

# ΚΟΧΕΕ και Προγράμματα Ενεργειακής Μελέτης σε Η/Υ

ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Από τους κ.κ. **Δ. Καζάκο**, Ηλ/γο Μηχανικό ΕΜΠ &  
**Σ. Παπαθανασίου**, Δρ. Ηλ/γο Μηχανικό ΕΜΠ,  
Στελέχη της εταιρείας 4M

## 1. Εισαγωγή

Όπως είναι γνωστό, ο νέος Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) του ΠΕΧΩΔΕ προβλέπεται να έχει σύντομα εφαρμογή, τόσο στα νεοανεγειρόμενα κτίρια, όσο και στα υφιστάμενα, στα τελευταία για την μελέτη των αναγκαίων επεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης. Στο πλαίσιο αυτό δημιουργείται η ανάγκη για επέκταση και προσαρμογή των πακέτων λογισμικού θέρμανσης & κλιματισμού που χρησιμοποιούν οι συνάδελφοι μελετητές, στο πνεύμα του ΚΟΧΕΕ με έμφαση στην ενεργειακή ανάλυση, την εξοικονόμηση ενέργειας και τον βιοκλιματικό σχεδιασμό.

**Πίνακας 0: Παράμετροι Υπολογισμών**

A/A	Σύμβολο	Μονάδα	Ερμηνεία	Παρατηρήσεις	
1	$Q_i$	J	Ολική απώλεια θερμότητας για ένα κτίριο μιας ζώνης για δεδομένη χρονική περίοδο	$Q_i = H(\theta_i - \theta_e)t = (H_T + H_V)(\theta_i - \theta_e)t = (H_T + V n \rho_a c_a)(\theta_i - \theta_e)t$	
2	H	W/K	Συντελεστής θερμικών απωλειών του κτιρίου		
3	$\theta_i$	°C	Set-point (επιθυμητή θερμοκρασία)		
4	$\theta_e$	°C	Μέση εξωτερική θερμοκρασία κατά την περίοδο υπολογισμού		
5	t	sec	διάρκεια χρονικής περιόδου		
6	$H_T$	W/K	Συντελεστής θερμικών απωλειών μετάδοσης θερμότητας	$H_T = \rho_a c_a V_{sp} [U_w/U]^{2/3} \delta w/\Delta$	
7	$H_V$	W/K	Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού	$H_V = V \rho_a c_a = V n \rho_a c_a$	
8	V	m <sup>3</sup> /sec ή m <sup>3</sup> /h	Παροχή αέρα στο κτίριο που περιλαμβάνει αέρα και από μη θερμαινόμενους χώρους		
9	$\rho_a c_a$	J/m <sup>3</sup> K ή Wh/m <sup>3</sup> K	Θερμοχωρητικότητα αέρα	1200 J/m <sup>3</sup> K ή 0,34 Wh/m <sup>3</sup> K	
10	n	h <sup>-1</sup>	Εναλλαγές αέρα	$n_{min} = 0,5 h^{-1}$ για κατοικίες ή μικρότερο (πίνακες F.1, F.2 και F.3)	
11	$V_{sp}$	m <sup>3</sup> /sec ή m <sup>3</sup> /h	Set-point της ροής του αέρα που περνά από το αεριζόμενο επίπεδο	12	
12	$U_w$	W/m <sup>2</sup> K	Εξωτερική θερμική αγωγιμότητα	13	
13	$U_i$	W/m <sup>2</sup> K	Εσωτερική θερμική αγωγιμότητα	14	
14	$\delta$		Ο λόγος της διαφοράς συσσωρευμένης εσ. - εξ. θερμοκρασίας όταν λειτουργεί ο εξαερισμός, προς την τιμή του για όλη την περίοδο υπολογισμού	$\delta = 0,3 * \gamma_{ai} + 0,03 * (0,0003^{*} \gamma_{ai}^{-1})$	15
15	$V_T$	m <sup>3</sup> /sec ή m <sup>3</sup> /h	Συνολική παροχή αέρα	$V_T = V_i + V_x = V_i(1-n_v) + V_x$	16
16	$V_i$	m <sup>3</sup> /sec ή m <sup>3</sup> /h	Παροχή από ανεμιστήρες που είναι σε λειτουργία		17
17	$V_x$	m <sup>3</sup> /sec ή m <sup>3</sup> /h	Παροχή που οφείλεται στην ανεμόπτωση και στη διαστρωμάτωση αέρα, με ανοικτούς ανεμιστήρες, για μη στεγανό κέλυφος του κτιρίου	Όταν δεν υπάρχουν στοιχεία για την περιοχή του κτιρίου $V_x = \sqrt{(\rho_a g / 1,2) f / U_{sp}} V_{sp} \sqrt{V_{sp} n_{sp}^2}$	18
18	$n_{50}$		εναλλαγές αέρα που προκαλούν 50 Pa διαφορά πίεσης εσωτερικά - εξωτερικά.	19	
19	$e, f$		συντελεστές σκίασης	πίνακας F.4	20
20	$V_0$	m <sup>3</sup> /s	Παροχή αέρα με φυσικό εξαερισμό	ανεμιστήρες κλειστοί	21
21	$V_x'$	m <sup>3</sup> /s	Πρόσθετη παροχή διείσδυσης αέρα με κλειστούς ανεμιστήρες λόγω ανεμόπτωσης και διαστρωμάτωσης	$V_x' = V n_{50} e$	22
22	$\beta$		Κλάσμα της χρονικής περιόδου με τους ανεμιστήρες ανοικτούς		23
23	$n_v$		Συντελεστής απόδοσης εναλλάκτη αέρα-αέρα		24
24	$t_u$		Περίοδος εφαρμογής διακοπτόμενης λειτουργίας		25
25	$\theta_{sp}$	°C	Θερμοκρασία κανονικού set-point		26
26	$\theta_{sb}$	°C	Θερμοκρασία set-back		27

