

- Η θερμοκρασιακή διαφορά καθορίζεται από κανονισμούς, ώστε να ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής. Επιλέγεται έτσι, ώστε να αποφεύγεται τόσο η υπερ-διαστασιολόγηση όσο και η υπο-διαστασιολόγηση
- Η απαιτούμενη θερμική ισχύς των συστημάτων παραγωγής θερμότητας πρέπει να καλύπτει τις θερμικές απώλειες. Επιλέγεται συνήθως, τουλάχιστον, **30% μεγαλύτερη των θερμικών απωλειών.**

# ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (1/3)

---

- Μία απλή μέθοδος εκτίμησης ζήτησης και κατανάλωσης ενέργειας, με μεγάλη αξιοπιστία, για τα συνήθη κτίρια είναι αυτή των **βαθμοημερών**.
- Οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης αποτελούν ένα παράγωγο μετεωρολογικό μέγεθος που εκφράζει τη διάρκεια που ένας χώρος χρειάζεται θέρμανση και ψύξη
- Ορίζεται μία **θερμοκρασία βάσης**,
  - ✓ η οποία είναι μικρότερη της επιθυμητής εσωτερικής θερμοκρασίας το χειμώνα (ώστε να λαμβάνεται υπ' όψιν και η αξιοποίηση θερμικών κερδών π.χ. από ηλιακή ενέργεια που εισέρχεται μέσω των παραθύρων). Για την Ελλάδα η θερμοκρασία βάσης συνήθως είναι είτε 18°C είτε 16°C, το χειμώνα.
  - ✓ Το καλοκαίρι η επίδραση των θερμικών κερδών είναι αρνητική και έτσι η θερμοκρασία βάσης λαμβάνεται ίση με 22°C.

# ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (2/3)

- Υπολογίζεται, βάσει των δεδομένων θερμοκρασίας της περιοχής μελέτης:
  - ✓ Για πόσες ημέρες η εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη της θερμοκρασίας βάσης και κατά πόσους βαθμούς και έτσι προκύπτουν οι **βαθμοημέρες θέρμανσης (HDD)**
  - ✓ Για πόσες ημέρες η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη της θερμοκρασίας βάσης και κατά πόσους βαθμούς και έτσι προκύπτουν οι **βαθμοημέρες ψύξης (CDD)**
- Τάξεις μεγέθους βαθμοημερών στην Ελλάδα:

Μέγεθος	Αθήνα	Θεσσαλονίκη	Ρόδος	Λάρισα	Μέτσοβο
HDD	1.000	1.680	700	1.720	3.100
CDD	225	100	90	160	Πρακτικά μηδενικές

# ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (3/3)

- Βάσει των βαθμομερών και του συνολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου, προκύπτει η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη

- ✓ Ζήτηση ενέργειας (kWh)

$$E_{th,d} = H_{ολ} \cdot HDD \cdot \frac{24}{1000}$$

$$E_{c,d} = H_{ολ} \cdot CDD \cdot \frac{24}{1000}$$

- ✓ Κατανάλωση ενέργειας (kWh)

$$E_{th,c} = \frac{E_{th,d}}{\eta}$$

$$E_{th,c} = \frac{E_{c,d}}{EER}$$

← Βαθμός απόδοσης  
συστήματος θέρμανσης

← Παράμετρος απόδοσης  
συστήματος ψύξης

# ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΩΡΕΣ ΠΟΥ Η ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΕΙΝΑΙ ΚΕΝΗ

Έστω ότι, κατά μέσο όρο, η κατοικία μένει κενή και δε χρειάζεται θέρμανση για  $x$  ώρες ανά ημέρα, τότε η ζήτηση ενέργειας, διορθώνεται:

Ζήτηση ενέργειας (kWh)

$$E_{th,d} = H_{ολ} \cdot HDD \cdot \frac{24 - x}{1000}$$

$$E_{c,d} = H_{ολ} \cdot CDD \cdot \frac{24 - x}{1000}$$

# ΚΟΣΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ (για να μη μας πιάνουν αδιάβαστους...)

Μία κατοικία παρουσιάζει θερμικές απώλειες 70 W/m<sup>2</sup> και έχει συνολικό εμβαδόν 100 m<sup>2</sup>. Η συνολική περίοδος θέρμανσης ανέρχεται σε 7 μήνες και το σύστημα θέρμανσης πρέπει να λειτουργεί τουλάχιστον 6 ώρες ανά ημέρα.

- ✓ Ποιες είναι οι απαιτούμενες καταναλώσεις και τα κόστη για τη θέρμανση της κατοικίας, με χρήση: α) λέβητα πετρελαίου, β) λέβητα φυσικού αερίου, γ) αντλίας θερμότητας, δ) λέβητα pellets, ε) λέβητα καυσόξυλων

## Τυπικές τιμές απόδοσης συστημάτων

- Λέβητας πετρελαίου: 90%
- Λέβητας φυσικού αερίου: 95%
- Λέβητας Pellets: 85%
- Λέβητας Καυσόξυλων: 75%
- Αντλία θερμότητας: 300%

## Τυπικά κόστη

- Πετρέλαιο: 1 €/lit
- Φυσικό αέριο: 0,72 €/m<sup>3</sup>
- Pellets: 0,30 €/kg
- Καυσόξυλα: 0,15 €/kg
- Ηλεκτρισμός: 0,16 €/kWh

# ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ (1/3)

---

- Η ζήτηση για ζεστό νερό (ZNX) αποτελεί σημαντικό ενεργειακό φορτίο στα σπίτια
- Υπάρχουν διάφοροι τρόποι προσέγγισης, καθώς πρόκειται για ένα τμήμα της ενεργειακής ζήτησης με σημαντικό υποκειμενισμό
- Με την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ από το 2010, υπάρχει πλέον πρότυπη διαδικασία μοντελοποίησης της ζήτησης ZNX καθώς και των χαρακτηριστικών που πρέπει να έχουν οι θερμαντήρες νερού

# ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ (2/3)

$$Q_d = V_d \cdot \frac{c}{3600} \rho \cdot \Delta T \quad \text{σε kWh/ημέρα} \quad [4.16.]$$

$V_d$  [ℓ /ημέρα] το ημερήσιο φορτίο,

$\rho$  [kg/ ℓ] η πυκνότητα του νερού,  $\rho = 1 \text{ kg/ ℓ}$ ,

$c$  [kJ/(kg.K)] η ειδική θερμότητα,  $c = 4,18 \text{ kJ/(kg.K)}$

$\Delta T$  [K] ή [°C] θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης θερμοκρασίας του νερού δικτύου (πίνακας 2.6.) και της θερμοκρασίας του Ζ.Ν.Χ. (45°C).

