

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη παθητικών ηλιακών συστημάτων σε πρότυπο κτίριο

του ΤΕΙ Κρήτης Παραρτήματος Χανίων

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ : ΘΕΟΔΩΡΙΔΟΥ ΕΥΑΝΘΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : Δρ. ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ ΔΙΟΝΥΣΙΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους με βοήθησαν για την πραγματοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας. Κυρίως ευχαριστώ την μετεωρολογική ομάδα του Τ.Ε.Ι Κρήτης Παραρτήματος Χανίων τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, για την παροχή των μετεωρολογικών δεδομένων. Ευχαριστώ την καθηγήτρια μου Δρ. Δ. Κολοκοτσά για την συμπαράσταση της, την αποτελεσματική συνεργασία μας καθώς και την παροχή γνώσεων σχετικά με το αντικείμενο της πτυχιακής μου εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	Σελ.	1
A.	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	Σελ.	3
1.	ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΨΥΞΗ	Σελ.	3
2.	ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	Σελ.	8
2.1	Οφέλη παθητικού δροσισμού	Σελ.	9
2.2	Στρατηγικές παθητικού δροσισμού	Σελ.	11
2.3	Πρόληψη των θερμικών κερδών	Σελ.	11
2.4	Διαμόρφωση των θερμικών κερδών	Σελ.	16
3.	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΟΒΟΛΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	Σελ.	17
3.1	Ψύξη μέσω ακτινοβολίας	Σελ.	17
3.2	Ψύξη με εξάτμιση	Σελ.	20
3.3	Γήινη ψύξη	Σελ.	22
3.4	Φυσικός αερισμός.	Σελ.	24
3.4.1	Εισαγωγή	Σελ.	24
3.4.2.	Φυσικός αερισμός.	Σελ.	25
3.4.3.	Χαρακτηριστικά της ροής του αέρα γύρω από το κτίριο	Σελ.	26
3.4.4	Ροή αέρος μέσω των μεγάλων ανοιγμάτων	Σελ.	28
3.4.5.	Αέρας – επηρεάζεται από τη διαφορά πίεσης	Σελ.	31
3.4.6.	Επίδραση καπνοδόχων	Σελ.	33
3.4.7	Συνδυασμός της δράσης του αέρα και της διαφοράς θερμοκρασίας	Σελ.	35
3.4.8	Ουδέτερο επίπεδο	Σελ.	35
3.4.9	Φυσική μεταγωγή θερμότητας και μάζας που μεταφέρεται μέσω μεγάλων εσωτερικών ανοιγμάτων.	Σελ.	36
3.4.10.	Νυχτερινός δροσισμός	Σελ.	36
4.	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	Σελ.	38
4.1	Γεωμετρία και προσανατολισμός ανοιγμάτων	Σελ.	38
4.2	Σκίαση των συσκευών	Σελ.	38
4.2.1	Σταθερά συστήματα σκίασης	Σελ.	39
4.2.2	ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ	Σελ.	40
4.2.3	Αξιολόγηση απόδοσης των δυο μεθόδων	Σελ.	41
4.2.4	Αξιολόγηση των συσκευών σκίασης	Σελ.	42
4.2.5	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ	Σελ.	42
4.2.6	Βλάστηση	Σελ.	43
4.3	ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	Σελ.	43
5.	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΨΥΞΗΣ- ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	Σελ.	46
B.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	Σελ.	48
6.	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	Σελ.	48
6.1	Υπολογιστικό πρόγραμμα Summer Building	Σελ.	48
6.2	Παρόμοια προγράμματα με το Summer Building	Σελ.	49
6.2.1	π SYSTEM	Σελ.	49
6.2.2	ESP-r	Σελ.	50

6.2.3	DOE-2	Σελ.	51
6.2.4	RHVAC	Σελ.	51
6.2.5	CL4M Comercial cooling and Heating Loads	Σελ.	52
7.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ	Σελ.	54
7.1	Θερμοκρασία σημείου ισορροπίας και ψυκτικό φορτίο	Σελ.	54
7.2	Απαιτήσεις ψύξης κλιματιζόμενων κτιρίων (A/C).	Σελ.	56
7.2.1	Απαιτήσεις ψύξης των φυσικά αερισμένων κτιρίων (N/V).	Σελ.	56
7.2.2	Απαιτήσεις ψύξης των κτιρίων εξοπλίζονται με τους εναλλάκτες θερμότητας αέρα (θαμμένοι σωλήνες).	Σελ.	57
7.2.3	Απαιτήσεις ψύξης των κτιρίων που χρησιμοποιούν τις τεχνικές εξαερισμού νύχτας.	Σελ.	59
7.2.4	Απαιτήσεις ψύξης των κτιρίων που χρησιμοποιούν τις τεχνικές εξαερισμού νύχτας και τους θαμμένους σωλήνες.	Σελ.	61
7.2.5	Υπολογισμός των ωριαίων μεταβολών ψύξης.	Σελ.	63
8.	Το κλίμα των Χανίων	Σελ.	66
8.1	Κτίριο	Σελ.	66
8.2	ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	Σελ.	73
8.3	Υπολογιστικές μέθοδοι αναλύσεις παθητικού δροσισμού	Σελ.	75
8.3.1	Νυχτερινός αερισμός	Σελ.	75
8.3.2	Μέθοδος εναλλακτών θερμότητας εδάφους - αέρα	Σελ.	76
8.3.3	Μέθοδοι σκίασης	Σελ.	79
8.4	Συμπεράσματα	Σελ.	80
9.	ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ	Σελ.	83
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	Σελ.	84

Περίληψη

Σε διάφορες κλιματικές ζώνες, τα προληπτικά μέτρα που αφορούν τα θερμικά κέρδη δεν είναι ικανοποιητικά να κρατήσουν την εσωτερική θερμοκρασία σε ένα άνετο επίπεδο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κτιρίου. Συχνά, αυτό οδήγησε στη συνολική εξάρτηση του ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού για να υποστηριχθούν οι ανάγκες ενέργειας των κτιρίων. Αυτή η εκτενής χρήση των μονάδων κλιματισμού συνδέεται με πολλά περιβαλλοντικά, οικονομικά και εσωτερικά ποιοτικά προβλήματα αέρα. Αυτά τα προβλήματα λύνονται εάν το σχέδιο του κτιρίου εξασφαλίζει τα μέσα να απορριφθεί η συγκέντρωση θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου.

Το κτίριο στα Χανιά, έχει σχεδιαστεί για τον παθητικό δροσισμό, εφαρμόζοντας τις παθητικές μεθόδους που αυξάνουν την αποδοτικότητα της ενέργειας του κτιρίου. Η έρευνα εξαρτάται από το σημείο στο οποίο η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος θα προκαλούσε την εσωτερική θερμοκρασία να είναι μη ανεκτή, καλείται θερμοκρασία σημείου ισορροπίας (balance point temperature). Η άνεση των κατοίκων του κτιρίου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, από την μετακίνηση του αέρα και από τις δραστηριότητες των κατοίκων. Παραδείγματος χάριν, η μετακίνηση του αέρα δροσίζει τους ανθρώπους μέσω της εξάτμισης και της μεταγωγής θερμότητας, και έτσι αυξάνει τη θερμοκρασία στην οποία οι άνθρωποι αισθάνονται άνεση. Λαμβάνοντας υπόψη τη δραστηριότητα, την μετακίνηση του αέρα, τον εξαερισμό κ.λ.π., ο σχεδιαστής αποφασίζει ποια είναι η υψηλότερη εσωτερική θερμοκρασία στην οποία οι κάτοχοι θα αισθάνονταν ακόμα άνετοι. Εκείνη η θερμοκρασία καλείται καθορισμένη θερμοκρασία σημείου(set point temperature). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι αυτό είναι μια τιμή που επιλέγεται από το σχεδιαστή, ότι δεν είναι μια απόλυτη τιμή και ότι θα ποικίλει από κτίριο σε κτίριο ανάλογα με την στρατηγική ψύξης. Συνήθως το καθορισμένο σημείο θερμοκρασίας σε ένα φυσικά αεριζόμενο κτίριο μπορεί να είναι 2-3 °C επάνω από αυτό ενός κλιματιζόμενου κτιρίου και μπορεί ακόμα να επιτευχθεί το ίδιο επίπεδο άνεσης για τους κατόχους. Τα αποδεκτά επίπεδα άνεσης μπορούν να ποικίλουν σε όλη την Ευρώπη, με τις υψηλότερες θερμοκρασίες άνεσης να βρίσκονται στις θερμότερες χώρες της νότιας Ευρώπης από ότι στη βόρεια Ευρώπη.

Αρχικά επιλέχθηκαν τα υλικά κατασκευής του κτιρίου τα οποία μας μειώνουν το ψυκτικό φορτίο και παρέχουν ταυτόχρονα συνθήκες άνεσης. Έπειτα εφαρμόστηκαν στο κτίριο οι εξής παθητικές μέθοδοι ψύξης: α) Νυχτερινός αερισμός β) Εναλλάκτες θερμότητας γ) Σκιασμός. Το ερευνητικό συμπέρασμα είναι ότι η αποδοτικότερη μέθοδος είναι ο εξαερισμός νύχτας (διαγώνιος εξαερισμός). Οι εναλλάκτες θερμότητας αν και προσφέρουν τη μεγαλύτερη μείωση στις απαιτήσεις σε ψυκτικό φορτίο του κτιρίου είναι εξαιρετικά δαπανηρή πρόταση. Ο έλεγχος για τις απαιτήσεις του κτιρίου σε ψυκτικό φορτίο μπορεί να γίνει με αισθητήρες και έπειτα με μικροελεγκτές είναι δυνατό να προγραμματιστεί για τον αερισμό της οικίας στα επιθυμητά όρια άνεσης.

α. θεωρητικό μέρος

1. ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΨΥΞΗ

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα το 1990 ήταν 725 εκατομμύρια τόνοι σε ισοδυναμία πετρελαίου (Mtoe). Η μεταφορά και η βιομηχανία κάθε μια κατανάλωσαν 220 Mtoe, ενώ για τις εσωτερικές και τριτογενείς χρήσεις το σύνολο ήταν 275 Mtoe. Η τελική κατανάλωση ενέργειας στον εγχώριο τριτογενή τομέα, για κάθε κράτος μέλος, δίνεται στο πινάκα 1. το πετρέλαιο με ένα μερίδιο 44,3%, ήταν η αρχική πηγή ενέργειας, ενώ τα στερεά αντιπροσώπευσαν 23,8%, το φυσικό αέριο 17,5%, το πυρηνικό 12,9% και όλες οι άλλες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, χρησιμοποιήθηκαν μόνο για να ικανοποιήσουν 1,6%.

Πίνακας 1.

Η τελική κατανάλωση ενέργειας στον εγχώριο τριτογενή τομέα στα κράτη μέλη της ΕΕC για το 1990 [1]

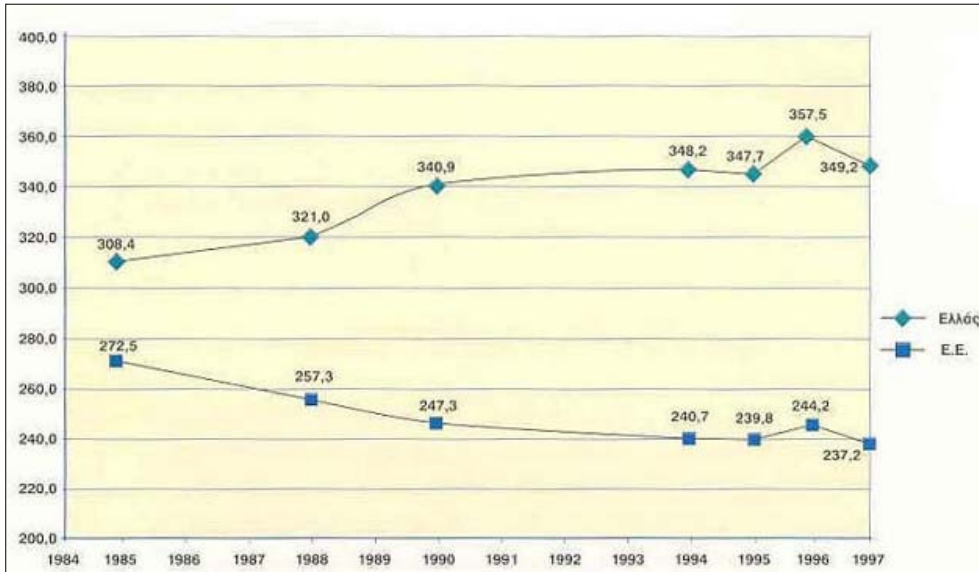
<i>κράτη μέλη</i>	<i>Κατανάλωση ενέργειας(Mtoe)</i>
Βέλγιο	12,0
Δανία	5,8
Γαλλία	51,0
Γερμανία	68,0
Ελλάδα	4,0
Ιρλανδία	3,0
Ιταλία	38,2
Λουξεμβούργο	0,7
Κάτω Χώρες	19,0
Πορτογαλία	2,3
Ισπανία	13,5
UK	57,5

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, το Βέλγιο, η Δανία, η Γερμανία και οι Νότιες Χώρες έχουν επιτύχει μια μικρή μείωση κατανάλωσης ενέργειας, η Γαλλία, το Λουξεμβούργο και το UK έχουν διατηρήσει έναν σταθερό μέσο όρο, ενώ έχει υπάρξει μια αύξηση στην Ελλάδα, την Ιρλανδία, την Ιταλία, την Πορτογαλία και την Ισπανία.

Συνολικά, η κατανάλωση ενέργειας στα τριτογενή και κατοικημένα κτίρια αντιπροσωπεύει περίπου 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της Ευρώπης. Αυτό οφείλεται στην ικανοποίηση των αναγκών ενέργειας των κτιρίων για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και για άλλες ηλεκτρικές συσκευές και εξοπλισμούς.

Διάγραμμα1.

Εξέλιξη ενεργειακής έντασης Ελλάδος- Ε.Ε. [μελέτη του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (2000)]



H

κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη των κτιρίων στις νότιες χώρες είναι άμεσου ενδιαφέροντος. Μια πρόσφατη μελέτη που πραγματοποιείται στην Ελλάδα, μια χώρα που αντιπροσωπεύει το νότιο ευρωπαϊκό κλίμα, έχει παράσχει μια περιεκτική εικόνα της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Αυτές οι ενεργειακές επιθεωρήσεις εκτελέστηκαν σε 1.000 δημόσια κτίρια και κτίρια του τριτογενή τομέα, συμπεριλαμβανομένων των κλιματιζόμενων και φυσικά αεριζόμενων γραφείων, εμπορικών καταστημάτων, σχολείων, νοσοκομείων και ξενοδοχείων, γύρω από τη χώρα. Κάθε τύπος οικοδόμησης εκθέτει τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά και τα προβλήματα που οφείλονται στις συγκεκριμένες λειτουργικές ανάγκες, και επομένως απαιτεί την ανεξάρτητη επεξεργασία και την ανάλυση.

Η μέση ετήσια τελική κατανάλωση ενέργειας για όλα τα ελεγμένα κτίρια στις πέντε κατηγορίες είναι 187 kWh/m² στα γραφεία, 152 kWh/m² στα κτίρια τριτογενή τομέα 93 kWh/m² στα σχολικά κτίρια, 406,8 kWh/m² στα νοσοκομεία και 273 kWh/m² στα ξενοδοχεία.

Για την εκτίμηση του αντίκτυπου των μηχανικών συστημάτων θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού στην κατανάλωση ενέργειας, πρέπει να αναφερθούμε στον πίνακα 2.

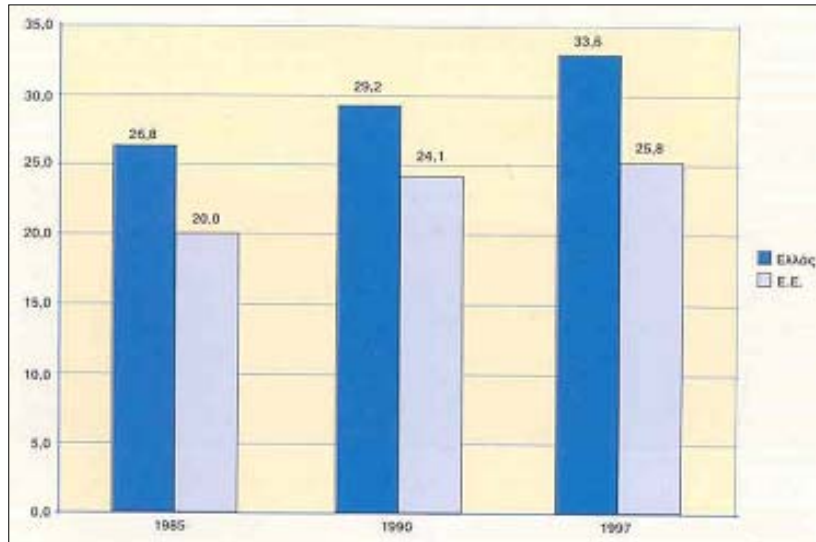
Πίνακας 2.