## Πίνακας 0: Παράμετροι Υπολογισμών (συνέχεια)

28	C		Ενεργός θερμική χωρητικότητα ζώνης λόγω διακοπών, υπολογιζόμενη με μέγιστο πάχος 3cm	$C = \Sigma \chi A_i$
29	$\chi_i$		Θερμοχωρητικότητα της εσωτερικής επιφάνειας του στοιχείου j του κτιρίου	Πίνακας Η.1 EN ISO 13789
30	$A_i$	$m^2$	Επιφάνεια στοιχείων βαριάς κατασκευής	
31	$R_{si}$	$m^2K/W$	Θερμική αντίσταση της εσωτερικής επιφάνειας των παραπάνω στοιχείων	
32	$H_{tw}$	W/K	Συντελεστής απωλειών μετάδοσης θερμότητας για ελαφριά στοιχεία όπως παράθυρα και πόρτες	
33	$\Phi_{sp}$	W	Peak του συστήματος θέρμανσης	
34	$H_{ic}$	W/K	Συντελεστής θερμικών απωλειών μεταξύ οικοδομής και εσωτερικού περιβάλλοντος	$H_{ic} = \Sigma_i (A_i/R_{si})$
35	$Q_{\eta}$	J	Ολικό θερμικό κέρδος	$Q_{\eta} = Q_i + Q_{\nu}$
36	$Q_i$	J	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	$Q_i = \Phi_i t = [\Phi_{in} + (1-b)\Phi_{\eta}] t$
37	$Q_{\nu}$	J	Εξωτερικά θερμικά κέρδη	
	W		Μέση ισχύς εσωτερικών κερδών σε μη θερμαινόμενους χώρους	38 Φ
	W		Μέση ισχύς εσωτερικών κερδών	39 Φ
			λόγος που ορίζεται από το EN ISO 13789	40 b
	J		Ηλιακό κέρδος	41 Q
			όλοι οι προσανατολισμοί	42 j
			όλες οι επιφάνειες	43 η
	$kWh/m^2$		Ολική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια προσανατολισμού j	44 I <sub>ηj</sub>
	$m^2$		Δραύσα απορροφητική επιφάνεια της ηλιακής ακτινοβολίας της επιφάνειας η με προσανατολισμό j	45 A <sub>η</sub>
	$m^2$		Επιφάνεια του ανοίγματος της επιφάνειας	46 A
			Συντελεστής διόρθωσης σκίασης	47 F <sub>i</sub>
			Συντελεστής κορυφής	48 F <sub>c</sub>
			Συντελεστής πλαισίου	49 F <sub>f</sub>
			προς τη συνολική υαλοστάσιου	
			ολική ηλιακή ακτινοβολία θερμότητας	50 g
			Κάθετη ακτινοβολία στο τζάμι	51 g <sub>i</sub>
			Διορθωτικός συντελεστής	52 F <sub>w</sub>
			Συντελεστής διόρθωσης σκίασης για τον οριζόντιο	53 F <sub>h</sub>
			Συντελεστής διόρθωσης σκίασης για σκέπαστρα και πτέρυγες	54 F <sub>o</sub> , F <sub>r</sub>
	$m^2$		Ολική ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η απορ. επιφάνεια με την μόνιμη σκίαση κατά τη διάρκεια της εποχής θέρμανσης	55 I <sub>η,ps</sub>
	$m^2$		Ολική ηλιακή ακτινοβολία που θα προσέπιπτε στην επιφάνεια αν δεν ήταν σκιασμένη	56 I <sub>η</sub>
			Συντελεστής απωλειών μετάδοσης θερμότητας από το έδαφος σε μόνιμη κατάσταση	57 L <sub>s</sub>

Ενα σημαντικό εργαλείο υποστήριξης για κάθε M-H μελετητή, είναι το νέο πρόγραμμα Ενεργειακής Ανάλυσης ENER832, που συμπληρώνει το πακέτο θέρμανσης ADAPT της εταιρείας 4M, ακολουθώντας πιστά το πρότυπο prEN 832, το οποίο ήδη εφαρμόζεται υποχρεωτικά σε αρκετές χώρες της Ε.Ε. Ουσιαστικά το πρόγραμμα αυτό παράγει τμήμα της Ενεργειακής Μελέτης το οποίο θα απαιτείται για την έκδοση της άδειας σε αντικατάσταση της ισχύουσας μελέτης Θερμομόνωσης (τροποποίηση του ΦΕΚ 49/Δ/22.2.85), στο πλαίσιο της διαδικασίας ενεργειακής πιστοποίησης που προβλέπεται από τον ΚΟΧΕΕ.

## 2. Σκοπός του προγράμματος

Ακολουθώντας τις οδηγίες του προτύπου EN832, το νέο αυτό πρόγραμμα εκτιμά με ακρίβεια την ενέργεια που απαιτείται για την θέρμανση ενός κτιρίου και ειδικότερα υπολογίζει τις απώλειες θερμότητας για σταθερή εσωτερική θερμοκρασία (set point) και την απαιτούμενη θερμότητα για την περίοδο θέρμανσης ή ανά μήνα. Εμμεσα, υποστηρίζει την συγκριτική αξιολόγηση éναλλακτικών επιλογών στον σχεδιασμό σε κτίρια όπου σκοπεύεται να γίνουν ειδικές παρεμβάσεις ή να εφαρμοστούν αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού, θέματα στα οποία δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα ο νέος κανονισμός. Σε ότι αφορά

στο υπολογιστικό υπόβαθρο, πραγματοποιούνται πλήρεις και αναλυτικοί υπολογισμοί, που σε αντίθεση με το -γνωστό στους περισσότερους- πρότυπο DIN 4701, λαμβάνουν υπόψη κάθε ενεργειακό παράγοντα απώλειας ή κερδών. Έτσι, πέρα από τις απώλειες λόγω θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων στις οποίες λαμβάνονται υπόψη και οι θερμογέφυρες, το πρόγραμμα υπολογίζει:

- Την παροχή αέρα στο κτίριο που περιλαμβάνει αέρα και από μη θερμαινόμενους χώρους (Ελάχιστος, αερισμός, Φυσικός αερισμός, Συστήματα μηχανικού αερισμού, Μηχανικά συστήματα με εναλλάκτες θερμότητας, Επίδραση της λειτουργίας με διακοπές)
- Τα Εσωτερικά θερμικά κέρδη
- Τα Ηλιακά κέρδη
- Τις Θερμικές απώλειες και τα Ηλιακά Κέρδη για μία σειρά από ειδικά στοιχεία όπως είναι τα Θερμοκήπια, τα Αδιαφανή στοιχεία με διαφανή μόνωση, οι Τοίχοι τρόμου (trombe) και τα Αεριζόμενα περιτυλιγμένα στοιχεία

Δίνοντας έμφαση περισσότερο στην μεθοδολογία παρά στην λειτουργία του προγράμματος -άλλωστε η εφαρμογή ακολουθεί τις γενικές αρχές λειτουργικότητας της σειράς ADAPT που είναι λίγο έως πολύ γνωστή- επιχειρείται στην συνέχεια μια σχετικά λεπτομερή περιγραφή των πιο πάνω υπολογισμών έτσι, ώστε ο συνάδελφος μελετητής να αποκτήσει εύκολα μια καλή εικόνα για το πρότυπο.

