Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω λύσεων στο κτιριακό κέλυφος

Κατερίνα Τσικαλουδάκη
Δρ πολιτικός μηχανικός, αναπληρώτρια καθηγήτρια
Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των Κτιρίων
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.

Δράσεις για το περιβάλλον και την ενέργεια

Νέοι στόχοι για το 2030

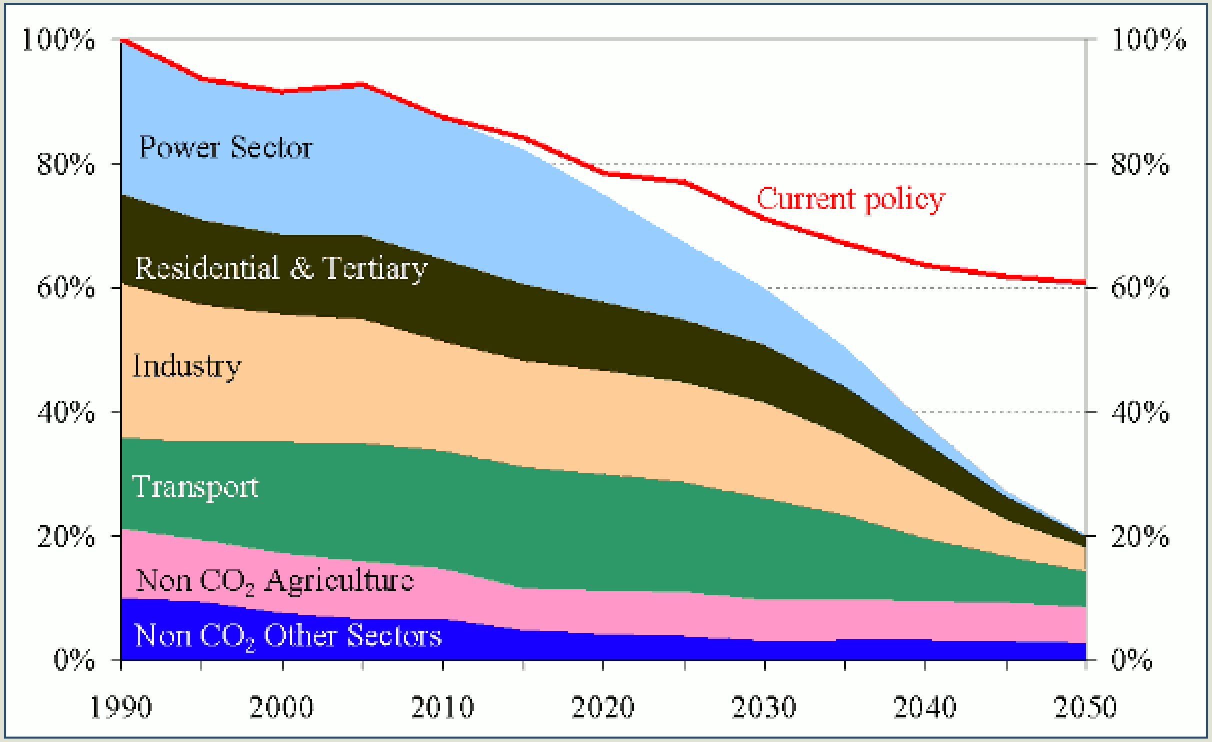
- οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου να μειωθούν κατά (τουλάχιστον) 40% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990
- το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας να είναι τουλάχιστον 27%
- η ενεργειακή απόδοση να βελτιωθεί κατά τουλάχιστον 27%.

Νέοι στόχοι για το 2050

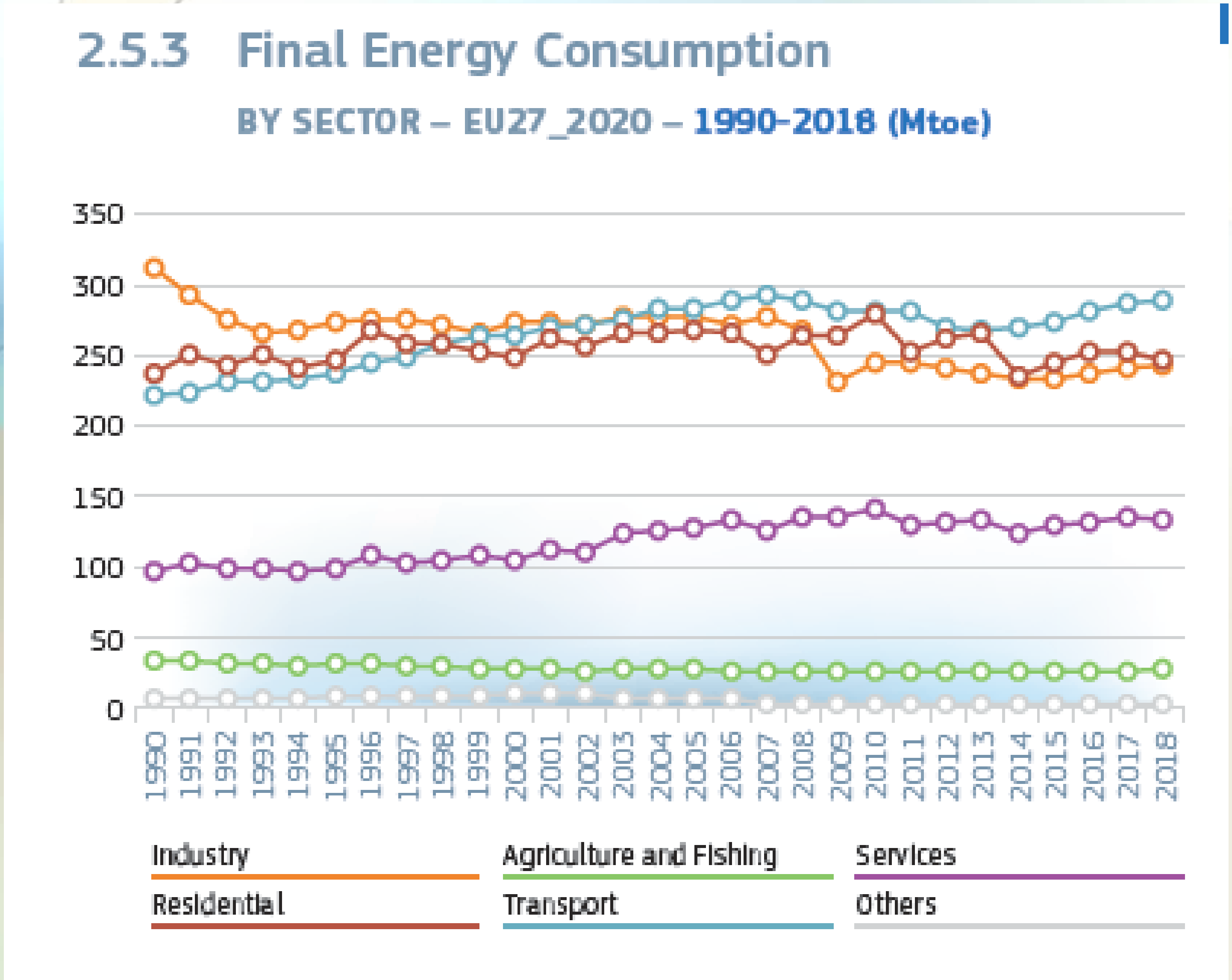
Η ΕΕ έχει δεσμευθεί να μειώσει τις εκπομπές

- κατά 80% μέχρι το 2050 σε σχέση με το 1990
- 40% μέχρι το 2030 και 60% μέχρι το 2040

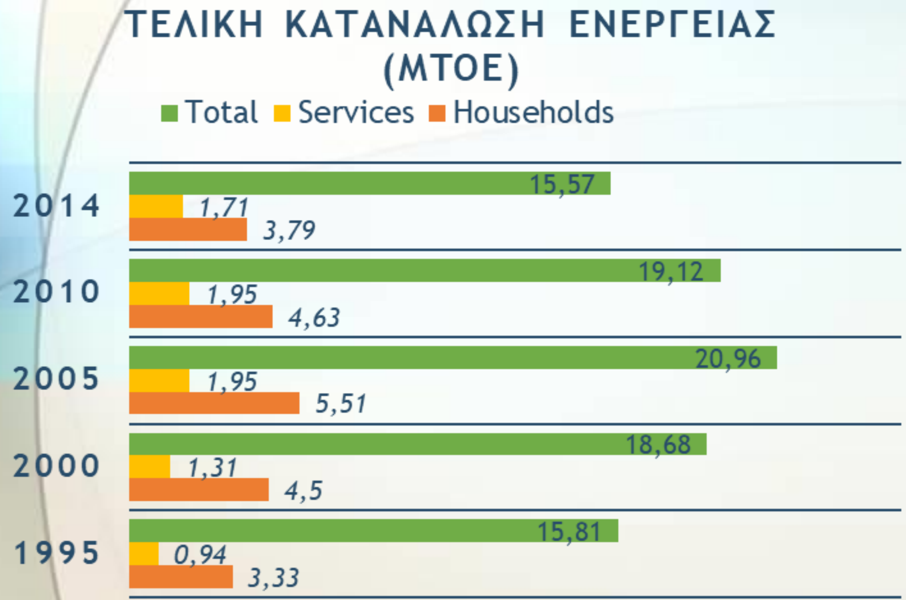
στο πλαίσιο της συλλογικής προσπάθειας των ανεπτυγμένων χωρών για μείωση των εκπομπών.

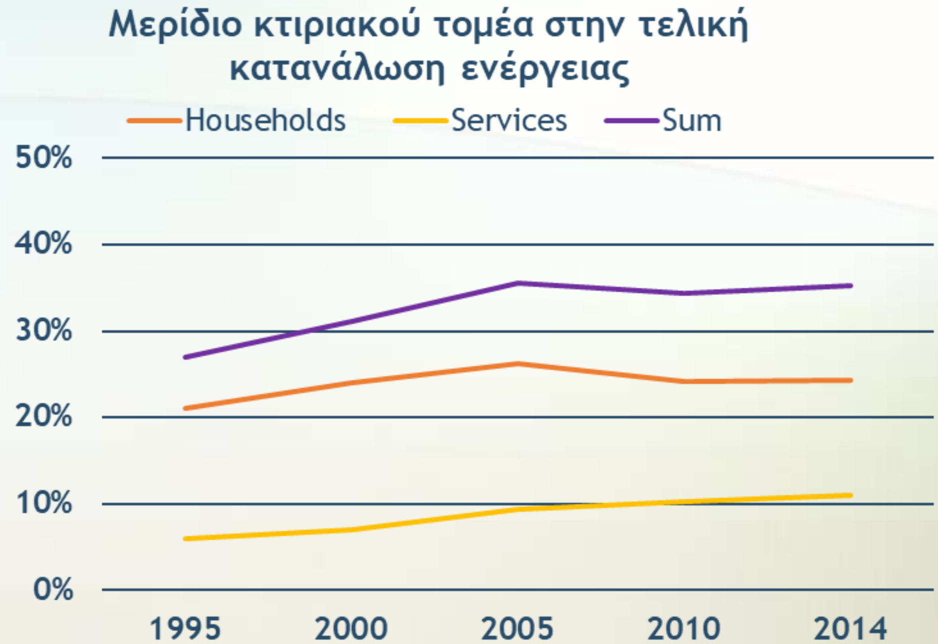


Δεδομένα για την ενέργεια στην Ε.Ε.