Ετήσιες μέσες τιμές της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα [1]

Κατηγορίες κτιρίων	Α/Σ κτίρια		N/V κτίρια	
	Αριθμός κτιρίων	Ολική ενέργεια[kWh/m ²]	Αριθμός κτιρίων	Ολική ενέργεια[kWh/m ²]
Γραφεία	153	226	33	179
Εμπορικά	261	215	254	206
Σχολεία	16	183	150	119
Νοσοκομεία	26	352	6	236
Ξενοδοχεία	78	285	62	270

Διάγραμμα 1.1

Συμμετοχή ηλεκτρικής ενέργειας στην τελική κατανάλωση του τριτογενή - οικιακού τομέα [μελέτη του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (2000)]



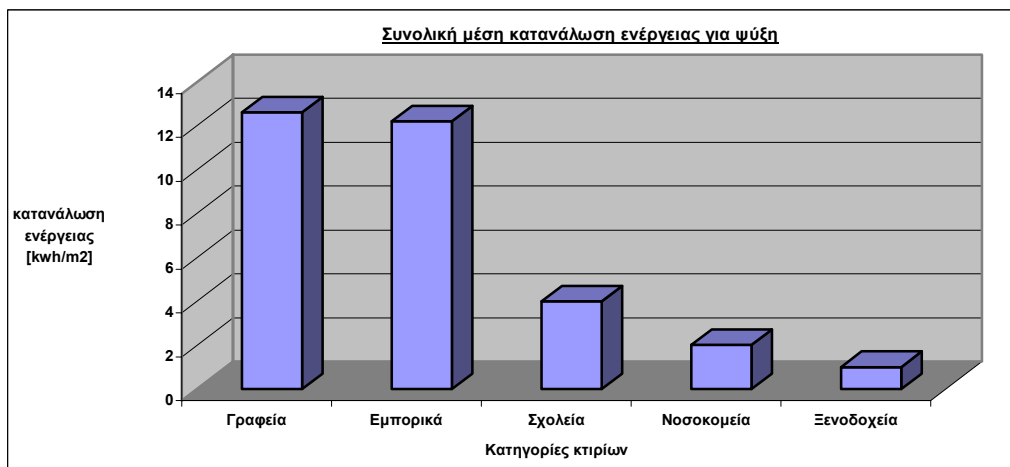
Η

συνολική

κατανάλωση και η τελική ετήσια μέση κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη με κλιματισμό(A/C) και με φυσικό αερισμό των κτιρίων (N/V) δίνονται για καθεμία των πέντε κατηγοριών οικοδόμησης. Στα γραφεία η ψύξη αντιπροσωπεύει 12,6% της συνολικής μέσης ετήσιας τελικής κατανάλωσης ενέργειας, στα κτίρια του τριτογενή τομέα αντιπροσωπεύει το 12,2%, στα σχολεία μόνο το 2%, στα νοσοκομεία λιγότερο από 1% και στα ξενοδοχεία το 4%. Όπως φαίνεται στον πίνακα 2., τα κλιματιζόμενα κτίρια καταναλώνουν αρκετά περισσότερη ενέργεια από τα φυσικά αεριζόμενα κτίρια, που κυμαίνονται από 4% ως 54%, ανάλογα με τον τύπο οικοδόμησης.

Διάγραμμα 1.2

Συνολική μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ψύξη [1]



Ο αντίκτυπος του κλιματισμού στη συνολική κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου μπορεί να είναι σημαντικός. Παραδείγματος χάριν, στα κτίρια γραφείων N/V και A/C, η ετήσια μέση συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι 179 kWh/kWh/m² και 226

kWh kWh/m², αντίστοιχα. Συνεπώς, η χρήση κλιματιστικών στα κτίρια αυξάνει την ετήσια κατανάλωση ενέργειας από 40 έως 50 kWh/m².

Συνολικά, αυτές οι πληροφορίες, μαζί με άλλες σχετικές οδηγίες, μπορούν να αποδειχθούν πολύ χρήσιμες για την αποδοτικότητα στο σχεδιασμό εγκαταστάσεων και οικοδόμησης. Μετά από σειρά μελετών σε προσομοιωτική διάταξη και αναλύσεων, έχει εμφανιστεί ότι είναι πιθανό να επιτευχθεί μια γενική διατήρηση ενέργειας στο 20%. Με διάφορες επεμβάσεις στα κτίρια, για να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη. Αναλόγως, είναι πιθανό να επιτευχθεί η ακόλουθη αποταμίευση ενέργειας για την ψύξη με:

- μείωση των εξωτερικών φορτίων (η κατάλληλη σκίαση μπορεί να οδηγήσει σε μια μείωση 30%)
- η μείωση των εσωτερικών φορτίων από το φωτισμό με τη χρησιμοποίηση των λαμπτήρων φθορίου (80 lm/W) μπορεί να μειώσει το ψυκτικό φορτίο κατά έναν μέσο όρο 10%
- χρησιμοποίηση των τεχνικών φυσικού δροσισμού (όπως το έδαφος, την ψύξη από εξάτμιση), όπου είναι δυνατόν
- να χρησιμοποιήσει τις τεχνικές εξαερισμών νύχτας, με έξι εναλλαγές αέρα ανά την ώρα, μπορεί να οδηγήσει στην ουσιαστική αποταμίευση ενέργειας για την ψύξη, μέχρι 80%, ανάλογα με τον τύπο οικοδόμησης και με τη
- χρησιμοποίηση των ανεμιστήρων οροφής που μπορεί να οδηγήσει σε ένα πολύ υψηλό ποσοστό της αποταμίευσης ενέργειας για την ψύξη, μέχρι 95%, ανάλογα με τον τύπο και τη λειτουργία του κτιρίου.

Η σημαντική αποταμίευση ενέργειας για την ψύξη, αλλά και για τη θέρμανση, σκοπεύετε να μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση των συστημάτων ελέγχου της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα. Στα κτήρια γραφείων αυτό μπορεί να οδηγήσει στην αποταμίευση ενέργειας μέχρι 10%.

Τελικά, είναι σημαντικό να θεωρηθεί μια πρόσθετη παράμετρος για την αποταμίευση ενέργειας στα υπάρχοντα μηχανικά συστήματα δροσισμού. Η κατάλληλη συντήρηση του αέρα μπορεί να μειώσει την ηλεκτρική μέγιστη ζήτηση, να αποταμιεύσει ενέργεια και να μειώσει συνεπώς το λειτουργικό κόστος.

2. Παθητικός δροσισμός των κτιρίων

Τα κτίρια, εκτός από την προσφορά ενός καταφυγίου και την πραγματοποίηση των αισθητικών κριτηρίων, πρέπει να εξασφαλίσουν τα μέσα της άνεσης (θερμικά, οπτικά, ακουστικά) και ποιότητας αέρα για τους κατοίκους τους.

Η θερμική συμπεριφορά των κτιρίων επηρεάζεται από διάφορες παραμέτρους. Αυτές περιλαμβάνουν τις κλιματολογικές, οι οποίες είναι περιβαλλοντικές μεταβλητές και δεν υπάγονται στον ανθρώπινο έλεγχο. Ο άλλος τύπος παραμέτρων είναι οι μεταβλητές σχεδίου, οι οποίες είναι υπό έλεγχο στο στάδιο σχεδίου. Η ανεπαρκής προσοχή στην πτυχή της θερμικής συμπεριφοράς ενός κτιρίου στα πρώτα στάδια του σχεδίου της μπορεί να οδηγήσει σε ένα αφιλόξενο εσωτερικό περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ειδικά στα κλίματα με καυτό καιρό, τα κτίρια εκτίθενται στις υψηλές εντάσεις της ηλιακής ακτινοβολίας και τις υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε συνθήκες υπερθέρμανσης που υπερβαίνουν τα όρια της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων. Κάτω από αυτούς τους όρους, η ψύξη των κτιρίων είναι μεγάλης σημασίας.

Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική μπορεί να εμφανίσει τα παραδείγματα της εναρμόνισης με το τοπικό κλίμα. Στα καυτά και ξηρά κλίματα τα κτίρια ήταν ογκώδους κατασκευής με λίγα και μικρά ανοίγματα και ελαφριά χρώματα στην εξωτερική επιφάνεια. Οι πηγές, οι λίμνες, τα ρεύματα ύδατος και η βλάστηση ολοκλήρωναν την επίδραση ψύξης μέσω της εξάτμισης. Στα καυτά και υγρά κλίματα, όπου ο εξαερισμός είναι επιθυμητός, βρίσκουμε τις ελαφριές δομές με τα μεγάλα ανοίγματα και τα μεγάλα σκέπαστρα. Τα σύγχρονα κτίρια, σε πολλές περιπτώσεις, αποτυγχάνουν να ακολουθήσουν τα παραδείγματα που τίθενται από την παράδοση. Το μερίδιο για την αποτυχία, από κλιματολογική άποψη, έχει αποδοθεί στο αποκαλούμενο “διεθνές ύφος”, το οποίο έφερε την επιστήμη και την τεχνολογία σε αυτή τη σχεδίαση, προσαρμόζοντας τις ιδέες σχεδίου και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ανεξάρτητα από τις διαφορετικές κλιματολογικές περιοχές. Αυτό συνδέθηκε με το χωρισμό του σχεδίου, να είναι η στοιχειώδης εργασία του αρχιτέκτονα, και η εσωτερική λειτουργία, αφέθηκε εξ ολοκλήρου στις μηχανικές υπηρεσίες. Αυτή η προσπέλαση οδήγησε σε μια συνολική εξάρτηση σε μηχανικό εξοπλισμό για να υποστηριχθούν οι ανάγκες ενέργειας των κτιρίων.

2.1 ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Η ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων είναι περίπου 6.7% της συνολικής κατανάλωσης της παγκόσμιας ενέργειας. Από το κατάλληλο περιβαλλοντικό σχέδιο, τουλάχιστον 2.35% της παγκόσμιας ενέργειας που χάνεται μπορεί να αποθηκευθεί. Στις καυτές χώρες, οι ανάγκες ενέργειας για δροσισμό μπορούν να φτάσουν σε δύο ή τρία χρόνια εκείνες για τη θέρμανση, σε μια ετήσια βάση. Η χρησιμοποίηση των βασικών αρχών της μετάδοσης θερμότητας, που συνδέθηκαν με το τοπικό κλίμα, και η εκμετάλλευση της φυσικής ιδιότητας των υλικών κατασκευής, θα μπορούσαν να καταστήσουν πιθανό τον έλεγχο των όρων άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων. Ακόμα και στις περιοχές με τη μέση μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι γύρω στους 31.7°C, οι άνετοι όροι μέσα στα κτίρια μπορούν να επιτευχθούν με τη βοήθεια του κατάλληλου σχεδίου οικοδόμησης που καθιστά συχνά τη χρήση των κλιματιστικών στις κατοικίες αδικαιολόγητη.

Οι τεχνικές του παθητικού δροσισμού στο σχέδιο των κτιρίων πρέπει να μελετηθούν, δεδομένου ότι η εκτενής χρήση των κλιματιστικών συνδέεται με τα ακόλουθα προβλήματα:

Περιβαλλοντικά

Η ευρεία χρήση των μονάδων κλιματισμού έχει προκαλέσει μια μετατόπιση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη θερινή εποχή και μια αυξανόμενη μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μέγιστα ηλεκτρικά φορτία επιβάλλουν μια πρόσθετη πίεση στα εθνικά ηλεκτρικά δίκτυα ισχύος, τα οποία μπορούν να καλυφθούν μόνο από την ανάπτυξη πρόσθετων νέων εγκαταστάσεων ισχύος. Υπολογίζεται ότι στις ΗΠΑ το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο αιχμής που προκαλείται από τις μονάδες κλιματισμού είναι περίπου το 38% του φορτίου αιχμής. Εκτός από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τα αυξανόμενα ηλεκτρικά φορτία αιχμής οδηγούν σε μια αύξηση του μέσου κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας για να καλύψουν την κατασκευή των νέων σταθμών ισχύος.

Η αυξανόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συμβάλλει στην εκμετάλλευση των συμβατικών καυσίμων, στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στις κλιματολογικές αλλαγές. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής (μετατροπή καυσίμου), απελευθερώνεται το CO₂, που είναι μια από τις βασικές αιτίες του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι εγκαταστάσεις ισχύος με κάρβουνο καίνε και εκπέμπουν περίπου 0,5 kg του άνθρακα υπό μορφή CO₂ για κάθε kWh που παράγεται.

Η αποβολή θερμότητας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής (για τις μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας και κλιματισμού) και από τη λειτουργία των μονάδων κλιματισμού, αυξάνει το φαινόμενο της ‘‘αστικής θερμότητας’’ (η τροποποίηση του κλίματος οφειλόμενη στην αστική ανάπτυξη, η οποία παράγει το γενικά θερμότερο αέρα στις πόλεις σε σχέση με την περιβάλλουσα επαρχία).

Η μείωση του στρώματος του όζοντος μπορεί να προκληθεί με τα CFCs και HFCs (τα πιο κοινά ψυκτικά ρευστά των χρησιμοποιημένων κλιματιστικών μονάδων) από την πιθανή ποσότητα διαρροής της κατασκευής του κτιρίου, τη συντήρηση του

συστήματος, ή την ανεπάρκεια των μονάδων. Έχει υπολογιστεί ότι στο UK το μέσο ετήσιο ποσοστό διαρροής ψυκτικών ρευστών από την οικοδόμηση των μονάδων αέρα είναι 20% της συνολικής δαπάνης μηχανών και ότι γύρω 75% της κατανάλωσης CFC το 1991 από τα σύστημα ψύξης για τον κλιματισμό του κτιρίου ήταν για τη συντήρηση των υπαρχόντων συστημάτων. Αν και οι μακροπρόθεσμες εναλλακτικές λύσεις σε CFCs και HFCs θα έχουν μηδενική δυνατότητα μείωσης του στρώματος του όζοντος(ODP), τα περισσότερα από αυτά θα είναι ακόμα ισχυρά αέρια θερμοκηπίου.

Η εσωτερική ποιότητα

1. Αυξάνονται οι δείκτες των συμπτωμάτων ασθένειας (λήθαργος, πονοκέφαλος, εμποδίζει ή κάνει την μύτη να τρέχει, ξηρά ή επώδυνα μάτια, ξηρός λαιμός και μερικές φορές ξηρό δέρμα και άσθμα), γνωστό ως “σύνδρομο άρρωστου κτιρίου” αναφέρεται στους ανθρώπους που εργάζονται σε κλιματιζόμενα κτίρια,
2. Δυσανεμία των κατόχων κλιματιστικών, σε εσωτερικούς χώρους άνεσης.

Οικονομικά οφέλη

1. Οικονομική και πολιτική εξάρτηση των χωρών με περιορισμένες φυσικές πηγές από άλλες χώρες, πλουσιότερες σε φυσικούς πόρους
2. Η εγκατάσταση μονάδων κλιματισμού παρουσιάζει ένα πρόσθετο κόστος στην κατασκευή ενός κτιρίου, που ακολουθείται από ένα πρόσθετο κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Στις χώρες της ΕΕ 3,1 εκατομμύρια EURO ξοδεύτηκαν στις μονάδες κλιματισμού το 1991, με μεγαλύτερο συνεργάτη τη Γερμανία (22% του συνόλου)
3. Δαπάνες για την εισαγωγή μονάδων A/C. Οι χώρες με τα καυτά κλίματα εκθέτουν ένα αυξανόμενο ποσοστό πωλήσεων των κλιματιστικών. Στην Ελλάδα, οι πωλήσεις του κλιματιστικού έχουν αυξηθεί από 900 τοις εκατό κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, με το 80% τους να παραδίδονται στον κατοικημένο τομέα.

2.2 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Ο παθητικός δροσισμός μπορεί ευρέως να καλύψει όλα τα μέτρα και τις διαδικασίες που συμβάλλουν στον έλεγχο και τη μείωση των αναγκών ψύξης των κτιρίων. Περιλαμβάνει όλα τα προληπτικά μέτρα για την αποφυγή υπερθέρμανσης στο εσωτερικό των κτιρίων και στρατηγικές για την αποβολή στο εξωτερικό περιβάλλον της εσωτερικής θερμότητας, είτε παράγεται στο εσωτερικό είτε εισχωρώντας μέσω της οικοδομής. Οι φυσικές πηγές που μπορούν να εκμεταλλευτούν για δροσισμό είναι η ανώτερη ατμόσφαιρα, ο περιβάλλον αέρας και η γη.

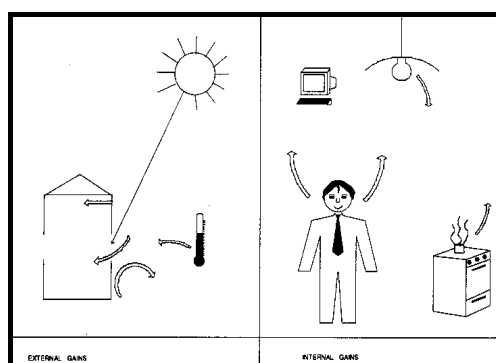
Η αποβολή της θερμότητας με τη διάταξη απομάκρυνσης της θερμότητας μπορεί να επιτευχθεί είτε με φυσικές διαδικασίες με μεταφορά θερμότητας : αγωγιμότητα, μεταγωγή θερμότητας, ακτινοβολία, εξάτμιση (φυσικός δροσισμός) ή ενισχυμένες μηχανικά με τη χρήση των μικρών ανεμιστήρων ή των αντλιών ισχύος. Για την αποφυγή υπερθέρμανσης και τη δημιουργία όρων θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οι στρατηγικές ψύξης πρέπει να σχεδιαστούν σε τρία επίπεδα:

1. πρόληψη των θερμικών κερδών στο κτίριο
2. διαμόρφωση των θερμικών κερδών
3. απόρριψη της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου με τις διατάξεις απομάκρυνσης θερμότητας (φυσική ή υβριδική ψύξη)

Τα πρώτα δύο μέτρα στοχεύουν να ελαχιστοποιήσουν τα θερμικά κέρδη και τη θερμοκρασία αέρα μέσα στο κτίριο, ενώ ο τρίτος προσπαθεί να χαμηλώσει την θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα.