### 3. Μεθοδολογικό Υπόβαθρο

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, το πρόγραμμα ακολουθεί το πρότυπο EN832. Η θεωρητικά απαιτούμενη ενέργεια για την θέρμανση ενός κτιρίου είναι η συνισταμένη των θερμικών απωλειών από τα δομικά στοιχεία, συνυπολογιζομένων και των θερμικών κερδών, από εσωτερικά (πχ. άτομα) ή εξωτερικά (πχ. ηλιασμός) αίτια. Οι μηχανισμοί και οι σχέσεις των υπολογισμών περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους της παρούσας ενότητας, ενώ στον πίνακα 0 συνοψίζονται οι παράμετροι οι οποίοι υπεισέρχονται στο μαθηματικό μοντέλο, με τις αντίστοιχες μονάδες.

#### 3.1 Θερμικές απώλειες

##### Θερμικές απώλειες για σταθερή εσωτερική θερμοκρασία

Οι ολικές θερμικές απώλειες  $Q_l$  ενός μονοζωνικού κτιρίου σε σταθερή εσωτερική θερμοκρασία κατά τη διάρκεια υπολογισμού είναι:

$$Q_l = H(\theta_i - \theta_e)t$$

όπου:

- $\theta_i$  Επιθυμητή θερμοκρασία
- $\theta_e$  Μέση εξωτερική θερμοκρασία κατά την περίοδο υπολογισμού
- $t$  Διάρκεια χρονικής περιόδου
- $H$  Συντελεστής θερμικών απωλειών του κτιρίου

**Πίνακας 1: Τύποι κτιρίου - Επίπεδο στεγανότητας**

	Multi-family κτίρια	Single-family κτίρια	Επίπεδο στεγανότητας
Ατομα	< 2 2 - 5 > 5	< 4 4 - 10 > 10	Υψηλό Μεσαίο Χαμηλό

**Πίνακας 2: Ρυθμός εναλλαγών αέρα με βάση τον αριθμό εκτεθειμένων προσόψεων κτιρίου - Προστασία κτιρίου από το περιβάλλον**

Τάξη προστασίας	Περισσότερες από μία εκτεθειμένες προσόψεις Στεγανότητα κτιρίου			Μόνο μία εκτεθειμένη πρόσοψη Στεγανότητα κτιρίου		
	Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό	Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό
Χωρίς	1,2	0,7	0,5	1,0	0,6	0,5
Μερική	0,9	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5
Βαριά	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

**Πίνακας 3: Ρυθμός εναλλαγών αέρα με βάση τη στεγανότητα κτιρίου - Επίπεδο προστασίας κτιρίου από το περιβάλλον**

Τάξη προστασίας	Στεγανότητα κτιρίου		
	Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό
Χωρίς	1,5	0,8	0,5
Μερική	1,1	0,6	0,5
Βαριά	0,7	0,5	0,5

$$H = H_T + H_V$$

- **H<sub>T</sub>** Συντελεστής θερμικών απωλειών μετάδοσης θερμότητας σύμφωνα με το **EN 13789**
- **H<sub>V</sub>** Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού

**Σημείωση:** Το μέγεθος  $(\theta_i - \theta_e)t$  σχετίζεται με βαθμοημέρες που ορίζονται διαφορετικά στις διάφορες χώρες.

Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να προσαρμοστεί σε διεθνή επίπεδα ώστε να επιτρέπεται η χρήση βαθμοημερών. Το αποτέλεσμα της προσαρμοστικής αυτής σχέσης θα είναι ωστόσο το ίδιο με αυτό της πιο πάνω εξίσωσης για κάθε κτίριο κατοικίας.

### Συντελεστής θερμικών απωλειών λόγω αερισμού

Ο συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού  $H_V$  υπολογίζεται από την σχέση:

όπου:

$$H_V = V \rho_a c_a$$

- **V** Παροχή αέρα στο κτίριο που περιλαμβάνει αέρα και από μη θερμαινόμενους χώρους
- **$\rho_a c_a$**  Θερμοχωρητικότητα αέρα [1200 J/m<sup>3</sup> K ή 0,34 Wh/m<sup>3</sup> K]

Η παροχή αέρα μπορεί να υπολογιστεί από τον αριθμό εναλλαγών αέρα  $n$ :

$V' = V \cdot n$  όπου  $V$  είναι ο όγκος του θερμαινόμενου χώρου υπολογισμένος με βάση τις εσωτερικές διαστάσεις.

### Ελάχιστος Αερισμός

Για λόγους άνεσης και υγιεινής ένας ελάχιστος αερισμός είναι απαραίτητος όταν το κτίριο είναι σε λειτουργία. Ο ελάχιστος αυτός αερισμός μπορεί να καθοριστεί σε εθνική βάση λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο και το είδος της λειτουργίας του κτιρίου.

**Σημείωση:** Όταν δεν υπάρχουν τοπικές πληροφορίες μία προτεινόμενη τιμή είναι η  $n_{min} = 0,5h^{-1}$  έτσι ώστε  $V'_{min} = 0,5Vm^3/h$ . Σε κτίρια εξοπλισμένα με απαιτητικό αερισμό, σε δωμάτια με ψηλές οροφές και σε κτίρια με μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς λειτουργία, ο απαιτούμενος ρυθμός εναλλαγών μπορεί να είναι μικρότερος.

### Φυσικός αερισμός

Ο ολικός αερισμός  $V'$  καθορίζεται ως ο μεγαλύτερος από τον ελάχιστο  $V'_{min}$  και τον επιθυμητό αερισμό  $V'_d$ :

$$V' = \max\{V'_{min}, V'_d\}$$

**Σημείωση:** Όταν δεν υπάρχουν τοπικές πληροφορίες ο ρυθμός εναλλαγών μπορεί να προκύψει από τους πίνακες 1, 2, 3.

### Συστήματα μηχανικού αερισμού

Η συνολική παροχή αέρα καθορίζεται από το άθροισμα των παροχών από τους ανεμιστήρες που είναι σε λειτουργία  $V'_f$  και μία επιπλέον παροχή που οφείλεται στην ανεμόπτωση και στην διαστρωμάτωση αέρα, με ανοικτούς ανεμιστήρες, για μη στεγανό κέλυφος του κτιρίου  $V'_x$ .

Για εξισορροπημένα συστήματα αερισμού, το  $V'_f$  ισούται με το μεγαλύτερο από την παροχή προσαγωγής  $V'_{sup}$  και την παροχή απόρριψης καυσαερίων  $V'_{ex}$ .

