

Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός II

Ψυκτικά φορτία

Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας
Τ.Ε.Ι. Κρήτης



Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης



Θερμικό και ψυκτικό φορτίο

Διάκριση θερμικών ροών

- Θερμικό κέρδος χώρου:
 - Είναι το σύνολο των θερμικών ροών (ισχύων) που εισέρχονται σε ένα χώρο ή και δημιουργούνται σε αυτόν σε δεδομένη χρονική στιγμή (ρυθμός εισροής ή παραγωγής θερμότητας).
 - Αυτές οι ροές θερμότητας διακρίνονται σε επιμέρους συνιστώσες ανάλογα με τις πηγές (παράγοντες) που τις δημιουργούν και με την επίπτωση που έχουν στις συνθήκες του χώρου.

Διάκριση θερμικών ροών

- Θερμικό κέρδος χώρου:

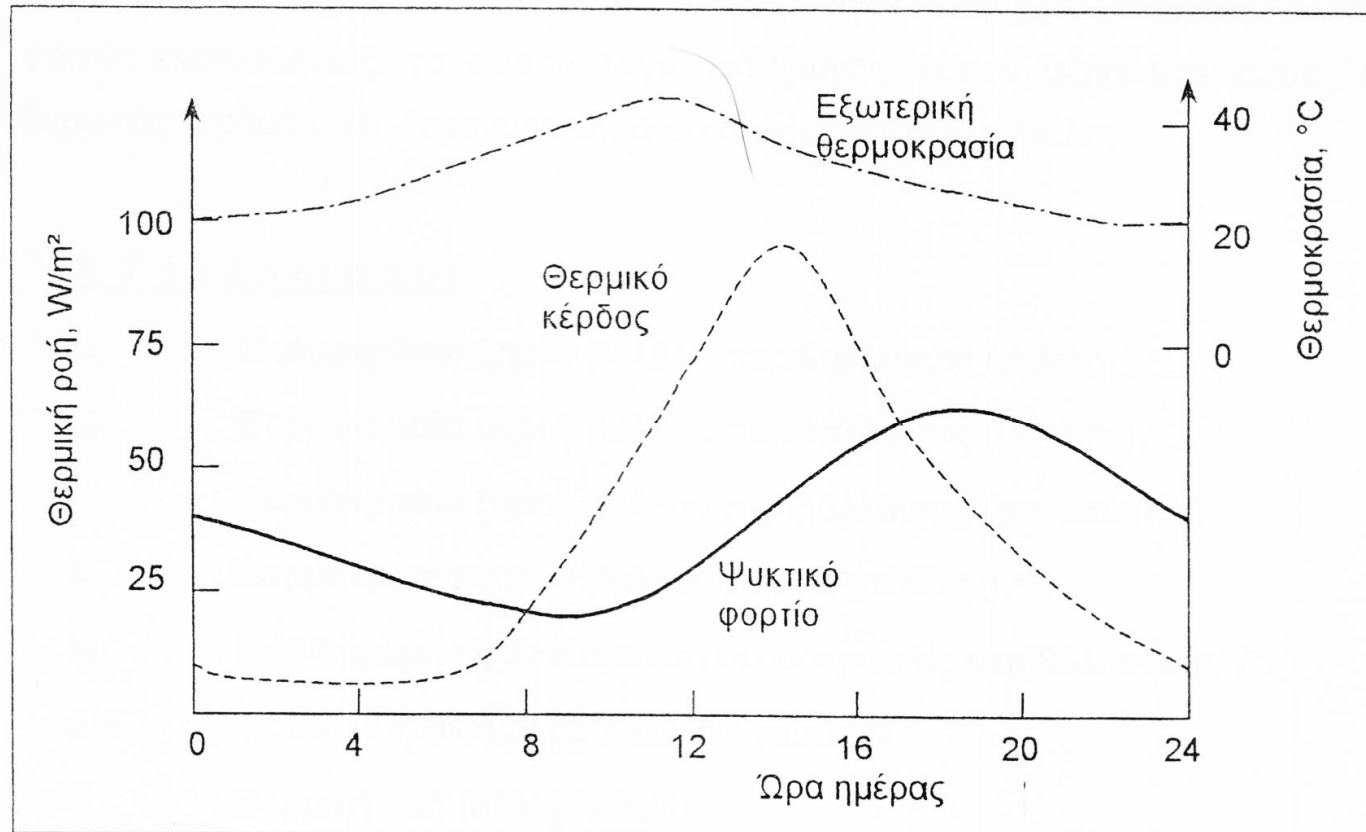
Πηγή θερμικού κέρδους	Κατηγορία	Είδος
Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα	Εξωτερικά	Αισθητά
Αγωγιμότητα από εσωτερικά τοιχώματα	Εξωτερικά	Αισθητά
Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιών	Εξωτερικά	Αισθητά
Φωτισμός	Εσωτερικά	Αισθητά
Άτομα	Εσωτερικά	Αισθητά και λανθάνοντα
Συσκευές & εξοπλισμός	Εσωτερικά	Αισθητά ή/και λανθάνοντα
Ηλεκτροκινητήρες	Εσωτερικά	Αισθητά
Εισαγωγή εξωτερικού αέρα	Εξωτερικά	Αισθητά και λανθάνοντα

Διάκριση θερμικών ροών

- Ψυκτικό φορτίο χώρου:
 - Είναι η θερμική ισχύς που πρέπει να αφαιρείται από ένα χώρο προκειμένου ο αέρας του χώρου αυτού να διατηρείται σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.
 - Το ψυκτικό φορτίο χώρου δεν ταυτίζεται με το θερμικό φορτίο χώρου σε δεδομένη χρονική στιγμή. Υπάρχει χρονική καθυστέρηση μεταξύ της χρονικής στιγμής εισροής του θερμικού κέρδους και της χρονικής στιγμής μεταφοράς του στο χώρο ως ψυκτικό φορτίο.
 - Επίσης, ένα μέρος των θερμικών κερδών μεταφέρεται μέσω των δομικών στοιχείων στο περιβάλλον και δεν εμφανίζεται ποτέ ως ψυκτικό φορτίο.

Διάκριση θερμικών ροών

- Χρονική υστέρηση μεταξύ θερμικού κέρδους και ψυκτικού φορτίου



Διάκριση θερμικών ροών

- Το θερμικό κέρδος που απάγεται προς το περιβάλλον και δεν εμφανίζεται ως ψυκτικό φορτίο προκύπτει από τα αισθητά φορτία του χώρου.
- Αντίθετα, το λανθάνον θερμικό κέρδος επηρεάζει αμέσως τις συνθήκες του χώρου (την υγρασία του) και επομένως ταυτίζεται χρονικά και ποσοτικά με το λανθάνον ψυκτικό φορτίο.