2.3 Πρόληψη των θερμικών κερδών

Η πρόληψη των θερμικών κερδών είναι το πρώτο βήμα προς τη βελτίωση των όρων θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων και περιλαμβάνει κάθε μέτρο που παρέχει την ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών. Τα θερμικά κέρδη σε ένα κτίριο μπορούν να ταξινομηθούν σε (Σχήμα 2.3.1):



Σχήμα 2.3.1

Πηγές θερμικών κερδών στα κτίρια [1]

1. Εξωτερικά θερμικά κέρδη, τα οποία δημιουργούνται από την επαφή του κτιρίου με το υπαίθριο περιβάλλον. Οι βασικές πηγές είναι:

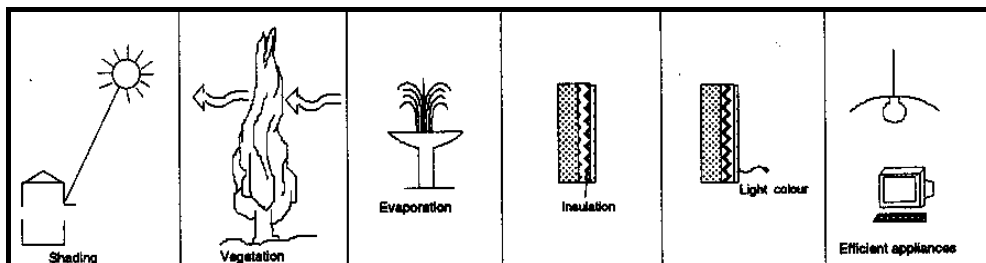
- Ηλιακή ακτινοβολία, η οποία διαβιβάζεται άμεσα στο εσωτερικό μέσω της τοποθέτησης υαλοπινάκων ή απορροφάται από τα αδιαφανή στοιχεία και κατευθύνεται συνεπώς στο εσωτερικό.
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος, η οποία οδηγείται μέσω των εξωτερικών τοιχωμάτων και από τη μεταφορά θερμότητας με αγωγιμότητα, με εξαερισμό και διήθηση του αέρα.

2. Εσωτερικά θερμικά κέρδη, οι βασικές πηγές είναι:

- Μεταβαλλόμενη θερμότητα, η θερμότητα που παράγεται από τους κατόχους, που μπορεί να είναι σημαντική, ειδικά στα συσσωρευμένα διαστήματα. (Ένας μέσος ενήλικος παράγει 110 W, τα οποία μπορούν να αυξηθούν σε περίπου 800 W κατά το παιχνίδι της καλαθοσφαίρισης.)
- Τεχνητός φωτισμός, ο οποίος είναι μια σημαντική πηγή θερμότητας στα γραφεία και στα εμπορικά κτίρια, ενώ η συμβολή της στα κατοικημένα κτίρια είναι συνήθως μικρή.
- Συσκευές, από τις οποίες ένα σημαντικό ποσό θερμότητας παράγεται, ειδικά στα σύγχρονα γραφεία.
- Μαγείρεμα, λούσιμο, κ.λ.π., τα οποία προσθέτουν μια επιπλέον θερμότητα που εισάγεται στο εσωτερικό των κτιρίων.

Η συμβολή κάθε τύπου θερμικών κερδών εξαρτάται από τη δόμηση και τη χρήση του κτιρίου.

Η προστασία από τα θερμικά κέρδη θα μπορούσε να επιτευχθεί άμεσα με τη(σχήμα2.3.2.):



Σχήμα 2.3.2

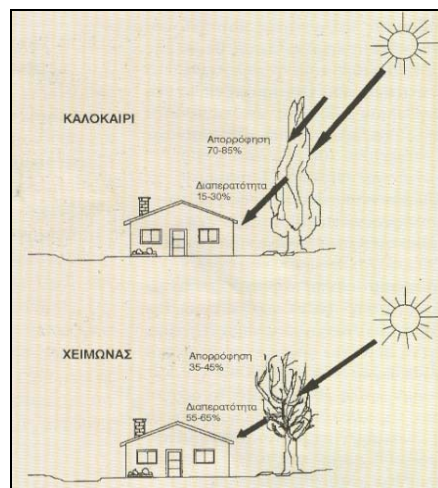
Τρόποι αποφυγής της υπερθέρμανσης [1]

- Διαμόρφωση του μικροκλίματος του κτιρίου. Το μικροκλίμα είναι το κλίμα γύρω από το κτίριο και οποιεσδήποτε τροποποιήσεις μπορούν να βελτιώσουν τους εσωτερικούς όρους άνεσης και να μειώσουν το ψυκτικό φορτίο της. Το μικροκλίμα μιας κατοικημένης περιοχής είναι δυνατόν να διαμορφωθεί ή να τροποποιηθεί αν στις ελεύθερες δημόσιες εκτάσεις, όπως είναι τα πάρκα, τα γήπεδα, οι δρόμοι, οι ακάλυπτοι χώροι, αλλά και οι κήποι και οι αυλές των κτιρίων γίνουν οι κατάλληλες παρεμβάσεις, τόσο σε ότι αφορά τη γεωμετρία τους όσο και σε ότι αφορά τα χρησιμοποιούμενα υλικά. Σημαντικό επίσης ρόλο παίζει το πράσινο (βλάστηση) σε συνδυασμό με την ύπαρξη υδάτινων επιφανειών.

- Η βλάστηση

Η βλάστηση τροποποιεί το μικροκλίμα και την ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων συμβάλλοντας στην μείωση των θερμοκρασιών του αέρα και των επιφανειών με δυο τρόπους:

- η εξατμισοδιαπνοή απορροφά θερμότητα από τον αέρα και
 - τα φύλλα απορροφούν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας από αυτά που εκπέμπουν.
- Στην διάρκεια της νύχτας, τα δένδρα εμποδίζουν την μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από το έδαφος να διαφύγει. Συνεπώς, η Θερμοκρασία τον αέρα στην διάρκεια της νύχτας στους χώρους με πυκνή βλάστηση, είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με εκείνη του ανοικτού χώρου, ενώ αντίθετα, η ημερήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη λόγω του ότι εμποδίζεται ένα μέρος της άμεσης ακτινοβολίας να φθάσει στο έδαφος (σχήμα 2.3.3).



Σχήμα 2.3.3

Θερμική και χειμερινή λειτουργία ενός δέντρου [47]

Αποτελέσματα πρόσφατων μελετών που πραγματοποιήθηκαν στο Lawrence Berkeley Laboratory των ΗΠΑ, έδειξαν ότι η ύπαρξη ενός πλήρως ανεπτυγμένου δέντρου σε μια μονοκατοικία των ΗΠΑ, συμβάλλει, χάρη στην σκίαση και την εξατμισοδιαπνοή, στην μείωση του ψυκτικού φορτίου της κατοικίας κατά 12 έως 24 %, ενώ η ύπαρξη τριών ομοίων δέντρων μπορεί να μειώσει τις ανάγκες κλιματισμού από 17 έως 57 %. Σύμφωνα με την μελέτη, ο σκιασμός που προκαλείται από τα δέντρα συνεισφέρει κατά 10 έως 35% στην μείωση που αναφέρθηκε παραπάνω.

- Οι υδάτινες επιφάνειες

Οι υδάτινες επιφάνειες τροποποιούν το μικροκλίμα της περιοχής τους με δυο τρόπους :

- η εξάτμιση απορροφά θερμότητα από τον αέρα,
- ο θερμός αέρας ψύχεται κατά την επαφή με την ψυχρότερη επιφάνεια του νερού. Δεξαμενές νερού και σιντριβάνια χρησιμεύουν ως πηγές δροσισμού που μειώνουν την θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα καθώς και του αέρα που εισέρχεται σε ένα κτίριο.

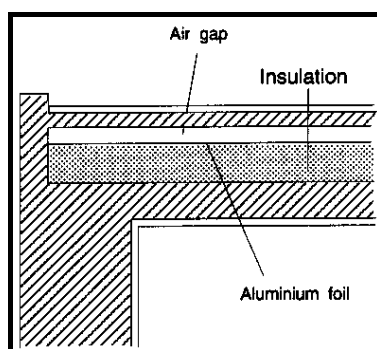
Καθώς οι υδάτινες επιφάνειες αυξάνουν την υγρασία του αέρα, είναι πολύ ευεργετικές σε ξηρά κλίματα, μπορούν όμως να δημιουργήσουν προβλήματα σε υγρά κλίματα.

2. Μορφή και μορφολογία του κτιρίου. Ο χειρισμός της γεωμετρίας της οικοδόμησης και προσδιορισμός της θέσης και η διάσταση των ανοιγμάτων του μπορούν να ρυθμίσουν την έκθεση στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και τον αέρα. Η ρύθμιση των εσωτερικών χώρων και των ανοιγμάτων μπορεί να επηρεάσει τη

διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού και τη ροή του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου.

3. Ηλιακή προστασία του εξωτερικού του κτιρίου και της σκίασης των ανοιγμάτων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη δημιουργία των εμποδίων στη πορεία του ηλίου(διατάξεις σκίασης) ή το χειρισμό από τον κάτοχο του κτιρίου, της ηλιακής-οπτικής του μέσω των βερνικωμένων επιφανειών (υψηλής ανακλαστικότητας, θερμοχρωμικά, ηλεκτροχρωμικά,).

4. Θερμική μόνωση. Η θερμική μόνωση κατά την δόμηση του κτιρίου μπορεί να λειτουργήσει ως μέσο για να μειωθεί η μετάδοση θερμότητας των εξωτερικών επιφανειών. Επιπλέον, η ειδική κατασκευή του στρώματος μόνωσης, μπορεί να ενεργήσει ως φράγμα ακτινοβολίας.



Σχήμα 2.3.4

Σχηματική απεικόνιση ενός φράγματος της ηλιακής ακτινοβολίας σε στέγη [8]

5. Ιδιότητες επιφάνειας. Το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας καθορίζει το ποσό ηλιακής ακτινοβολίας που παραλαμβάνεται στην εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου, τα ελαφριά χρώματα συνδέονται με τη μειωμένη απορρόφηση ηλιακής θερμότητας. Οι παρατυπίες της σύστασης της εξωτερικής επιφάνειας μπορούν να διαμορφώσουν την θερμότητα που απορροφάται και που αντανακλάται πίσω στο περιβάλλον. Η μη επίπεδη επιφάνεια, λόγω της ιδιαιτερότητάς της, έχει μια περιοχή απορρόφησης λιγότερη από την επιφάνεια εκπομπής της και παρουσιάζει επίσης μια αυξανόμενη εκ μεταφοράς μετάδοση θερμότητας. Αυτό επιτρέπει σε μια μη επίπεδη επιφάνεια να δροσίσει γρηγορότερα από ότι μια επίπεδη επιφάνεια.

6. Έλεγχος των εσωτερικών κερδών. Το εσωτερικό κέρδος μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε συγκεκριμένους τύπους κτιρίων, όπως τα γραφεία και τα κτίρια του τριτογενή τομέα. Η μέγιστη χρήση του φυσικού φωτισμού και του τεχνητού φωτισμού υψηλής αποδοτικότητας μπορεί να μειώσει σημαντικά το ψυκτικό φορτίο. Η χρήση συσκευών υψηλής αποδοτικότητας, η επιλογή της θέσης τους σε σημεία που επιτρέπουν την αποβολή της παραχθείσας θερμότητας και η περιορισμένη χρήση τους μπορεί να βελτιώσει το εσωτερικό θερμικό περιβάλλον.

2.4 Διαμόρφωση των θερμικών κερδών

Η διαμόρφωση των θερμικών κερδών μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης των υλικών με υψηλή θερμική αποθήκευση (θερμική μάζα) στη κατασκευή του κτιρίου.

Τα υλικά υψηλής θερμικής μάζας, όπως το τούβλο και το τσιμέντο, δρουν ως αποθήκη, και θέρμανσης και ψύξης.

Αυτή η διαδικασία παρέχει μια εξασθένιση των αιχμών στις εσωτερικές θερμοκρασίες, με την καθυστέρηση της αποβολής της θερμότητας, όταν οι υπαίθριες θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι χαμηλότερες. Συγχρόνως μειώνει τη ροή θερμότητας που φθάνει στο εσωτερικό του κτιρίου. Επίσης το τμήμα της αποθηκευμένης θερμότητας επανακτινοβολείται πίσω στο εξωτερικό περιβάλλον κατά τη διάρκεια των βραδινών ωρών. Κατά τις βραδινές ώρες, η θερμική μάζα ενεργεί ως αποθήκευση του κρύου αέρα που ανακτάται βαθμιαία κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Όσο μεγαλύτερη η διακύμανση στην εξωτερική θερμοκρασία, τόσο σημαντικότερη είναι η επίδραση της θερμικής μάζας. Ο ρόλος της θερμικής μάζας έχει μεγαλύτερη σημασία για κτίρια συνεχούς κάλυψης όπως οι κατοικίες.

3. τεχνικές αποβολής θερμότητας

Σε πολλά κλίματα, τα μέτρα που αφορούν τα θερμικά κέρδη δεν είναι ικανοποιητικά να κρατήσουν τις εσωτερικές θερμοκρασίες σε ένα άνετο επίπεδο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Το σχέδιο του κτιρίου πρέπει να εξασφαλίσει τα μέσα για να αποφευχθεί η συγκέντρωση θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Οι βασικές τεχνικές φυσικού δροσισμού, σύμφωνα με τον τρόπο μετάδοσης θερμότητας, μπορούν να ταξινομηθούν σε:

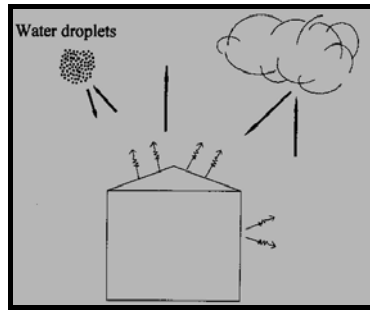
- ψύξη μέσω ακτινοβολίας
- ψύξη με εξάτμισης
- γήινη ψύξη
- ψύξη μέσω εξαερισμού

3.1 ΨΥΞΗ ΜΕΣΩ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η ψύξη μέσω ακτινοβολίας είναι βασισμένη στη θεμελιώδη αρχή ότι κάθε θερμό σώμα εκπέμπει θερμική ενέργεια υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας προς ένα άλλο σώμα με πιο κρύες επιστρώσεις. Ο ήλιος ακτινοβολεί θερμότητα (υπό μορφή ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος) στη γη κατά τη διάρκεια της ημέρας και η γη ακτινοβολεί θερμότητα πίσω (υπό μορφή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος) στο δροσερό ουρανό. Στην περίπτωση των κτιρίων το ψυχόμενο σώμα είναι το κτίριο ενώ η δεξαμενή θερμότητας είναι το διάστημα (ο ουράνιος θόλος) διότι η θερμοκρασία του είναι μικρότερη από τις θερμοκρασίες των περισσοτέρων σωμάτων πάνω στην γη.

Το ψύξη μέσω ακτινοβολίας είναι ισχυρότερη στους καθαρούς ουρανούς της νύχτας αλλά μειώνεται από την ύπαρξη μορίων, όπως του υδρατμού, του διοξειδίου του άνθρακα και της σκόνη στην ατμόσφαιρα. Δεδομένου ότι αυτά τα μόρια απορροφούν και εκπέμπουν την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, η καθαρή εξερχόμενη ροή της ακτινοβολίας θερμότητας από οποιοδήποτε αντικείμενο στη γη είναι ίση με την ακτινοβολία που εκπέμπεται από την γη προς τον ουρανό μείων αυτή που επανεκπέμπεται από την ατμόσφαιρα. Αυτή η διαφορά στα ποσοστά ακτινοβολίας καθορίζει τη μέγιστη δυνατότητα της ψύξης μέσω ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία από το καθαρό ουρανό τείνει να είναι χαμηλή στη φασματική περιοχή από 8-13 μm , που είναι γνωστό ως υπέρυθρο ‘ατμοσφαιρικό παράθυρο’.

Ο περίβλημα του κτιρίου, που απορροφά την θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας, εκπέμπει αυτήν την θερμότητα πίσω στον ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας (Σχήμα 3.1.1). Δεδομένου ότι μια οριζόντια επιφάνεια είναι το καλύτερο θερμαντικό σώμα στον ουρανό, η στέγη είναι το αποτελεσματικότερο θερμαντικό σώμα. Η δυνατότητα της ακτινοβολίας μιας επιφάνειας μειώνεται όταν την περιβάλλει ο καυτός αέρας (καυτές θερινές νύχτες) επειδή αυτός μεταφέρει στην επιφάνεια θερμότητα με αγωγιμότητα. Οι μεταδόσεις θερμότητας με αγωγιμότητα αυξάνουν με την ταχύτητα του ανέμου και η επίδρασή της μπορεί να μειωθεί με τη χρησιμοποίηση των αλεξήνεμων, ένα κάλυμμα μερικώς διάφανο στην ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος.