Για κατοικίες **27,38** m<sup>3</sup>/έτος/υπνοδωμάτιο, δηλαδή **75** lit/ημέρα/υπνοδωμάτιο

Ελάχιστη θερμοκρασία νερού για την περιοχή της Αθήνας **10,1° C**

Κλιματική Ζώνη	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
<b>A</b>	13,0	12,8	13,8	16,3	19,9	23,8	26,2	26,6	24,9	21,7	18,1	14,8
<b>B</b>	10,4	10,1	11,7	14,8	18,9	23,1	25,6	25,8	23,5	19,7	15,5	12,2
<b>Γ</b>	6,5	7,3	9,4	13,2	17,6	21,9	24,3	24,6	22,0	17,7	12,7	8,6
<b>Δ</b>	4,2	5,0	7,5	11,5	15,7	19,8	22,2	22,7	20,2	15,9	10,8	6,6



# ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ (3/3)

## Ισχύς θερμαντήρα ZNX

θεωρείται ότι ο μέσος χρόνος απόδοσης της απαιτούμενης ενέργειας για ZNX είναι 5 ώρες

$$P_n = \frac{Q_d}{5}$$

## Χωρητικότητα θερμαντήρα ZNX

(μάλλον αποτυχημένη προσέγγιση)

$$V_{store} = \frac{V_d}{5}$$

Για τα ηλιακά συστήματα, προτείνεται ως ενδεικτική χωρητικότητα των θερμαντήρων τα 75 lit/ m<sup>2</sup> συλλεκτικής επιφάνειας

## ΕΝΟΤΗΤΑ 3η

---

**Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα/  
βασικές αρχές**

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΡΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## ΜΕΤΡΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

- Βιοκλιματικός σχεδιασμός – Προσανατολισμός
- Χρήση κατάλληλων υλικών

$$H_c = \sum_i U_i \cdot A_i$$

## ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- Θερμομόνωση κελύφους κτιρίου
- Παθητικά ηλιακά συστήματα
- Ενεργειακά αποδοτικά κουφώματα
- Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού

$$H_{ven} = \rho \cdot C_p \cdot \left( \sum_i q_{w,i} + \sum_j q_{ve,j} + \sum_k q_{fan,k} \right)$$

## ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- Χρήση συστημάτων ΑΠΕ
- Χρήση εναλλακτικών καυσίμων
- Ενεργειακά αποδοτικά συστήματα θέρμανσης/ ψύξης

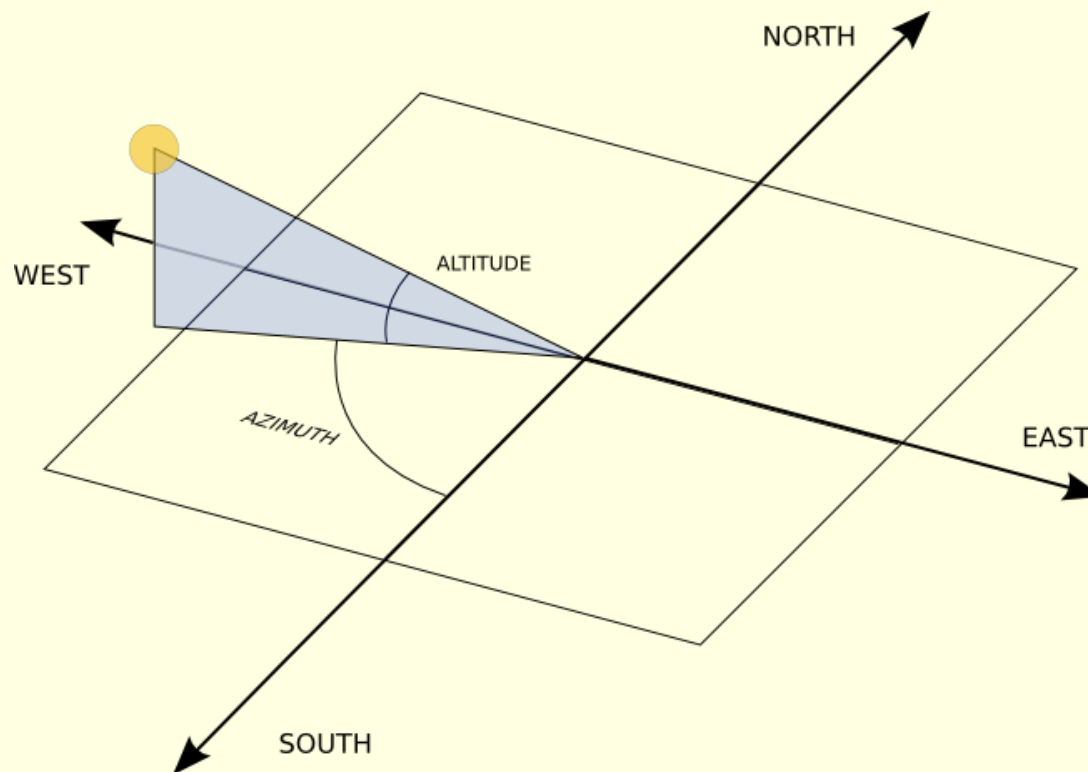
$$E_{th,d} = H_{ολ} \cdot HDD \cdot \frac{24}{1000}$$

$$E_{th,c} = \frac{E_{th,d}}{\eta}$$



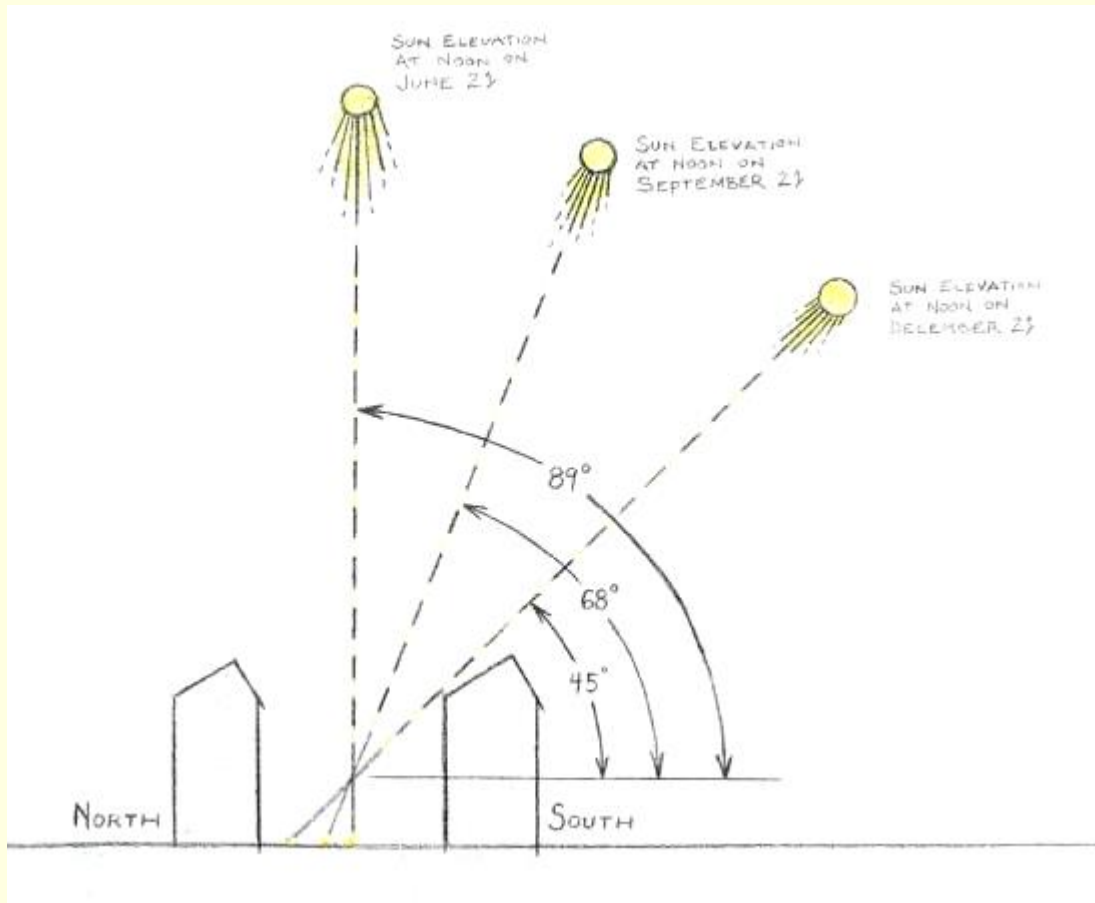
# ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- Γενικός προσανατολισμός κατοικίας προς το νότο
- Τοποθέτηση μεγάλων ανοιγμάτων στη νότια πλευρά με χρήση στεγάστρων





# ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

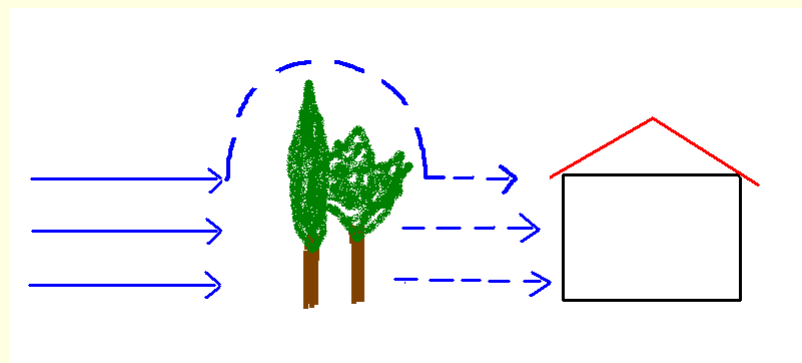
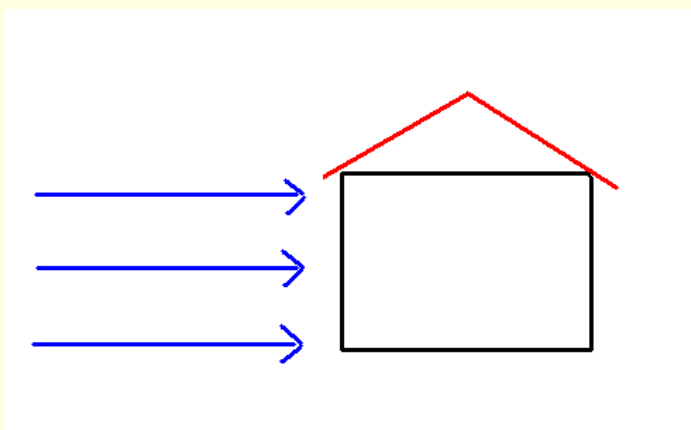


Στο νότο φυτεύουμε  
φυλλοβόλα δένδρα  
για τη σκίαση της  
κατοικίας



## ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

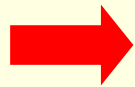
Τα δέντρα στο νότο επέχουν σημαντικό ρόλο για το δροσισμό, όμως στο βορρά χρειάζονται για να προστατεύουν την κατοικία από τους ψυχρούς χειμωνιάτικους βοριάδες, γι' αυτό πρέπει να είναι αειθαλή



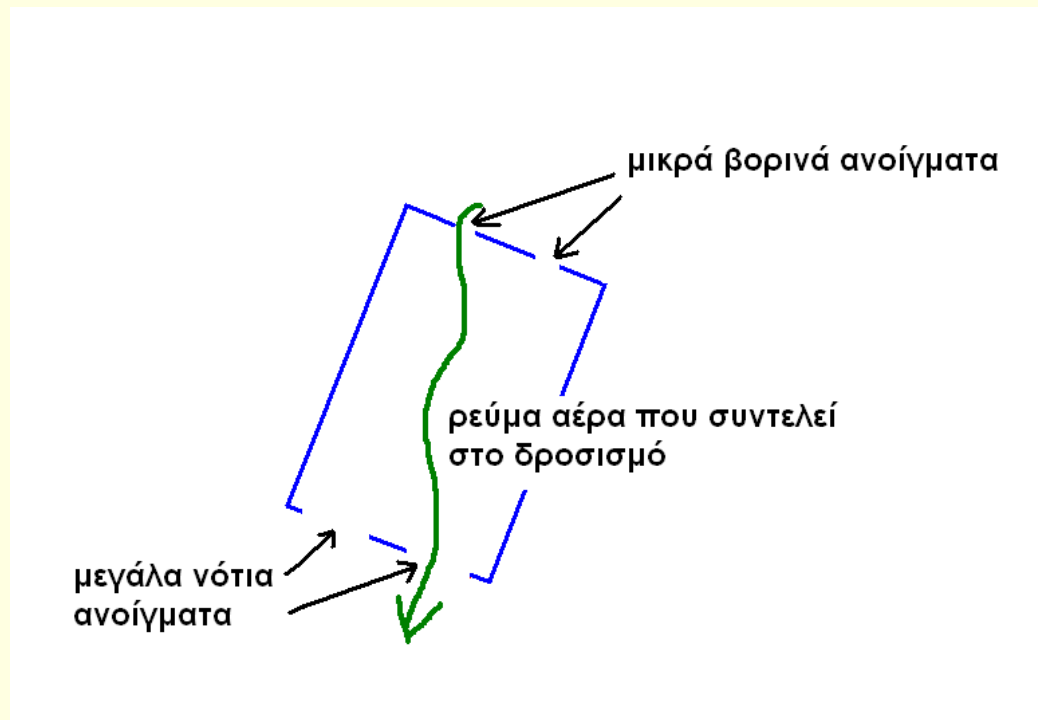


# ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Επιπλέον στο βοριά μπορούν να τοποθετηθούν μικρά, βοηθητικά ανοίγματα



Τα βορινά ανοίγματα, σε συνδυασμό με τα νότια, μπορούν το καλοκαίρι να δημιουργούν καλή κυκλοφορία αέρα στην κατοικία, με αποτέλεσμα το δροσισμό της



# ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

## ΤΡΕΙΣ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

### 1) ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου

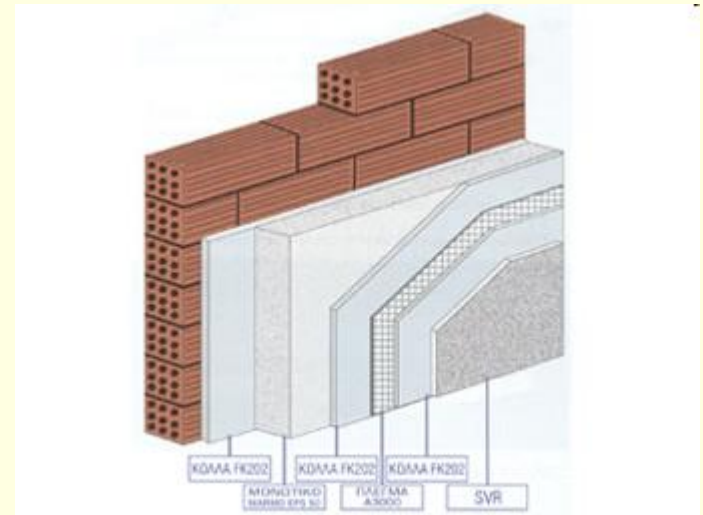


- Εκμετάλλευση θερμοχωρητικότητας τοίχου
- Κάλυψη θερμογεφυρών \*

• Αργή θέρμανση του χώρου



- Μεγαλύτερο κόστος
- Αδυναμία εφαρμογής σε κτίρια με έντονο εξωτερικό ανάγλυφο





# ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

## 2) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΣΤΟΝ ΠΥΡΗΝΑ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑΣ (sandwich)