Αφαιρούμενη θερμική ισχύς χώρου



- Είναι η θερμική ισχύς που αφαιρείται από το χώρο κάθε χρονική στιγμή.
- Η αφαιρούμενη θερμική ισχύς ταυτίζεται με το ψυκτικό φορτίο χώρου μόνο αν η θερμοκρασία του χώρου παραμένει σταθερή.
- Στην πραγματικότητα, λόγω των συστημάτων ελέγχου και της διακοπτόμενης λειτουργίας του ψυκτικού εξοπλισμού, η θερμοκρασία του χώρου είναι μεταβαλλόμενη.
- Πρακτικά, η θερμοκρασία του χώρου παίρνει υψηλότερες τιμές από την προδιαγραφόμενη και επομένως η αφαιρούμενη θερμική ισχύς είναι μικρότερη από το ψυκτικό φορτίο.

Ψυκτικό φορτίο συσκευής

- Είναι η θερμική ισχύς που αφαιρείται από το ψυκτικό στοιχείο μιας κλιματιστικής συσκευής που εξυπηρετεί ένα ή περισσότερους κλιματιζόμενους χώρους.
- Ισούται για κάθε χρονική στιγμή με το άθροισμα των ψυκτικών φορτίων των χώρων επιπλέον οποιωνδήποτε άλλων φορτίων που πιθανώς επιβαρύνουν το ψυκτικό στοιχείο.
- Αυτά τα επιπλέον φορτία μπορεί να είναι το φορτίο λόγω εισαγωγής νωπού αέρα στο χώρο, το θερμικό κέρδος από αεραγωγούς, ανεμιστήρες, αντλίες κλπ.

Διαδικασία υπολογισμού ψυκτικών φορτίων χώρου

1. Καταγραφή όλων των κατασκευαστικών στοιχείων του κτηρίου: θέση, προσανατολισμός, εξωτερικές σκιάσεις, χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων, είδος τζαμιών και εσωτερική σκίαση.
2. Καταγραφή όλων των λειτουργικών χαρακτηριστικών των επιμέρους χώρων του κτηρίου: ισχύς φωτισμού και ηλεκτρικού ή άλλου εξοπλισμού στους χώρους, πλήθος ατόμων ανά χώρο, χρήση κλιματιζόμενων χώρων.
3. Καθορισμός απαιτήσεων αερισμού.
4. Καταγραφή των επιφανειών εισροής θερμικών κερδών και εκτίμηση συντελεστών θερμοπερατότητας.



Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα:
 - Ισχύει η σχέση:
$$Q_i = U \cdot A \cdot \Delta t_{e_i}$$
όπου
 - Q_i : το ψυκτικό φορτίο κατά την ώρα i
 - U : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου
 - A : η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας
 - Δt_{e_i} : ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για την επιφάνεια συναλλαγής.

Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα



- Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά Δt_{e_i} δίνεται από τον πίνακα 1 του τεύχους σημειώσεων, ανάλογα με το βάρος ανά m^2 του τοίχου και τον προσανατολισμό του.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΟΙΧΩΝ ΑΝΑ ΩΡΑ (°C)

	8πμ	9πμ	10πμ	11πμ	12πμ	1μμ	2μμ	3μμ	4μμ	5μμ	6μμ	7μμ
Προσανατολισμός: ΒΑ												
B 100	12.2	12.8	13.3	10.6	7.8	7.2	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	6.7
A 300	-1.1	2.8	13.3	12.2	11.1	8.3	5.5	6.1	6.7	7.2	7.8	7.2
P 500	2.2	2.2	2.2	5.5	8.9	8.3	7.8	6.7	5.5	6.1	6.7	6.7
H 700	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	5.6	7.8	8.9	7.8	6.7	5.6	5.6
Προσανατολισμός: Α												
B 100	16.7	18.3	20.0	19.4	17.8	11.1	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	6.7
A 300	0.0	11.7	16.7	17.2	10.6	7.8	7.2	6.7	7.2	7.8	7.8	7.2
P 500	3.3	4.4	7.8	11.1	13.3	13.9	3.3	11.1	10.0	8.9	7.8	7.8
H 700	5.6	5.0	4.9	5.0	5.6	8.3	10.0	10.6	10.0	9.4	8.9	7.8
Προσανατολισμός: ΝΑ												
B 100	7.2	10.6	14.4	15.0	15.6	14.4	13.3	10.6	8.9	8.3	7.8	6.7
A 300	0.0	7.2	11.1	13.3	15.6	14.4	13.9	11.7	10.0	8.3	7.8	7.2
P 500	3.3	3.3	3.3	6.1	8.9	9.4	10.0	10.6	10.0	8.4	7.8	7.2
H 700	4.4	4.4	4.4	3.9	3.3	6.1	7.8	8.3	8.9	10.1	8.9	8.3
Προσανατολισμός: Ν												
B 100	-2.2	0.5	2.2	7.8	12.2	15.0	16.7	15.6	14.4	11.1	8.9	6.7
A 300	-2.2	-1.7	-1.1	3.9	6.7	11.1	13.3	13.9	14.4	12.8	11.1	8.3
P 500	1.1	1.1	1.1	1.7	2.2	4.4	6.7	8.3	8.0	10.0	10.0	8.3
H 700	3.3	2.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.9	6.5	7.2	7.8	8.3
Προσανατολισμός: ΝΔ												
B 100	-2.2	-1.1	0.0	2.2	3.3	10.6	14.4	18.9	22.2	22.8	23.3	16.7
A 300	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1	4.4	6.7	13.3	17.8	19.4	20.0	19.4
P 500	3.3	2.8	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	6.7	7.8	10.6	12.2	12.8
H 700	4.4	4.4	4.4	3.9	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5.0	5.5	8.3
Προσανατολισμός: Δ												
B 100	-2.2	-1.1	0.0	1.7	3.3	7.8	11.1	17.8	22.2	25.0	32.2	18.9
A 300	0.0	0.0	0.0	1.1	2.2	3.9	5.5	10.6	14.4	18.9	22.2	22.8
P 500	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5.5	6.7	9.4	11.1	13.9
H 700	5.5	5.0	4.4	4.4	4.4	5.0	5.5	5.5	5.5	6.1	6.7	7.8
Προσανατολισμός: ΒΔ												
B 100	-2.2	-1.1	0.0	1.7	3.3	5.6	6.7	10.6	13.3	18.3	22.2	20.6
A 300	-2.2	-1.7	-1.1	0.0	1.1	3.3	4.4	5.5	6.7	11.7	16.7	17.2
P 500	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.8	3.3	5.0	6.7	9.4
H 700	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5.0
Προσανατολισμός: Β												
B 100	-2.2	-1.7	-1.1	0.5	2.2	4.4	5.5	6.7	7.8	7.2	6.7	5.6
A 300	-2.2	-1.7	-1.1	-0.5	0.0	1.7	3.3	4.4	5.5	6.1	6.7	6.7
P 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	2.8	2.8
H 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8

Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα

- Ο ανωτέρω πίνακας ισχύει για:
 - σκουρόχρωμους τοίχους
 - εξωτερική θερμοκρασία 35°C
 - εσωτερική θερμοκρασία 26,7°C
 - ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας 11°C
 - μήνα Ιούλιο και γεωγραφικό πλάτος 40°N
 - 24ωρη λειτουργία του συστήματος κλιματισμού.
- Στην περίπτωση που δεν ισχύουν οι ανωτέρω παραδοχές, πρέπει να γίνουν οι αντίστοιχες διορθώσεις.

Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα



- Υπολογίζεται μια διόρθωση D από τον ακόλουθο πίνακα 4 σύμφωνα με τη διαφορά θερμοκρασίας $\Delta\theta$ της εξωτερικής θερμοκρασίας στις 3 μ.μ. του υπολογιζόμενου μήνα μείον τη θερμοκρασία μελέτης του χώρου ($\Delta\theta=t_E-t_R$) και τη μέση ημερήσια διακύμανση t_D .

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ $\Delta\theta$ ΚΑΙ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ t_D (°C)

$\Delta\theta$ ↓	Διακύμανση t_D										Διακύμανση t_D							
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
-16	-21.2	-21.7	-22.3	-22.8	-23.3	-23.8	-24.2	-24.7	-25.1	-25.6	-26.0	-26.5	-27.0	-27.4	-27.9	-28.8	-29.3	-29.8
-12	-17.2	-17.7	-18.3	-18.8	-19.3	-19.8	-20.2	-20.7	-21.1	-21.6	-22.0	-22.5	-23.0	-23.4	-23.9	-24.8	-25.3	-25.8
-8	-13.2	-13.7	-14.3	-14.8	-15.3	-15.8	-16.2	-16.7	-17.1	-17.6	-18.0	-18.5	-19.0	-19.4	-19.9	-20.8	-21.3	-21.8
-4	-9.2	-9.7	-10.3	-10.8	-11.3	-11.8	-12.2	-12.7	-13.1	-13.6	-14.0	-14.5	-15.0	-15.4	-15.9	-16.8	-17.3	-17.8
0	-5.0	-5.5	-6.1	-6.6	-7.1	-7.6	-8.0	-8.5	-8.9	-9.4	-9.8	-10.3	-10.8	-11.2	-11.7	-12.6	-13.1	-13.6
2	-3.1	-3.6	-4.2	-4.7	-5.2	-5.6	-6.1	-6.6	-7.0	-7.5	-7.9	-8.4	-8.9	-9.3	-9.8	-10.6	-11.1	-11.7
4	-1.1	-1.6	-2.2	-2.7	-3.2	-3.6	-4.1	-4.6	-5.0	-5.5	-5.9	-6.4	-6.9	-7.3	-7.8	-8.6	-9.1	-9.7
6	0.8	0.3	-0.3	-0.8	-1.3	-1.7	-2.2	-27.0	-3.1	-3.6	-4.0	-4.5	-5.0	-5.4	-5.9	-6.7	-7.2	-7.8
8	2.8	2.3	1.7	1.2	0.7	0.3	0.0	-0.7	-1.1	-1.6	-2.0	-2.5	-3.0	-3.4	-3.9	-4.7	-5.2	-5.8
10	4.7	4.2	3.6	3.1	2.6	2.2	1.7	1.2	0.8	0.3	-0.1	-0.6	-1.1	-1.5	-2.0	-2.8	-3.3	-3.9
12	6.8	6.3	5.7	5.2	4.7	4.3	3.8	3.3	2.9	2.4	1.8	1.3	0.8	0.4	-0.1	-0.7	-1.2	-1.8
14	8.8	8.3	7.7	7.2	6.7	6.3	5.8	5.3	4.9	4.4	3.8	3.3	2.8	2.4	1.9	1.3	0.8	0.2
16	10.8	10.3	9.7	9.2	8.7	8.3	7.8	7.3	6.9	6.4	5.8	5.3	4.8	4.4	3.9	3.3	2.8	2.2
18	12.8	12.3	11.7	11.2	10.7	10.3	9.8	9.3	8.9	8.4	7.8	7.3	6.8	6.4	5.9	5.3	4.8	4.2
20	14.8	14.3	13.7	13.2	12.7	12.3	11.8	11.3	10.9	10.4	9.8	9.3	8.8	8.4	7.9	7.3	6.8	6.2
22	16.9	16.4	15.8	15.3	14.8	14.4	13.9	13.4	13.0	12.5	11.9	11.4	10.9	10.5	10.0	9.4	8.9	8.3

Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα



- Η τελική διορθωμένη τιμή του Δt_e λαμβάνει υπόψη και το χρώμα του τοίχου, ως εξής:
 - Για σκούρο χρώμα (σκούρο μπλε, σκούρο κόκκινο, καφέ):
$$\Delta t_{e_i} = \Delta t_{em_i} + D$$
 - Για μέσο χρώμα (ανοιχτό πράσινο, γαλάζιο, γκρι κλπ):
$$\Delta t_{e_i} = 0,78 \cdot (\Delta t_{em_i} + D) + 0,22 \cdot (\Delta t_{es_i} + D)$$
 - Για ανοιχτό χρώμα (ανοιχτό μπεζ, κρεμ, λευκό κλπ):
$$\Delta t_{e_i} = 0,55 \cdot (\Delta t_{em_i} + D) + 0,45 \cdot (\Delta t_{es_i} + D)$$όπου:
 - D : η διόρθωση θερμοκρασιακής διαφοράς από πίνακα 4
 - Δt_{em_i} : η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά από πίνακα 1
 - Δt_{es_i} : η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά από πίνακα 1 αλλά για τοίχο σκιασμένο (βόρειος προσανατολισμός).

Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα

- Αν ο τοίχος είναι σκιασμένος από εξωτερικές επιφάνειες, τότε το σκιασμένο εμβαδόν του τοίχου υπολογίζεται με ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά ($\Delta t_{es_i} + D$), ενώ το υπόλοιπο εμβαδόν με τη θερμοκρασιακή διαφορά που αναφέρθηκε ανωτέρω.
- Στην περίπτωση αυτή, το συνολικό ψυκτικό φορτίο από την επιφάνεια δίνεται:

$$Q_i = U \cdot A_m \cdot \Delta t_{e_i} + U \cdot A_s \cdot (\Delta t_{es_i} + D)$$

όπου:

- A_m : εμβαδόν επιφάνειας εκτεθειμένης στον ήλιο
- A_s : εμβαδόν σκιασμένης επιφάνειας.

Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα

- Επίσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι ακόλουθες διορθώσεις:
 - Μεταβλητότητα ηλιακής ακτινοβολίας για διαφορετικό μήνα και γεωγραφικό πλάτος. Η διόρθωση αυτή διαφοροποιεί τις σχέσεις για την τελική τιμή του Δte_i ως εξής:

Για σκούρο χρώμα:
$$\Delta te_i = \frac{R_s}{R_m} \cdot (\Delta tem_i - \Delta tes_i) + (\Delta tes_i + D)$$

Για μέσο χρώμα:

$$\Delta te_i = 0,78 \cdot \frac{R_s}{R_m} \cdot (\Delta tem_i - \Delta tes_i) + (\Delta tes_i + D)$$

Για ανοιχτό χρώμα:

$$\Delta te_i = 0,55 \cdot \frac{R_s}{R_m} \cdot (\Delta tem_i - \Delta tes_i) + (\Delta tes_i + D)$$

Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα



όπου:

R_s : μέγιστο ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από τζάμια για τον επιθυμητό μήνα και γεωγραφικό πλάτος (πίνακας 6)

R_m : μέγιστο ηλιακό θερμικό κέρδος από τζάμια για τον Ιούλιο σε 40° βόρειο γεωγραφικό πλάτος, από τον πίνακα 6.



Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα

Αν η λειτουργία της εγκατάστασης κλιματισμού είναι διαφορετική από 24ωρη, όπως συνήθως συμβαίνει, τότε οι Δτεi πρέπει να λαμβάνονται μεγαλύτερες. Συνεπώς πρέπει να λαμβάνεται αυξημένο το ψυκτικό φορτίο. Η αύξηση αυτή πρέπει να είναι τόσο μεγαλύτερη όσο «βαρύτερος» είναι ο τοίχος.

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Αγωγιμότητα από εκτεθειμένες οροφές:

– Ισχύει η σχέση:

$$Q_i = U \cdot A \cdot \Delta t e_i$$

όπου

Q_i : το ψυκτικό φορτίο κατά την ώρα i

U : ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής

A : η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας της οροφής

$\Delta t e_i$: ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για την οροφή την ώρα i , διορθωμένη σύμφωνα με τα ακόλουθα:

Αγωγιμότητα από εκτεθειμένες οροφές



- Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για την οροφή την ώρα i προκύπτει από τον πίνακα 2 ανάλογα με το βάρος της οροφής ανά m^2 και την κατάστασή της.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΟΡΟΦΩΝ ΑΝΑ ΩΡΑ (°C)

	8πμ	9πμ	10πμ	11πμ	12πμ	1μμ	2μμ	3μμ	4μμ	5μμ	6μμ	7μμ
ΟΡΟΦΗ:	ΗΛΙΟΛΟΥΣΤΗ											
B 50	-3.9	-2.8	-0.5	3.9	8.3	13.1	17.8	21.1	23.9	25.6	25.0	22.8
A 200	-1.1	-0.5	1.1	5.0	8.9	12.8	16.7	20.0	22.8	23.9	23.9	22.2
P 300	1.1	1.7	3.3	5.5	8.9	12.8	15.6	18.3	21.1	22.2	22.8	21.7
H 400	3.3	3.9	4.4	6.1	8.9	12.2	15.0	17.2	19.4	21.1	21.7	21.1
	6.1	6.1	6.7	7.2	8.9	12.2	14.4	15.6	17.8	19.4	20.6	20.6
ΟΡΟΦΗ:	ΜΕ ΝΕΡΟ											
B 50	0.0	1.1	2.2	5.5	8.9	10.6	12.2	11.1	10.0	8.9	7.8	6.7
A 200	0.0	1.1	2.2	5.5	8.9	10.6	12.2	11.1	10.0	8.9	7.8	6.7
P 300	-0.5	-0.5	0.0	2.8	5.5	7.2	8.3	8.3	8.9	8.3	8.3	7.8
H 400	-1.1	-1.1	-1.1	1.1	2.8	3.9	5.5	6.7	7.8	8.3	8.9	8.3
	-1.1	-1.1	-1.1	1.1	2.8	3.9	5.5	6.7	7.8	8.3	8.9	8.3
ΟΡΟΦΗ:	ΠΟΤΙΖΟΜΕΝΗ											
B 50	0.0	1.1	2.2	4.4	6.7	8.3	10.0	9.4	8.9	8.3	7.8	6.7
A 200	0.0	1.1	2.2	4.4	6.7	8.3	10.0	9.4	8.9	8.3	7.8	6.7
P 300	-0.5	-0.5	0.0	1.1	2.8	5.0	7.2	7.8	7.8	7.8	7.8	7.2
H 400	-1.1	-1.1	-1.1	0.0	1.1	2.8	4.4	5.5	6.7	7.2	7.8	7.2
	-1.1	-1.1	-1.1	0.0	1.1	2.8	4.4	5.5	6.7	7.2	7.8	7.2
ΟΡΟΦΗ:	ΣΚΙΑΣΜΕΝΗ											
B 50	-2.2	-1.1	0.0	1.1	3.3	5.0	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	5.6
A 200	-2.2	-1.1	0.0	1.1	3.3	5.0	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	5.6
P 300	-2.2	-1.7	-1.1	0.0	1.1	2.8	4.4	5.5	6.7	7.2	6.7	6.1
H 400	-1.1	-1.1	-1.1	-0.5	0.0	1.1	2.2	3.8	4.4	5.0	5.5	5.6
	-1.1	-1.1	-1.1	-0.5	0.0	1.1	2.2	3.8	4.4	5.0	5.5	5.6



Αγωγιμότητα από εκτεθειμένες οροφές

Οι τιμές του πίνακα 3 ισχύουν για τις ίδιες συνθήκες όπως και ο πίνακας 1 (για τοίχους) και διορθώνονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, όπως και οι ισοδύναμες θερμοκρασιακές διαφορές Δt_e για συνθήκες διαφορετικές από αυτές του πίνακα:

- άλλες συνθήκες θερμοκρασίας
- άλλο χρώμα
- σκίαση
- διαφορετική χρονική περίοδος
- διαφορετικό γεωγραφικό πλάτος.

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Ψυκτικό φορτίο από δάπεδα επί εδάφους:

– Ισχύει η σχέση:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta t$$

όπου

Q : το ψυκτικό φορτίο ανεξάρτητο ώρας

U : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου

A : η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας του δαπέδου

Δt : θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ κλιματιζόμενου χώρου και εδάφους, θεωρείται σταθερή, συνήθως 0°C ή ελαφρά αρνητική.

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Ψυκτικό φορτίο από ανοίγματα:

- Ισχύει η σχέση:

$$Q_{ci} = U \cdot A \cdot \Delta t_i, \text{ όπου:}$$

Q_{ci} : το ψυκτικό φορτίο λόγω αγωγιμότητας του ανοίγματος κατά την ώρα i

U : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του ανοίγματος

A : η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας του ανοίγματος

Δt_i : η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για αγωγιμότητα ανοιγμάτων την ώρα i .