Σχήμα 3.1.1

Θερμικές διαδικασίες ακτινοβολίας [8]

Υπάρχουν δυο βασικές μέθοδοι εφαρμογής των αρχών του δροσισμού με ακτινοβολία στα κτίρια. Η πρώτη περίπτωση ονομάζεται άμεσος ή παθητικός δροσισμός με ακτινοβολία. Το κέλυφος του κτιρίου ακτινοβολεί προς την ατμόσφαιρα και ψύχεται, αυξάνοντας τις απώλειες θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου. Η δεύτερη περίπτωση είναι η υβριδική ψύξη με ακτινοβολία. Σε αυτή την περίπτωση το σώμα που ακτινοβολεί είναι μια μεταλλική πλάκα και όχι το κέλυφος του κτιρίου. Ο αέρας ψύχεται κυκλοφορώντας κάτω από την μεταλλική πλάκα πριν την είσοδο του στο κτίριο. Υπάρχουν όμως και ψύκτρες ακτινοβολίας που η λειτουργία τους είναι ο συνδυασμός των δυο προηγούμενων μεθόδων.

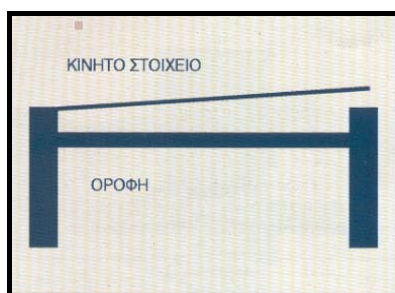
Τα σημαντικότερα συστήματα ψύξης με ακτινοβολία είναι τα εξής:

- Λευκή οροφή

Αποτελεί την απλούστερη τεχνική της ψύξης με ακτινοβολία διότι χρησιμοποιεί τις ιδιότητες του λευκού χρώματος, βάφοντας την οροφή του κτιρίου με λευκό χρώμα (μονωτικό χρώμα ή ασβέστης). Η λευκή οροφή δεν επηρεάζει σημαντικά τον ρυθμό της ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της νύχτας διότι το λευκό και το μαύρο χρώμα έχουν περίπου τον ίδιο συντελεστή εκπομπής στην μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία. Το πλεονέκτημα όμως της μεθόδου είναι ότι καθώς αυτή απορροφά μικρότερα ποσά ακτινοβολίας στην διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασία της παραμένει χαμηλή και επομένως ψύχεται ευκολότερα με ακτινοβολία την νύχτα.

- Κινητή μόνωση

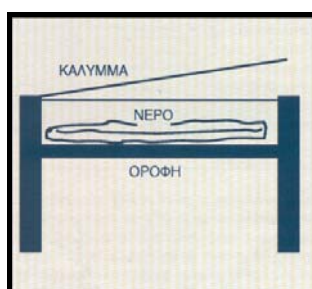
Τα συστήματα κινητής μόνωσης εμφανίζονται στις οροφές των κτιρίων. Αποτελούνται από μονωτικό υλικό το οποίο μετακινείται ώστε να καλύπτει την οροφή του κτιρίου κατά την διάρκεια της μέρας και να την εκθέτει κατά την διάρκεια της νύχτας. Το μονωτικό στρώμα κινείται με το χέρι ή μηχανικά. Το πλεονέκτημα αυτών των μεθόδων είναι ότι η λειτουργία τους μπορεί να αντιστραφεί κατά την ψυχρή περίοδο του έτους. Το βασικότερο μειονέκτημα είναι το κόστος κυρίως για την μετακίνηση της μόνωσης.



Σχήμα 3.1.2
Ψύκτης ακτινοβολίας με κινητή μόνωση [47]

- Κινητή θερμική μάζα

Η τεχνική της κινητής θερμικής μάζας αποτελεί μια παραλλαγή του προηγούμενου συστήματος έχει όμως μεγαλύτερο κόστος. Προϋποθέτει την κατασκευή μιας θερμικά μονωμένης δεξαμενής νερού στην οροφή του κτιρίου πάνω από ένα στρώμα μονωτικού υλικού. Κατά την διάρκεια της νύχτας, η δεξαμενή γεμίζει νερό το οποίο ακτινοβολεί προς την ατμόσφαιρα και ψύχεται. Το νερό αυτό διοχετεύεται κατά την διάρκεια της ημέρας σε χώρο όπου έχει δημιουργηθεί μεταξύ της μόνωσης και της οροφής και επάγει ποσά θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου.



Σχήμα 3.1.3
Σύστημα κινητής θερμικής μάζας [47]

- Επίπεδος μεταλλικός νυχτερινός ψύκτης ακτινοβολίας

Είναι μια απλή τεχνική που μοιάζει με αυτή του επίπεδου ηλιακού συλλέκτη χωρίς γυαλί. Αποτελείται από έναν οριζόντιο παραλληλόγραμμο αγωγό. Η πάνω επιφάνεια του αγωγού είναι μεταλλική και λειτουργεί ως ψύκτης ακτινοβολίας. Η μεταλλική επιφάνεια του αγωγού πρέπει να καλύπτεται από ένα υλικό με υψηλό συντελεστή εκπομπής στο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που αντιστοιχεί στην μεγάλη ακτινοβολία. Η απλούστερη λύση του προβλήματος είναι το βάνιο του ψύκτη με μαύρο χρώμα. Μια σύγκριση μεταξύ των υλικών με μεγάλο συντελεστή εκπομπής στην φασματική περιοχή των 8-14 μm έδειξε ότι τα οξειδία του τιτανίου αλουμινίου ασβεστίου και ψευδαργύρου είναι τα καταλληλότερα για την επικάλυψη των ψυκτρών ακτινοβολίας γιατί διαθέτουν και μεγάλη ανακλαστικότητα στην ηλιακή περιοχή του φάσματος.

Ο επίπεδος ψύκτης της ακτινοβολίας λειτουργεί ως εξής: ο ψύκτης ψύχεται κατά την διάρκεια της νύχτας καθώς εκπέμπει ακτινοβολία προς τον ουράνιο θόλο. Ο αέρας ο οποίος κυκλοφορεί κάτω από τον ψύκτη ψύχεται με την βοήθεια μηχανικών μέσων και στην συνέχεια διοχετεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Το σύστημα είναι δυνατών να συνδεθεί με το βασικό κλιματιστικό σύστημα του κτιρίου. Ορισμένοι ψύκτες ακτινοβολίας καλύπτονται με μια επιφάνεια ανεμοπροστασίας.

3.2 ΨΥΞΗ ΜΕ ΕΞΑΤΜΙΣΗ

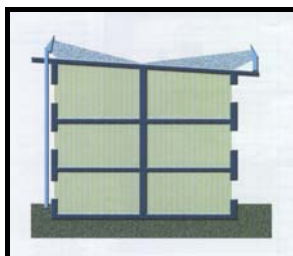
Η εξάτμιση είναι η αλλαγή φάσης του ύδατος από υγρή σε αέρια. Αυτό συνοδεύεται από την έκδοση των υψηλών ποσών θερμότητας (αισθητή θερμότητα) από τον αέρα ο οποίος έρχεται σε επαφή με την υγρή επιφάνεια ή με την επιφάνεια όπου η εξάτμιση πραγματοποιείται. Ανάλογα με τις διακυμάνσεις της περιεκτικότητας υγρασία του αέρα, η ψύξη με εξάτμιση χαρακτηρίζεται ως:

Άμεση ψύξη με εξάτμιση του αέρα. Ο αέρας περνά από μια υγρή επιφάνεια (π.χ. μια λίμνη ή μια πηγή) και δροσιάζεται από την εξάτμιση. Επειδή η συνεχής και έντονη εξάτμιση προκαλεί μεγάλη αύξηση της σχετικής υγρασίας του χώρου και διαταράσσει τη θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου, η άμεση εξατμιστική ψύξη πρέπει να εφαρμόζεται μόνο σε περιοχές όπου η σχετική υγρασία είναι πολύ μικρή.

Έμμεση ψύξη με εξάτμιση. Η εξάτμιση πραγματοποιείται σε μια επιφάνεια που δροσιάζεται κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας. Ο αέρας που έρχεται σε επαφή με τη δροσερή επιφάνεια δροσιάζεται στη συνέχεια χωρίς την αύξηση της περιεκτικότητας υγρασίας του.

Η αποδοτικότητα της διαδικασίας εξάτμισης εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα και της υγρής επιφάνειας, της περιεκτικότητας υγρασίας του αέρα και της ταχύτητας του αέρα που ρέει πάνω από την υγρή επιφάνεια. Η εξατμιστική ψύξη είναι ειδικά αποτελεσματική στα άγονα και ξηρά κλίματα.

Η ροή αέρα μπορεί να προκληθεί από τις φυσικές δυνάμεις (διαφορές αέρα ή θερμοκρασίας) (φυσική εξάτμιση) ή με τα απλά μηχανικά συστήματα (υβριδική εξάτμιση). Η απλούστερη εφαρμογή της φυσικής εξάτμισης είναι η χρήση της βλάστησης, της λίμνης, της πισίνας και άλλα ρεύματα ύδατος.

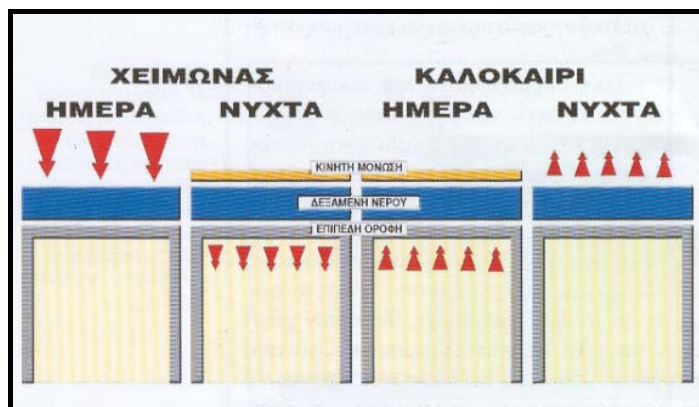


Σχήμα 3.2.1

Ψεκασμός οροφής. Η οροφή βρέχεται με νερό το οποίο εξατμίζεται και απάγει θερμότητα από το κέλυφος [47]

Η έμμεση εξάτμιση χρησιμοποιείται για να δροσίσει τη στέγη του κτιρίου είτε με την τοποθέτηση ενός λεπτού στρώματος νερού στην επιφάνεια των στεγών ‘ταινία

νερού” είτε με τη μέθοδο ψεκασμού με νερό, “ψεκασμό στεγών” για να κρατήσει τη στέγη υγρή. Η τεχνική των λιμνών χρησιμοποιείται επίσης για να δροσίσει την επιφάνεια των στεγών από την εξάτμιση. Η κατασκευή δεξαμενής νερού στην οροφή έχει το εξής πλεονέκτημα ότι το νερό παίζει ρόλο θερμικής μάζας για την αποθήκευση θερμότητας. Και στις δυο περιπτώσεις απαιτείται καλή υγρασιμότητα της οροφής ώστε να μην εμφανίζονται προβλήματα υγρασίας στις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου.

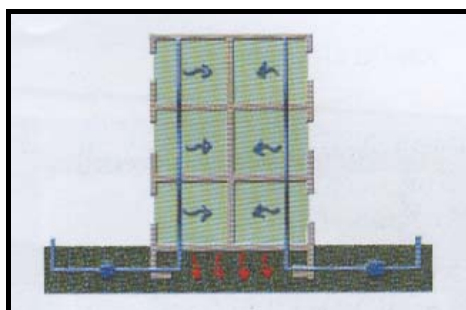


Σχήμα 3.2.2.

Δεξαμενή οροφής. Φαίνεται η λειτουργία κατά την ημέρα και την νύχτα, τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Τον χειμώνα αποθηκεύεται θερμότητα την ημέρα και αποδίδεται στο κτίριο την νύχτα ενώ το καλοκαίρι η διαδικασία είναι αντίστροφη. [47]

3.3 ΓΗΙΝΗ ΨΥΞΗ.

Η γη μπορεί να συμβάλει σε πολλά κλίματα ως πηγή ψύξης. Η υψηλή θερμική χωρητικότητα της κρατά την εδαφολογική θερμοκρασία, κάτω από ένα ορισμένο βάθος, αρκετά χαμηλότερο από τη θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η εποχιακή αλλαγή της γήινης θερμοκρασίας με την αύξηση του βάθους μειώνει, τη περιεκτικότητα υγρασίας και τη εδαφολογική αγωγιμότητα της. Υπολογίζεται ότι μερικά μέτρα κάτω από την επιφάνεια, η γήινη θερμοκρασία παραμένει σταθερή σ' όλο το έτος.



Σχήμα 3.3.1

Σύστημα εναλλακτών θερμότητας εδάφους αέρα [47]

Στις περιοχές με ένα ήπιο κλίμα, η θερμοκρασία του χώματος στο βάθος των 2 με 3 μέτρων μπορεί να είναι αρκετά χαμηλή κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και να λειτουργήσει ως πηγή ψύξης. Στα καυτά κλίματα, εντούτοις, η γήινη θερμοκρασία

είναι συνήθως κι αυτή υψηλή και δεν βοηθά τη γη να ενεργήσει ως πηγή ψύξης. Διάφορα μέτρα έχουν ληφθεί για να μειώσουν την εδαφολογική θερμοκρασία, παραδείγματος χάριν σκιάζοντας τη γήινη επιφάνεια με ένα στρώμα του αμμοχάλικου ή ξύλινων κομματιών περίπου 10 εκατ. πάχους ή με την ενίσχυση της εξάτμισης με το πότισμα της επιφάνειας της γης.

Η δυνατότητα ψύξης της γης μπορεί να διαχωριστεί σε:

- Άμεση ψύξη γήινων επαφών. Η ψυκτική ικανότητα της γήινης μάζας χρησιμοποιείται άμεσα με πλήρης ενσωμάτωση του κτιρίου μέσα στη γη (υπόγεια κτίρια) ή από μερική ενσωμάτωση των πλευρών της οικοδόμησης, παραδείγματος χάριν με την κάλυψη με τη γη μερικών από τους τοίχους ή της στέγης του. Είναι το καταλληλότερο στα καυτά και ξηρά κλίματα με έναν ήπιο χειμώνα, δεδομένου ότι η άμεση σύζευξη του κτιρίου με τη γη, που είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική ψύξη, προκαλεί τα υψηλά ποσοστά απώλειας θερμότητας κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

- Έμμεση γήινη ψύξη, από την προκαταρκτική ψύξη του αέρα που μπαίνει στο κτίριο μέσω της χρήσης των υπόγειων σωλήνων. Ο καυτός εξωτερικός αέρας ή ο αέρας που κυκλοφορεί μέσω του κτιρίου (κλειστό κύκλωμα) δροσίζεται από τη ροή μέσω των σωλήνων που τοποθετούνται στο έδαφος. Το μήκος και η διάμετρος των σωλήνων εξαρτώνται από το ψυκτικό φορτίο του σχεδιασμένου κτιρίου είναι συνήθως διάμετρος περίπου 10-30 εκατ. και μήκος 12-60 μ.

Γενικά η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα μέσα στον εναλλάκτη εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες :

1. την θερμοκρασία του εδάφους στο βάθος στο οποίο έχει τοποθετηθεί ο εναλλάκτης
2. τις διαστάσεις του εναλλάκτη
3. την ταχύτητα του αέρα μέσα στον εναλλάκτη
4. την θερμοκρασία του αέρα στην είσοδο του εναλλάκτη
5. την θερμική αγωγιμότητα του εναλλάκτη και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του εδάφους
6. την απόσταση των γειτονικών σωλήνων στην περίπτωση που το σύστημα αποτελείται από περισσότερους από ένα εναλλάκτες.

3.4 Φυσικός αερισμός.

3.4.1 Εισαγωγή

Ο εξαερισμός των εσωτερικών διαστημάτων, είτε φυσικά είτε μηχανικά, παρέχει τα μέσα να ελεγχθεί η εσωτερική ποιότητα αέρα και να επιτευχθεί η θερμική άνεση. Η θερμική άνεση στο εσωτερικό εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα, τη υγρασία και τη ταχύτητάς του, η εσωτερική μετακίνηση του αέρα μπορεί επομένως να παρέχει τις κατάλληλες ταχύτητες αέρα για θερμική άνεση, ακόμα και όταν η θερμοκρασία και η υγρασία δεν είναι οι πιο κατάλληλες. Επιπλέον, η ανανέωση του αέρα από τον εξαερισμό είναι ο κύριος λόγος για τους ρύπους του αέρα, που παράγονται στο εσωτερικό και στο εξωτερικό περιβάλλον.