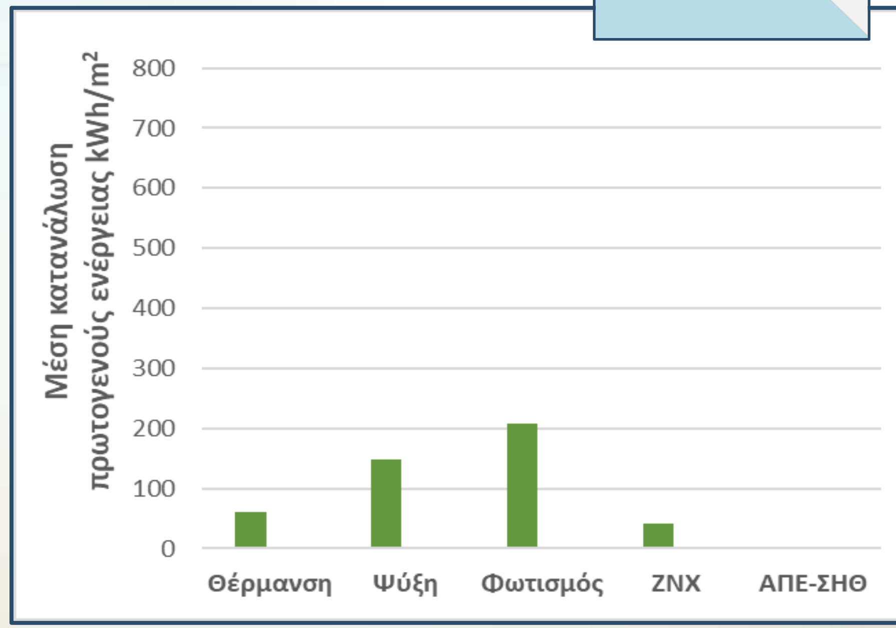
Δεδομένα για την ενέργεια στην Ελλάδα





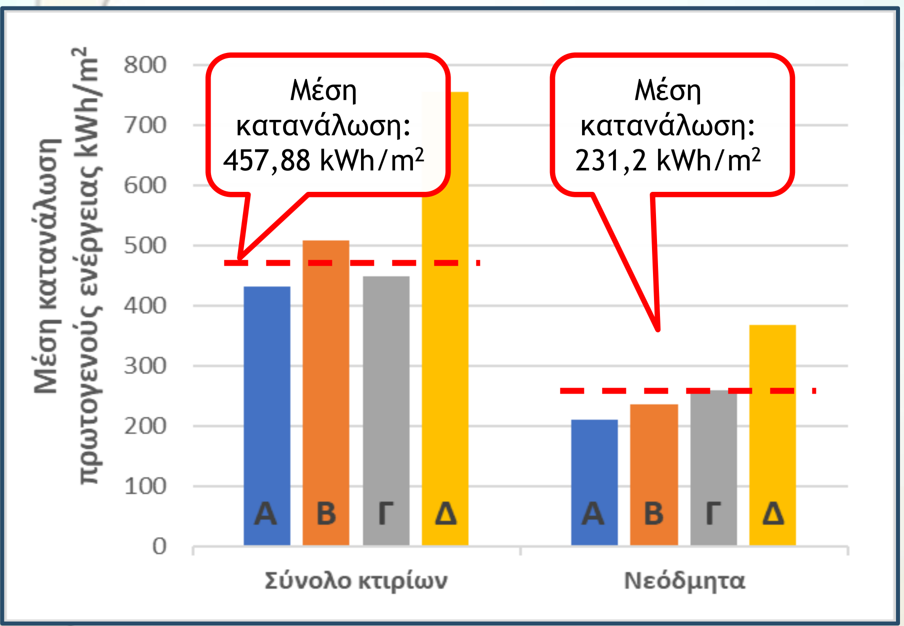
Ενέργεια & κτίρια προσωρινής διαμονής

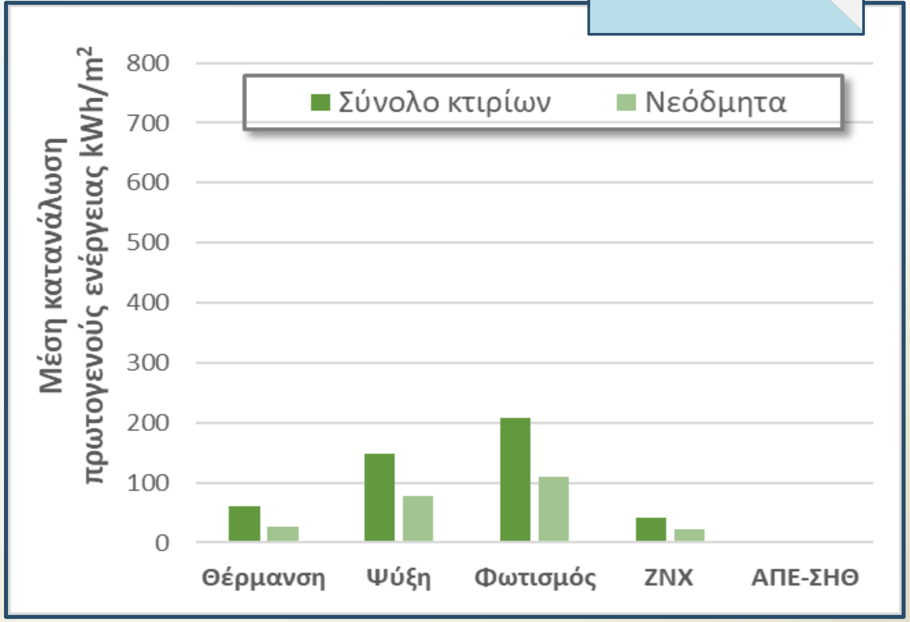
2011-2019: 15,869 πιστοποιητικά κτιρίων προσωρινής διαμονής

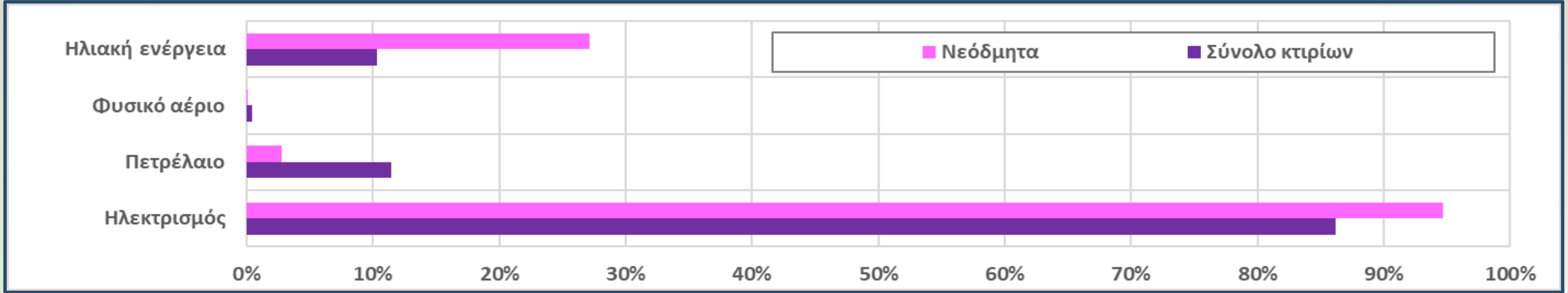


Ενέργεια & κτίρια προσωρινής διαμονής

2011-2019: 15,869 πιστοποιητικά κτιρίων προσωρινής διαμονής







<u>Υψηλό</u> το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στον τομέα

Κτίρια με υψηλή ενεργειακή απόδοση: η νέα «τάση»

Κοινό χαρακτηριστικό
η ελαχιστοποίηση
των ενεργειακών απαιτήσεων

Ενεργειακό ισοζύγιο

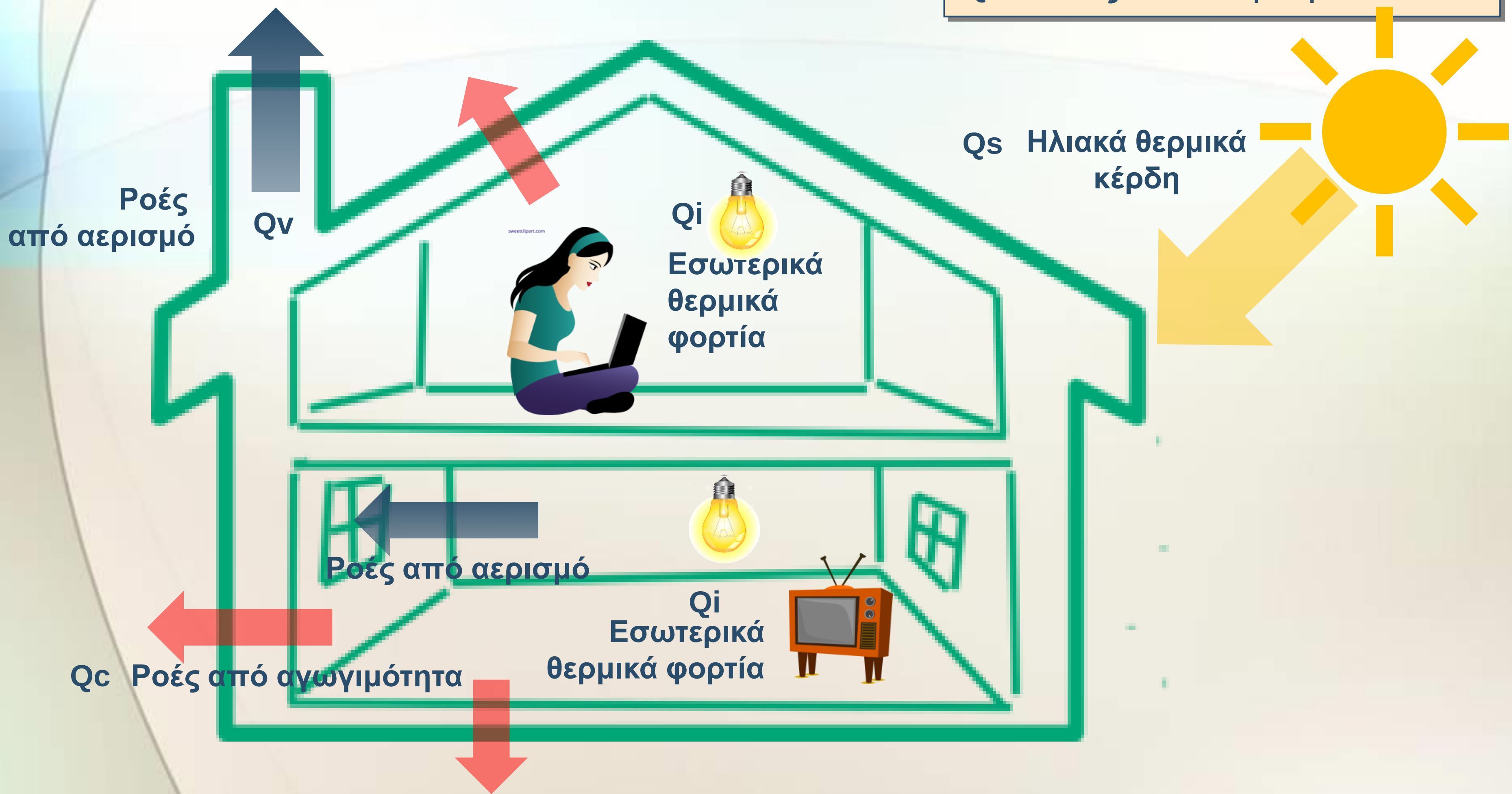
Ενεργειακές ροές

Qi: Εσωτερικά θερμικά κέρδη

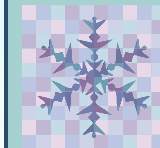
Qs: Ηλιακά θερμικά κέρδη

Qc: Ροές από αγωγιμότητα

Qv: Ροές από αερισμό



Επιδιωκόμενοι στόχοι ↔ τρόποι επίτευξης



χειμώνας

$-\eta(Qi + Qs) + (Qc + Qv) = Qm$

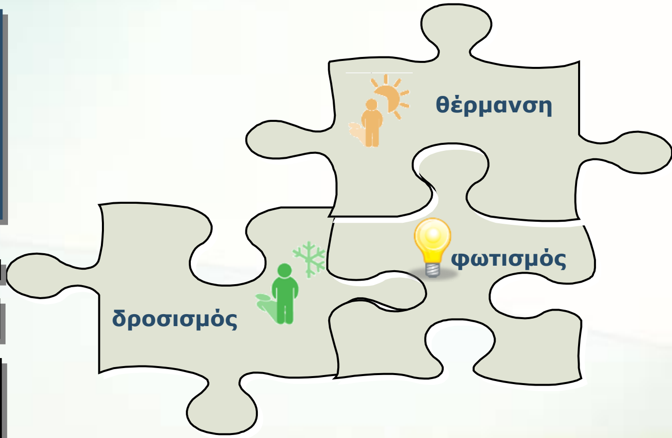
Μείωση θερμικών απωλειών Qc, Qv

Αύξηση ηλιακών κερδών Qs

- ισχυρή θερμομόνωση
- κουφώματα υψηλής τεχνολογίας
- έλεγχος απωλειών αερισμού

εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας
με διάφορες τεχνικές
ενταγμένες στο νότο
με αποδεκτή απόκλιση +- 25^{o}

Επιδιωκόμενοι στόχοι ↔ τρόποι επίτευξης



καλοκαίρι

$+(Qi + Qs) - \eta(Qc + Qv) = Qm$

«Αύξηση» θερμικών απωλειών Qc, Qv

- ενίσχυση νυχτερινού αερισμού
- χρήση υδάτινων στοιχείων
- εκμετάλλευση θερμοχωρητικότητας

Μείωση ηλιακών κερδών Qs

- αποτελεσματική σκίαση του κελύφους
- υαλοπίνακες υψηλής τεχνολογίας
- χρήση υλικών υψηλής ανακλαστικότητας