Η Δt_i λαμβάνεται ως η διαφορά θερμοκρασίας του περιβάλλοντος t_{e_i} μείον τη θερμοκρασία του χώρου t_R :

$$\Delta t_i = t_{e_i} - t_R$$

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Αγωγιμότητα από εσωτερικά τοιχώματα:
 - Ισχύει η σχέση:
 $Q_i = U \cdot A \cdot \Delta t_i$, όπου:
 Q_i : το ψυκτικό φορτίο κατά την ώρα i
 A : η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας του τοιχώματος
 U : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχώματος
 Δt_i : η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για μη κλιματιζόμενους εσωτερικούς χώρους την ώρα i .
Η Δt_i λαμβάνεται ως η διαφορά θερμοκρασίας του μη κλιματιζόμενου χώρου $t_{MK\Lambda i}$ μείον τη θερμοκρασία του χώρου t_R :
$$\Delta t_i = t_{MK\Lambda i} - t_R$$

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

Ακτινοβολία μέσω ανοιγμάτων:

Δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{ri} = A \cdot [G_i \cdot ES_{outi} + GeS_i \cdot (1 - ES_{outi})] \cdot ES_{in} \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot \left[1 + \frac{H \cdot 0,007}{300} \right] \cdot \left[1 + \frac{(19,5 - T_{dp}) \cdot 0,05}{4} \right]$$

όπου:

- Q_{ri} : το ψυκτικό φορτίο λόγω ακτινοβολίας κατά την ώρα i
- A : το εμβαδόν του ανοίγματος
- G_i : το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό μονό τζάμι (πίνακας 3, που ισχύει για γεωγραφικό πλάτος 40°)
- GeS_i : το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό μονό σκιασμένο τζάμι (πίνακας 3, για επιφάνεια με βόρειο προσανατολισμό)

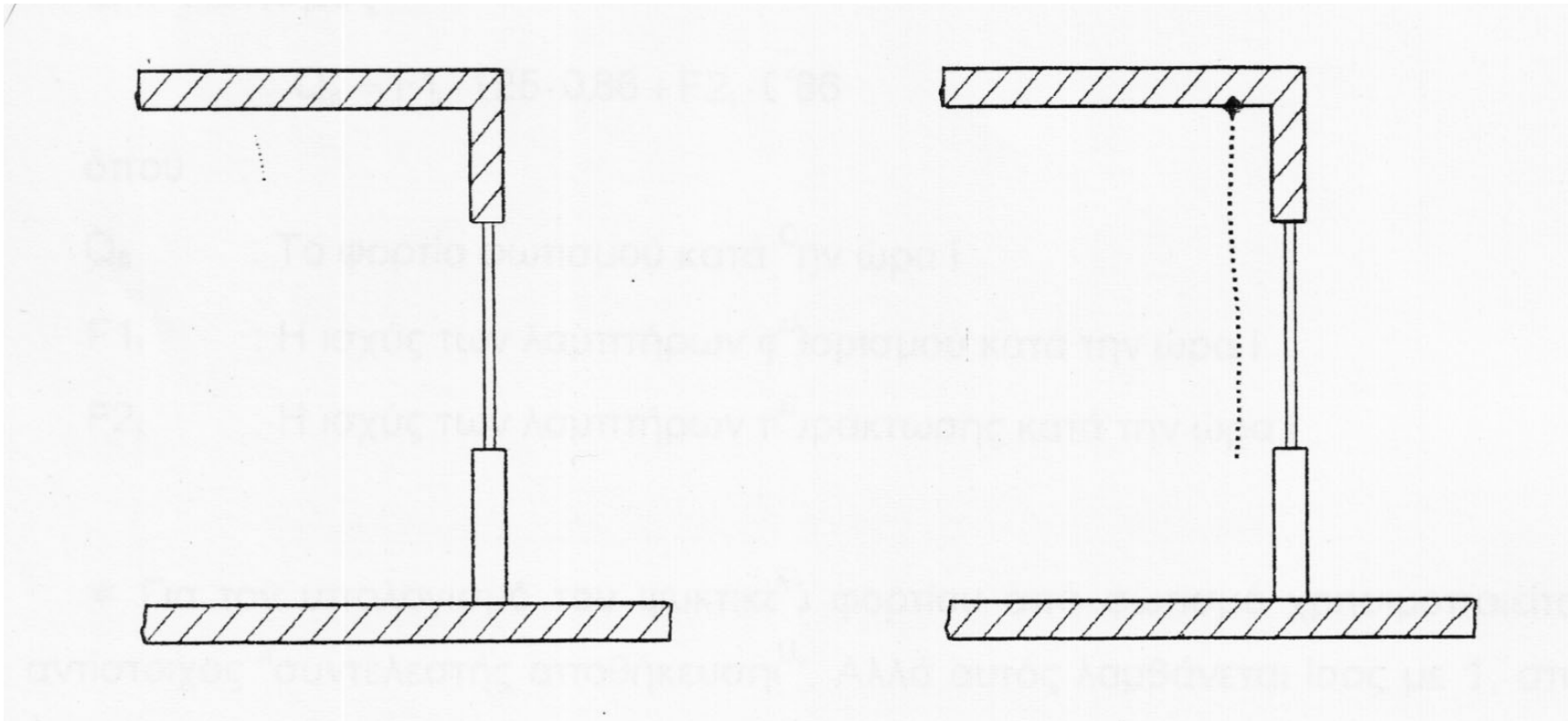
Ακτινοβολία μέσω ανοιγμάτων

- ES_{outi} : ο συντελεστής εξωτερικής σκίασης (ή συντελεστής ηλιασμού εξωτερικά) και αναφέρεται στο τμήμα του τζαμιού που σκιάζεται από εξωτερικά στοιχεία σκίασης
- ES_{in} : ο συντελεστής εσωτερικής σκίασης που είναι:
 - ο συντελεστής τζαμιού, όταν δεν υπάρχουν εσωτερικές σκιάσεις (κουρτίνες, σίτες κλπ)
 - ο συνολικός συντελεστής τζαμιού με εσωτερική σκίαση στην περίπτωση που υπάρχουν εσωτερικοί μηχανισμοί σκίασης
 - ίσος με 0 για ανοίγματα χωρίς τζάμι (πόρτες ολόσωμες ξύλινες).

Ακτινοβολία μέσω ανοιγμάτων

- S_1 : ο συντελεστής πλαισίου του ανοίγματος που είναι:
 - 1 για ξύλινο πλαίσιο
 - 1,17 για μεταλλικό πλαίσιο ή για άνοιγμα χωρίς πλαίσιο (τζαμαρίες).
- S_2 : ο συντελεστής ομίχλης που είναι:
 - 1 για περιβάλλον χωρίς ομίχλη
 - 0,90 για περιβάλλον με ομίχλη (βιομηχανικές περιοχές).
- H : το απόλυτο υψόμετρο της θέσης που βρίσκεται το κτήριο σε m.
- T_{dp} : η τιμή του σημείου δρόσου του εξωτερικού αέρα (στις συνθήκες υπολογισμού) σε °C. Θεωρείται σταθερή για όλες τις ώρες.