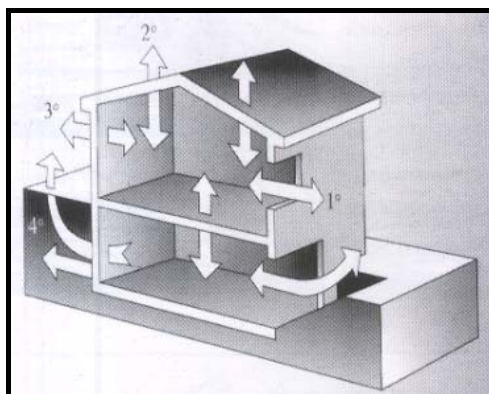
Ο μηχανικός εξαερισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν οι εξωτερικοί όροι δεν είναι ευνοϊκοί για να παρέχουν ένα υγιές και άνετο εσωτερικό περιβάλλον για τους κατοίκους. Τα ενεργειακά κτίρια πρέπει να σχεδιαστούν για να εισαγάγουν τα συγκεκριμένα ποσά εξωτερικού αέρα, για να επιτύχουν έτσι εσωτερικές απαιτήσεις ποιότητας αέρα. Όμως, ο εξωτερικός αέρας μπορεί να μην θεωρείται πάντα σαν φρέσκος "αέρας" και η ποιότητά του είναι αμφισβητήσιμη, αν και μελετούνται, η περιβαλλοντική ρύπανση και οι κλιματολογικοί όροι, οι οποίοι είναι μακριά από τους επιθυμητούς εσωτερικούς όρους. Η παροχή του αέρα εξαερισμού σε ένα μηχανικά αεριζόμενο κτίριο συνήθως απαιτεί ότι ο εξωτερικός αέρας ρυθμίζεται προτού να εισαχθεί στους κατειλημμένους χώρους, οι οποίοι μπορούν να είναι ένας σημαντικός παράγοντας κόστους στη λειτουργία του κτιρίου. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, τα μέτρα διατήρησης ενέργειας έχουν οδηγήσει στη μείωση της ποσότητας εξωτερικού αέρα που χρησιμοποιείται από τα σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού και αυτό έχει αποδείξει ότι έχει έναν σοβαρό αντίκτυπο στην εσωτερική ποιότητα αέρα.

Σε περιπτώσεις όπου οι εξωτερικοί όροι αέρα το επιτραπούν, ο φυσικός αερισμός μπορεί να αποδείξει να είναι ένας τρόπος να μειωθεί το εσωτερικό ψυκτικό φορτίο, να επιτευχθεί η θερμική άνεση και να διατηρηθεί ένα υγιές εσωτερικό περιβάλλον. Ο φυσικός αερισμός μπορεί να προκύψει από τη διείσδυση του αέρα μέσω ποικίλων ανοιγμάτων του κτιριακού κελύφους, αλλά εμφανίζεται επίσης ως αποτέλεσμα του χειρωνακτικού ελέγχου ανοιγμάτων μιας οικοδόμησης (πόρτες, παράθυρα). Και στις δύο περιπτώσεις, αέρας οδηγείται στο κτίριο ως αποτέλεσμα των διαφορών πίεσης στα ανοίγματα.

3.4.2. Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για να παρέχει το φρέσκο αέρα για τους κατοίκους, αλλά και για την ψύξη, σε περιπτώσεις όπου οι κλιματολογικοί όροι το επιτρέπουν, λόγω της άμεσης βίωσης από τους κατοίκους της επιρροής στην θερμική άνεση. Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις διαδικασίες εξαερισμών που προκαλούνται από τις φυσικές διαφορές πίεσης που οφείλονται στον αέρα και την επίδραση των καμινάδων. Ο φυσικός αερισμός επιτυγχάνεται από τη διείσδυση ή και με την αποδοχή του αέρα να ρεύσει μέσα και

έξω από ένα κτίριο με το άνοιγμα των παραθύρων και των πόρτων. Ο όρος διείσδυση χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη τυχαία ροή του εξωτερικού αέρα μέσω των μονοπατιών διαρροής από τα τοιχώματα της οικοδόμησης. Η παρουσία ρωγμών και ποικίλων ακούσιων ανοιγμάτων, τα μεγέθη και η διανομή τους καθορίζουν τα χαρακτηριστικά διαρροής ενός κτιρίου και της δυνατότητάς του για τη διείσδυση του αέρα. Η διανομή των μονοπατιών διαρροής αέρα σε ένα κτίριο καθορίζει το μέγεθος της διείσδυσης του αέρα και των καμινάδων και τη φύση των προτύπων ροής αέρα μέσα στο κτίριο. Τα χαρακτηριστικά μονοπάτια διαρροής αέρα σε ένα κτίριο οικιστικά εμφανίζονται στον σχήμα 3.4.2.1.



Σχήμα 3.4.2.1.

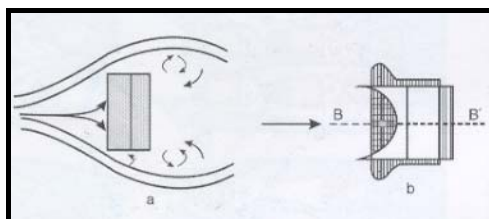
Μονοπάτια διαρροής αέρα σε ένα κτίριο.

Η σύγχρονη αρχιτεκτονική τείνει να ελαχιστοποιήσει τη διείσδυση αέρα με την εισαγωγή αεροστεγών κτιρίων, όπου οι ρωγμές στη δομή σφραγίζονται.

3.4.3. Χαρακτηριστικά της ροής του αέρα γύρω από το κτίριο

Το επιτυχές σχέδιο ενός φυσικά αεριζόμενου κτιρίου απαιτεί μια καλή κατανόηση των προτύπων ροής του αέρα γύρω από αυτό, την επίδραση των γειτονικών κτιρίων καθώς επίσης και των τεχνικών που υπάρχουν στο σχέδιό για την βελτιώσει του εξαερισμού. Ο στόχος είναι να αεριστεί το μεγαλύτερο μέρος του εσωτερικού διαστήματος. Η εκπλήρωση αυτού του στόχου εξαρτάται από τη θέση των παραθύρων, το εσωτερικό σχέδιο και τα χαρακτηριστικά του αέρα.

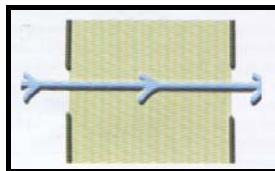
Το σχήμα 3.4.3.1. επεξηγεί τα πρότυπα αέρα γύρω από ένα κτίριο χωρίς τα ανοίγματα. Καθώς αέρας περνά από το κτίριο, μια θετική πίεση δημιουργείται στην προσήνεμη πρόσοψη. Ο αέρας εκτρέπεται και μια αρνητική πίεση δημιουργείται κατά μήκος της πλευράς των τοίχων που οφείλεται στην υψηλή ταχύτητα της ροής κατά μήκος τους. Ένας μεγάλος, αργός στρόβιλος στη πρόσοψη παράγει μια μικρή αναρρόφηση.



Σχήμα 3.4.3.1

Τα πρότυπα αέρα γύρω από ένα κτίριο χωρίς τα ανοίγματα [14]

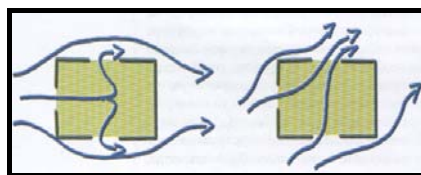
Το σχήμα 3.4.3.2 εμφανίζει την περίπτωση ενός κτιρίου ενιαίας θερμικής ζώνης που είναι αντίθετα αερισμένο ως αποτέλεσμα δύο παραθύρων που τοποθετούνται στις προσήνεμες και υπήνεμες προσόψεις.



Σχήμα 3.4.3.2

Κτίριο ενιαίας θερμικής ζώνης αντίθετα αερισμένο [47]

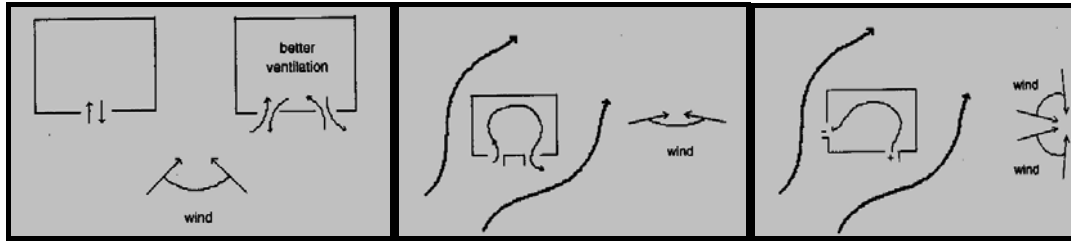
Το "Cross ventilation" είναι βελτιωμένο εάν δύο έξοδοι της συνολικής περιοχής ίσες με τον κολπίσκο τοποθετούνται πλευρικά της οικοδόμησης (σχήμα 3.4.3.3). Σε αυτήν την περίπτωση, η ευρύτερη επανακυκλοφορία οργανώνεται στο δωμάτιο. Αυτό το σχέδιο επιτρέπει τον αποδοτικότερο εξαερισμό για μια ευρύτερη έκταση κατευθύνσεων του αέρα.



Σχήμα 3.4.3.3

Αντίθετα αερισμένο κτίριο ενιαίας θερμικής ζώνης [47]

Τα ανωτέρω πρότυπα ροών αέρος ποικίλλουν σημαντικά ως αποτέλεσμα της περιβάλλουσας έκτασης και της παρουσίας γειτονικών κτιρίων. Η έκταση της υπήνεμης πλευράς ενός κτιρίου εξαρτάται από τη μορφή της οικοδόμησης και την κατεύθυνση του αέρα. Στα πραγματικά κτίρια υπάρχει συνήθως μόνο ένας εξωτερικός τοίχος. Ο εξαερισμός τέτοιων διαστημάτων θα είναι αμελητέος εάν υπάρχει μόνο ένα άνοιγμα, αλλά μπορεί να βελτιωθεί με την τοποθέτηση δύο διαχωρισμένων κατά διαστήματα ανοιγμάτων στην πλευρά του εξωτερικού τοίχου (σχήμα 3.4.3.4). Περαιτέρω μπορεί να επιτευχθεί μέσω των πλάγιων τοίχων, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4.3.5. Άλλο ένα παράδειγμα αυτής της περίπτωσης εμφανίζεται στον σχήμα 3.4.3.6.



Σχήμα 3.4.3.4

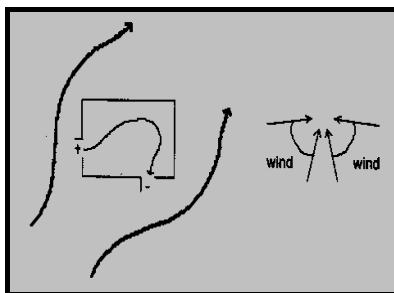
Σχήμα 3.4.3.5.

Σχήμα 3.4.3.6.

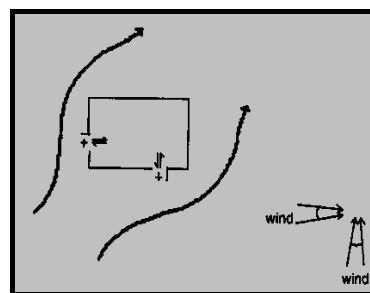
Ροή αέρα στο κτίριο σύμφωνα με τις κατευθύνσεις του και τα ανοίγματα [8]

Η θέση των πλάγιων τοιχωμάτων είναι κρίσιμη για την επιτυχία των εξαερισμών. Κάθε διαμόρφωση δίνει βελτιωμένες ταχύτητες ανέμου για μια συγκεκριμένη περιοχή των κατευθύνσεων του αέρα. Η επικρατούσα κατεύθυνση του αέρα είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο, και πρέπει να συμπεριληφθεί στη μελέτη για το σχέδιο των θέσεων των πλευρικών ανοιγμάτων. Τα σχήματα 3.4.3.7 και 3.4.3.8. εμφανίζουν τα πρότυπα των ροών του αέρα για τις δύο διαφορετικές διαμορφώσεις. Στην περίπτωση που εμφανίζεται στο σχήμα 3.4.3.8, ο εξαερισμός είναι φτωχότερος, επειδή οι θετικές πιέσεις δημιουργούνται και στα δύο ανοίγματα, το οποίο αποτρέπει την κυκλοφορία αέρα και περιορίζει τη ροή στις περιοχές κοντά στα παράθυρα. Η σύγκριση των σχημάτων 3.4.3.7 και 3.4.3.9. εμφανίζει ότι η κυκλοφορία αέρα είναι μεγαλύτερη όταν χωρίζονται κατά διαστήματα τα ανοίγματα.

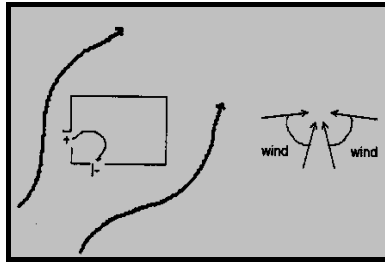
Οι διαστάσεις των ανοιγμάτων των εξωτερικών τοίχων ποικίλλουν σύμφωνα με το εξωτερικό πλάτος. Η βέλτιστη απαιτημένη διάσταση για τις προεξοχές είναι ίση με το πλάτος του ανοίγματος και ο ελάχιστος που συστήνεται είναι ίσος με το μισό πλάτος του ανοίγματος. Η περίφραξη ή οι πυκνοί θάμνοι μπορεί να ενεργήσει ως φραγμός και να αλλάξει την κατεύθυνση αέρα, παράγοντας την ίδια επίδραση με τα πλευρικά τοιχώματα(σχήμα 3.4.3.10.).



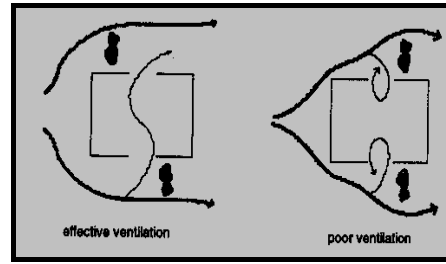
Σχήμα 3.4.3.7.



Σχήμα 3.4.3.8.



Σχήμα 3.4.3.9.



Σχήμα 3.4.3.10.

Τα πρότυπα των ροών του αέρα για διαφορετικές διαμορφώσεις [8]

3.4.4 Ροή αέρος μέσω των μεγάλων ανοιγμάτων

Στον φυσικό αερισμό, οι δυνάμεις προκύπτουν από τις διαφορές της πίεσης των ανοιγμάτων του κτιρίου. Το ποσοστό ροής που προκύπτει δίνεται από μια εξίσωση ισχύος. Υπάρχουν πρώτιστα δύο ευδιάκριτες περιπτώσεις, ανάλογα με τον τύπο του ανοίγματος, δηλαδή:

- ρωγμές (χαρακτηριστικές διαστάσεις μικρότερες από 10 χιλ.)
- μεγάλα ανοίγματα (χαρακτηριστικές διαστάσεις μεγαλύτερες από το 10 χιλ.).

Για τις ρωγμές, ο ρυθμός της ροής του αέρα (Q) μπορεί να εκφραστεί σε m^3s^{-1} χρησιμοποιώντας την ακόλουθη έκφραση:

$$Q = kL(\Delta P)^n \quad (3.4.4.1)$$

όπου το k είναι ο συντελεστής της ροής [$m^{-3}, s^{-1}, m^{-1}, Pa^{-n}$], το L είναι το μήκος των ρωγμών [m] και το n είναι ο εκθέτης ροής.

Η τιμή του εκθέτη n ροής εξαρτάται από το καθεστώς ροής, κυμαίνεται από 0,5 για την πλήρως ταραχώδη ροή και σε 1,0 για την ελασματική ροή. Στην πράξη, η τιμή του εκθέτη ροής είναι ίση με 0,6 και 0,7. Ο συντελεστής k ροής είναι μια λειτουργία της γεωμετρίας των ρωγμών. Μια κλίμακα των τιμών του k για τις ρωγμές που διαμορφώνονται γύρω από τα κλειστά παράθυρα δίνεται στον πίνακα 3.4.4.1 για $n = 0,67$.

Πίνακας 3.4.4.1

Κλίμακα της σταθεράς k για τις τιμές των παράθυρων ($n=0.67$) [8]

Window type	Average	Range
Sliding	8	2-30
Pivoted	21	6-80
Pivoted (weather stripped)	8	0.5-20

Ο ρυθμός της ροής (Q) μέσω ενός ανοίγματος της σχετικά μεγάλης ελεύθερης περιοχής υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την κοινή εξίσωση ροής:

$$Q = C_d A \sqrt{2\Delta P / \rho} \quad (3.4.4.2)$$

όπου το C_d είναι η αντικατάσταση της σταθεράς του ανοίγματος, το A είναι η περιοχή ανοίγματος, [m²], ΔP είναι η διαφορά πίεσης των ανοιγμάτων [Pa] και το ρ η μέση πυκνότητα αέρα στην κατεύθυνση της ροής [kgm⁻³].

Ο συντελεστής απαλλαγής είναι μια λειτουργία της διαφοράς θερμοκρασίας, της ταχύτητας ανέμου και του ύψους του ανοίγματος. Διάφορες εκφράσεις έχουν προταθεί για τον υπολογισμό του, ειδικά για τα εσωτερικά ανοίγματα. Οι μετρήσεις ροής θερμότητας και μάζας σε ένα πραγματικό κτίριο έχουν δώσει την ακόλουθη έκφραση για το συντελεστή απαλλαγής στην περίπτωση εσωτερικών ανοιγμάτων:

$$C_d = 0.0835(\Delta T / T)^{-0.31} \quad (3.4.4.3)$$

Για μια σταθερή κατάσταση της ροής ο συντελεστής απαλλαγής για τα εσωτερικά ανοίγματα μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη έκφραση:

$$C_d = (0.4 + 0.0075\Delta T) \quad (3.4.4.4)$$

Τα πειραματικά αποτελέσματα έχουν αναλυθεί προκειμένου να εκφραστεί ο συντελεστής απαλλαγής για τα εσωτερικά ανοίγματα ως λειτουργία της διαφοράς της θερμοκρασίας, της ταχύτητας αέρος και του ύψους του ανοίγματος. Αποδείχθηκε ότι η τιμή του C_d , είναι μια λειτουργία των διαστάσεων του ανοίγματος. Για τα μικρά εσωτερικά ανοίγματα, μια αντιπροσωπευτική τιμή για τον συντελεστή είναι 0,65. Για τα μεγάλα εσωτερικά ανοίγματα η C_d έχει προτεινόμενη μέση τιμή για ένα πρότυπο άνοιγμα $C_d = 0,78$.