Ενεργειακό ισοζύγιο & σχεδιασμός κελύφους

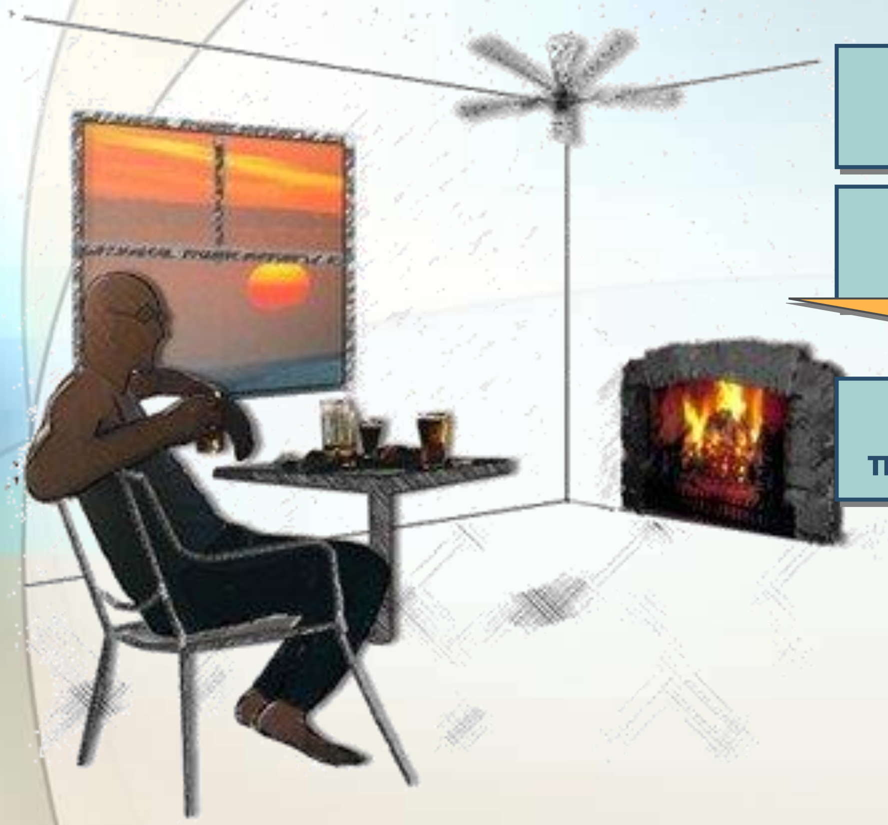
ΣΤΟΧΟΙ

Διαμόρφωση συνθηκών άνεσης

Μείωση της συμμετοχής των μηχανικών μέσων διαμόρφωσης των εσωκλιματικών συνθηκών

Σχεδιασμός κελύφους

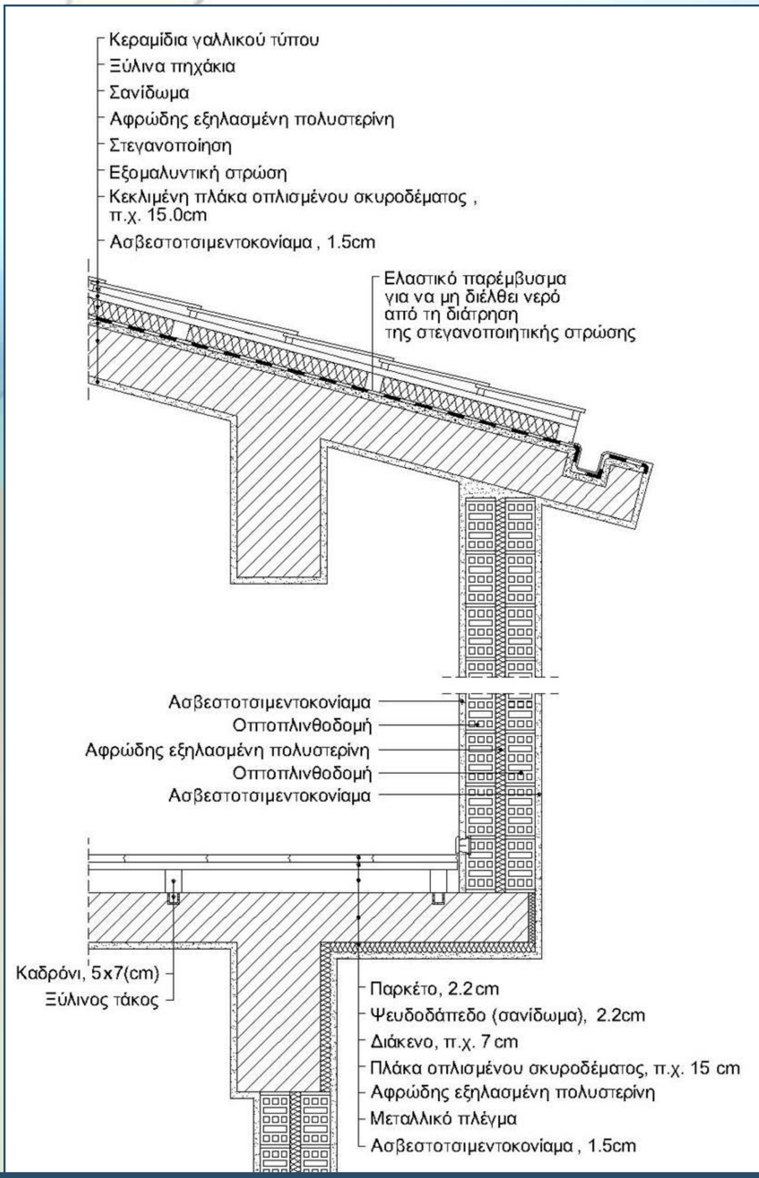
Κάλυψη ενεργειακών αναγκών με αξιοποίηση περιβαλλοντικών συνθηκών και φυσικών διεργασιών

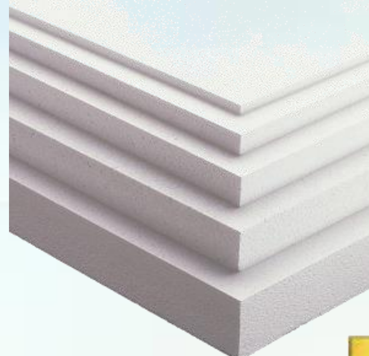


Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία

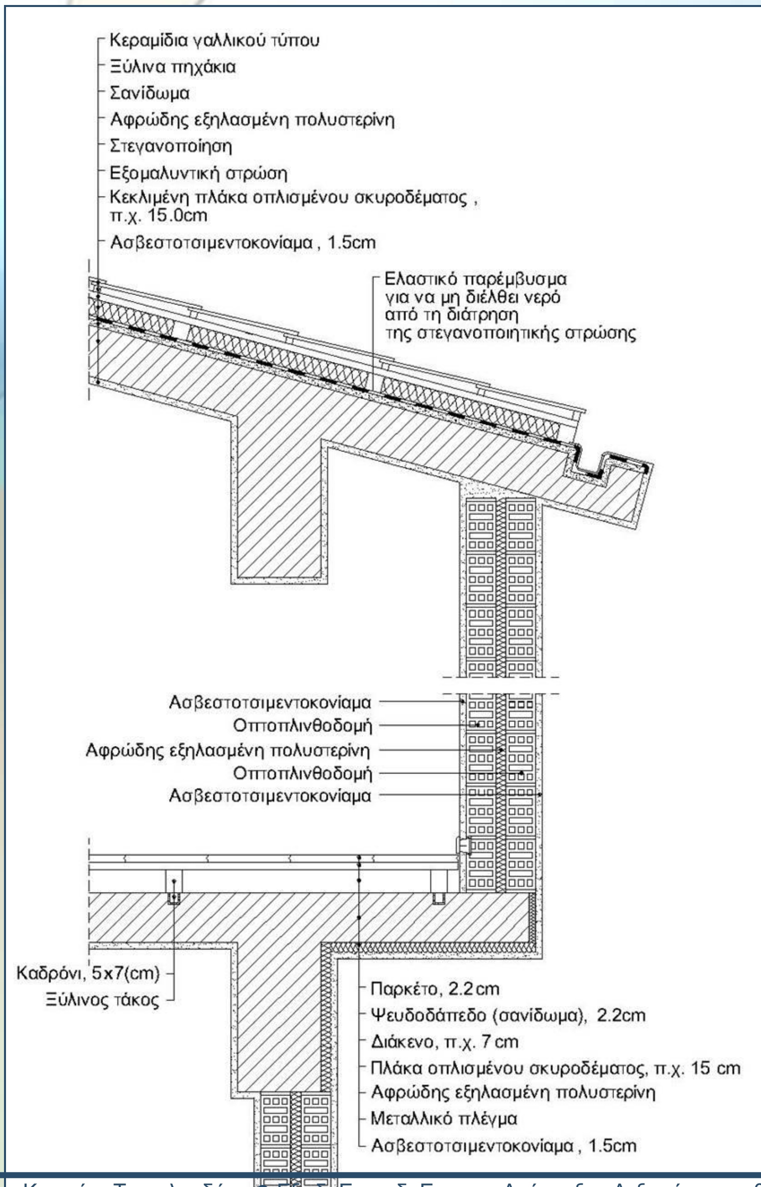
Συμπαγή στοιχεία

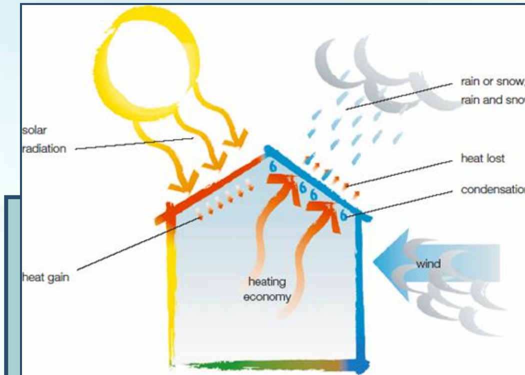




Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία





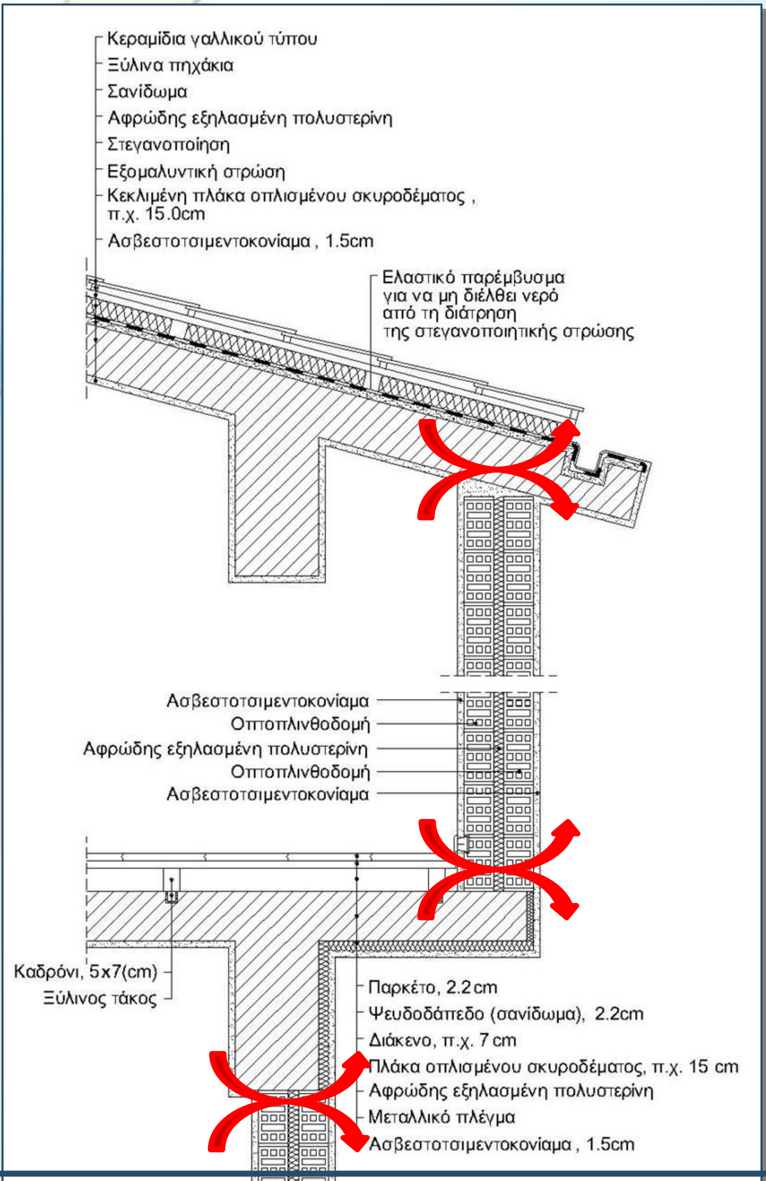
Συμπαγή στοιχεία

- ✓ **Μειώνει τη ροή θερμότητας**
- ✓ **Βελτιώνει τις συνθήκες θερμικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους.**
- ✓ **Μειώνει την πιθανότητα συμπύκνωσης των υδρατμών στις επιφάνειες του κτιρίου, με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν θερμογέφυρες.**
- ✓ **Μειώνει το κόστος λειτουργίας του κτιρίου λόγω των εξοικονομήσεων σε ενέργεια.**

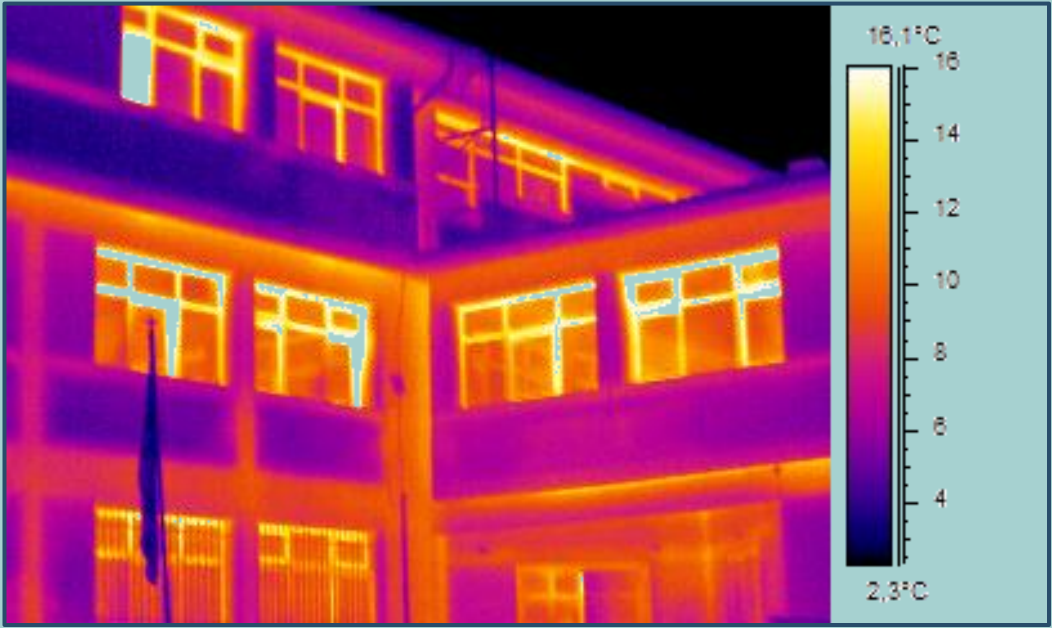
Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία

Συμπαγή στοιχεία



Αποφυγή θερμογεφυρών



Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους:
μείωση απωλειών θερμότητας

Θερμική προστασία

Κουφώματα

Διαφανείς επιφάνειες

Ενεργειακή συμπεριφορά

Συντελεστής θερμοπερατότητας U_W

Διαπερατότητα σε ηλιακή ακτινοβολία g

Διαπερατότητα σε φυσικό φως t_v

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία

Κουφώματα

Διαφανείς επιφάνειες

Πλαίσιο

Αλουμινίου

Χωρίς θερμοδιακοπή
π.χ. U_f = 7 W/(m² K)

Με θερμοδιακοπή
U_f = 1 – 3,5 W/(m² K)

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία

Κουφώματα

Διαφανείς επιφάνειες

Πλαίσιο

Αλουμινίου

Συνθετικά
π.χ. U_f = 1-2,80 W/(m² K)

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία

Κουφώματα

Διαφανείς επιφάνειες

Πλαίσιο

Αλουμινίου

Συνθετικά
π.χ. U_f = 1-2,80 W/(m² K)

Ξύλινα
π.χ. U_f = 1,5-2 W/(m² K)

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία

Κουφώματα

Διαφανείς επιφάνειες

Πλαίσιο

- **Αλουμινίου**
- **Συνθετικά**
  π.χ. U_f = 1-2,80 W/(m² K)
- **Ξύλινα**
  π.χ. U_f = 1,5-2 W/(m² K)

Υαλοπίνακας

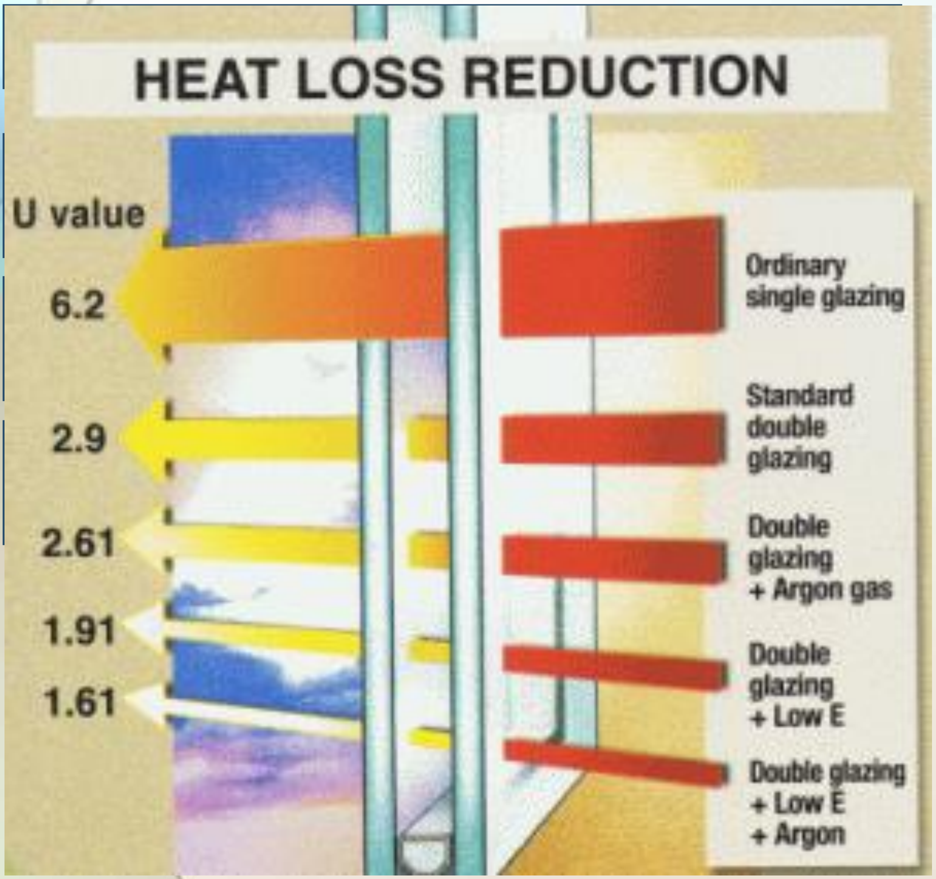
- **Μονός, διπλός, τριπλός,…**
- **Καθαρό, έγχρωμο, ανακλαστικό γυαλί**
- **Πλήρωση με αέρα, με ευγενές αέριο, κενό**
- **Χαμηλής εκπομπής (low-e)**

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία

Διαφανείς επιφάνειες

Κουφώματα



Υαλοπίνακας

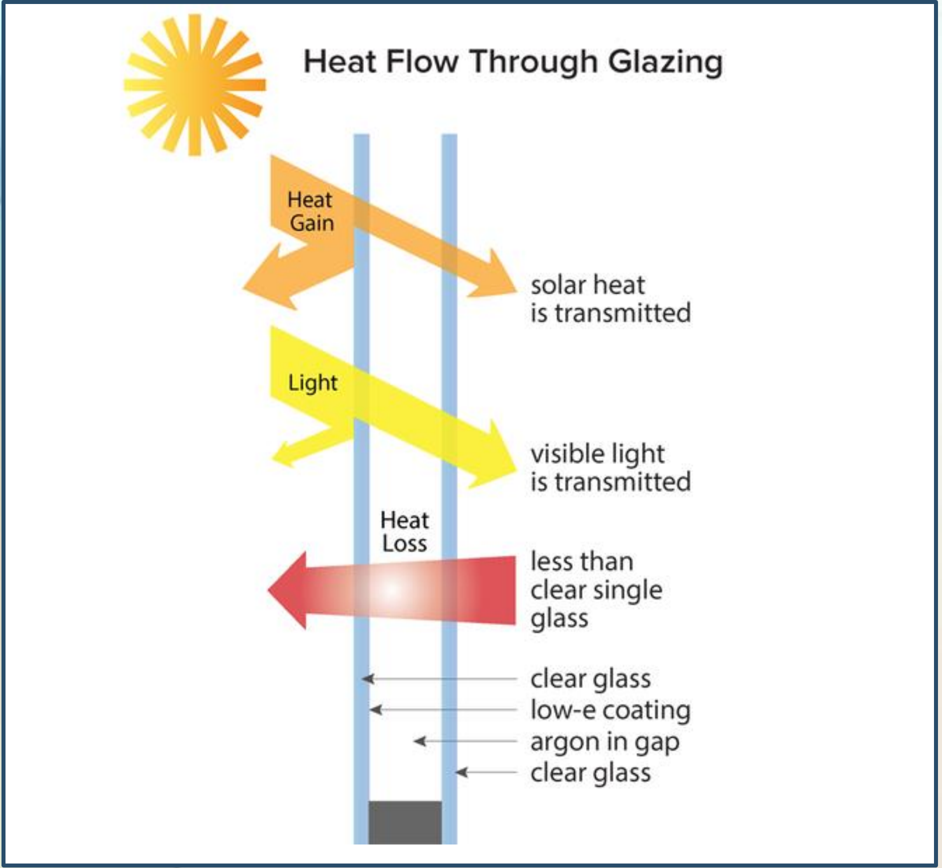
- Μονός, διπλός, τριπλός,…
- Καθαρό, έγχρωμο, ανακλαστικό γυαλί
- Πλήρωση με αέρα, με ευγενές αέριο, κενό
- Χαμηλής εκπομπής (low-e)

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία

Κουφώματα

Διαφανείς επιφάνειες



Υαλοπίνακας

Μονός, διπλός, τριπλός,…

Καθαρό, έγχρωμο, ανακλαστικό γυαλί

Πλήρωση με αέρα, με ευγενές αέριο, κενό

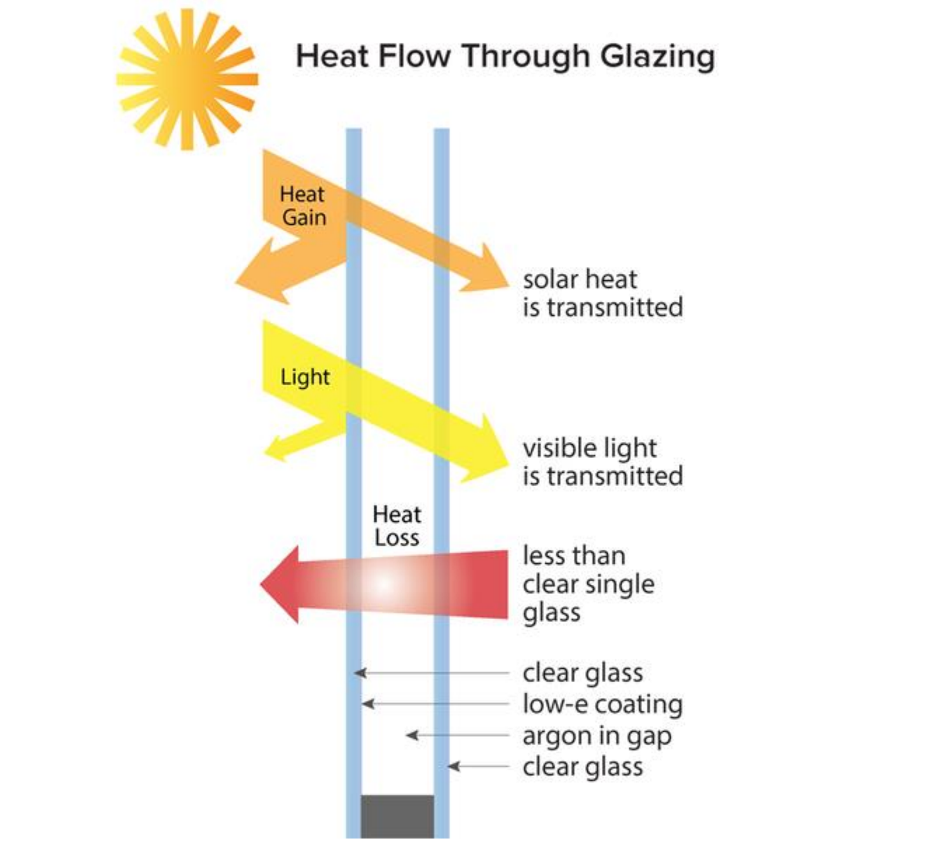
Χαμηλής εκπομπής (low-e)

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία

Κουφώματα

Διαφανείς επιφάνειες



Υαλοπίνακας

Μονός, διπλός, τριπλός,…

Καθαρό, έγχρωμο, ανακλαστικό γυαλί

Πλήρωση με αέρα, με ευγενές αέριο, κενό

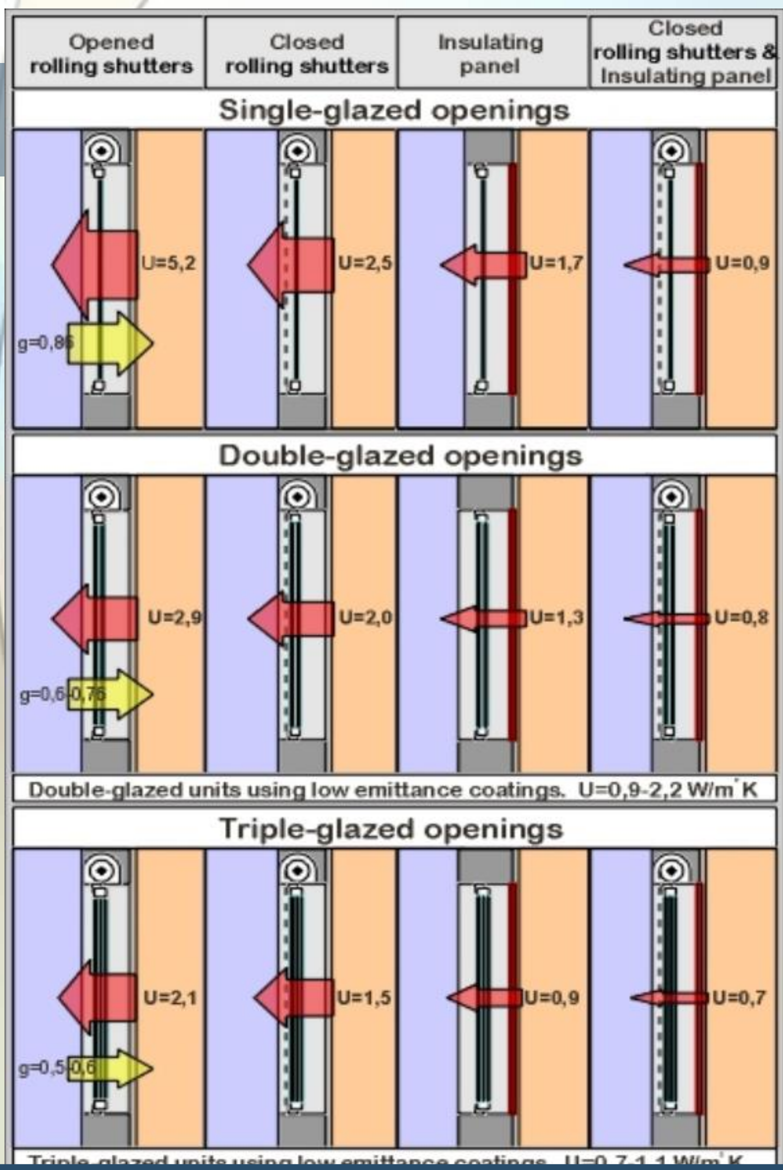
Χαμηλής εκπομπής (low-e)

Τύπος υαλοπίνακα	U-value	SHGC	Tv
Συμβατικός διπλός υαλοπίνακας	2,7 W/m²K	0.71	0.78
Ανακλαστικός υαλοπίνακας	2,7 W/m²K	0.46-0.25*	0.65-0.27*
Υαλοπίνακας χαμ. εκπεμψιμότητας (low-e)	1.7-1.4 W/m²K**	0.68	0.74
Υαλοπίνακας φασματικά επιλεκτικός	1.4-1.1 W/m²K**	0.36	0.66

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση απωλειών θερμότητας*

Θερμική προστασία

Κουφώματα



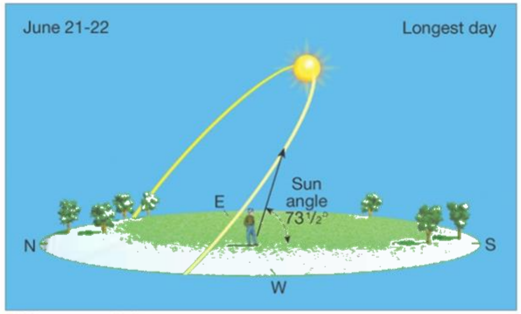
Νυχτερινή μόνωση

Σημαντική η μείωση
των θερμικών απωλειών
με τη χρήση «νυχτερινής μόνωσης»
τη νύχτα!