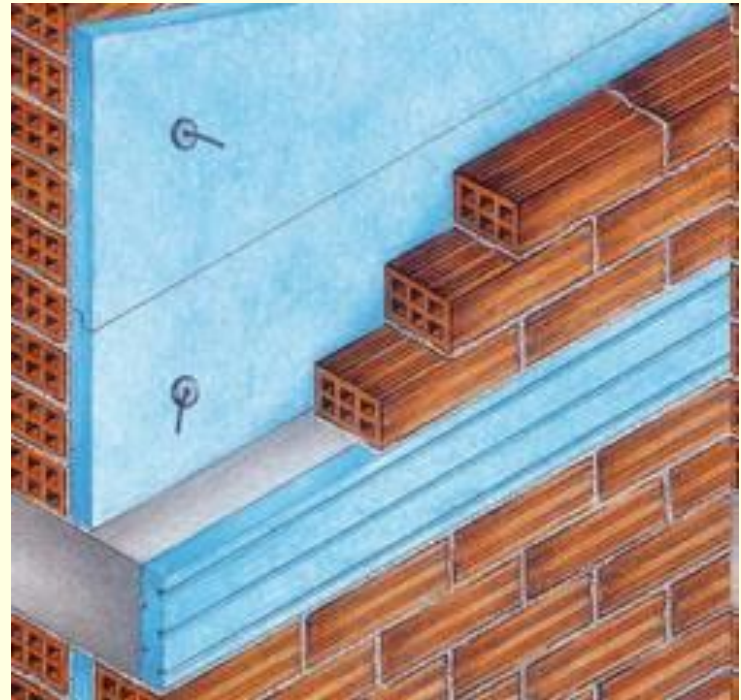
Το μονωτικό υλικό τοποθετείται στο ενδιάμεσο κενό ενός διπλού τοίχου, στο τμήμα του εσωτερικού τοίχου



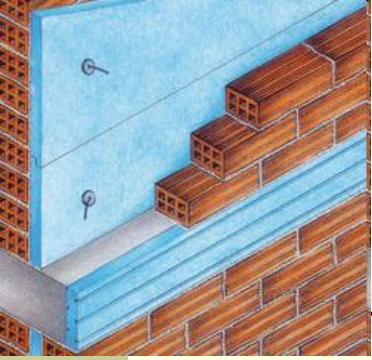
- Εύκολη εφαρμογή σε νέες οικοδομές
- Καλή οικονομοτεχνική απόδοση



- Δεν εφαρμόζεται εύκολα σε υφιστάμενα κτίρια
- Κίνδυνος δημιουργίας θερμογεφυρών \*



# ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ



## 3) ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

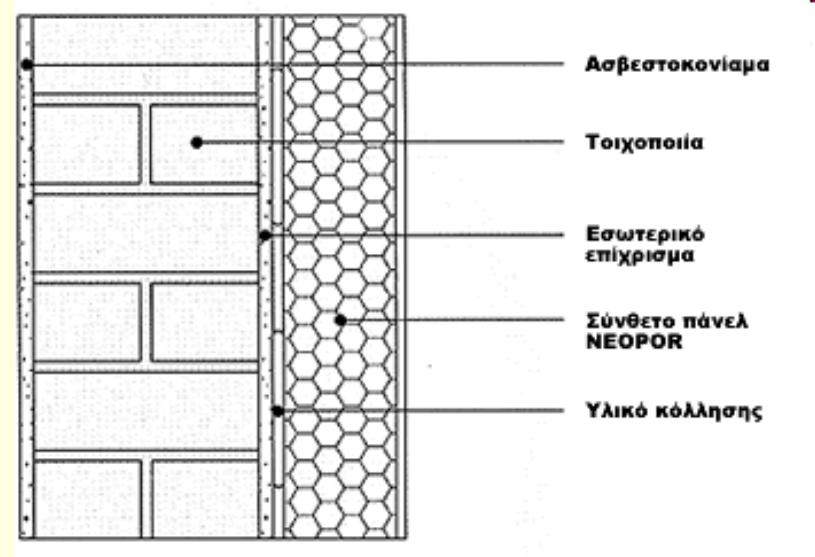
Το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του τοίχου



- Μικρό κόστος
- Εύκολη εφαρμογή σε κάθε κτίριο
- Γρήγορη θέρμανση χώρων



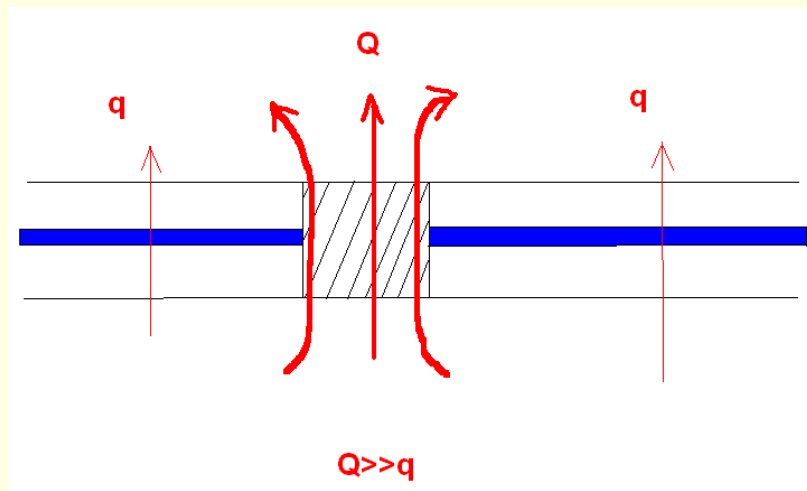
- Δεν αξιοποιείται η θερμοχωρητικότητα
- Κίνδυνος συμπύκνωσης υδρατμών
- Δυσκολίες στα ηλεκτρολογικά

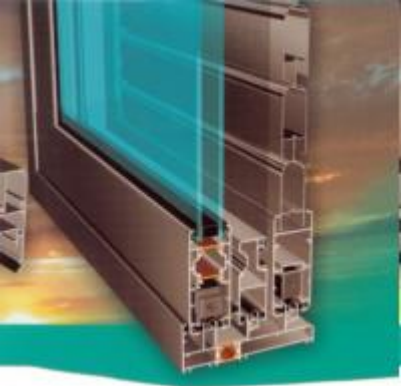


# ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

## Τι «χαλάει» τη θερμομόνωση?

- **Υγρασία:** Ένα θερμομονωτικό υλικό μπορεί να χάσει πάνω από το 50% της μονωτικής του ικανότητας με την παρουσία υδρατμών. Πρέπει να γίνεται σύντομη μελέτη συμπύκνωσης υδρατμών και αν χρειάζεται να τοποθετείται **φράγμα υδρατμών**.
- **Θερμογέφυρες:** Αποτελούν τη συνήθη αστοχία κατά την κατασκευή κατοικιών και τις συνιστούν οι ασυνέχειες στη διάστρωση του μονωτικού υλικού, ιδίως μεταξύ τοιχοποιίας και φερόντων δομικών στοιχείων





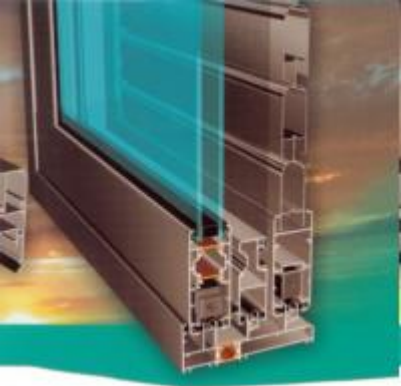
# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ

Οι εσωτερικές συνθήκες στα κτίρια επηρεάζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις ροές θερμότητας μέσω των κουφωμάτων

## Βασικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, σχετικά με τα ανοίγματα:

- ✓ Χρήση διπλών υαλοπινάκων
- ✓ Περιορισμός διείσδυσης αέρα από τις χαραμάδες
- ✓ Χρήση εξωτερικών και εσωτερικών συστημάτων σκίασης