Μια αξιολόγηση του συντελεστή απαλλαγής ως λειτουργία του ύψους, για το ύψος του ανοίγματος $1,5 < H < 2$ m, η προτεινόμενη σχέση είναι:

$$C_d = 0.21H \quad (3.4.4.5)$$

Σύμφωνα με τις τιμές του C_d μπορεί να επιλεχτεί η κλίμακα από 0.6 ως 0.75, με λογική ακρίβεια.

Επανελημμένες μετρήσεις της ροής αέρα μέσω των μεγάλων ανοιγμάτων έχουν εμφανίσει ότι ο συντελεστής της απαλλαγής (C_d) ποικίλλει μεταξύ 0,67 και 0,73, το οποίο αντιστοιχεί στην τιμή του C μεταξύ 0,223 και 0,243.

Οι διαφορές της πίεσης οδηγούν στη συνδυασμένη ενέργεια δύο μηχανισμών:

- Αέρας που προκλήθει από τις διαφορές πίεσης. Η θετική πίεση δημιουργείται στις πλευρές οικοδόμησης που αντιμετωπίζουν τον αέρα (προσήνεμες πλευρές) ενώ οι περιοχές αναρρόφησης διαμορφώνονται στις αντίθετες πλευρές. Αυτό οδηγεί σε μια αρνητική πίεση μέσα στο κτίριο, το οποίο είναι ικανοποιητικό να εισαγάγει τις μεγάλες ροές μέσω των ανοιγμάτων

οικοδόμησης. Σε μια γενική περίπτωση, μια εισροή του αέρα προκαλείται στην προσήνεμη πλευρά και μια εκροή στη υπήνεμη πλευρά.

- Επίδραση καμινάδων. Η μετακίνηση του αέρα που οφείλεται στην επίδραση των καμινάδων εμφανίζεται με τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θερμικών ζωνών. Η επίδραση καμινάδων εμφανίζεται στα ψηλά κτίρια, ιδιαίτερα στις θέσεις με τις κάθετες μεταβάσεις όπως τα κλιμακοστάσια και οι ανελκυστήρες. Για κάθε μια από τις περιπτώσεις που περιγράφονται ανωτέρω, είναι πιθανό να υπολογιστεί η προκύπτουσα διαφορά πίεσης.

3.4.5. Αέρας – επηρεάζεται από τη διαφορά πίεσης

Η ροή αέρος μέσω ενός εξωτερικού ανοίγματος αποδίδεται κυρίως σε μια διαφορά πίεσης. Η πίεση που οφείλεται στη ροή αέρα επάνω ή μακριά από μια επιφάνεια δίνεται από τη σχέση:

$$P_w = C_p \rho V^2 \frac{1}{2} \quad (3.4.5.1)$$

όπου P_w είναι η αέρας που επηρεάζεται από τη διαφορά πίεσης [P_a], το C_p είναι ο συντελεστής πίεσης και V είναι ταχύτητα ανέμου [ms^{-1}] σε ένα ύψος αναφοράς, που λαμβάνεται συνήθως ως το ύψος οικοδόμησης. Η ταχύτητα ανέμου υπολογίζεται από μετεωρολογικά στοιχεία η μέτρηση της ταχύτητας ανέμου γίνεται σε ένα αμετάβλητο ύψους, συνήθως 10 μ επάνω από το επίγειο επίπεδο. Κατά συνέπεια, στον υπολογισμό της ταχύτητας του ανέμου πρέπει να ληφθεί υπόψη ο προσανατολισμός της οικοδόμησης, η τοπογραφία της θέσης και της τραχύτητας της περιβάλλουσας έκτασης στην κατεύθυνση αέρα. Αυτό μπορεί να εκτελεσθεί από τρεις μορφές:

1. Κανόνας ισχύος κατανομής αέρα. Η πραγματική ταχύτητα ανέμου V_1 εκφράζεται:

$$\frac{V_1}{V_{10}} = K z_1^a \quad (3.4.5.2)$$

όπου ο συντελεστής K και ο εκθέτης a είναι σταθερές που εξαρτώνται από την τραχύτητα των εκτάσεων. Οι χαρακτηριστικές τιμές για το K και το a δίνονται στον πίνακα 3.4.5.1.

2. Λογαριθμική κατανομή αέρα. Βασισμένη σε αυτή τη κατανομή η ταχύτητα ανέμου είναι μια λογαριθμική συνάρτηση του ύψους:

$$\frac{V_1}{V_m} = \frac{V_{*,1}}{V_{*,m}} \left[\frac{\ln \frac{z_1 - d_1}{z_{0,1}}}{\ln \frac{z_m - d_m}{z_{0,m}}} \right] \quad (3.4.5.3)$$

όπου

$$\frac{V_{*,1}}{V_{*,m}} = \left[\frac{z_{0,1}}{z_{0,m}} \right]^{0.1} \quad (3.4.5.5)$$

και το V_m είναι η ταχύτητα ανέμου από τα μετεωρολογικά στοιχεία [ms^{-1}], V_* , η ατμοσφαιρική ταχύτητα τριβής [ms^{-1}], z_0 η τραχύτητα των εκτάσεων [m] και d το μήκος μετατοπίσεων των εκτάσεων [m]. Οι χαρακτηριστικές τιμές για το z_0 και το d δίνονται στον πίνακα 3.4.5.1.

3. Πρότυπο μοντέλο αέρα LBL. Μια άλλη κατανομή ισχύος είναι η παρακάτω:

$$\frac{V_1}{V_m} = \frac{a(z/10)^g}{a_m(z_m/10)^{g_m}} \quad (3.4.5.6)$$

όπου το a και τα g είναι σταθερές εξαρτώμενες από την έκταση, οι χαρακτηριστικές τους τιμές δίνονται στον πίνακα 3.4.5.1.

Πίνακας 3.4.5.1.

**Χαρακτηριστικές τιμές για τις εξαρτώμενες παραμέτρους των εκτάσεων
(h = ύψος κτιρίου) [8]**

Terrain	K	α	z_0	d	α	g
Open flat country	0.68	0.17	0.03	0.0	1.00	0.15
Country with scattered wind breaks	0.52	0.20	0.1	0.0	1.00	0.15
Rural			0.5	$0.7h$	0.85	0.20
Urban	0.35	0.25	1.0	$0.8h$	0.67	0.25
City	0.21	0.33	> 2.0	$0.8h$	0.47	0.35

Ο αδιάστατος συντελεστής C_p πίεσης είναι μια εμπειρικά παραγόμενη παράμετρος που υπολογίζει τις αλλαγές στην προκληθείσα από τον αέρα πίεση, που προκαλείται από τα τοπικά χαρακτηριστικά. Η τιμή της αλλάζει σύμφωνα με την κατεύθυνση του αέρα, τον προσανατολισμό της επιφάνειας οικοδόμησης και την τοπογραφία και την τραχύτητα της έκτασης στην κατεύθυνση του αέρα. Η τοπική αξιολόγηση της παραμέτρου C_p είναι μια από τις δυσκολότερες πτυχές διαμόρφωσης της διείσδυσης του αέρα.

3.4.6. Επίδραση καμινάδων

Δυνάμεις δημιουργούνται από τις διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ μιας θερμικής ζώνης και των θερμικών ζωνών δίπλα σε αυτή ή το εξωτερικό περιβάλλον. Εάν η θερμοκρασία των θερμικών ζωνών είναι υψηλότερη από αυτή του γύρω περιβάλλοντος της, τότε εμφανίζονται μεγάλες άνοδοι αέρα και ροές από την θερμική ζώνη κοντά στην κορυφή, ενώ ο πιο δροσερός αέρας διεισδύει στο εσωτερικό από το κατώτατο σημείο. Το μέγεθος της ροής του αέρα που συνδέεται με τη διαδικασία διείσδυσης αυξάνεται με τη διαφορά θερμοκρασίας.

Εάν P_o είναι η στατική πίεση στο κατώτατο σημείο μιας θερμικής ζώνης, τότε η πίεση, οφείλεται μόνο στην επίδραση των καμινάδων και δίνεται από την σχέση σε ένα ύψος z της θερμικής ζώνης:

$$P_s = P_o - \rho g z \quad (3.4.6.1.)$$

όπου P_o , P_s είναι οι πιέσεις στο κατώτατο σημείο της θερμικής ζώνης και σε ένα ύψος z αντίστοιχα, το g είναι η ταχύτητα της βαρύτητας [ms^{-2}], το ρ είναι η πυκνότητα του αέρα σε μια θερμοκρασία T , που εκφράζει την εσωτερική θερμοκρασία του αέρα [kgm^{-3}].

Υποθέτοντας ότι ο αέρας συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο, η πυκνότητα ρ μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη έκφραση:

$$\rho = \frac{\rho_o T_o}{T_a} \quad (3.4.6.2.)$$

όπου το T είναι η απόλυτη θερμοκρασία ($^{\circ}K$), P_o , T_o είναι η πυκνότητα αναφοράς και η θερμοκρασία του αέρα, δηλ. για $T_o = 273, 15 \text{ }^{\circ}K$, $P_o = 1,29 \text{ } kgm^{-3}$. Από την εξίσωση (3.4.6.1.) είναι σαφές ότι η πίεση των καμινάδων μειώνεται με το ύψος. Στην περίπτωση δύο ισόθερων θερμικών ζωνών που διασυνδέονται με μια πόρτα ή ένα παράθυρο, η διαφορά πίεσης σε ένα ύψος $z(m)$, πέρα από το παράθυρο ή τη πόρτα θα είναι:

$$\Delta P_s = P_{1,0} - P_{2,0} + (\rho_1 - \rho_2)gz \quad (3.4.6.3.)$$

όπου το $P_{1,0}$, $P_{2,0}$ είναι στατικές πιέσεις σε ένα ύψος αναφοράς (δηλ. το κατώτατο σημείο των θερμικών ζωνών) και το ρ_1 , ρ_2 είναι οι πυκνότητες του αέρα στις θερμικές ζώνες 1 και 2 αντίστοιχα.

Αυτή η θεωρία υποθέτει ότι η θερμοκρασία μέσα στις θερμικές ζώνες δεν αλλάζει με το ύψος (ισόθερες θερμικές ζώνες). Ένα πιο σύνθετο μοντέλο έχει προταθεί για να αντιπροσωπεύσει, λεπτομερέστερα, τη συμπεριφορά των μεγάλων ανοιγμάτων. Το μοντέλο υπολογίζει τα αποτελέσματα στρωματοποίησης και αναταραχής της θερμοκρασίας με την υπόθεση ότι έχουμε συνθήκες:

- σταθερή ροή, ασυμπιεστο ρευστό.
- γραμμική στρωματοποίηση πυκνότητας στις δυο πλευρές ανοίγματος
- αποτελέσματα αναταραχής που αντιπροσωπεύονται από ένα ισοδύναμο σχεδιάγραμμα διαφοράς πίεσης.

Κατά συνέπεια, σε κάθε πλευρά του ανοίγματος, μια γραμμική στρωματοποίηση πυκνότητας απαιτείται:

$$\rho_i(z) = \rho_{oi} + b_i z \quad (3.4.6.4.)$$

και μια γραμμική διαφορά πίεσης εισάγεται για την επίδραση αναταραχής:

$$\Delta P_t = P_{t0} + b_t z \quad (3.4.6.5.)$$

Η εισαγωγή αυτών των όρων στην εξίσωση (3.4.6.3.) δίνει για την περίπτωση της βαρυτικής ροής (καμία επίδραση αέρα):

$$\Delta P = P_{1,0} - P_{2,0} - g \left[\left(\rho_{01} z + \frac{b_1 z^2}{2} \right) - \left(\rho_{02} z + \frac{b_2 z^2}{2} \right) \right] + (P_{t0} + b_t z) \quad (3.4.6.6.)$$

Η ταχύτητα αέρα σε οποιοδήποτε επίπεδο z δίνεται από:

$$V(z) = \sqrt{\frac{2[P_1(z) - P_2(z)]}{\rho}} \quad (3.4.6.7.)$$

όπου το ρ αντιπροσωπεύει την πυκνότητα αέρα που μεταφέρεται από την ταχύτητα.

3.4.7 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ της δράσης του αέρα και της διαφοράς θερμοκρασίας

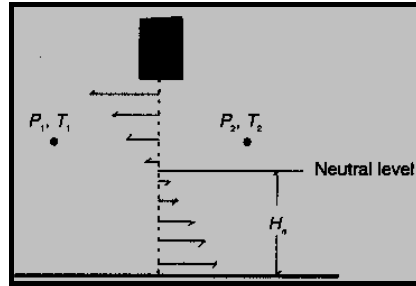
Για τον υπολογισμό της συνολικής διαφοράς πίεσης πέρα από το άνοιγμα, οι όροι της δυναμικής πίεσης πρέπει να προστεθούν σε εκείνους που αντιπροσωπεύουν την επίδραση των καμινάδων. Κατά συνέπεια, συνδυάζοντας τις εξισώσεις (3.4.5.1) και (3.4.6.3.):

$$\Delta P = P_{1,0} - P_{2,0} + \frac{\rho_1 C_p V_1^2}{2} - \frac{\rho_2 C_p V_2^2}{2} + (\rho_1 - \rho_2) g z \quad (3.4.7.1.)$$

όπου τα V_1 , και V_2 είναι οι ταχύτητες του αέρα στις δύο πλευρές του ανοίγματος και στο ουδέτερο επίπεδο ύψους z .

3.4.8 Ουδέτερο επίπεδο

Η ροή αέρα μέσω των μεγάλων ανοιγμάτων είναι συνήθως αμφίδρομη. Στην γενική περίπτωση, κρύος αέρας ρέει στο εσωτερικό μέσω του χαμηλότερου μέρους του ανοίγματος, ενώ ο θερμότερος αέρας ρέει έξω από το ανώτερο μέρος. Αυτό εμφανίζεται σχηματικά στο σχήμα 3.4.8.1. όπου παρουσιάζεται το κάθετο σχεδιάγραμμα της ταχύτητας κατά μήκος του ανοίγματος.



Σχήμα (3.4.8.1.)

Κατευθυντική ροή αέρα (βισμούθιου) πέρα από μια πόρτα [8]

Όπως φαίνεται σε αυτό το σχήμα, η ταχύτητα του αέρα μειώνεται και γίνεται μηδέν σε ένα ύψος H_n από το κατώτατο σημείο του ανοίγματος. Σε εκείνο το επίπεδο, το αποκαλούμενο ουδέτερο επίπεδο, η διαφορά πίεσης πέρα από το άνοιγμα είναι μηδέν. Η θέση του ουδέτερου επιπέδου μπορεί να καθοριστεί με την εξίσωση (3.4.7.1.), για $\Delta P = 0$. Κατά συνέπεια, για ένα άνοιγμα μεταξύ δύο θερμικών ζωνών με T_1, T_2 για κάθε ζώνη αντίστοιχα, το ύψος του ουδέτερου επιπέδου από το επίπεδο αναφοράς (που λαμβάνεται συνήθως το κατώτατο σημείο μιας θερμικής ζώνης) δίνεται από τον τύπο:

$$H_n = \frac{P_{1,0} - P_{2,0} + \frac{\rho_1 C_p V_1^2}{2} - \frac{\rho_2 C_p V_2^2}{2}}{\rho_2 - \rho_1} \quad (3.4.8.1.)$$

Οι θέσεις των δύο πιθανών ουδέτερων επιπέδων μπορούν να καθοριστούν με την επίλυση της εξίσωσης (3.4.6.6.) για $\Delta P = 0$.

3.4.9 Φυσική μεταγωγή θερμότητας και μάζας που μεταφέρεται μέσω μεγάλων εσωτερικών ανοιγμάτων.

Η μεταφορά θερμότητας και μάζας μεταξύ των θερμικών ζωνών στα κτίρια προκαλείται, σχεδόν εξ ολοκλήρου, από τη φυσική μεταγωγή θερμότητας όταν η περιοχή της σύνδεσης ροής, ή η πόρτα, είναι πολύ μικρότερες από τη γενική διατομική περιοχή της θερμικής ζώνης και όταν δεν υπάρχει κανένας ανεφοδιασμός σε μια θερμική ζώνη. Υπάρχουν δύο σημαντικοί μηχανισμοί που είναι αρμόδιοι για τη φυσική ροή μεταγωγής θερμότητας μεταξύ των θερμικών ζωνών οικοδόμησης:

1. Η ροή βαρύτητας, που δημιουργείται από τις διαφορές της θερμοκρασίας αέρα μεταξύ των θερμών και ψυχρών θερμικών ζωνών. και
2. τη ροή που δημιουργείται με την άντληση του στρώματος ορίου, η οποία εμφανίζεται δίπλα στις θερμάμενες και δροσιζόμενες επιφάνειες.

Οι φυσικές ροές μεταγωγής θερμότητας στα κτίρια γενικά αποτελούνται από έναν συνδυασμό ροών ορίου στρώματος και διαφοράς πυκνότητας του υλικού.

3.4.10. Νυχτερινός δροσισμός

Ο πρωινός εξαερισμός εισάγει τον υπαίθριο φρέσκο αέρα, ο οποίος είναι απαραίτητος προκειμένου να διατηρηθεί η αποδεκτή εσωτερική ποιότητα αέρα. Εκτός από αυτά τα ποσά υπαίθριου αέρα, ο εξαερισμός μπορεί να παρέχει τα κατάλληλα μέσα για τον παθητικό δροσισμό, μόλις είναι ο υπαίθριος αέρας σε μια χαμηλότερη θερμοκρασία.