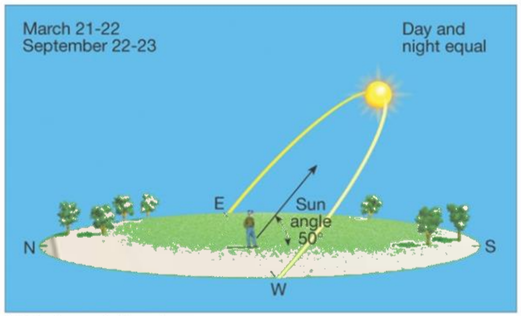
Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *εκμετάλλευση ηλιακού δυναμικού*

Ηλιασμός κτιρίου

Ηλιακή γεωμετρία

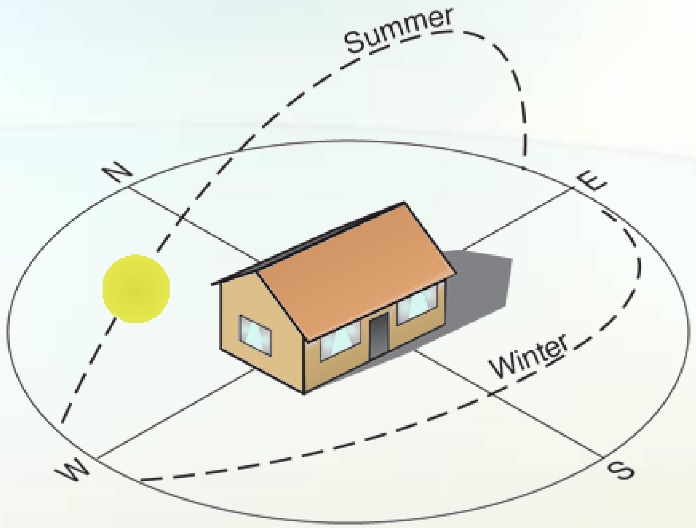


(a) Summer solstice



(b) Spring or fall equinox

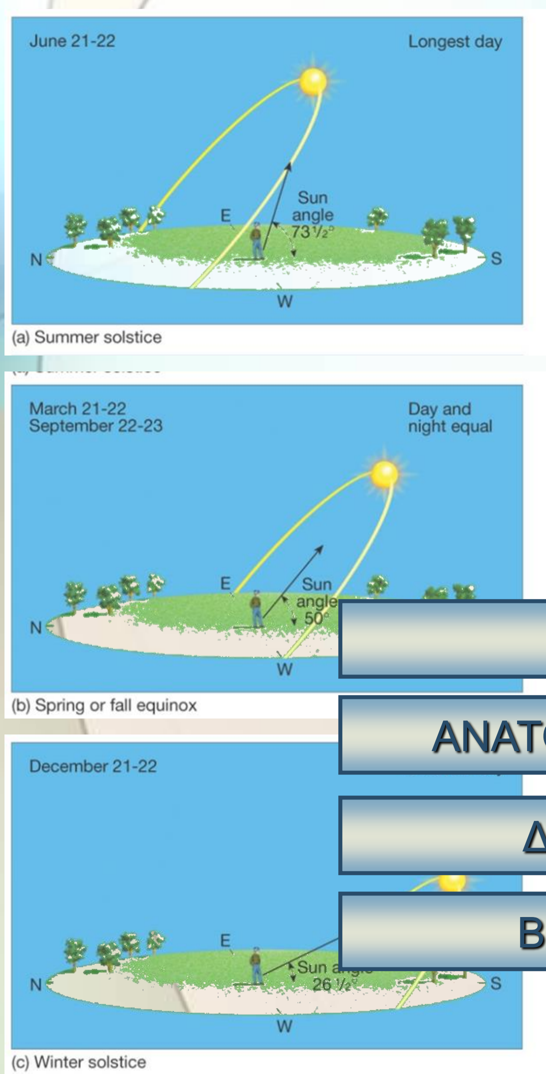
(c) Winter solstice



Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *εκμετάλλευση ηλιακού δυναμικού*

Ηλιασμός κτιρίου

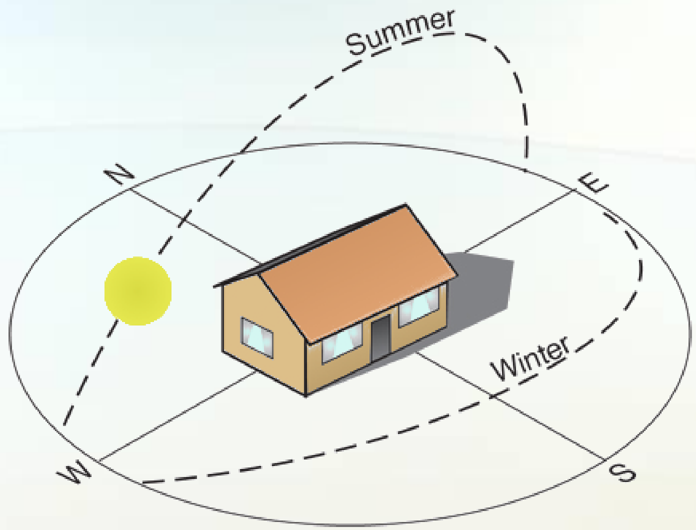
Ηλιακή γεωμετρία



(a) Summer solstice

(b) Spring or fall equinox

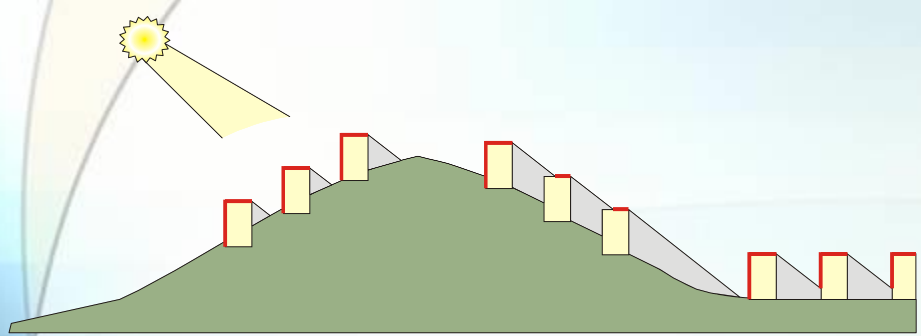
(c) Winter solstice



ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ	Πλήρης ηλιασμός το χειμώνα, όλη την ημέρα
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ	Ηλιασμός μόνο τις πρωινές ώρες
ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ	Ηλιασμός μόνο τις απογευματινές ώρες
ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ	Ελάχιστος ηλιασμός

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *εκμετάλλευση ηλιακού δυναμικού*

Ηλιασμός κτιρίου



Ηλιασμός vs. γεωγραφικό ανάγλυφο

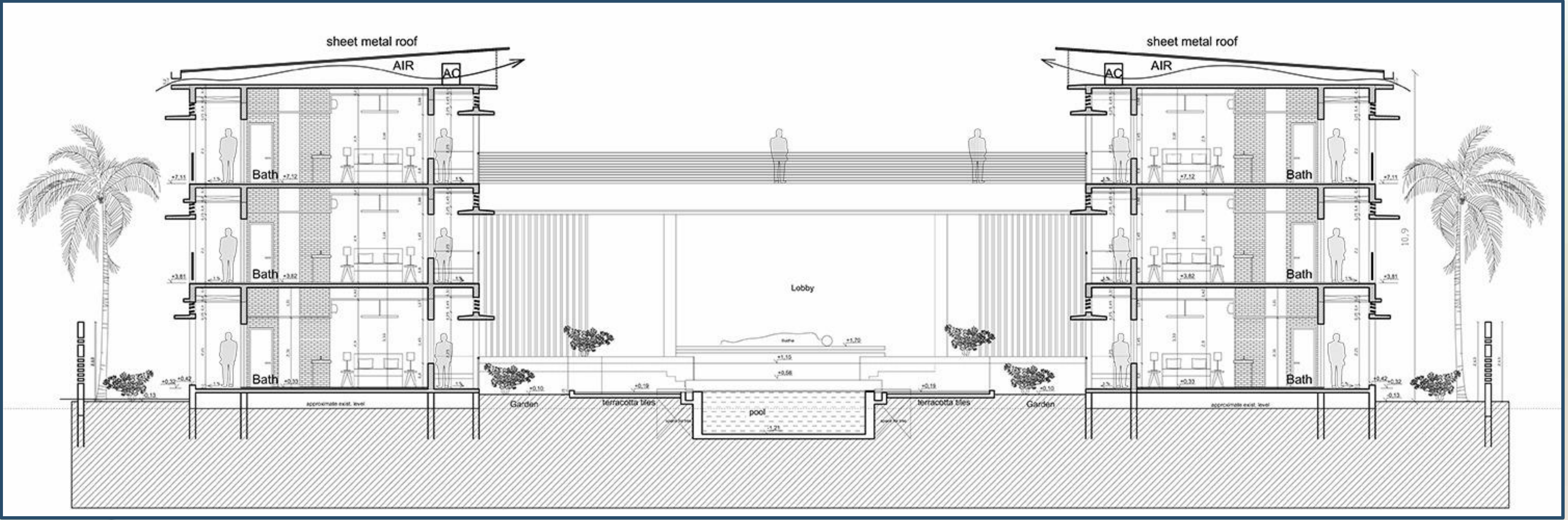
Ηλιασμός vs. αστικό ανάγλυφο

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *εκμετάλλευση ηλιακού δυναμικού*

Ηλιασμός κτιρίου

Ηλιακά κέρδη & χρήση

Χωροθέτηση των λειτουργιών στο κτίριο ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης



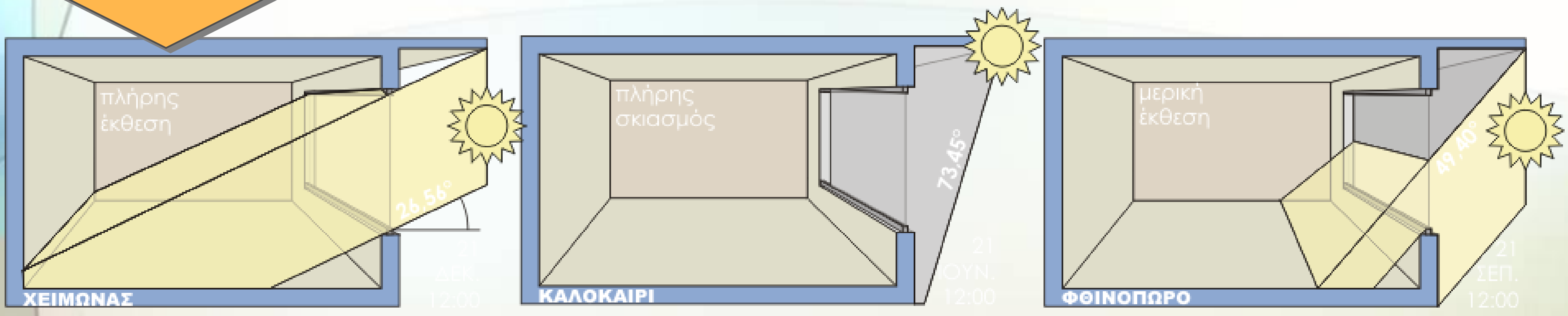
BIOCLIMATIC 4☆ HOTEL in MYANMAR - T3 Architects