**Σημείωση:** Όταν δεν υπάρχουν τοπικές κλιματολογικές πληροφορίες, μία εκτίμηση

$$\dot{V}' = \dot{V}'_f + \dot{V}'_x$$

του  $V'_x$  είναι:

όπου

$$\dot{V}'_x = \frac{V \cdot n_{50} \cdot e}{1 + \frac{f}{e} \cdot \left[ \frac{\dot{V}'_{sup} - \dot{V}'_{ex}}{V \cdot n_{50}} \right]^2}$$

- $n_{50}$  είναι οι εναλλαγές αέρα που προκαλούν 50 Pa διαφορά πίεσης μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού
- $e$  και  $f$  είναι συντελεστές σκίασης που δίνονται από τον πίνακα 4.

Όταν υπάρχει μηχανικός εξαερισμός που ανοίγει για κάποιο χρονικό διάστημα, η παροχή υπολογίζεται:

όπου:

$$\dot{V} = \dot{V}_f (1 - n_v) + \dot{V}_x$$

- $\dot{V}_0$  είναι η παροχή αέρα με φυσικό εξαερισμό
- $\beta$  είναι το κλάσμα της χρονικής περιόδου με τους ανεμιστήρες ανοικτούς.

Για μηχανικά συστήματα με μεταβλητό ρυθμό παροχής αέρα σχεδιασμού, η

**Πίνακας 4: Συντελεστής σκίασης**

Συντελεστής σκίασης $\epsilon$	Πάνω από μία εκτεθειμένες προσόψεις	Μία εκτεθειμένη πρόσοψη
<i>Χωρίς σκίαση:</i> κτίρια σε ανοικτό χώρο, ψηλά κτίρια σε πόλεις	0,10	0,03
<i>Μέτρια σκίαση:</i> κτίρια σε περιοχές με δέντρα ή άλλα κτίρια στο περιβάλλοντα χώρο, περίχωρα	0,07	0,02
<i>Υψηλή σκίαση:</i> κτίρια μέσου ύψους σε πόλεις, κτίρια σε δάση	0,04	0,01
Συντελεστής $f$	15	20

$\dot{V}_0$  είναι η μέση τιμή της παροχής που περνάει από τους ανεμιστήρες κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος.

### Μηχανικά συστήματα με εναλλάκτες θερμότητας

Στην περίπτωση ανάκτησης θερμότητας του αέρα απόρριψης, οι απώλειες θερμότητας του μηχανικού αερισμού μειώνονται κατά  $(1-n_v)$ , όπου  $n_v$  είναι ο συντελεστής απόδοσης του εναλλάκτη αέρα - αέρα. Έτσι η παροχή που σχετίζεται με υπολογισμό της απώλειας θερμότητας υπολογίζεται από την:

Για σύστημα με εναλλάκτη αέρα - νερού ή ανάκτηση σε αντλία θερμότητας,

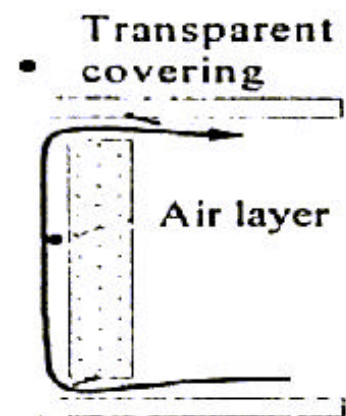
$$\dot{V} = \dot{V}_0(1 - \beta) + (\dot{V}_f + \dot{V}_x)\beta$$

η παροχή αερισμού υπολογίζεται χωρίς μείωση. Η θερμότητα ανάκτησης επηρεάζει τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών, και κατεπέκταση και την επιλογή του συστήματος θέρμανσης.

### Επίδραση των διακοπών

Σε συστήματα θέρμανσης με διακοπές λειτουργίας, το συνολικό ποσό των απωλειών θερμότητας μειώνεται, λόγω της μείωσης της μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας. Οι θερμικές απώλειες με διακοπές λειτουργίας υπολογίζονται με την παραπάνω σχέση θέτοντας ως επιθυμητή την μέση εσωτερική θερμοκρασία. Η μείωση των θερμικών απωλειών μπορεί επίσης να υπολογιστεί άμεσα.

**Σημείωση:** Οι θερμικές απώλειες με διακοπές λειτουργίας μπορούν να υπολογιστούν με τη χρήση διεθνών διαδικασιών. Όταν απουσιάζουν οι κατάλληλες εθνικές οδηγίες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η διαδικασία που παρουσιάζεται σε ένα από τα παραρτήματα του προτύπου.



**Σχήμα 2: Τοίχος Trombe**

### 3.2 Θερμικές απώλειες ειδικών στοιχείων



## Τοίχοι Trombe

Τα παρακάτω εφαρμόζονται σε τοίχους σχεδιασμένους να συλλέγουν ηλιακή ενέργεια (Σχήμα 2) όπου:

- η ροή αέρα σταματάει αυτόματα όταν το στρώμα αέρα είναι ψυχρότερο από το θερμαινόμενο χώρο,
- ο ρυθμός ροής αέρα είναι μηχανικά καθορισμένος σε μια σταθερή τιμή όταν το στρώμα αέρα είναι θερμότερο από το θερμαινόμενο χώρο.

Οι τοίχοι Trombe κατασκευάζονται συνήθως στη νότια πλευρά των κτιρίων όπου συνηθίζεται να υπάρχουν παράθυρα. Λόγω της έλλειψης φωτισμού που προκαλεί ο συγκεκριμένος τοίχος ονομάζεται και τοίχος τρόμου.

Δεδομένα

- **A:** επιφάνεια του αεριζόμενου ηλιακού τοίχου
- **As:** δρούσα συλλεκτική επιφάνεια
- **Ri:** εσωτερική θερμική αντίσταση τοίχου, μεταξύ του στρώματος αέρα και του εσωτερικού
- **Re:** εξωτερική θερμική αντίσταση τοίχου, μεταξύ του στρώματος αέρα και του εξωτερικού
- **Rl:** θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα
- **V:** επιθυμητή τιμή του ρυθμού ροής διαμέσου του αεριζόμενου στρώματος
- **hc και hr:** συντελεστής μεταφοράς της μεταγωγικής και ακτινοβολούσας αντίστοιχα επιφάνειας στο στρώμα αέρα
- **Is:** ολική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφανείας κατά την περίοδο υπολογισμού

Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών από τοίχους trombe βασίζεται στην επιθυμητή και την εξωτερική θερμοκρασία. Τα ηλιακά κέρδη υπολογίζονται σύμφωνα με την παραπάνω σχέση. Ο επιπρόσθετος συντελεστής θερμικών απωλειών ενός τέτοιου τοίχου υπολογίζεται από την σχέση:

όπου:

$$\Delta H = V \rho_a c_a \left[ \frac{U_e}{U_i} \right]^2 \delta$$

- **V:** Set-point παροχής αέρα στον χώρο
- **$\rho_a c_a$ :** Θερμοχωρητικότητα αέρα [ $1200 \text{ J/m}^3 \text{ K}$  ή  $0,34 \text{ Wh/m}^3 \text{ K}$ ]
- **Ue:** Εξωτερική θερμική αγωγιμότητα  $U_e = (Re + Rl/2)^{-1}$
- **Re:** Εξωτερική θερμική αντίσταση τοίχου, μεταξύ στρώματος αέρα και εξωτερικού
- **Rl:** Θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα
- **Ui:** Εσωτερική θερμική αγωγιμότητα  $U_i = (Ri + Rl/2)^{-1}$

- **R<sub>i</sub>**: Εσωτερική θερμική αντίσταση τοίχου, μεταξύ στρώματος αέρα και εσωτερικού
- **R<sub>l</sub>**: Θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα
- **δ**: Λόγος της συσσωρευμένης διαφοράς εσωτερικής - εξωτερικής θερμοκρασίας όταν ο αερισμός λειτουργεί, προς την τιμή της καθ' όλη τη διάρκεια υπολογισμού.

$$\delta = 0,3 \cdot \gamma_{al} + 0,03 (0,0003 \gamma_{al} - 1)$$

- **γ<sub>al</sub>**: Λόγος των ηλιακών κερδών προς τις απώλειες θέρμανσης του στρώματος αέρος κατά τη διάρκεια υπολογισμού.
- **κ**: Συντελεστής

$$\kappa = [1 - \exp(-A \cdot Z / \rho_a \cdot c_a \cdot \dot{V})]$$

- **A**: Επιφάνεια του αεριζόμενου ηλιακού τοίχου
- **ρ<sub>a</sub> · c<sub>a</sub>**: Θερμοχωρητικότητα αέρα [1200 J/m<sup>3</sup> K ή 0,34 Wh/m<sup>3</sup> K]
- **Ṃ**: Set-point παροχής αέρα στον χώρο
- **Z**: Παράμετρος

$$\frac{1}{Z} = \frac{h_r}{h_e (h_e + 2h_r)} + \frac{1}{U_i + U_e}$$

- **h<sub>r</sub>**: Συντελεστής μεταφοράς της ακτινοβολούσας επιφάνειας στο στρώμα αέρος
- **h<sub>e</sub>**: Συντελεστής μεταφοράς της μεταγωγικής επιφάνειας στο στρώμα αέρος
- **U<sub>i</sub>, U<sub>e</sub>**: Όπως παραπάνω

### Αεριζόμενα στοιχεία περιτύλιξης

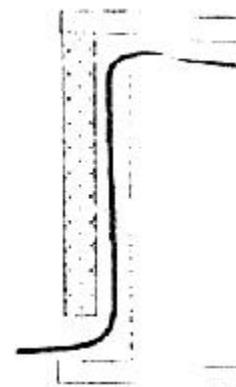
Η κυκλοφορία αέρα από σημεία περιτυλίξεως του κτιρίου (τοίχοι, παράθυρα, οροφές) παρόλο που αυξάνει τις απώλειες λόγω μετάδοσης, μειώνει τις συνολικές απώλειες θερμότητας λόγω ανάκτησης θερμότητας.

Ο Μηχανισμός αυτός μπορεί να εκφραστεί σε σχέση με έναν ισοδύναμο εναλλάκτη θερμότητας, η απόδοση του οποίου υπολογίζεται με μια απλοποιημένη μέθοδο που είναι εφαρμόσιμη κάτω από τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

η ροή αέρα είναι παράλληλη στην επιφάνεια του περιτυλίγματος (Σχήμα 3),

- το πάχος του στρώματος αέρα είναι μεταξύ 15 και 100mm,
- η πυκνότητα του αέρα στα υπόλοιπα σημεία του περιτυλίγματος είναι υψηλή,
- ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του πίνακα:

Τάξη σκίασης	Απαιτηση
Χωρίς σκίαση	Μηχανική εξάτμιση και παροχή
Μεσαία	Μηχανική εξάτμιση ή παροχή
Υψηλή σκίαση	Χωρίς απαίτηση



**Σχήμα 3:** Αεριζόμενο περιτύλιγμα κτιρίου



- η παροχή αέρα, αν είναι φυσικός, ελέγχεται από την εσωτερική μορφή του περιτυλίγματος.

Ο συντελεστής απόδοσης του ισοδύναμου αέρα - αέρα εναλλάκτη θερμότητας δίνεται από την σχέση:

$$\eta_v = \frac{U_0^2}{U_i U_e} K$$

### 3.3 Θερμικά κέρδη

#### Συνολικά θερμικά κέρδη

Το ολικό θερμικό κέρδος  $\dot{Q}'_g$  ισούται με το άθροισμα των εσωτερικών θερμικών κερδών  $\dot{Q}'_i$  και των κερδών από ηλιακή ακτινοβολία  $\dot{Q}'_s$ .

#### Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη περιλαμβάνουν οποιαδήποτε θερμότητα παράγεται μέσα στον χώρο εκτός του συστήματος θέρμανσης, όπως για παράδειγμα:

$$\dot{Q}'_g = \dot{Q}'_i + \dot{Q}'_s$$

- Κέρδη από τον μεταβολισμό των κατοίκων
- Την ηλεκτρική κατανάλωση συσκευών και φώτων
- Τα καθαρά κέρδη από την διανομή νερού και δίκτυο αποχέτευσης

Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιούνται μέσες μηνιαίες ή εποχιακές τιμές. Έτσι :

$$Q_i = [\Phi_{ih} + (1 - b)\Phi_{iu}]t = \Phi_i t$$

όπου:

- ◆  $\Phi_{ih}$  είναι η μέση ισχύς των εσωτερικών κερδών των θερμαινόμενων χώρων
- ◆  $\Phi_{iu}$  είναι η μέση ισχύς των εσωτερικών κερδών των μη θερμαινόμενων χώρων
- ◆  $\Phi_i$  είναι η μέση ισχύς των εσωτερικών κερδών
- ◆  $b$  είναι ένας αδιάστατος συντελεστής

**Σημείωση:** Υπάρχουν ουσιαστικές μεταβολές ανάλογα με το κλίμα και το είδος εργασίας και έτσι οι τιμές πρέπει να καθορίζονται σε εθνική βάση. Αν δεν υπάρχουν εθνικές οδηγίες, μια προτεινόμενη τιμή είναι  $5 \text{ W/m}^2$  θερμαινόμενου χώρου.