Εναλλακτικά, ο εξαερισμός μπορεί επίσης να συνεχιστεί την νύχτα, με τα θετικά αποτελέσματα στη μείωση του ψυκτικού φορτίου του κτιρίου. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, οι υπαίθριες θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες από τις εσωτερικές. Συνεπώς, είναι πιθανό να αεριστεί το κτίριο από την συμβολή του υπαίθριου αέρα, να εισαχθεί εξωτερικός αέρας και να αφαιρεθεί η καταχωρημένη θερμότητα που έχει παγιδευτεί κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η μετακίνηση του αέρα αυξάνει την απώλεια θερμότητας από τα υλικά οικοδόμησης. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας και, κατά συνέπεια, η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα και η μάζα του κτιρίου είναι στα χαμηλότερα επίπεδα όταν αρχίζει πάλι ο κύκλος αύξησης της θερμοκρασίας την επόμενη ημέρα. Συνεπώς, το πρωί, οι κάτοχοι απολαμβάνουν ένα πιο δροσερό περιβάλλον, το οποίο σημαίνει ότι ακόμα και στα κλιματιζόμενα κτίρια, θα μπορούσε να έχει ουσιαστική αποταμίευση ενέργειας με τη μειωμένη λειτουργία του μηχανικού συστήματος.

Η επιτυχία του εξαερισμού νύχτας εξαρτάται από τη σχετική διαφορά των εσωτερικών και υπαίθριων θερμοκρασιών του αέρα. Όσο χαμηλότερες οι υπαίθριες νυχτερινές θερμοκρασίες, τόσο υψηλότερη η αποτελεσματικότητα του νυχτερινού εξαερισμού. Είναι επίσης απαραίτητο να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή μετακίνηση του υπαίθριου αέρα μέσω των εσωτερικών διαστημάτων. Αυτή η διαδικασία μπορεί να διευκολυνθεί με την χρήση των ανεμιστήρων οροφής, οι οποίοι θα αυξήσουν την εσωτερική μετακίνηση του αέρα και, κατά συνέπεια, να αυξήσουν τον εκ μεταφοράς συντελεστή μεταδόσεων θερμότητας μεταξύ των διάφορων επιφανειών και του κινούμενου αέρα. Αυτή η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει τα ποσοστά νυχτερινών εξαερισμών.

4. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Η διαμόρφωση των ηλιακών θερμικών κερδών που εισάγονται σε ένα κτίριο μπορεί να επιτευχθεί μέσω :

- του προσανατολισμού και της γεωμετρίας του ανοίγματος
- των μηχανισμών σκίασης
- του ελέγχου της ηλιακής οπτικής ιδιοκτησίας των αδιάφανων, διάφανων επιφανειών.

4.1 Γεωμετρία και προσανατολισμός ανοιγμάτων

Ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων, που συνδυάζεται με το μέγεθος και την κλίση τους μπορεί να διαμορφώσει τα ηλιακά κέρδη. Τα νότια προσανατολισμένα ανοίγματα αποδέχονται τα υψηλά ηλιακά θερμικά κέρδη κατά τη διάρκεια του χειμώνα και μπορούν εύκολα να σκιαστούν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Το μέγεθος των ανοιγμάτων σε κάθε προσανατολισμό πρέπει να καθοριστεί σύμφωνα με τις ετήσιες απαιτήσεις ενέργειας (θέρμανση, ψύξη, φωτισμός) του συγκεκριμένου κτιρίου. Αυτό μπορεί να καθοριστεί συνολικά, αλλά εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της θέσης, τη θέση, τις λειτουργίες και την αρχιτεκτονική του κτιρίου. Η κλίση των ανοιγμάτων μπορεί επίσης να συμβάλει σκιάζοντας, περιορίζει με αυτό τον τρόπο τα άμεσα ηλιακά κέρδη. Οι φεγγίτες επιβάλλουν τις δυσκολίες στη σκίαση, δεδομένου ότι αντιμετωπίζουν τον υπερυψωμένο ήλιο μεσημεριού άμεσα. Τα παράθυρα φεγγιτών αποδίδουν καλύτερα σ' όλο το έτος, και στη σκίαση και τον φυσικό φωτισμό.

4.2 Σκίαση των συσκευών

Ο κύριος ρόλος της σκίασης των συσκευών είναι να προστατευθούν τα ανοίγματα από την άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία. Η σκίαση των συσκευών μπορεί να ταξινομηθεί σε: σταθερά συστήματα σκίασης και κινητά συστήματα σκίασης.

4.2.1 Σταθερά συστήματα σκίασης

Τα σταθερά συστήματα σκίασης περιλαμβάνουν δομικά στοιχεία, όπως είναι τα μπαλκόνια και οι πτέρυγες που εκτείνονται ή τα γεισώματα, και οι μη δομικές κατασκευές, όπως είναι οι τέντες, τα παντζούρια, τα ρολά και τα παραπετάσματα.

Ο προσανατολισμός και το σχήμα του ανοίγματος που πρόκειται να σκιαστεί σε συσχέτιση με τη θέση του ήλιου στις διάφορες χρονικές περιόδους της ημέρας και του έτους είναι κρίσιμα στοιχεία για τη μελέτη των σταθερών συστημάτων. Κάθε προσανατολισμός θα χρειαστεί να εξεταστεί χωριστά, λαμβάνοντας υπόψη τα άμεσα, διάχυτα και ανακλώμενα στοιχεία της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια της ημέρας και του έτους.

Τα σταθερά συστήματα σκίασης χρησιμοποιούνται συνήθως στις εξωτερικές όψεις όπου εμποδίζουν την άμεση ακτινοβολία να φτάσει στα υαλοστάσια ή τα άλλα ανοίγματα και όπου η θερμότητα που απορροφάται από το σύστημα σκίασης μπορεί να διαχυθεί στον εξωτερικό αέρα. Αν εγκατασταθούν εσωτερικά, η θερμότητα θα μείνει μεταξύ του συστήματος σκίασης και του υαλοστασίου με αποτέλεσμα να περιοριστεί η αποδοτικότητα του συστήματος τυπικά γύρω στο 30%.

Ο πίνακας 4.2.1.1. δείχνει τη μέγιστη αποτελεσματικότητα της εξωτερικής σκίασης που έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του άμεσου ηλιακού κέρδους μέχρι 90%. Η αποτελεσματικότητα των εσωτερικών περσίδων και των κουρτινών εξαρτάται από το ποσό της ενέργειας που ανακλάται πίσω προς το υαλοστάσιο και το ποσό αυτής της ενέργειας που μεταφέρεται προς τα έξω. Απορροφητικά και χαμηλής εκπομπής τζάμια δεν πρέπει κατά συνέπεια να χρησιμοποιούνται με εσωτερικά στόρια.

Πίνακας 4.2.1.1

Παράγοντες ηλιακού κέρδους για διάφορους τύπους τσαμιών και σκιάσεων

Θέση σκίασης και τύποι διατάξεων προστασίας από τον ήλιο		Συντελεστής ηλιακού κέρδους	
		Τύποι τζαμιών	
Σκίαση	Τύποι διατάξεων προστασίας από τον ήλιο	Απλό	Διπλό
Καμιά	Καμιά	0,76	0,64
	Τζάμι ελαφριάς απορρόφησης θερμότητας	0,51	0,38
	Τζάμι ισχυρής απορρόφησης θερμότητας	0,39	0,25
	Σκούρο τζάμι βαμμένο με βερνίκι	0,56	-

	Χρυσάφι τσάμι με ανάκλαση της θερμότητας	0,26	0,25
Εσωτερική	Πλαστικές περσίδες με σκούρο πράσινο και ανοιχτά φύλλα	0,62	0,56
	Λευκές ενετικές περσίδες	0,46	0,46
	Κουρτίνα από βαμβακερό ύφασμα	0,41	0,40
	Περσίδες από κρεμ ολλανδικό λινό	0,30	0,33
Ενδιάμεση	Λευκές ενετικές περσίδες	-	0,28
Εξωτερική	Πλαστικές περσίδες με σκούρο πράσινο και ανοιχτά φύλλα	0,22	0,17
	Τέντα από καραβόπανο	0,14	0,11
	Λευκά φύλλα προστασίας, φύλλα σε γωνία 45 ⁰	0,14	0,11

(ο παράγοντας ηλιακού κέρδους ενός διαφανούς υλικού είναι ο λόγος της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει προς την ηλιακή ενέργεια που διαπερνά το υλικό)

4.2.2 Κινητά συστήματα σκίασης

Τα κινητά συστήματα σκίασης χρησιμοποιούνται εξωτερικά και εσωτερικά. Ο έλεγχος μπορεί να είναι είτε χειροκίνητος είτε με χρήση ενέργειας και μπορεί να αυτοματοποιηθεί ώστε να ανταποκρίνεται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες, όπως είναι οι στάθμες τρέχουσας ακτινοβολίας και φυσικού φωτισμού ή οι θερμικές απαιτήσεις.

Οι τέντες μπορούν να περιορίσουν το θερμικό κέρδος μέχρι 6% κατά το θέρος στις νότιες όψεις και μέχρι 80% στις ανατολικές και δυτικές επιφάνειες. Η γεωμετρική μορφή των τεντών είναι παρόμοια με αυτή των οριζόντιων προστεγασμάτων αλλά οι αποδοτικότητες θα εξαρτώνται από το πόσο αδιαφανή είναι τα υλικά τόσο στην άμεση όσο και στην έμμεση ακτινοβολία καθώς και στην παρουσία σκόνης ή ρύπων που μπορούν να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά απορροφητικότητας ή ακτινοβολίας της τέντας. Κανονικά, ένα διάκενο αέρα μεταξύ της τέντας και της όψης του κτιρίου πρέπει να εξασφαλίζεται ώστε να επιτρέπει την κυκλοφορία του αέρα. Η αποτελεσματικότητα της υφασμάτινης τέντας μπορεί να περιορίζεται με την ηλικία ή τη φθορά από τις καιρικές συνθήκες.

Τα ενετικά στόρια μπορούν να επιτρέπουν ταυτόχρονα αερισμό και σκίαση που να μπορούν να ελέγχονται και ίσως επιτρέπουν την ανάκλαση του φυσικού φωτισμού στην οροφή για παράδειγμα.

Με την εξαίρεση των ανακλαστικών περσίδων, κουρτίνες και στόρια εγκατεστημένα εσωτερικά είναι πιο λίγο ικανοποιητικά, καθώς παρέχουν σκιά μόνο αφού η ακτινοβολία διέλθει από τα τζάμια. Οι τυπικές θερινές τιμές του K (U) είναι 1.06 για ένα ακάλυπτο παράθυρο, 0,81 για ένα παράθυρο με απλό τσάμι με σφιχτά εφαρμοσμένη κουρτίνα και γύρω στο 0,65 όπου έχουν εφαρμοστεί διπλά στόρια ή κουρτίνες. Η χρήση κουρτινών ή εσωτερικών στοριών για σκίαση μπορεί να έρχεται σε αντίθεση με τις ανάγκες του κτιρίου για φυσικό φωτισμό και αερισμό.

4.2.3 Αξιολόγηση απόδοσης των δυο μεθόδων

Δύο μέθοδοι είναι συνήθως υιοθετημένες για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των διαφορετικών ηλιακών προσπελάσεων. Ένας που χρησιμοποιείται ευρέως είναι ο υπολογισμός του συντελεστή σκίασης. Ο συντελεστής σκίασης λαμβάνεται ως αναλογία των συνολικών ηλιακών θερμικών κερδών που εισάγονται μέσω του συνδυασμού γυαλιού - σκίασης του στοιχείου προς αυτό που εισάγει ένα ενιαίο ασκίαστο παράθυρο γυαλιού. Για τις σταθερές συσκευές σκίασης, η μέση καθημερινή ηλιακή μεταφορά λαμβάνεται συνήθως για τον υπολογισμό του συντελεστή. Για την αξιολόγηση της απόδοσης της σκίασης των σκέπαστρων παράγεται συνήθως, ο μέσος όρος των συντελεστών όλων των κατευθύνσεων, ενώ για τα στόρια, η τιμή που αναφέρεται σε όλα είναι ο μέσος όρος όλων των προσανατολισμών όπου οι πλευρές ρυθμίζονται για να αποτρέψουν τις άμεσες ακτίνες. Για οποιαδήποτε γωνία πρόσπτωσης, ο συντελεστής σκίασης συγκρίνεται με αυτόν του γυαλιού στην ίδια κατάσταση, η οποία οδηγεί στην παραγωγή των συντελεστών σκίασης που είναι σχεδόν σταθεροί σε όλες τις προσπίπτουσες γωνίες της ηλιακής ακτινοβολίας. Κατά συνέπεια, ο συντελεστής πρέπει να θεωρηθεί προσεγγιστικά, ως η θέση των αλλαγών του ηλίου κατά τη διάρκεια της ημέρας, μαζί με την αναλογία της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας στο σκιαζόμενο σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού.

4.2.4 Αξιολόγηση των συσκευών σκίασης

Η επιλογή του κατάλληλου μηχανισμού σκίασης από τα σταθερά και κινητά συστήματα εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, τον προσανατολισμό, τον τύπο οικοδόμησης και το γενικό σχέδιο. Τα εξωτερικά σκίαστρα είναι αποτελεσματικότερα δεδομένου ότι εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία προτού να φθάσει στο εσωτερικό του κτιρίου. Τα εσωτερικά σκίαστρα αποβάλλουν ένα τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που έχει περάσει μέσω των υαλοπινάκων στο εσωτερικό του κτιρίου ενώ το υπόλοιπο τμήμα το απορροφούν και το αποβάλλουν στο κτίριο. Η αποτελεσματικότητα των εσωτερικών σκιάστρων καθορίζεται από την ανακλαστικότητα τους. Επιπλέον, η εσωτερική σκίαση των συσκευών μπορεί να αυξήσει τις απαιτήσεις σε φυσικό φωτισμό και εξαερισμό. Ο συντελεστής σκίασης, κατά μέσον όρο, της εξωτερικής σκίασης είναι 35% περισσότερο αποτελεσματικός από ότι ο εσωτερικός. Η εφαρμογή των στεγάστρων μπορεί αποτελεσματικά να μειώσει τα θερινά θερμικά κέρδη μέχρι και 65% στις νότιες προσόψεις και μέχρι 80% στις προσόψεις ανατολής και δύσης. Το χρώμα και το υλικό του σκιάστρου καθορίζουν τη αποτελεσματικότητά του. Μια μελέτη έχει δείξει ότι τα λευκά ενετικά στόρια δίνουν 20% περισσότερη σκιά από ότι τα σκουρόχρωμα. Ένα αλουμινένιο στόρι μπορεί να προσθέσει περισσότερη προστασία κατά 10%.

Σε πολλές περιπτώσεις τα σταθερά σκίαστρα προτιμώνται λόγω της απλότητας, του χαμηλού κόστους συντήρησης και μερικές φορές του χαμηλού κόστους κατασκευής τους. Εντούτοις, τα κινητά σκίαστρα είναι πιο εύκαμπτα, αποκρίνονται καλύτερα στην μετακίνηση του ήλιου, επιτρέπουν τον έλεγχο της διάχυτης ακτινοβολίας και

του έντονου φωτός και, στις περισσότερες περιπτώσεις, προκαλούν λιγότερη ή αμελητέα παρεμπόδιση του ηλίου κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

4.2.5 Προσανατολισμός σκιάστρων

Τα οριζόντια σκέπαστρα είναι αποδοτικά για τα στραμμένα προς το νότο παράθυρα επειδή μπορούν αποτελεσματικά να εμποδίσουν τις ακτίνες του ήλιου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Στον προσανατολισμό ανατολής και δύσης, ένας συνδυασμός οριζόντιων και κάθετων σκιάστρων, μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματικότητα εάν τα κάθετα σκιάστρα έχουν κλίση 45° στο νότο.

4.2.6 ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Η θέση και η πυκνότητα του φυλλώματος είναι οι κύριοι παράγοντες για την χρήση της βλάστησης για σκίαση. Η βλάστηση μπορεί να είναι ακόμα πιο χρήσιμη λόγω του ότι παρέχει καλύτερη προσπέλαση στον φυσικό φωτισμό.

Τα ακριβή χαρακτηριστικά σκίασης από τη βλάστηση εξαρτώνται από τα ειδικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, του άμεσου περιβάλλοντος του, και της χρονικής στιγμής της ημέρας και του έτους. Γενικά για τοποθεσίες της νότιας Ευρώπης οι καλύτερες θέσεις για φύτευση είναι προς τα ανατολικά και δυτικά του κτιρίου.

4.3 Υαλοπίνακες

Η διείσδυση της ηλιακής ενέργειας στο εσωτερικό των κτιρίων εξαρτάται από τη θερμική κατοχή της επιφάνειας, η οποία για λόγους ηλιακού ελέγχου καθορίζεται ως:

- ανακλαστικότητα
- εκπομπή ηλιακής ενέργειας, το μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που διαβιβάζεται άμεσα μέσω του γυαλιού
- απορρόφηση, το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από το γυαλί.