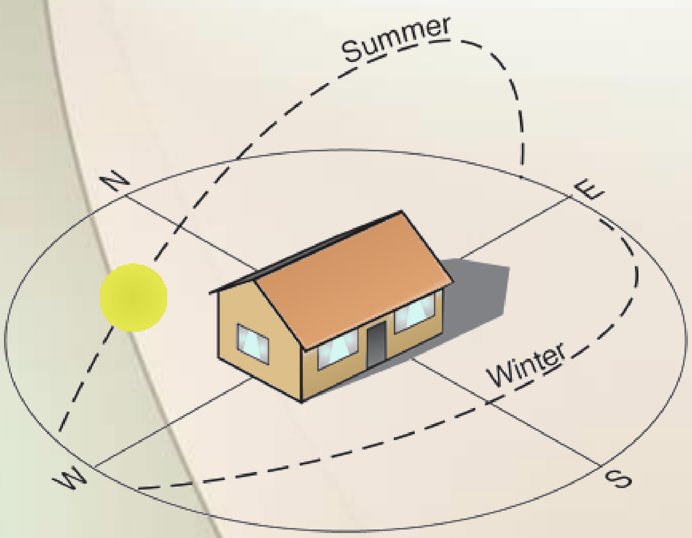
Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση «ηλιακών κερδών»*

Σκιασμός κτιρίου

Ηλιοπροστασία

Σωστή λειτουργία ηλιοπροστασίας





ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ	Προστεγάσματα
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ	Κατακόρυφες διατάξεις
ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ	Κατακόρυφες διατάξεις
ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ	Δεν είναι απαραίτητες

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση «ηλιακών κερδών»*

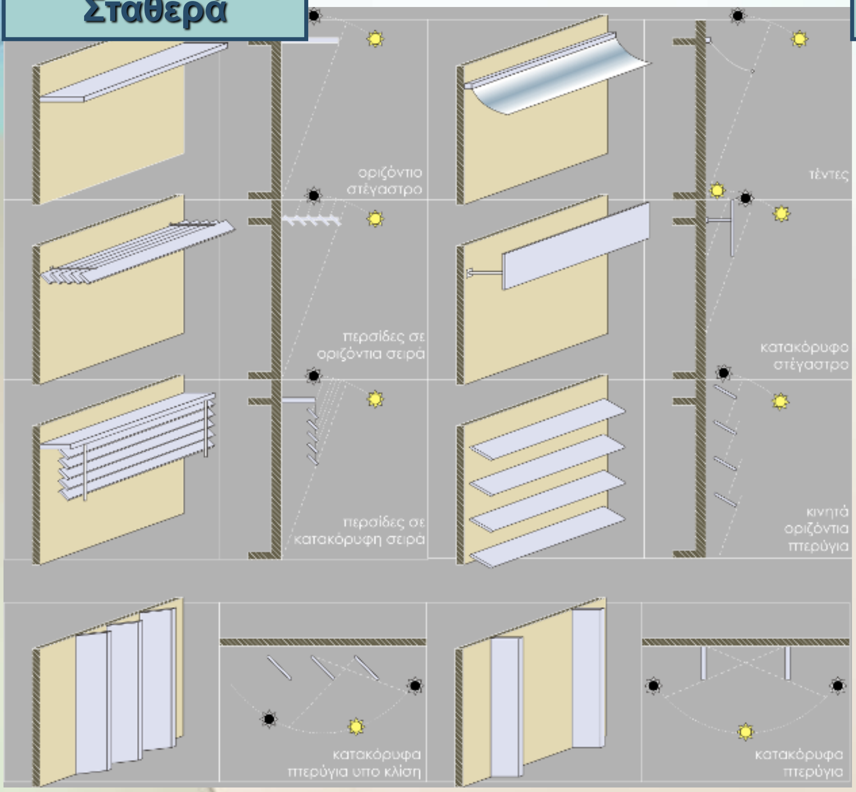
Σκιασμός κτιρίου

Ηλιοπροστασία

Τύποι ηλιοπροστατευτικών διατάξεων

Σε συμβατικές κατασκευές η ηλιοπροστασία υλοποιείται με τους προβόλους-εξώστες ή τις πλευρικές προεξοχές

Σταθερά



Κινητά

Διάτρητα

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *μείωση «ηλιακών κερδών»*

Σκιασμός κτιρίου

Ηλιοπροστασία

Τύποι ηλιοπροστατευτικών διατάξεων

Σε συμβατικές κατασκευές η ηλιοπροστασία υλοποιείται με τους προβόλους-εξώστες ή τις πλευρικές προεξοχές

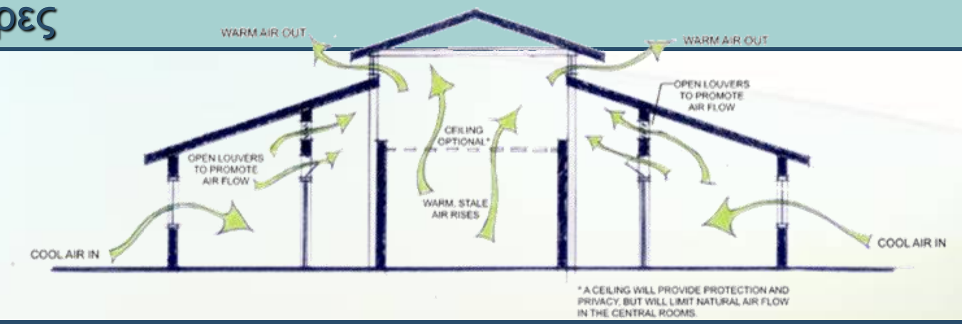
http://bioclimaticdsgn.blogspot.com/2011/05/sustainable-hotel-by-woha.html

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους:
αύξηση θερμικών ροών προς το περιβάλλον

Ενίσχυση αερισμού

Αερισμός

Φυσικός αερισμός: σημαντική παράμετρος σχεδιασμού στις μεσογειακές χώρες



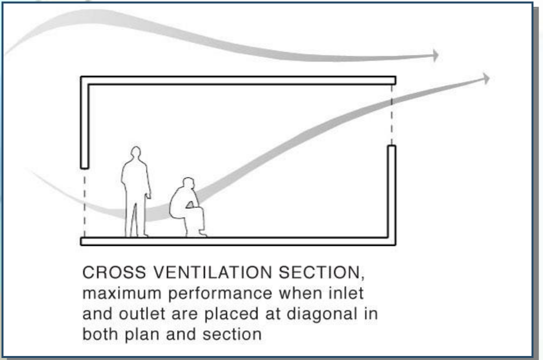
Νυχτερινός αερισμός: ιδιαίτερα αποτελεσματικός για εκτόνωση φορτίων

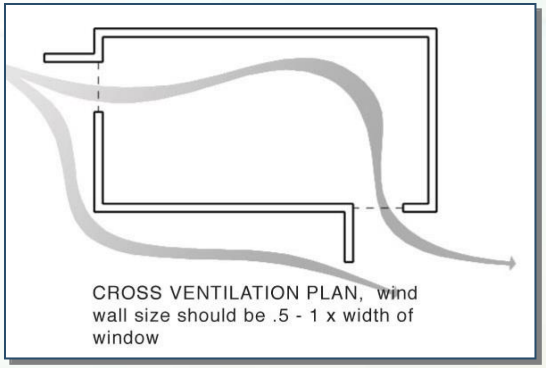
Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *αύξηση θερμικών ροών προς το περιβάλλον*

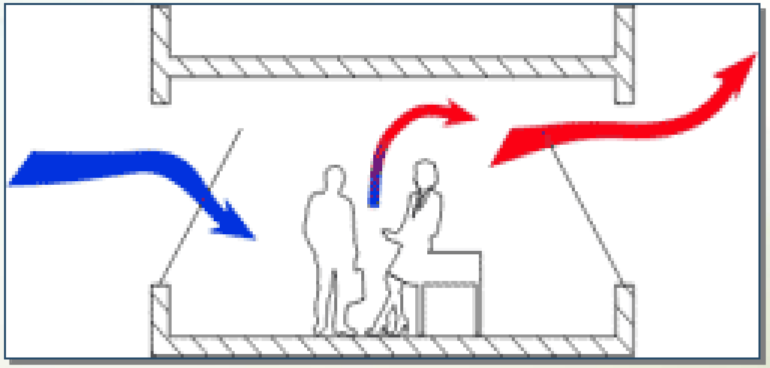
Ενίσχυση αερισμού

Αερισμός

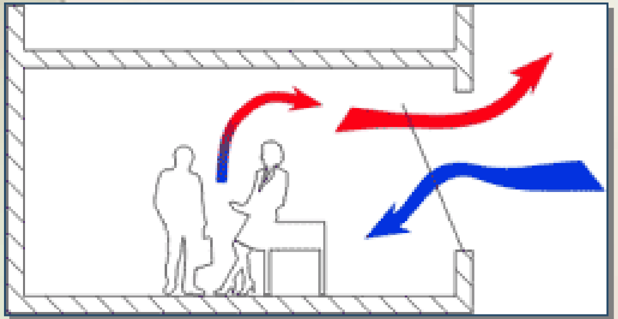
Διαμπερής αερισμός

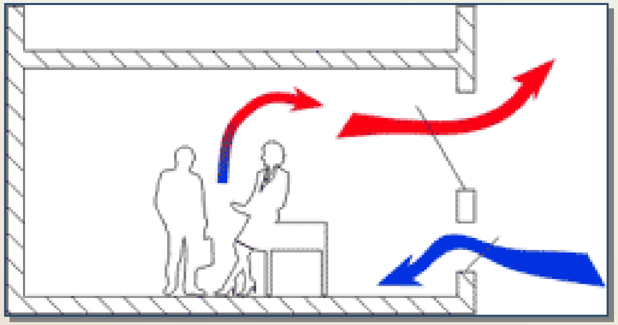






Μονόπλευρος αερισμός



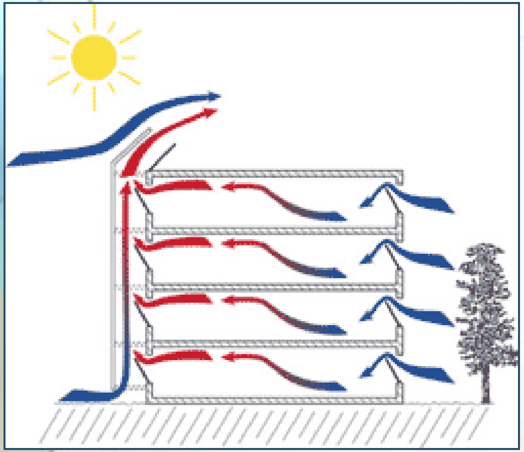


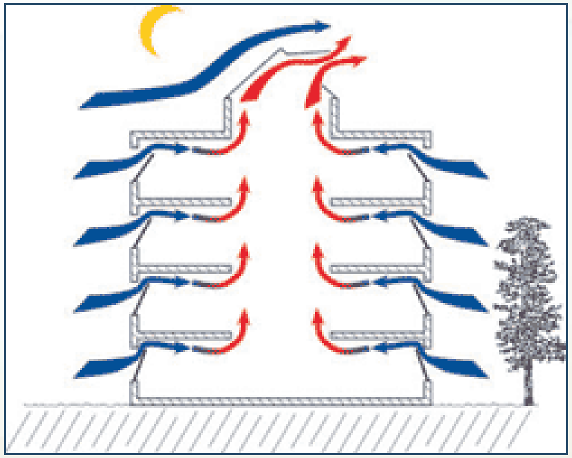
Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *αύξηση θερμικών ροών προς το περιβάλλον*

Ενίσχυση αερισμού

Αερισμός

Αερισμός: Φαινόμενο «ηλιακής καμινάδας»