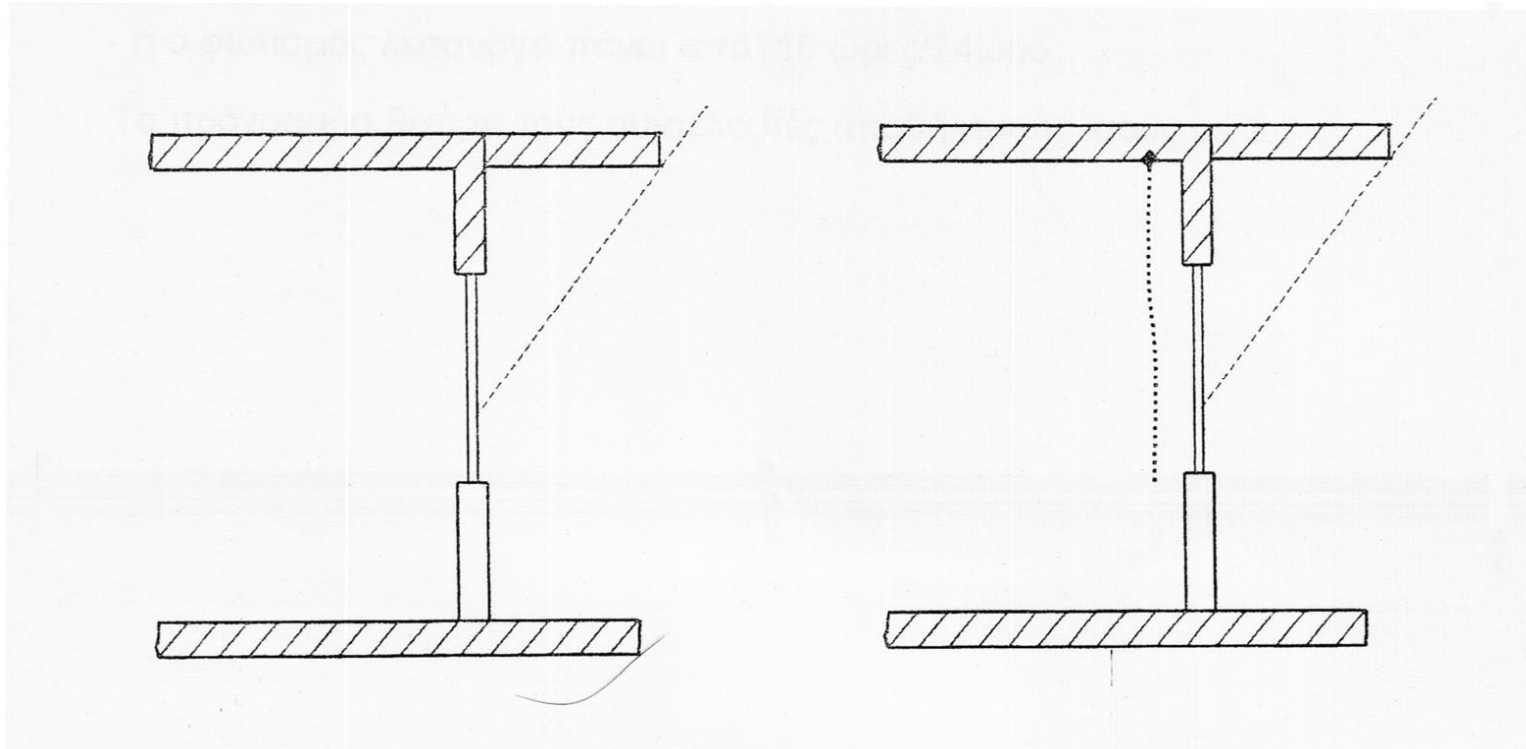
Ακτινοβολία μέσω ανοιγμάτων



Πλήρως ηλιόλουστο τζάμι
χωρίς μηχανισμό σκίασης.
 $Q_{ri} = A \cdot G_i \cdot (\text{συντ. τζαμιού}) + 0$

Πλήρως ηλιόλουστο τζάμι
με μηχανισμό σκίασης.
 $Q_{ri} = A \cdot G_i \cdot (\text{συνολ. συντ. τζαμιού}) + 0$

Ακτινοβολία μέσω ανοιγμάτων



Τμήμα εξωτερικά σκιασμένο
χωρίς μηχανισμό σκίασης.

$$Q_{ri} = A \cdot G_i \cdot ES_{outi} \cdot (\text{συντ. τζαμιού})$$

$$A \cdot G_{es_i} \cdot (1 - ES_{outi}) \cdot (\text{συντ. τζαμιού})$$

Τμήμα εξωτερικά σκιασμένο
με μηχανισμό σκίασης.

$$Q_{ri} = A \cdot G_i \cdot ES_{outi} \cdot (\text{συνολ. συντ. σκίασης})$$

$$A \cdot G_{es_i} \cdot (1 - ES_{outi}) \cdot (\text{συνολ. συντ. σκίασης})$$

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Ψυκτικό φορτίο από φωτισμό:

– Ισχύει η σχέση:

$$Q_{fi} = F1_i \cdot 1,25 \cdot 0,86 + F2_i \cdot 0,86$$

όπου

Q_{fi} : το ψυκτικό φορτίο λόγω φωτισμού κατά την ώρα i

$F1_i$: η ισχύς των λαμπτήρων φθορισμού κατά την ώρα i

$F2_i$: η ισχύς των λαμπτήρων πυράκτωσης κατά την ώρα i .

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Ψυκτικό φορτίο από άτομα:
 - Ισχύουν οι σχέσεις:

$$Q_{Si} = \sum_{j=1}^k q_{Sj} \cdot N_{ji}$$

$$Q_{Li} = \sum_{j=1}^k q_{Lj} \cdot N_{ji}$$

όπου

Q_{Si} : το συνολικό αισθητό ψυκτικό φορτίο λόγω ατόμων κατά την ώρα i

Q_{Li} : το συνολικό λανθάνον ψυκτικό φορτίο λόγω ατόμων κατά την ώρα i .

Ψυκτικό φορτίο από άτομα

$$Q_{Si} = \sum_{j=1}^k q_{Sj} \cdot N_{ji} \quad Q_{Li} = \sum_{j=1}^k q_{Lj} \cdot N_{ji}$$

όπου

j : ο βαθμός ενεργητικότητας των ατόμων σύμφωνα με τον πίνακα 6.

k : το πλήθος των διαφορετικών δραστηριοτήτων που ασκούνται από τα άτομα που βρίσκονται στο χώρο

q_{Sj} : το αισθητό φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j

q_{Lj} : το λανθάνον φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j

N_{ji} : ο αριθμός των ατόμων βαθμού ενεργητικότητας j που βρίσκονται στο χώρο κατά την ώρα i .