#### Ηλιακά θερμικά κέρδη

Τα ηλιακά κέρδη εξαρτώνται από:

- την ηλιοφάνεια της περιοχής
- τον προσανατολισμό των επιφανειών που απορροφούν θερμότητα από ηλιακή ακτινοβολία

- τις σκιάσεις
- τα χαρακτηριστικά μετάδοσης και απορρόφησης των υλικών των επιφανειών. Οι επιφάνειες αυτές είναι:
- τα υαλοστάσια
- εσωτερικοί τοίχοι και πατώματα των χώρων με ήλιο
- τοίχοι πίσω από διαφανές κάλυμμα ή μόνωση

Για δεδομένη περίοδο υπολογισμού το ηλιακό κέρδος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Q_s = \sum_j I_{sj} \sum_n A_{snj}$$

όπου:

- **j** είναι όλοι οι προσανατολισμοί
- **n** είναι όλες οι επιφάνειες
- **I<sub>sj</sub>** είναι η ολική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια με προσανατολισμό j
- **A<sub>snj</sub>** είναι η δρούσα απορροφητική επιφάνεια της ηλιακής ακτινοβολίας της επιφάνειας n με προσανατολισμό j δηλ. η επιφάνεια ενός μέλανος σώματος που έχει το ίδιο ηλιακό θερμικό κέρδος όσο και η επιφάνεια υπολογισμού.

**Σημείωση:** Το  $I_{sj}$  μπορεί να αντικατασταθεί από ένα συντελεστή προσανατολισμού πολλαπλασιασμένο με την ολική ακτινοβολία ανά μονάδα επιφάνειας για ένα συγκεκριμένο προσανατολισμό (π.χ. καθέτως νότια).

Ηλιακά κέρδη σε μη θερμαινόμενους χώρους πολλαπλασιάζονται με τον παράγοντα (1-b), που ορίζεται στο EN ISO 13789 και προστίθενται στα κέρδη των θερμαινόμενων χώρων.

Η δρώσα επιφάνεια απορρόφησης  $A_s$  ενός υαλοστασίου, όπως ένα παράθυρο, δίνεται από τον τύπο:

$$A_s = A \cdot F_s \cdot F_c \cdot F_f \cdot g$$

όπου:

- ♦ **A** είναι η επιφάνεια του ανοίγματος της επιφανείας
- ♦ **F<sub>s</sub>** είναι ο συντελεστής διόρθωσης σκίασης
- ♦ **F<sub>c</sub>** είναι ο συντελεστής κουρτίνας
- ♦ **F<sub>f</sub>** είναι ο συντελεστής πλαισίου, που ισούται με τον λόγο της διαφανούς επιφανείας προς την συνολική επιφάνεια του υαλοστασίου
- ♦ **g** είναι η ολική ηλιακή ακτινοβολία θερμότητας.

**Σημείωση:** Στον συντελεστή διόρθωσης σκίασης λαμβάνονται υπόψη μόνο οι σταθερές σκιάσεις. Οι σκιάσεις που μετακινούνται ή κάποια αυτόματη ηλιακή προστασία λαμβάνονται έμμεσα υπόψη στον συντελεστή χρήσης.

Η ολική μετάδοση ηλιακής θερμότητας  $g$  στην παραπάνω εξίσωση, είναι ο χρονικά μέσος λόγος της ενέργειας που περνά μέσα από ένα μη σκιασμένο στοιχείο προς την ενέργεια που προσπίπτει πάνω σε αυτό. Για παράθυρα ή

άλλα στοιχεία υαλοστασίων, το EN 410 παρέχει μία μέθοδο υπολογισμού της κάθετης ακτινοβολίας στη γυάλινη επιφάνεια. Το ποσό αυτό συμβολίζεται με  $g$ ? και είναι λίγο μεγαλύτερο της ολικής μετάδοσης ηλιακής θερμότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας διορθωτικός συντελεστής  $F_w$ .

**Σημείωση:** Για μηνιαίους υπολογισμούς ο παραπάνω διορθωτικός συντελεστής είναι περίπου  $F_w = 0,9$  και εξαρτάται από τον τύπο του υαλοστασίου, το γεωγραφικό μήκος, το κλίμα και τον προσανατολισμό. Τυπικές τιμές για το  $g$ ? δίνονται στον πίνακα 5.

$$g = F_w g_{\perp}$$

**Πίνακας 5:** Κάθετη ακτινοβολία - Τύπος τζαμιού

Τύπος τζαμιού	$g_{\perp}$
Μονό	0,85
Διπλό	0,75

Για άλλα τύπου πλάμα, χρησιμοποιούνται επιβεβαιωμένες τιμές

Ο συντελεστής  $F_s$ ,  $0 < F_s < 1$ , δείχνει κάθε μείωση στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία λόγω σταθερής σκίασης από κάποιον από τους παρακάτω παράγοντες:

- σκίαση από άλλα κτίρια
- σκίαση από λόφους, δέντρα (τοπογραφικούς παράγοντες)
- κρεμάσεις
- σκίαση από άλλα στοιχεία του ίδιου κτιρίου
- σχετική θέση του παραθύρου με την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου.

Ο συντελεστής  $F_s$  ορίζεται:

$$F_s = \frac{I_{s,ps}}{I_s}$$

όπου:

- ◆  $I_{s,ps}$  είναι η ολική ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η απορροφητική επιφάνεια με την μόνιμη σκίαση κατά τη διάρκεια της εποχής θέρμανσης
- ◆  $I_s$  είναι η ολική ηλιακή ακτινοβολία που θα προσέπιπτε στην επιφάνεια αν δεν ήταν σκιασμένη

Ο συντελεστής διόρθωσης σκίασης μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$F_s = F_h F_o F_f$$

όπου:

- $F_h$  είναι ο συντελεστής διόρθωσης σκίασης για τον ορίζοντα.

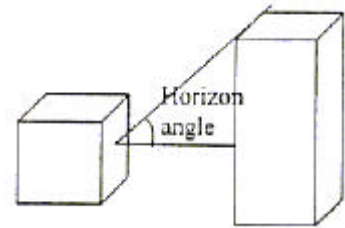
Η επίδραση της σκίασης από τον ορίζοντα (π.χ. έδαφος, δέντρα και άλλα κτίρια) εξαρτάται από τη γωνία του ορίζοντα (σχήμα 4), το γεωγραφικό πλάτος, τον προσανατολισμό, το τοπικό κλίμα και την περίοδο θέρμανσης. Τυπικές τιμές του συντελεστή για τους μήνες Οκτώβριο ως Απρίλιο δίνονται στο

παρακάτω πίνακα 6.