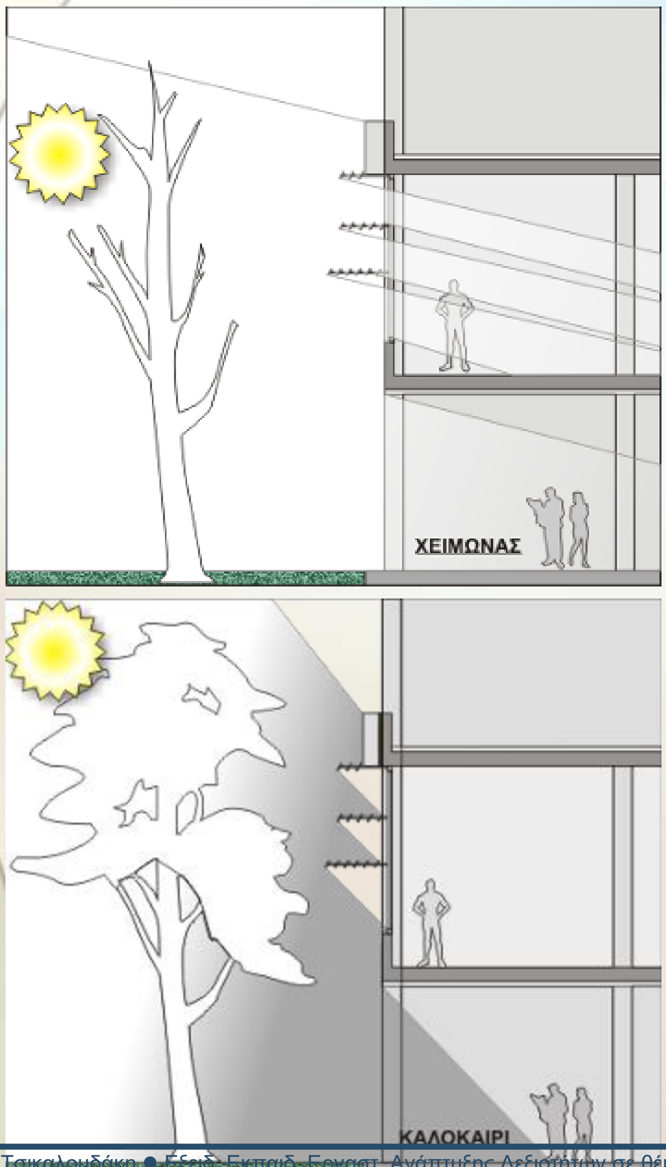


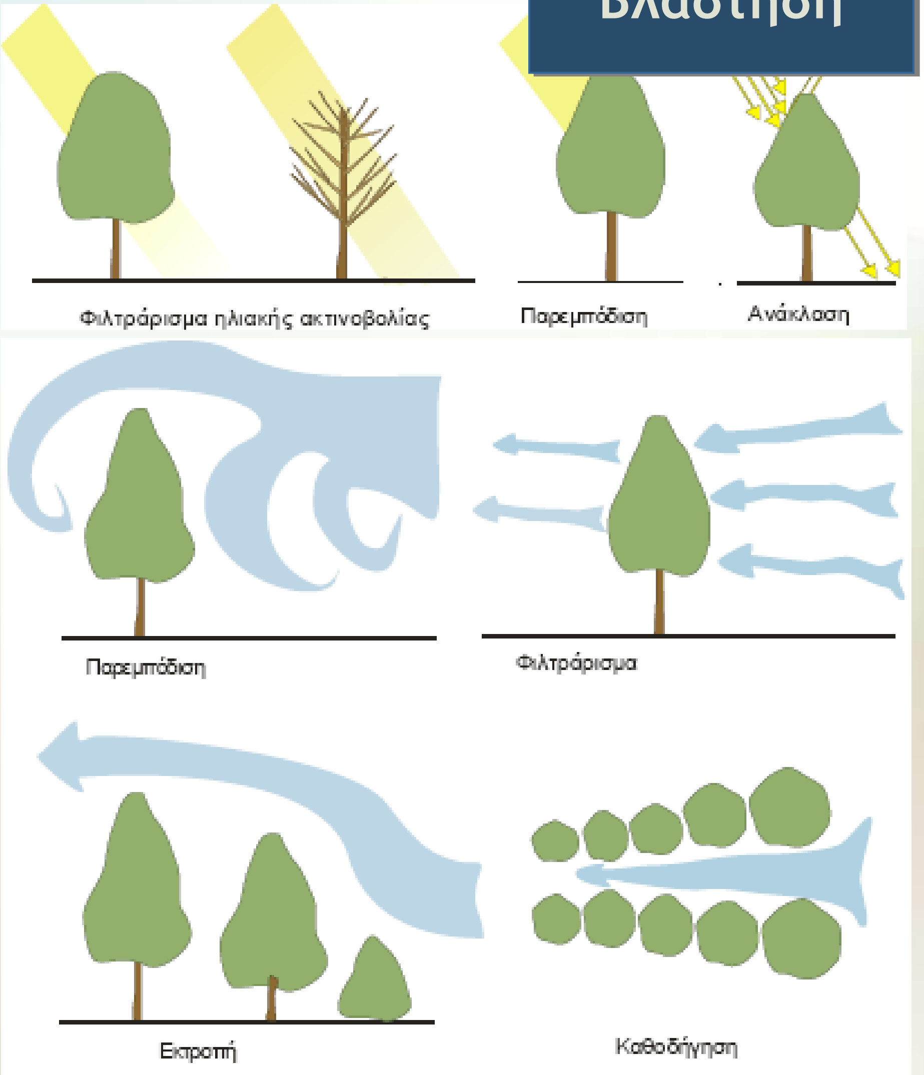


Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *εκμετάλλευση περιβαλλοντικών συνθηκών*

Διαμόρφωση μικροκλίματος

Βλάστηση

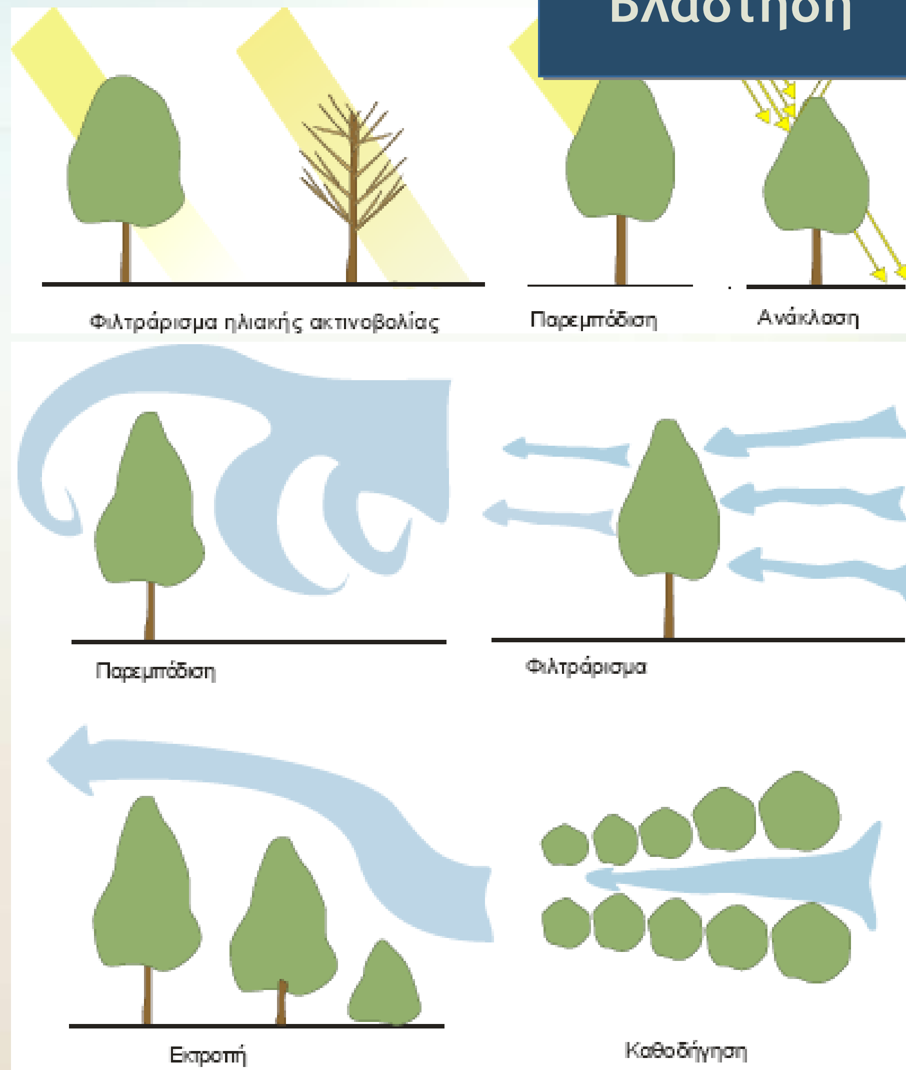




Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *εκμετάλλευση περιβαλλοντικών συνθηκών*

Διαμόρφωση μικροκλίματος

Βλάστηση



Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *εκμετάλλευση περιβαλλοντικών συνθηκών*

Διαμόρφωση μικροκλίματος

Βλάστηση

PARKROYAL Hotel Singapore

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους:
εκμετάλλευση περιβαλλοντικών συνθηκών

Διαμόρφωση μικροκλίματος

Επιλογή υλικών

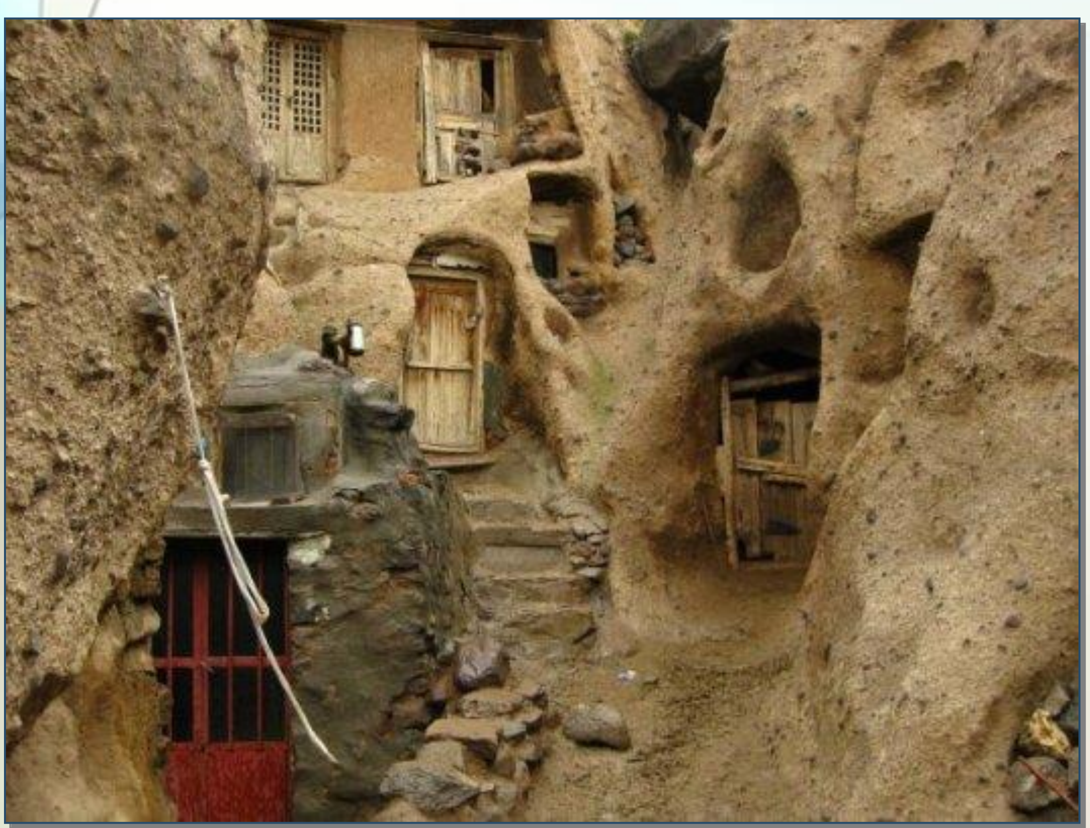
Εξατμιστικός δροσισμός → **υδάτινες επιφάνειες**

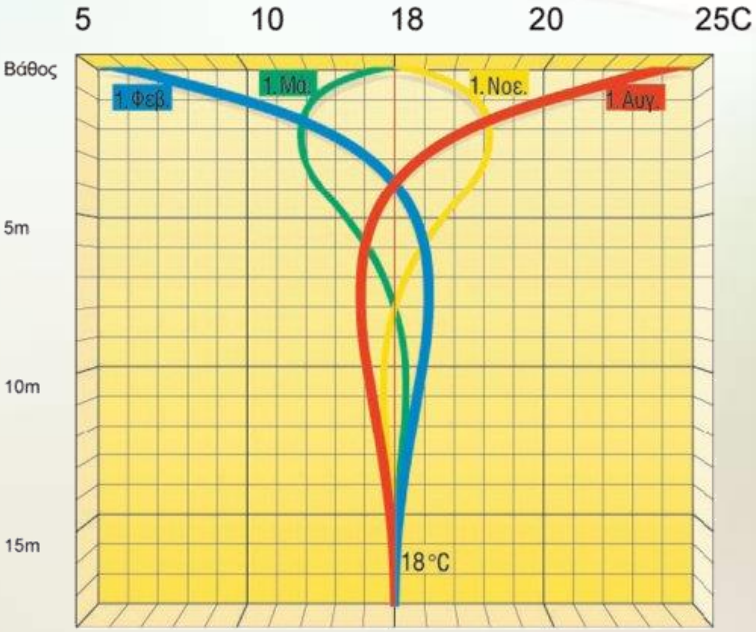
Επιλογή κατάλληλων υλικών επίστρωσης → **υψηλό albedo**

Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *εκμετάλλευση περιβαλλοντικών συνθηκών*