Ψυκτικό φορτίο από άτομα

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. ΦΟΡΤΙΑ ΑΤΟΜΩΝ

ΒΑΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΤΟΜΩΝ	Αισθητά (q_s) και Λανθάνοντα (q_L) φορτία ατόμων (σε kcal/h) ανάλογα με εσωτερική θερμοκρασία χώρου t_R									
	$t_R = 23.5^\circ\text{C}$		$t_R = 24.5^\circ\text{C}$		$t_R = 25.5^\circ\text{C}$		$t_R = 26.5^\circ\text{C}$		$t_R = 27.5^\circ\text{C}$	
	q_s	q_L	q_s	q_L	q_s	q_L	q_s	q_L	q_s	q_L
Καθισμένοι σε ακινησία	60	26	56	30	52	34	48	38	44	52
Καθισμένοι σε ελαφρά εργασία	64	39	59	44	55	48	50	53	46	57
Καθισμένοι, τρώγοντας	76	69	70	75	65	80	60	85	55	90
Δουλειά γραφείου	76	54	70	60	65	65	60	70	55	75
Ιστάμενοι ή περπατώντας αργά	90	70	83	77	77	83	71	89	65	95
Καθιστική εργασία (Εργοστάσιο)	100	98	93	105	86	112	79	119	73	125
Ελαφρά εργασία (Εργοστάσιο)	100	160	93	167	86	174	79	181	73	187
Μέτριος χορός	120	202	111	211	103	219	95	227	87	235
Βαριά εργασία (Εργοστάσιο)	165	240	153	252	142	263	131	274	121	284
Βαριά εργασία (Γυμναστήριο)	187	263	173	277	160	290	147	303	135	315

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Ψυκτικό φορτίο από συσκευές και εξοπλισμό:
 - Ισχύουν οι σχέσεις :

$$Q_S = \sum_{j=1}^k (q_{Sj} \cdot N_j) + Q_{S1} \quad Q_L = \sum_{j=1}^k (q_{Lj} \cdot N_j) + Q_{L1}$$

όπου

Q_S : το συνολικό αισθητό ψυκτικό φορτίο από συσκευές

Q_L : το συνολικό λανθάνον ψυκτικό φορτίο από συσκευές

j : ο τύπος της συσκευής σύμφωνα με τον πίνακα 7

k : τα είδη των διαφορετικών συσκευών που λειτουργούν στο χώρο

Ψυκτικό φορτίο από συσκευές και εξοπλισμό

$$Q_S = \sum_{j=1}^k (q_{Sj} \cdot N_j) + Q_{S1} \quad Q_L = \sum_{j=1}^k (q_{Lj} \cdot N_j) + Q_{L1}$$

όπου

q_{Sj} : το αισθητό φορτίο μιας συσκευής τύπου j (πίνακας 7)

q_{Lj} : το λανθάνον φορτίο μιας συσκευής τύπου j (πίνακας 7)

N_j : ο αριθμός των συσκευών τύπου j που λειτουργούν στο χώρο

Q_{S1} : συνολικό αισθητό φορτίο από συσκευές που δεν περιέχονται στον πίνακα 7 (πίνακας 9 ASHRAE)

Q_{L1} : συνολικό λανθάνον φορτίο από συσκευές που δεν περιέχονται στον πίνακα 7 (πίνακας 9 ASHRAE)

Ψυκτικό φορτίο από συσκευές και εξοπλισμό



- Η μέθοδος θεωρεί τα φορτία από συσκευές σταθερά σε όλες τις ώρες.
- Στον πίνακα 7 δεν γίνεται διάκριση στο αν η συσκευή λειτουργεί με απορροφητική χοάνη ή όχι. Η ύπαρξη χοάνης μειώνει στο μισό το αισθητό φορτίο και μηδενίζει το λανθάνον.

Ψυκτικό φορτίο από συσκευές και εξοπλισμό



ΠΙΝΑΚΑΣ 7. ΦΟΡΤΙΑ ΣΥΣΚΕΥΩΝ (Σύμφωνα με το πρόγραμμα ADAPT)

ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	Αισθητό φορτίο (q_s) (kcal/h)	Λανθάνον φορτίο (q_L) (kcal/h)
Μικρή αερίου	500	125
Μεγάλη αερίου	1500	400
Ηλεκτρική 300 W	400	200
Ηλεκτρική 1 kW	600	150
Ηλεκτρική 2 kW	1200	300
Ηλεκτρική 4 kW	2000	800
Κινητήρας 1/4 HP	200	-
Κινητήρας 1 HP	700	-
Κινητήρας 5 HP	3000	-

Ψυκτικό φορτίο από συσκευές και εξοπλισμό



ASHRAE

Table 9 Recommended Rate of Heat Gain from Selected Office Equipment (Alereza and Breen 1984)

Appliance	Size	Maximum Input Watts	Standby Input Watts	Recommended Rate of Heat Gain Watts
Computer Devices				
Communication/transmission		1800-4600	1640-2810	1640-2810
Disk drives/mass storage		1000-10 000	1000-6600	1000-6600
Microcomputer/wordprocessor	16-640 kbytes ^a	100-600	90-530	90-530
Minicomputer		2200-6600	2200-6600	2200-6600
Printer (laser)	8 pages/min	870	180	300
Printer (Line, high speed)	5000-more pages/min	1000-5300	500-2550	730-3800
Tape drives		1200-6500	1000-4700	1000-4700
Terminal		90-200	80-180	80-180
Copiers/Typesetters				
Blue print		1150-12 500	500-5000	1150-12 500
Copiers (large)	30-67 copies/min. ^a	1700-6600	900	1700-6600
Copiers (small)	6-30 copies/min. ^a	460-1700	300-900	460-1700
Phototypesetter		1725		1520
Mailprocessing				
Inserting machine	3600-6800 pieces/h	600-3300		390-2150
Labeling machine	1500-30000 pieces/h	600-6600		390-4300
Miscellaneous				
Cash register		60		48
Cold food/beverage		1150-1920		575-960
Coffee maker	10 cup	1500		1050 sensible 450 latent
Microwave oven	28 L	600		400
Paper shredder		250-3000		200-2420
Water cooler	30 L/h	700		1750

^aInput is not proportional to capacity.