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Ο περιορισμός της διείσδυσης αέρα από τις χαραμάδες δε σημαίνει ερμητικό κλείσιμο των ανοιγμάτων και πλημμυρή αερισμό. Ο σωστός αερισμός είναι απόλυτα αναγκαίος για την διατήρηση καλής υγιεινής και αποφυγής συμπύκνωσης υδρατμών



# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ

Κούφωμα: Αποτελείται από πλαίσιο και υαλοστάσιο

$$U_{\text{κουφώματος}} = f(U_{\text{πλαισίου}}, U_{\text{υαλοστασίου}})$$

Ξύλινο  
πλαίσιο

Συνθετικό  
πλαίσιο

Μεταλλικό  
πλαίσιο



$U_{\text{πλαισίου}} \text{ (W/m}^2\text{*K)}$

Μονός  
υαλοπίνακας

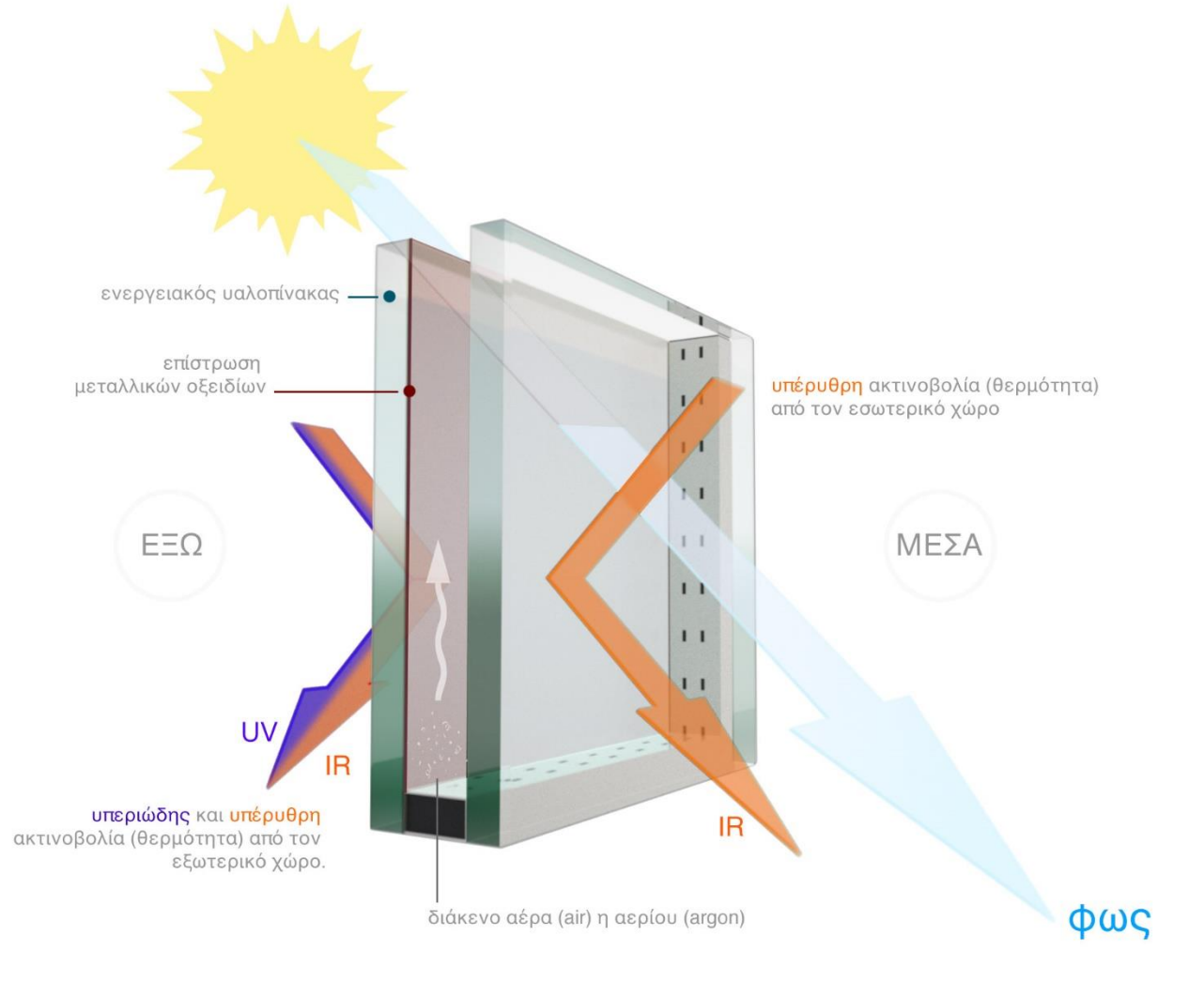
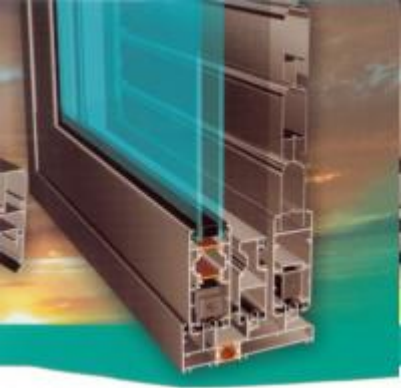
Διπλός  
υαλοπίνακας

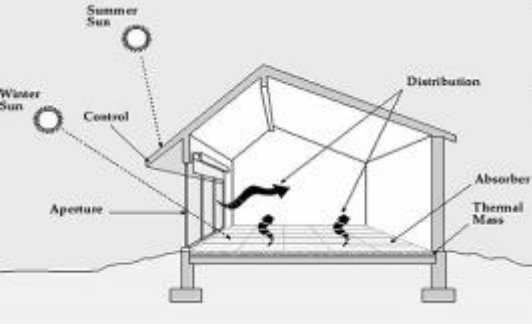
Διπλός  
υαλοπίνακας με  
επίστρωση



$U_{\text{υαλοστασίου}} \text{ (W/m}^2\text{*K)}$

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ



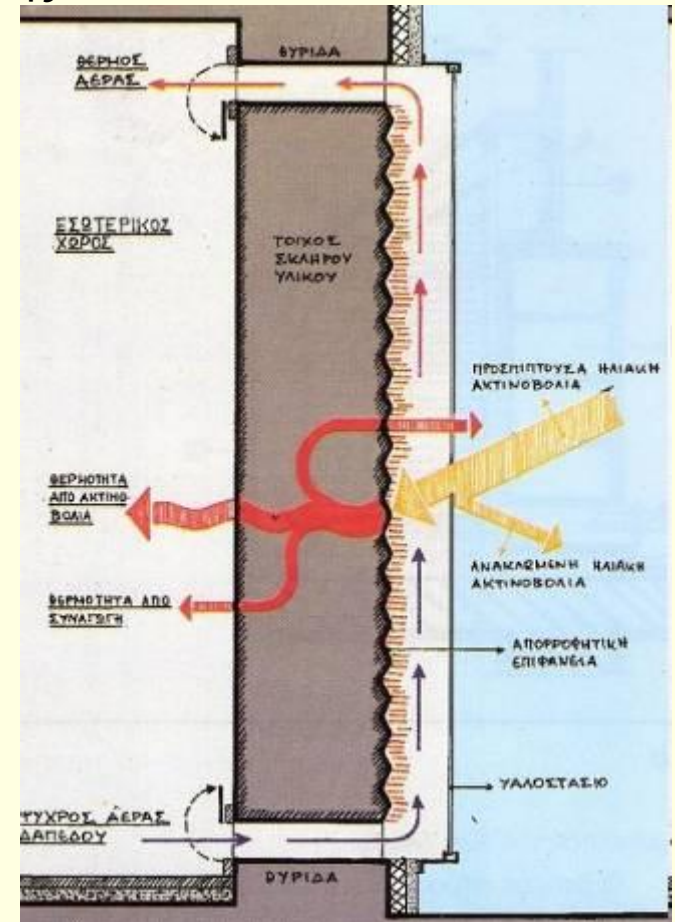


# ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Οποιοδήποτε κατασκευαστικό σύστημα, το οποίο αξιοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία, συμβάλλοντας στη θέρμανση ενός κτιρίου, χωρίς να παράγει θερμική ισχύ, μπορεί να χαρακτηριστεί ως παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης.