Εκμετάλλευση εδάφους

υπόσκαφα



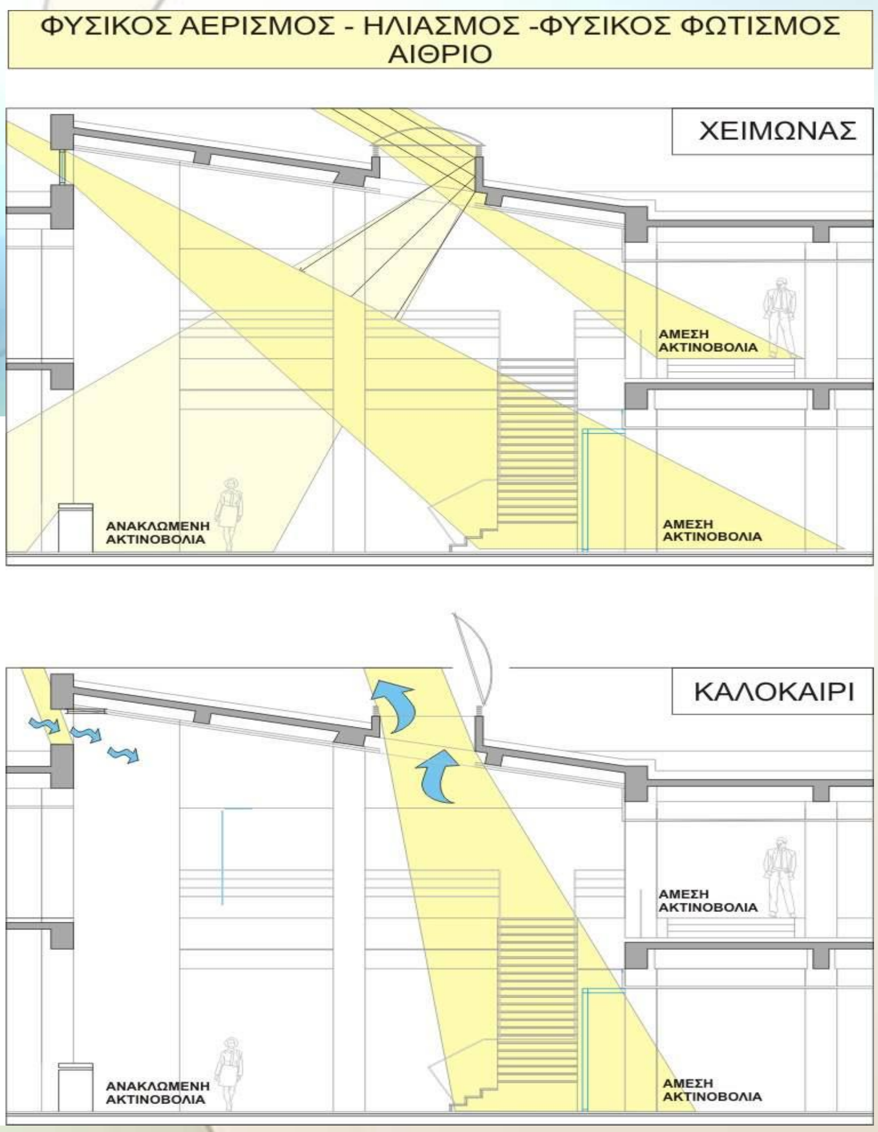


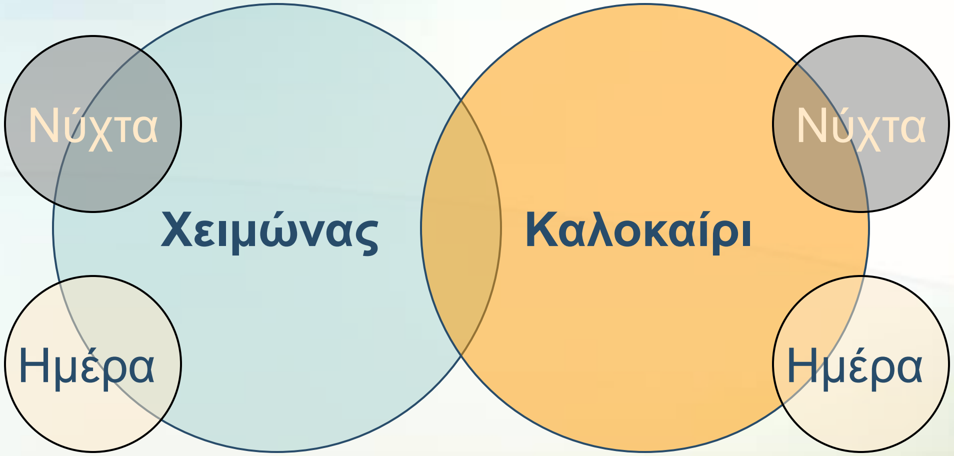
Στρατηγική σχεδιασμού κελύφους: *Βασικές δράσεις*

Προστασία κελύφους και βιοκλιματικός σχεδιασμός

- Θερμική προστασία συμπαγών και διαφανών δομικών στοιχείων
- Εκμετάλλευση ηλιακού δυναμικού
- Χωροθέτηση χρήσεων
- Ηλιοπροστασία
- Αξιοποίηση φυσικού αερισμού
- Διαμόρφωση μικροκλίματος με ορθό σχεδιασμό εξωτερικών χώρων

Στρατηγική ενεργειακού σχεδιασμού:
συνδυασμένες δράσεις: κέλυφος



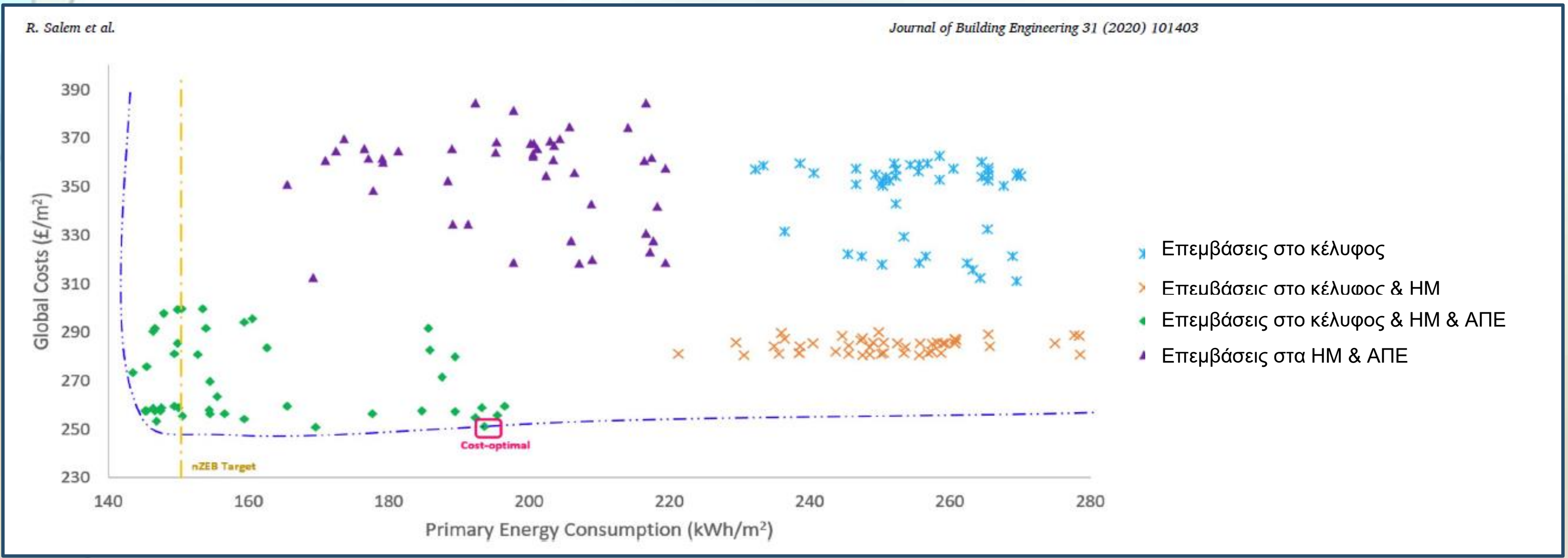


…πολλές φορές αντιφατικές

…πληθώρα χρήσεων

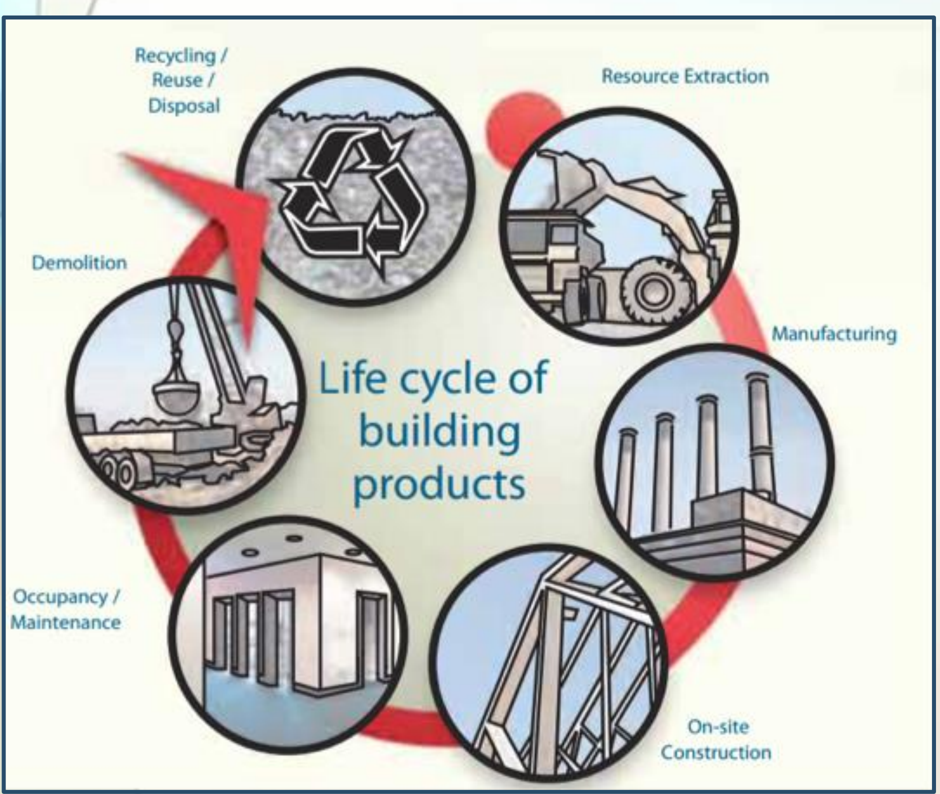
Στρατηγική ενεργειακού σχεδιασμού:
συνδυασμένες δράσεις: κέλυφος & τεχνικά συστήματα

Επεμβάσεις για την ενεργειακή απόδοση και σχέση κόστους - οφέλους



Επιπτώσεις στο περιβάλλον
σε όλη τη διάρκεια ζωής των κτιρίων

Ανάλυση κύκλου ζωής

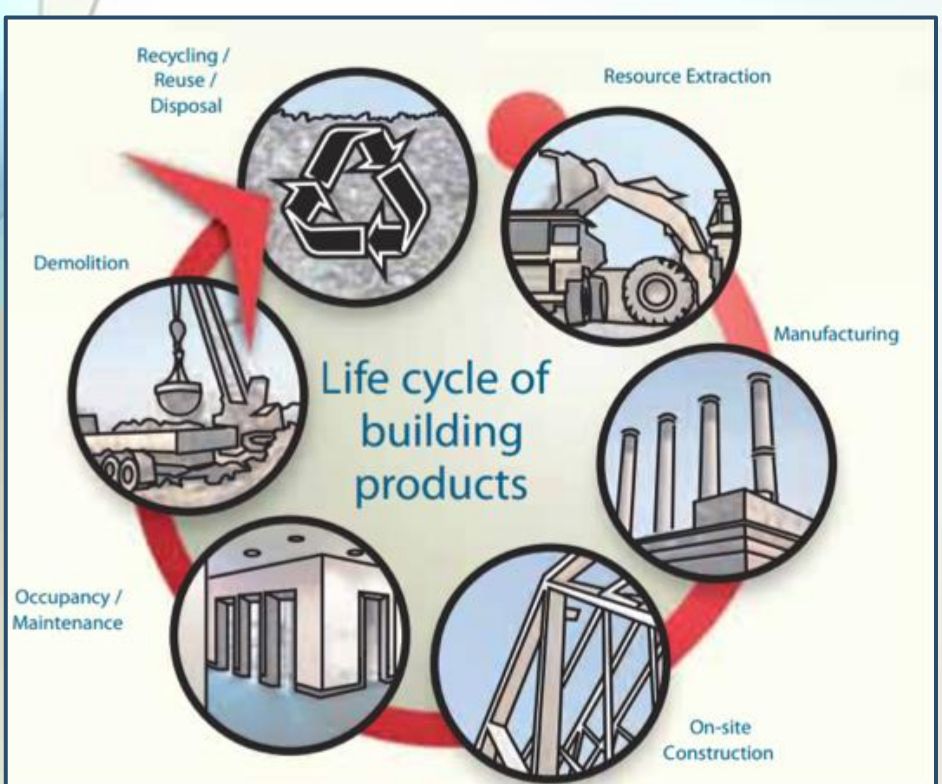


Αποτίμηση των επιπτώσεων

Sb	Εξάντληση αβιοτικών πόρων
SO_2	Οξίνιση
PO_4	Ευτροφισμός
CO_2	Υπερθέρμανση
CFC11	Δυναμικό διάσπασης όζοντος
C_2H_4	Φωτοχημικό νέφος
…	Τοξικότητα εδάφους
…	Τοξικότητα υδροφορέων
…	Ανθρώπινη υγεία
…	Χρήση γης
…	Χρήση νερού

Επιπτώσεις στο περιβάλλον
σε όλη τη διάρκεια ζωής των κτιρίων

Ανάλυση κύκλου ζωής



Επιπτώσεις στο περιβάλλον
σε όλη τη διάρκεια ζωής

Κλιματική αλλαγή: αντιμετώπιση και προσαρμογή

Η τουριστική βιομηχανία μπορεί να συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων, πχ:

- **με φιλικά προς το περιβάλλον κτίρια**
- **με ορθή διαχείριση νερού και αποβλήτων**
- **με ελεύθερους χώρους (υδατοδιαπερ. επιφάνειες, πράσινο)**
- **με την ευαισθητοποίηση του κοινού**

Σχεδιασμός κελύφους

Σημαντικό βήμα μιας ολιστικής προσέγγισης

Σχεδιασμός κελύφους

Σχεδιασμός ΗΜ εγκαταστάσεων και ενσωμάτωση ΑΠΕ

Σχεδιασμός περιβάλλοντος χώρου

«CARBON NEUTRAL» BUILDING

Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω λύσεων στο κτιριακό κέλυφος

Κατερίνα Τσικαλουδάκη
Δρ πολιτικός μηχανικός, αναπληρώτρια καθηγήτρια
Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των Κτιρίων
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

hotels 4 climate
επιχειρώ για το κλίμα