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Ψυκτικό φορτίο από ηλεκτροκινητήρες:

Ισχύει η σχέση:

$$Q_s = \sum_{j=1}^k (q_{sj} \cdot N_j) + Q_{s1}$$

όπου

Q_s : το συνολικό αισθητό φορτίο από ηλεκτροκινητήρες

j : ο τύπος του ηλεκτροκινητήρα σύμφωνα με τον πίνακα 7

k : τα είδη των ηλεκτροκινητήρων που λειτουργούν στο χώρο

q_{sj} : το αισθητό φορτίο ηλεκτροκινητήρα τύπου j (πίνακας 7)

N_j : ο αριθμός των ηλεκτροκινητήρων j στο χώρο

Q_{s1} : συνολικό αισθητό φορτίο από ηλεκτροκινητήρες που δεν περιέχονται στον πίνακα 7 (πίνακας 4 ASHRAE)

Ψυκτικό φορτίο από ηλεκτροκινητήρες

ASHRAE

Table 4 Heat Gain From Typical Electric Motors

Motor Name-plate or Rated Horse-power	Motor Type	Nominal rpm	Full Load Motor Efficiency in Percent	Location of Motor and Driven Equipment with Respect to Conditioned Space or Airstream		
				A	B	C
				Motor in, Driven Equipment in Watt	Motor out, Driven Equipment in Watt	Motor in, Driven Equipment in Watt
0.05	Shaded Pole	1500	35	105	38	70
0.08	Shaded Pole	1500	35	170	59	110
0.125	Shaded Pole	1500	35	264	94	173
0.16	Shaded Pole	1500	35	340	117	223
0.25	Split Phase	1750	54	346	188	158
0.33	Split Phase	1750	56	439	246	194
0.50	Split Phase	1750	60	621	372	249
0.75	3-Phase	1750	72	776	557	217
1	3-Phase	1750	75	993	747	249
1	3-Phase	1750	77	1453	1119	334
2	3-Phase	1750	79	1887	1491	396
3	3-Phase	1750	81	2763	2238	525
5	3-Phase	1750	82	4541	3721	817
7.5	3-Phase	1750	84	6651	5596	1066
10	3-Phase	1750	85	8760	7178	1315
15	3-Phase	1750	86	13 009	11 192	1820
20	3-Phase	1750	87	17 140	14 913	2230
25	3-Phase	1750	88	21 184	18 635	2545
30	3-Phase	1750	89	25 110	22 370	2765
40	3-Phase	1750	89	33 401	29 885	3690
50	3-Phase	1750	89	41 900	37 210	4600
60	3-Phase	1750	89	50 395	44 829	5538
75	3-Phase	1750	90	62 115	55 962	6210
100	3-Phase	1750	90	82 918	74 719	8290
125	3-Phase	1750	90	103 430	93 172	10 342
150	3-Phase	1750	91	123 060	111 925	11 075
200	3-Phase	1750	91	163 785	149 135	14 738
250	3-Phase	1750	91	204 805	186 346	18 430

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Διείσδυση αέρα:

Τα φορτία αυτά προέρχονται από φυσική διείσδυση αέρα περιβάλλοντος στο χώρο μέσω χαραμάδων των ανοιγμάτων, σχισμών κλπ και λαμβάνονται υπόψη όταν δεν υπάρχουν στο χώρο εναλλαγές αέρα από κλιματιστικές συσκευές, δηλαδή όταν δεν προβλέπεται βεβαιασμένη εισαγωγή νωπού αέρα στο χώρο.

Ισχύει η σχέση:

$$Q_i = \left(\sum_{j=1}^n P_j \cdot a_j \cdot b \right) \cdot \Delta t_i$$



Ψυκτικό φορτίο από φυσική διείσδυση αέρα

όπου

Q_j : το συνολικό αισθητό φορτίο από χαραμάδες

P_j : η περίμετρος του ανοίγματος j

n : ο αριθμός των ανοιγμάτων μέσω των οποίων υπάρχει φυσική διείσδυση αέρα στο χώρο (δεν είναι αναγκαστικά όλα τα ανοίγματα του χώρου)

a_j : ο συντελεστής διείσδυσης του αέρα για το άνοιγμα j , που εξαρτάται από τον τύπο του ανοίγματος και ειδικά από τη στεγανότητά του, παίρνει τιμές 1, 2, 3, όπως οι αντίστοιχες σε μελέτες θέρμανσης



Ψυκτικό φορτίο από φυσική διείσδυση αέρα

όπου

b : συντελεστής που εξαρτάται από την έκθεση του κτηρίου σε ανέμους, το λόγο της επιφάνειας των εξωτερικών ανοιγμάτων προς την επιφάνεια των εσωτερικών ανοιγμάτων και τη θέση τους και παίρνει τιμές από 0,24 έως 1,6

Δt_i : η διαφορά εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας ξηρού βολβού κατά την ώρα i : $\Delta t_i = t_{e_i} - t_R$.

Το φορτίο λόγω διείσδυσης αέρα είναι κανονικά και αισθητό και λανθάνον. Με τη μέθοδο Carrier δεν γίνεται αυτός ο διαχωρισμός. Υπολογίζεται ένα προσεγγιστικό συνολικό φορτίο που λαμβάνεται ως αισθητό.

Μέθοδος υπολογισμού κατά Carrier

- Αερισμός:

Αφορά τη βεβιασμένη εισαγωγή νωπού αέρα διαμέσου κλιματιστικών συσκευών για τις ανάγκες αερισμού χώρου. Το φορτίο λόγω αερισμού είναι αισθητό και λανθάνον και δεν αποτελεί φορτίο χώρου. Είναι όμως ψυκτικό φορτίο για τις κλιματιστικές συσκευές και προστίθεται στο φορτίο χώρου, ώστε να προκύψει το συνολικό ψυκτικό φορτίο της κλιματιστικής συσκευής.

Ισχύουν οι προσεγγιστικές σχέσεις:

$$Q_{Si} = 0,29 \cdot V \cdot n \cdot \Delta t_i \quad Q_{Li} = 0,71 \cdot V \cdot n \cdot \Delta w$$

Ψυκτικό φορτίο λόγω αερισμού

$$Q_{Si} = 0,29 \cdot V \cdot n \cdot \Delta t_i \quad Q_{Li} = 0,71 \cdot V \cdot n \cdot \Delta w$$

όπου:

Q_{Si} : το αισθητό φορτίο αερισμού την ώρα i σε kcal/h

Q_{Li} : το λανθάνον φορτίο αερισμού την ώρα i σε kcal/h

V : ο όγκος του χώρου σε m^3/h

n : ο επιθυμητός αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα

Δt_i : η διαφορά εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας ξηρού βολβού κατά την ώρα i : $\Delta t_i = t_{e_i} - t_R$

Δw : η διαφορά εξωτερικής και εσωτερικής ειδικής υγρασίας σε $gr/kg_{\xi\alpha}$: $\Delta w = w_e - w_R$.

Οι απαιτούμενες εναλλαγές αέρα βρίσκονται από πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 - 1/2010.

Ψυκτικό φορτίο λόγω αερισμού

Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και οι σχέσεις:

$$Q_{Si} = 0,29 \cdot V_{NA} \cdot N \cdot \Delta t_i \quad Q_{Li} = 0,71 \cdot V_{NA} \cdot N \cdot \Delta w$$

όπου:

Q_{Si} : το αισθητό φορτίο αερισμού την ώρα i σε kcal/h

Q_{Li} : το λανθάνον φορτίο αερισμού την ώρα i σε kcal/h

V_{NA} : η ανά άτομο απαιτούμενη παροχή αέρα σε m^3/h , ανάλογα με τη χρήση του χώρου

N : ο προβλεπόμενος μέγιστος αριθμός ατόμων στο χώρο

Δt_i και Δw όπως ανωτέρω.

Οι απαιτούμενες εναλλαγές αέρα βρίσκονται από πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 - 1/2010 .