Το πιο απλό παθητικό ηλιακό σύστημα είναι ένα μεγάλο νότιο άνοιγμα, το οποίο επιτρέπει στις ηλιακές ακτίνες να θερμαίνουν το χώρο το χειμώνα

Τοίχος Trombe



**Θερμοκήπιο:** Νότιου προσανατολισμού χώρος, που περιβάλλεται από υαλοστάσια και μεταφέρει θερμότητα στους κυρίως χώρους μέσω ανοιγμάτων ή χρησιμοποιείται για να θερμαίνει τοίχους



# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ - κατηγορίες

**Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση νερού χρήσης και χώρων μέσω συστημάτων μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμική ισχύ**

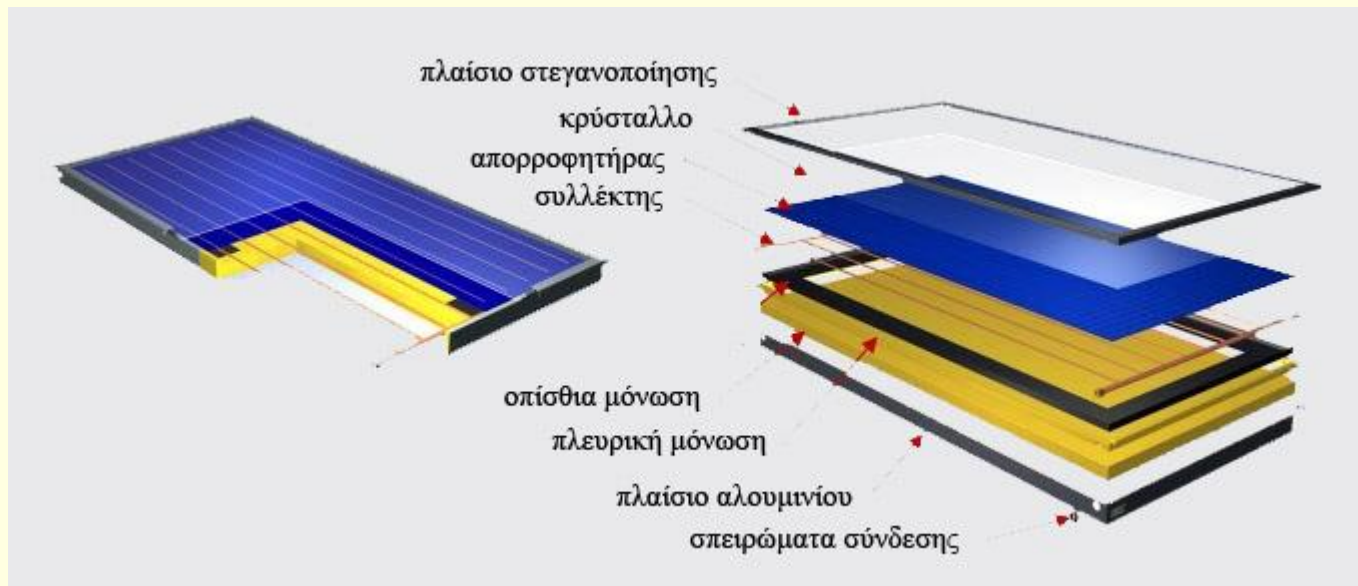


**Δεξαμενές αποθήκευσης θερμότητας**

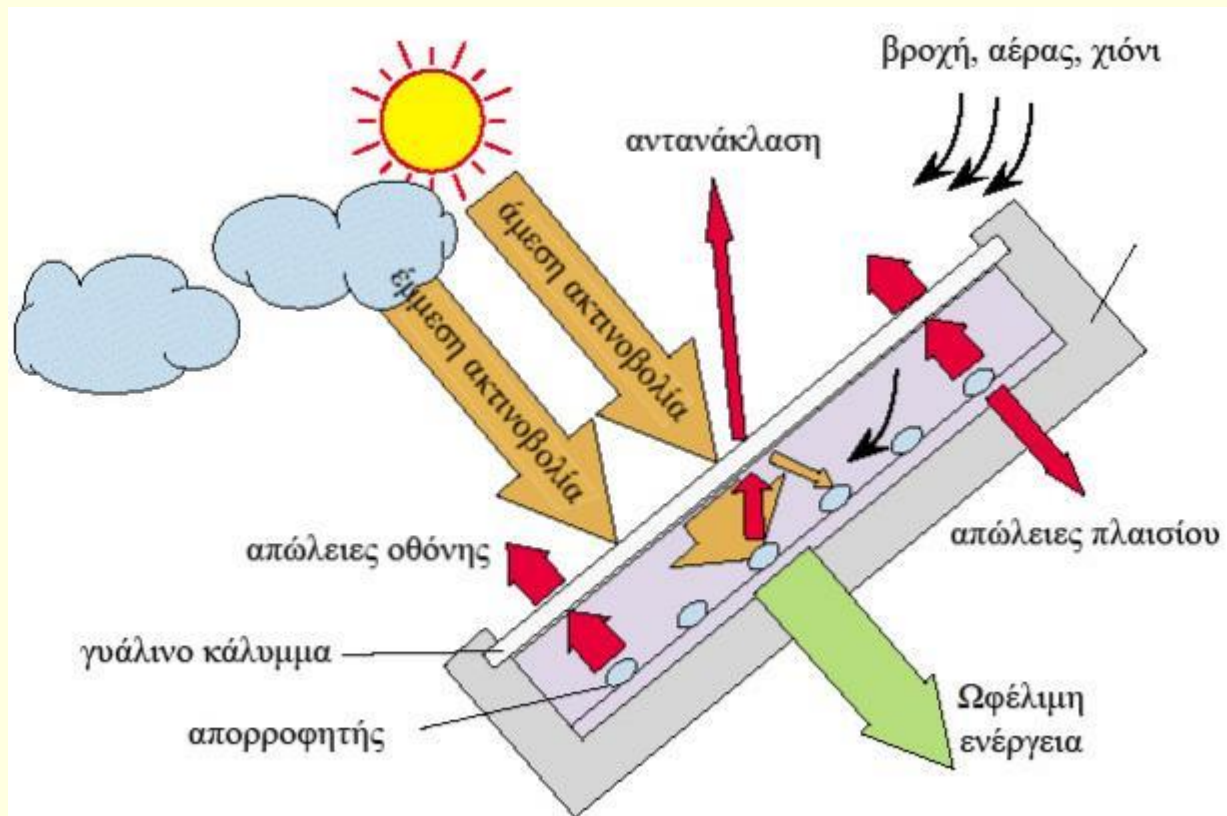
Καλά μονωμένες δεξαμενές που περιέχουν νερό και θερμαίνονται από τους ηλιακούς συλλέκτες



# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – επίπεδοι συλλέκτες

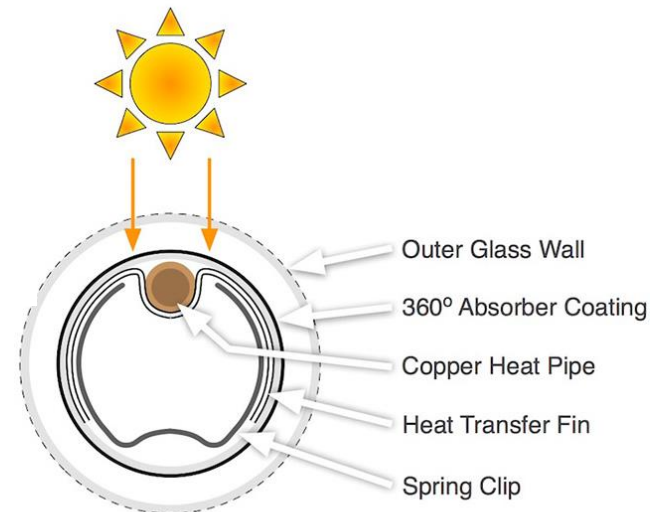
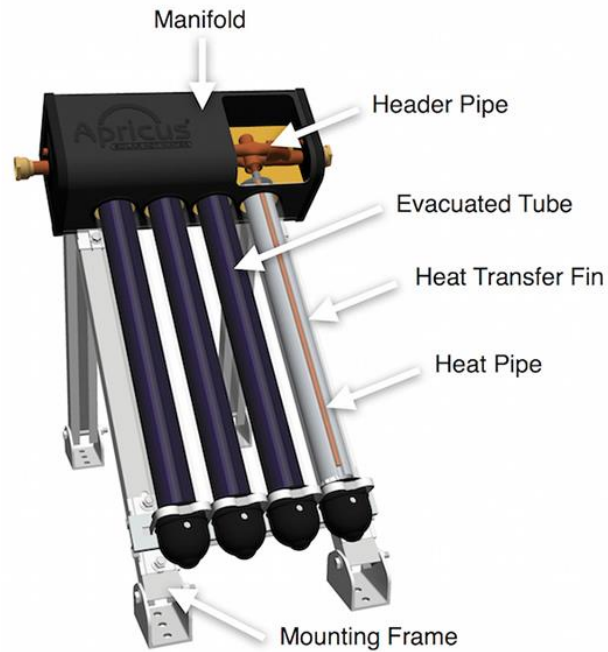


# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – επίπεδοι συλλέκτες



# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – συλλέκτες κενού



# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – απόδοση συλλεκτών

### Απόδοση ηλιακού συλλέκτη

$$\eta_{sc} = \eta_o - a_1 \frac{t_m - t_a}{G} - a_2 \cdot G \cdot \left(\frac{t_m - t_a}{G}\right)^2$$

- **G**: η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m<sup>2</sup> (εξαρτάται από την γωνία κλίσης του συλλέκτη και τον προσανατολισμό)
- **t<sub>m</sub>**: θερμοκρασία νερού στο συλλέκτη
- **t<sub>a</sub>**: θερμοκρασία περιβάλλοντος

Φέρει ειδική, βαφή (επιλεκτική) που παρουσιάζει 95% απορροφητικότητα ακτινοβολίας και ελάχιστη ανακλαστικότητα

Τύπος συλλέκτη	Συντελεστής μηδενικών απωλειών $\eta_o$	Συντελεστής θερμικής απώλειας ηλιακού συλλέκτη $a_1$	Θερμοκρασιακή εξάρτηση του συντελεστή θερμικής απώλειας $a_2$
	[-]	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[W/(m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup> )]
Απλός επίπεδος	0,73	5,51	0,006
Επιλεκτικός	0,77	3,75	0,015
Κενού	0,70	1,80	0,020

# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – απόδοση συλλεκτών

Πόλεις της Ελλάδας	Τύπος ηλιακού συλλέκτη								
	Απλός			Επιλεκτικός			Κενού		
	Γωνία κλίσης εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών (°)								
	15 <sup>0</sup>	45 <sup>0</sup>	65 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>	45 <sup>0</sup>	65 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>	45 <sup>0</sup>	65 <sup>0</sup>
Αλεξαν/πολη	0,318	0,325	0,329	0,341	0,353	0,350	0,360	0,367	0,369
Αθήνα	0,338	0,344	0,351	0,359	0,369	0,369	0,374	0,381	0,383
Ηράκλειο	0,333	0,339	0,343	0,355	0,364	0,361	0,370	0,375	0,378
Καστοριά	0,307	0,314	0,316	0,333	0,344	0,340	0,356	0,363	0,363
Λάρισα	0,327	0,334	0,341	0,350	0,360	0,360	0,369	0,376	0,378
Λήμνος	0,319	0,327	0,331	0,343	0,354	0,352	0,360	0,368	0,370
Νάξος	0,332	0,340	0,344	0,355	0,365	0,363	0,372	0,378	0,381
Πάτρα	0,335	0,342	0,348	0,357	0,366	0,366	0,373	0,381	0,382
Θεσσαλονίκη	0,325	0,332	0,337	0,348	0,358	0,358	0,368	0,375	0,376
Τρίπολη	0,317	0,324	0,327	0,340	0,349	0,347	0,363	0,369	0,370
<b>Μέσος όρος</b>	<b>0,325</b>	<b>0,332</b>	<b>0,337</b>	<b>0,348</b>	<b>0,358</b>	<b>0,357</b>	<b>0,366</b>	<b>0,373</b>	<b>0,375</b>

# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – κλίση και προσανατολισμός

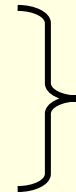
- Οι ηλιακοί συλλέκτες πρέπει να τοποθετούνται προσανατολισμένοι προς το νότο (στο βόρειο ημισφαίριο), εφ' όσον στο νότο κινείται ο ήλιος κατά τη διάρκεια της ημέρας
- Ο προσανατολισμός είναι γνωστός ως αζιμούθιο και η γωνία συμβολίζεται με  $\gamma$ . Το μηδενικό αζιμούθιο σημαίνει προσανατολισμός στο βορρά.
- Καλό είναι η απόκλιση το αζιμούθιο να διαφέρει το πολύ +/- 5° από το νότιο
- Η κλίση των συλλεκτών συμβολίζεται ως γωνία  $\beta$  και είναι η γωνία που σχηματίζουν οι συλλέκτες με το οριζόντιο επίπεδο
- Για ετήσια χρήση  $\beta_{\text{optimum}} = \varphi$  (γεωγραφικό πλάτος) +/- 5°
- Για θερινή χρήση  $\beta_{\text{optimum}} = \varphi - 20^\circ$
- Για χειμερινή χρήση  $\beta_{\text{optimum}} = \varphi + 15^\circ$



# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – τύποι συστημάτων

- **Ανοικτού Κυκλώματος** (Το ρευστό που κυκλοφορεί στους συλλέκτες κυκλοφορεί και στη δεξαμενή αποθήκευσης)
- **Κλειστού Κυκλώματος** (Στους συλλέκτες κυκλοφορεί ρευστό, που μέσω **εναλλάκτη θερμότητας**, θερμαίνει τις δεξαμενές αποθήκευσης)
- **Φυσικής κυκλοφορίας** (Η δεξαμενή αποθήκευσης τοποθετείται μαζί με τους συλλέκτες και μέσω βαρύτητας/ διαφοράς πίεσης το νερό ρέει στην κατανάλωση)
- **Βεβιασμένης κυκλοφορίας** (Η δεξαμενή αποθήκευσης είναι τοποθετημένη σε άλλο χώρο – π.χ. λεβητοστάσιο – και το νερό κυκλοφορεί με υποβοήθηση από κυκλοφορητή)