**Σημείωση:** Η μέθοδος της παρεμβολής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση του συντελεστή σε άλλα γεωγραφικά πλάτη και προσανατολισμούς.

$F_o$  είναι ο συντελεστής διόρθωσης σκίασης για τα σκέπαστρα και

$F_f$  είναι ο συντελεστής διόρθωσης σκίασης πτερυγίων



Σχ. 4: Γωνία ορίζοντα

**Πίνακας 6:**  $F_h$  - Συντελεστής διόρθωσης σκίασης για τον ορίζοντα

Γωνία Ορίζοντα	40° Γεωγρ. Πλάτος			45° Γεωγρ. Πλάτος			55° Γεωγρ. Πλάτος		
	N	A/Δ	B	N	A/Δ	B	N	A/Δ	B
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	0.98	0.96	1.00	0.97	0.95	1.00	0.94	0.92	0.98
20	0.90	0.85	0.99	0.85	0.82	0.98	0.68	0.75	0.95
30	0.65	0.74	0.95	0.62	0.70	0.94	0.49	0.62	0.92
40	0.51	0.64	0.91	0.46	0.61	0.90	0.40	0.56	0.89

Οι συντελεστές αυτοί εξαρτώνται από τα σκέπαστρα και τις προεξοχές των πτερυγίων, το γεωγραφικό πλάτος, τον προσανατολισμό και το τοπικό κλίμα. Όπως και πριν, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο της παρεμβολής για τον υπολογισμό τους με βάση τους πίνακες 7, 8.

**Πίνακας 7:**  $F_o$  - Συντελεστής διόρθωσης σκίασης για τα σκέπαστρα

Γωνία Σκέπαστρου	40° Γεωγρ. Πλάτος			45° Γεωγρ. Πλάτος			55° Γεωγρ. Πλάτος		
	N	A/Δ	B	N	A/Δ	B	N	A/Δ	B
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30	0.89	0.88	0.91	0.90	0.89	0.91	0.93	0.91	0.91
45	0.71	0.75	0.8	0.74	0.76	0.80	0.80	0.79	0.80
60	0.47	0.56	0.65	0.50	0.58	0.66	0.60	0.61	0.65

**Πίνακας 8:**  $F_f$  - Συντελεστής διόρθωσης σκίασης πτερυγίων

Γωνία Πτερυγίων	40° Γεωγρ. Πλάτος			45° Γεωγρ. Πλάτος			55° Γεωγρ. Πλάτος		
	N	A/Δ	B	N	A/Δ	B	N	A/Δ	B
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30	0.94	0.92	1.00	0.94	0.92	1.00	0.94	0.91	0.99
45	0.84	0.84	1.00	0.84	0.84	1.00	0.86	0.83	0.99
60	0.72	0.76	1.00	0.72	0.75	1.00	0.74	0.75	0.98

**Συντελεστής κουρτίνας:** Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το λόγο της μέσης ηλιακής ενέργειας που θα έμπαινε στο κτίριο με τις κουρτίνες τραβηγμένες προς την ενέργεια που θα έμπαινε χωρίς κουρτίνες. Η ηλιακή ακτινοβολία που μετατρέπεται σε θερμότητα στην κουρτίνα θεωρείται ότι εισάγεται στο κτίριο. Μερικές τιμές του συντελεστή παρουσιάζονται στον πίνακα 9.

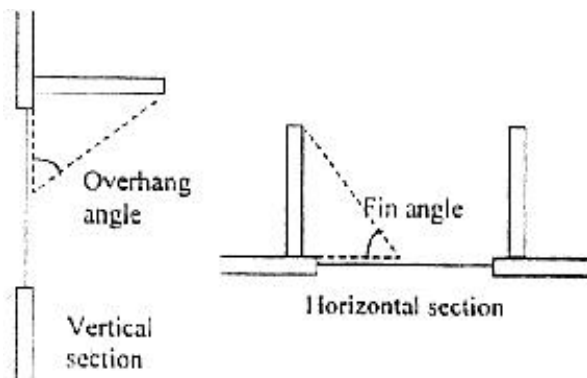
**Πίνακας 9:** Συντελεστής κουρτίνας

Τύπος κουρτίνας	Οπτικές ιδιότητες		$F_c$	
	Απορροφητικότητα	Μεταδοτικότητα	εσωτερική κουρτίνα	εξωτερική κουρτίνα
Λευκές βενετσιάνικες γρίλιες	<b>0.1</b>	<b>0.05</b>	<u>0.25</u>	<u>0.10</u>
		<b>0.1</b>	<u>0.30</u>	<u>0.15</u>
		<b>0.3</b>	<u>0.45</u>	<u>0.35</u>
Λευκές κουρτίνες	<b>0.1</b>	<b>0.5</b>	<u>0.65</u>	<u>0.55</u>
		<b>0.7</b>	<u>0.80</u>	<u>0.75</u>
		<b>0.9</b>	<u>0.95</u>	<u>0.95</u>
Χρωματιστό ύφασμα	<b>0.3</b>	<b>0.1</b>	<u>0.42</u>	<u>0.17</u>
		<b>0.3</b>	<u>0.57</u>	<u>0.37</u>
		<b>0.5</b>	<u>0.77</u>	<u>0.57</u>
Υφασμα επικαλυμμένο με αλουμίνιο	<b>0.2</b>	<b>0.05</b>	<u>0.20</u>	<u>0.08</u>

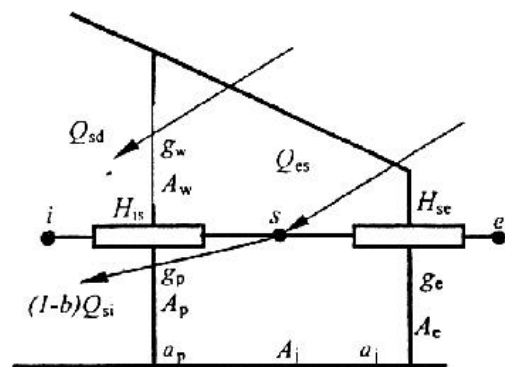
### 3.4. Ηλιακά κέρδη ειδικών στοιχείων

#### Θερμοκήπια

Τα παρακάτω εφαρμόζονται σε μη θερμαινόμενα θερμοκήπια όπου υπάρχει ένας διαχωριστικός τοίχος μεταξύ του θερμαινόμενου όγκου και του θερμοκηπίου. Αν το θερμοκήπιο θερμαίνεται ή υπάρχει ένα μόνιμο άνοιγμα μεταξύ θερμαινόμενου χώρου και θερμοκηπίου, μπορεί να θεωρηθεί ως κομμάτι του



**Σχ. 1.5:** Γωνίες σκεπάστρων και πτερυγίων



**Σχήμα 1.6.:** Θερμοκήπιο

θερμαινόμενου χώρου. Η περιοχή που υπολογίζεται στις απώλειες και στα ηλιακά κέρδη είναι αυτή του εξωτερικού περιτυλίγματος του θερμοκηπίου.