- ✓ Θέρμανσης νερού χρήσης
- ✓ Θέρμανσης χώρων και νερού χρήσης

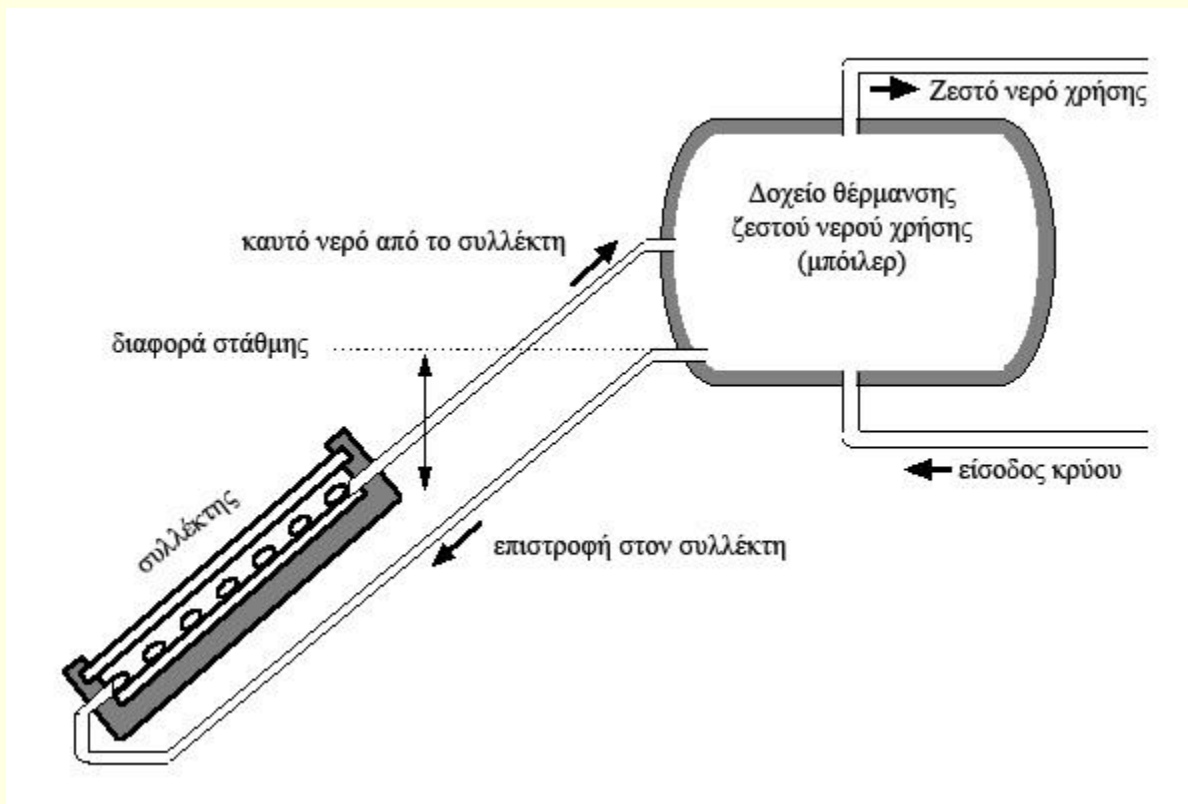


Με συλλέκτες υγρού ή αέρα

- ❑ **Από το 2010 και μετά, οι νέες και ριζικά ανακαινιζόμενες κατοικίες πρέπει να καλύπτουν το 60% των αναγκών τους σε ΖΝΧ με ηλιακή ενέργεια**

# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

## – θερμοσιφωνικό ανοικτού κυκλώματος

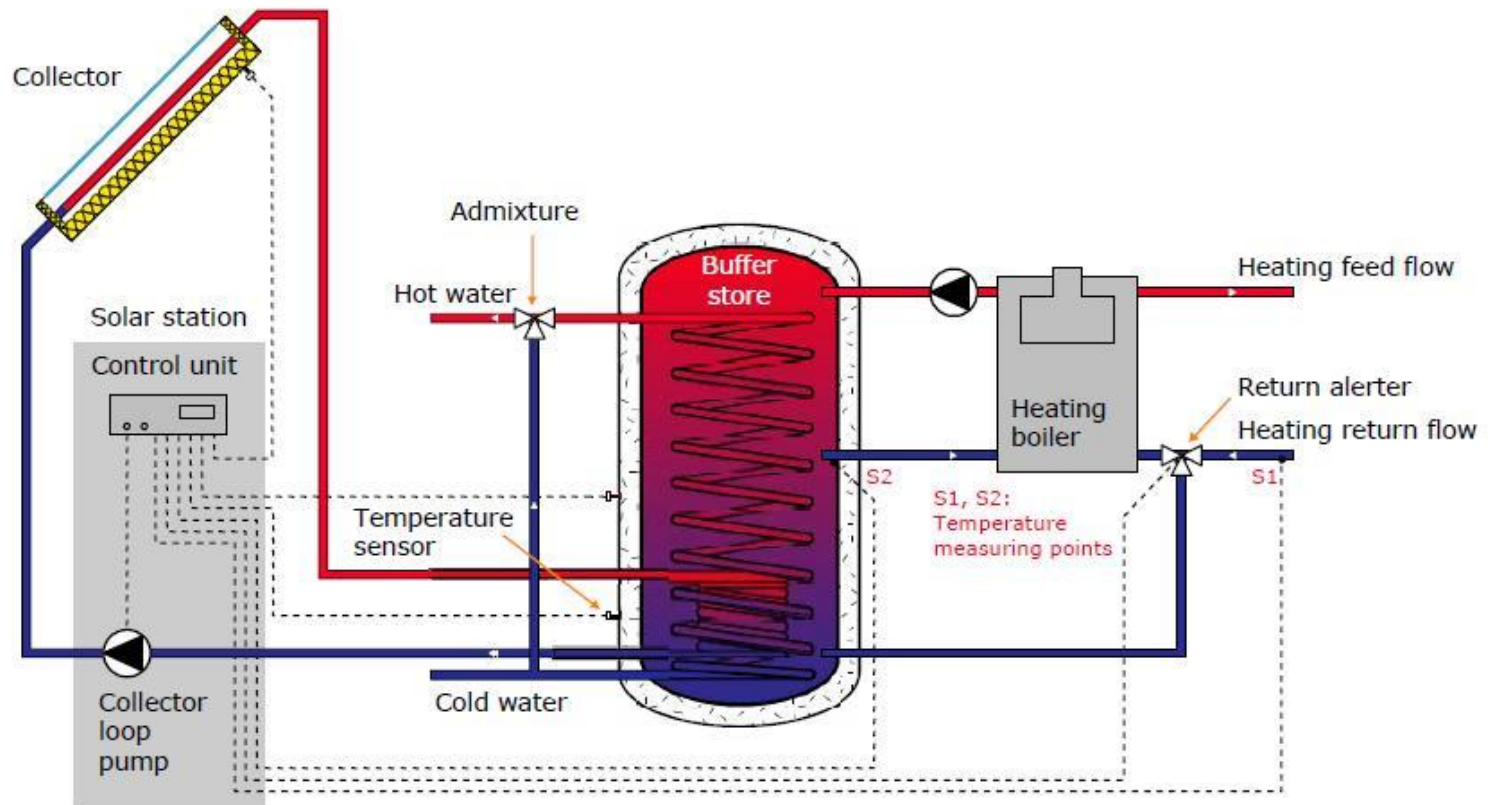






# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – κλειστού κυκλώματος, βεβιασμένης κυκλοφορίας

**Solar system for domestic water heating and heating support  
(System: flow heater)**





# ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – κλειστού κυκλώματος βεβιασμένης κυκλοφορίας με δύο boiler

Buffer storage tank and storage tank loading system  
with backup heating into the buffer storage tank