Εδώ χρησιμοποιούμε τους ακόλουθους δείκτες:  $e$  (εξωτερικό περίβλημα θερμοκηπίου),  $w$  (διαφανή περιοχή του διαχωριστικού τοίχου) και  $j$  (κάθε απορροφητική επιφάνεια στο θερμοκήπιο).

- **A:** Εμβαδόν επιφάνειας
- **q:** Ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας κατά την περίοδο υπολογισμού
- **a:** Συντελεστής μέσης ηλιακής απορρόφησης των απορροφητικών επιφανειών του θερμοκηπίου
- **(1-b):** Κλάσμα της απορροφημένης ηλιακής ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο από τον θερμαινόμενο χώρο δια του χωρισμένου τοίχου
- **U<sub>pe</sub>:** Θερμική αγωγιμότητα μεταξύ της απορροφητικής επιφάνειας

του τοίχου (p) και του θερμοκηπίου

- **g**: Ολική ηλιακή ακτινοβολία θερμότητας
- **F<sub>s</sub>**: Συντελεστής διόρθωσης σκίασης
- **F<sub>c</sub>**: Συντελεστής κουρτίνας
- **F<sub>f</sub>**: Συντελεστής πλαισίου

Οι απώλειες υπολογίζονται σύμφωνα με την παραπάνω σχέση. Τα ηλιακά κέρδη στους θερμαινόμενους χώρους από το θερμοκήπιο  $Q_{ss}$ , είναι το άθροισμα των άμεσων κερδών διαμέσου του διαχωριστικού τοίχου  $Q_{sd}$  και των έμμεσων  $Q_{si}$  από τη θέρμανση του θερμοκηπίου από τον ήλιο:

$$Q_{ss} = Q_{sd} + Q_{si}$$

Με μια πρώτη προσέγγιση φαίνεται ότι οι απορροφητικές επιφάνειες είναι όλες σκιασμένες σε ίδιο ποσοστό από εξωτερικά εμπόδια και το εξωτερικό περίβλημα του θερμοκηπίου.

Τα άμεσα ηλιακά κέρδη είναι το άθροισμα των κερδών διαμέσου των διαφανών (δείκτης **w**) και αδιαφανών (δείκτης **p**) μερών του διαχωριστικού τοίχου:

$$Q_{sd} = q_p \cdot F_s \cdot F_{Ce} \cdot F_{Fe} \cdot g_e \cdot (F_{Cw} \cdot F_{Fw} \cdot g_w \cdot A_w + a_{sp} \cdot A_p \cdot U_p/U_{pe})$$

Τα έμμεσα κέρδη υπολογίζονται από το άθροισμα των κερδών κάθε απορροφητικής επιφάνειας *j* στο θερμοκήπιο αλλά χωρίς τα άμεσα κέρδη των αδιαφανών κομματιών του διαχωριστικού τοίχου:

$$Q_{si} = (1-b) \cdot F_s \cdot F_{Ce} \cdot F_{Fe} \cdot g_e \cdot (\sum_j q_{sj} \cdot a_{sj} A_j - q_p \cdot a_{sp} \cdot A_p \cdot U_p/U_{pe})$$

Ο συντελεστής *b* ορίζεται στο EN ISO 13789.

### Τοίχοι Trombe

Εδώ, εκτός από τα παραπάνω δεδομένα είναι απαραίτητα και τα παρακάτω στοιχεία εισόδου:

- **F<sub>f</sub>** συντελεστής πλαισίου
- **F<sub>s</sub>** συντελεστής διόρθωσης σκίασης
- **a** συντελεστής απορρόφησης της επιφάνειας που λαμβάνει την ηλιακή ακτινοβολία,
- **g<sub>w</sub>** ολική ηλιακή ενέργεια μετάδοσης του γυάλινου καλύμματος του στρώματος αέρα.

Τα ηλιακά κέρδη υπολογίζονται θεωρώντας ως δρώσα συλ/κή επιφάνεια:

a) αν το αεριζόμενο στρώμα καλύπτεται από ένα αδιαφανές εξωτερικό στρώμα:

$$A_g = A a F_s F_f \frac{U_0}{h_s} \left[ 1 + \frac{U_0}{U_i} \rho_a c_a \frac{V}{A} \kappa \theta \right]$$

b) αν το στρώμα αέρα καλύπτεται από γυαλί:

$$A_g = A a F_s F_f \left[ U_0 R_g + \frac{U_0^2 R_g}{U_i U_s} \rho_a c_a \frac{V}{A} \kappa \theta \right]$$



όπου:

- **A:** εμβαδόν επιφάνειας του στοιχείου
- **a:** συντελεστής μέσης ηλιακής απορρόφησης των απορροφητικών επιφανειών
- **FS:** συντελεστής διόρθωσης σκίασης
- **FF:** συντελεστής πλαισίου
- **U<sub>o</sub>:** θερμική αγωγιμότητα του τοίχου ( $U_o = (R_i + R_l + R_e)^{-1}$ )
- **h<sub>c</sub>:** συντελεστής μεταφοράς της μεταγωγικής επιφάνειας στο στρώμα αέρος
- **U<sub>i</sub>:** εσωτερική θερμική αγωγιμότητα
- **ρ<sub>a</sub> . c<sub>a</sub>:** θερμοχωρητικότητα αέρα
- **V:** Set-point παροχής αέρα στον χώρο
- **κ:** συντελεστής
- **ω:** ο λόγος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο στοιχείο όταν το στρώμα αέρα είναι ανοικτό, προς τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του υπολογισμού  
( $\omega = 1 - \exp(-2,2 \gamma a)$ )

Οι υπολογισμοί που περιγράφησαν παραπάνω ακολουθούνται σχολαστικά στο πρόγραμμα Ενεργειακής Ανάλυσης, το οποίο σε ότι αφορά την μορφή και τον τρόπο λειτουργίας του, βασίζεται, όπως άλλωστε προαναφέρθηκε, στα γενικότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά της έκδοσης ADAPT.

Δημοσιεύθηκε στο περιοδικό ΤΕΧΝΙΚΑ (τ. 168, 2/2001)