Η συνολική εκπομπή ηλιακής ενέργειας είναι το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που μεταφέρεται μέσω του γυαλιού, είναι αποτέλεσμα του άμεσου συστατικού της ηλιακής ακτινοβολίας (ακτινοβολία μικροκύματος) και του μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται στο γυαλί και που διαλύεται προς το εσωτερικό (ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος).

Η θερμική κατοχή των διαφανών υλικών εξαρτάται από την γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας. Η άμεση εκπομπή ηλιακής ενέργειας παραμένει αρκετά σταθερή μέχρι περίπου τις 50° και πέφτει αισθητά επάνω από 60° . Η ανακλαστικότητα επίσης μειώνεται αισθητά επάνω από μια γωνία περίπου 60° . Για την απλότητα, στους περισσότερους υπολογισμούς λαμβάνεται μια μέση τιμή.

Ο έλεγχος της θερμότητας που περνά μέσω του γυαλιού στο εσωτερικό των κτιρίων μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ειδικών γυαλιών, (πίνακας 4.2.1.1 και 4.3.1)όπως:

- βαμμένα γυαλιά, με υψηλή απορροφητικότητα.
- καλυμμένη επιφάνεια γυαλιού, με την αυξανόμενη ανακλαστικότητα.
- μεταβλητά μεταφερόμενα τσάμια
- διαφανή τοποθέτηση υαλοπινάκων και άλλα είδη.

Η μείωση της εκπομπής της ηλιακής ενέργειας συνδέεται συνήθως με τη μείωση του ορατού μέρους του ηλιακού φάσματος, αν και υπάρχουν μερικές αποχρώσεις και επιστρώματα σωμάτων που μειώνουν κατά προτίμηση το μη-ορατό μέρος του ηλιακού φάσματος, αφήνοντας αμετάβλητο το μεγαλύτερο μέρος της ορατής ακτινοβολίας.

Ο πίνακας 4.3.1 δείχνει τα αποτελέσματα μετρήσεων που έγιναν στο UK για τα ποσά της ηλιακής ενέργειας που διέρχονται από μια ποικιλία τυπικών σταθερών διατάξεων σκίασης και από υλικά υαλοστασίων. Ο συντελεστής κέρδους (solar factor gain), είναι το ποσό της ενέργειας που γίνεται αποδεκτή εκφρασμένη ως ποσοστό της ολικής άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.

Πίνακας 4.3.1

Συντελεστής σκίασης, τιμή του K και διείσδυση για διάφορους τύπους τζαμιών

περιγραφή	Πάχος τζαμιού(mm)	Τιμή K(U) χειμώνα	Τιμή K(U) θέρους	Διείσδυση ορατή	Διείσδυση ηλιακή	Συντελεστής σκίασης(sc)
Μονό διαφανές	3	1,16	1,04	0,90	0,84	1,00
	6	1,13	1,04	0,89	0,78	0,95
	10	1,11	1,03	0,88	0,72	0,90
	13	1,09	1,03	0,86	0,67	0,86
Μονό με απορρόφη-ση θερμότητας	6	1,13	1,10	0,52	0,96	0,71
Διάκενο αέρα						
Διπλό	5	0,62	0,65		0,71	0,88
	6	0,58	0,61			
	13	0,49	0,57	0,80		0,82
	13					
Επίστρωση με ανακλαστική βαφή (χαμηλής τιμής ε)	ε=0,20	0,32	0,38			
	ε=0,40	0,42	0,49	0,14		0,25
	ε=0,60	0,43	0,51			
Τριπλό	6	0,39	0,44			0,71
Ακρυλικό με μονό φύλλο	6	0,96	0,89	0,92	0,85	0,98
Ακρυλικό με ανα-κλαστική βαφή	6	0,88	0,83	0,14	0,12	0,21

5. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΨΥΞΗΣ - ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Η λειτουργία και η αποδοτικότητα των τεχνικών του παθητικού δροσισμού είναι πιο εξαρτώμενη από το κλίμα από ότι οι παθητικές τεχνικές θέρμανσης. Ενώ οι διαδικασίες για την παθητική ηλιακή θέρμανση είναι κοινές σε όλο τον κόσμο, ο παθητικός δροσισμός είναι βασισμένος στις διαδικασίες που συνδέονται πλήρως με το κλίμα (θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα και κατεύθυνση των αέριδων). Τα παθητικά ηλιακά θέρμανσης δεν συμβάλουν πάντα θετικά στη γενική θερμική απόδοση ενός κτιρίου, η ανάρμοστη επιλογή μιας τεχνικής ψύξης θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα δυσάρεστο εσωτερικό περιβάλλον. Επιπλέον, οι θερμικές απαιτήσεις άνεσης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι διαφορετικές για κάθε τύπο κλίματος.

Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής ψύξης εξαρτάται όχι μόνο από τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, αλλά και από τον τύπο οικοδόμησης και το είδος κατοχής. Επιπρόσθετα, τα κλιματολογικά όρια για τη δυνατότητα εφαρμογής των διάφορων συστημάτων διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή, ως αποτέλεσμα του φαινομένου του φυσικού εγκλιματισμού, οι άνθρωποι που ζουν στις καυτές περιοχές μπορούν να ανεχτούν τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Τα μέτρα για την πρόληψη και τη διαμόρφωση των θερμικών κερδών είναι αποτελεσματικά σε οποιουδήποτε κλίμα και τύπο οικοδόμησης. Η ανάγκη και η σημασία τους στο γενικό σχέδιο, συνδέονται με τη συμβολή τους στο ψυκτικό φορτίο. Επομένως η απόρριψη θερμότητας από το κτίριο, με φυσικά μέσα εξαρτάται κυρίως από :

- τους ικανοποιητικούς κλιματολογικούς και περιβαλλοντικούς όρους που παρέχουν μια κατάλληλη δεξαμενή θερμότητας
- τη κατάλληλη θερμική σύζευξη του κτιρίου με καταβόθρα θερμότητας.

Η δυνατότητα εφαρμογής των τεχνικών παθητικού δροσισμού θα μπορούσε να περιοριστεί από:

- το κλίμα και το μικροκλίμα. Η υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος νύχτας, η κάλυψη των σύννεφων, η υψηλή υγρασία και οι ανεπαρκείς ταχύτητες ανέμου είναι οι βασικοί κλιματολογικοί παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στην αποδοτικότητα της διαφορετικής προσέγγισης δροσισμού
- την ατμοσφαιρική ρύπανση και τα επίπεδα θορύβου, ειδικά στο κέντρο των μεγάλων πόλεων, θα μπορούσαν να αποθαρρύνουν την εφαρμογή μερικών τεχνικών ψύξης, όπως φυσικών αερισμός.
- τη τοπογραφία του οικοπέδου και το σχέδιο πόλεως των περιοχών σε μερικές περιπτώσεις βάζει περιορισμούς στο σχέδιο των κτιρίων
- την έλλειψη εθνικών κανονισμών και καθοδήγησης για τις ανάγκες ψύξης των κτιρίων. Υπάρχει μια έμφαση στις ανάγκες θέρμανσης των κτιρίων μέσω των κανονισμών σχετικά με τη θερμική μόνωση, αλλά το σημαντικό ζήτημα της θερμικής άνεσης κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου έχει λάβει λιγότερη προσοχή

- ανεπαρκείς πληροφορίες και στους σχεδιαστές και στους χρήστες του κτιρίου για τη δυνατότητα του παθητικού δροσισμού. Επίσης, ο αριθμός εργαλείων αξιολόγησης για τη θερινή θερμική απόδοση των κτιρίων είναι περιορισμένος.

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

6. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

6.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SUMMER BUILDING.

Το υπολογιστικό εργαλείο summer building χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα μελέτη. Το summer building είναι ένα απλουστευμένο εργαλείο σχεδίου που επιτρέπει στο σχεδιαστή να εξετάσει πώς οι αλλαγές σε διαφορετικές πτυχές του σχεδίου, μπορούν να επηρεάσουν τα χαρακτηριστικά του φυσικού δροσισμού ενός κτιρίου.

Το building εξετάζει τους διάφορους τύπους παθητικού και φυσικού δροσισμού ως εξής:

- ηλιακού ελέγχου
- θερμική μάζα
- φυσικός αερισμός
- νυχτερινός εξαερισμός
- θαμμένοι σωλήνες
- συνδυασμός των ανωτέρω τεχνικών.

Αρχικά υπολογίζει την ενέργεια που απαιτείται για να δροσίσει ένα κτίριο στους αποδεκτούς όρους άνεσης χρησιμοποιώντας το τυπικό κλιματιστικό, χωρίς τη βοήθεια του φυσικού δροσισμού. Υπολογίζει έπειτα την ενέργεια που θα απαιτείτο για να συμπληρώσει την ψύξη που παρέχεται από κάθε μια από τις παραπάνω τεχνικές, για το εσωτερικό περιβάλλον μέσα σε όρους άνεσης. Μια άμεση σύγκριση μπορεί να γίνει, και το ποσοστό της διατήρησης ενέργειας μπορεί να καθοριστεί.

- το building είναι αποτελεσματικό για οποιαδήποτε περίοδο του έτους που καθορίζεται από το χρήστη. Ο μόνος όρος είναι η ύπαρξη ενός κλιματολογικού αρχείου που αναφέρεται στην τοποθεσία του κτιρίου.
- σε περίπτωση που τα κλιματολογικά στοιχεία δεν υπάρχουν στο building μπορεί να μελετηθεί η θερμοκρασία και την ηλιακή ακτινοβολία.
- η περίοδος των υπολογισμών είναι χωρισμένη σε 3 θερμικές ζώνες. Η πρώτη θερμική ζώνη περιέχει τις ημέρες εργασίας της εβδομάδας, Δευτέρα έως Παρασκευή. Η δεύτερη θερμική ζώνη περιέχει το Σάββατο και η τρίτη θερμική ζώνη τη Κυριακή. Με αυτόν τον χωρισμό μπορεί να δοθεί διαφορετικός καθορισμός για κάθε θερμική ζώνη (διαφορετικά πρότυπα κατοχής, διαφορετικό εσωτερικό κέρδος.).

Το building υπολογίζει:

- τη ωριαία θερμοκρασία σημείου ισορροπίας της θερμότητας ενός κτιρίου(Balance point temperature).
- τις ώρες της ημέρας όταν θα πρέπει να παρασχεθεί η ενέργεια δροσισμού.
- το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου.

Ο στόχος του σχεδιαστή είναι να ελαχιστοποιήσει τις ώρες υπερθέρμανσης, και να μειώσει το ψυκτικό φορτίο. Χρησιμοποιώντας το building, η επίδραση στη θερμοκρασία του σημείου ισορροπίας της θερμότητας, αλλάζοντας τόσο τα στοιχεία σχεδίου όπως το πάχος τοίχων, ο τύπος μόνωσης, το μέγεθος και ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων, μηχανισμοί σκίασης κ.λ.π., μπορεί να φανεί.

6.2 ΠΑΡΟΜΟΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ SUMMER

Υπάρχουν στην παγκόσμια αγορά πολλά εργαλεία παρόμοια με το summer, μερικά από αυτά είναι τα παρακάτω :

6.2.1 // SYSTEM

Η ελληνική εταιρία 'π SYSTEM' παρέχει τα παρακάτω εργαλεία:

1. Ο ΒιοΗΛΙΑΣΜΟΣ υπολογίζει την ηλιακή τροχιά και την γεωμετρία του φωτός στον τόπο του κτιρίου (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), τον προσανατολισμό του, την διαμόρφωση του ορίζοντα (φυσικού και τεχνητού) καθώς και την έκταση και περίοδο της σκιάς μέσα στο κτίριο, ανάλογα με τις εξωτερικές και εσωτερικές διαμορφώσεις για διάφορες χρονικές περιόδους.
2. Η ΒιοΑΝΕΣΗ υπολογίζει τις πραγματικές τιμές των παραμέτρων που διαμορφώνουν την άνεση του ανθρώπινου παράγοντα μέσα στους χώρους του κτιρίου, ανάλογα με την επιτελούμενη δραστηριότητα και σύμφωνα με την θεωρία του PMV.
3. Ο ΒιοΔΡΟΣΙΣΜΟΣ υπολογίζει τις διάφορες ανάγκες (ελλείψεις ή πλεονάσματα) του κτιρίου σε δροσισμό, ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες, τις επιθυμητές θερμοκρασίες στους χώρους, τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και τα βιοκλιματικά στοιχεία (αίθρια, ανοίγματα, καμινάδες, υπόγειοι αεραγωγοί, κλπ.) του κτιρίου. Περιγράφει τις εσωτερικές συνθήκες του κτιρίου που αφορούν στον πληθυσμό του, στις δραστηριότητες του και στις χρησιμοποιούμενες συσκευές. Ακόμη, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει τις εσωτερικές συνθήκες, την παροχή αέρα μέσω φυσικού αερισμού, τις αλλαγές αέρα, τη ροή θερμότητας φυσικού και τεχνητού αερισμού και να δει το Ψυχομετρικό Διάγραμμα ανά ώρα και ανά χώρο του υπό μελέτη κτιρίου. Τέλος μπορεί να υπολογίσει την κατανάλωση ανάλογα με τον τύπο του κλιματιστικού και το ισοζύγιο του κτιρίου, ώστε ο χρήστης να γνωρίζει το ποσοστό εξοικονομούμενης ενέργειας ανά μήνα.

6.2.3 ESP-R

Επιτρέπει την αξιολόγηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ενέργεια και την περιβαλλοντική απόδοση των κτιρίων. Το σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού ESP-r είναι το θέμα των συνεχών αναπτύξεων από το 1974 με στόχο τη μίμηση της απόδοσης οικοδόμησης με έναν τρόπο που: α) είναι ρεαλιστικός και εμμένει πολύ στα πραγματικά φυσικά σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού, β) υποστηρίζει τις προ του σχεδίου λεπτομερείς αξιολογήσεις, και γ) επιτρέπει τις ενσωματωμένες αξιολογήσεις απόδοσης. Το ESP-r προσπαθεί να

μιμηθεί τον πραγματικό κόσμο όσο το δυνατόν πιο αυστηρά και σε ένα επίπεδο που είναι συνεπές προς την πρακτική στη διεθνή κοινότητα προσομοίωσης. Με το να εξετάσει όλες τις πτυχές ταυτόχρονα, το ESP-r επιτρέπει στο σχεδιαστή να εξερευνήσει τις σύνθετες σχέσεις μεταξύ της μορφής οικοδόμησης, της ροής αέρα, τις εγκαταστάσεις και τον έλεγχο. Το ESP-r είναι βασισμένο σε μια μετρήσιμη ποσότητα, που προσεγγίζει τη διατήρηση στην οποία ένα πρόβλημα (που προσδιορίζεται από την άποψη της γεωμετρίας, της κατασκευής, της λειτουργίας, της διανομής διαρροής, κ.λ.π.) μετασχηματίζεται σε ένα σύνολο εξισώσεων διατήρησης (για την ενέργεια, τη μάζα, την ορμή, κ.λ.π.) που είναι έπειτα ενσωματωμένα στα διαδοχικά βήματα σε απάντηση στις επιρροές σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού, κατόχων και ελέγχου. Το ESP-r περιλαμβάνει έναν κεντρικό πρόγραμμα γύρω από το οποίο είναι τακτοποιημένες βάσεις δεδομένων υποστήριξης, ένας προσομοιωτής, διάφορα εργαλεία αξιολόγησης απόδοσης και ποικίλες εφαρμογές για το CAD, την απεικόνιση και την παραγωγή εκθέσεων.

6.2.4 DOE-2

Ανά μία ώρα, όλη η ενέργεια οικοδόμησης αναλύεται στο πρόγραμμα υπολογισμού της απόδοσης της ενέργειας και του κόστους λειτουργίας της. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναλύσει την αποδοτικότητα ενέργειας των δεδομένων σχεδίων ή την αποδοτικότητα των νέων τεχνολογιών. Άλλες χρήσεις είναι τα προγράμματα διαχείρισης φορτίων με βάση την ζήτηση, την ανάπτυξη και την εφαρμογή των προτύπων αποδοτικότητας ενέργειας και την πιστοποίηση συμμόρφωσης, την κατάρτιση των νέων σωμάτων των συνειδητών επαγγελματιών σε θέματα ενέργειας στις σχολές αρχιτεκτονικής και της εφαρμοσμένης μηχανικής. Αυτά που εισάγονται στο πρόγραμμα είναι, ωριαίο αρχείο καιρού, περιγραφή της γεωγραφικής θέσης και του προσανατολισμού της οικοδόμησης και των οικοδομικών υλικών (τοίχοι, παράθυρα, που σκιάζουν τις επιφάνειες, κ.λ.π.), λειτουργικά προγράμματα, το λογισμικό HVAC και των ελεγκτών, πρόγραμμα χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας βοηθήματος, κόστος τμημάτων οικοδόμησης.

6.2.3 RHVAC

Υπολογίζει τη μέγιστη θέρμανση και τα ψυκτικά φορτία για τα κατοικημένα και μικρά κτίρια του τριτογενή τομέα για όλους τους τοίχους, παράθυρα, πόρτες, και στέγες. Κλιματολογικά δεδομένα σχεδίου για 1500 πόλεις είναι ενσωματωμένα στο RHVAC.

Οι χρήστες μπορούν να αναθεωρήσουν τα υπάρχοντα καιρικά στοιχεία και να προσθέσουν τα καιρικά στοιχεία που επιθυμούν. Οι ρυθμίσεις χωρισμού σε θερμικές ζώνες CFM αντιμετωπίζονται αυτόματα. Άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι εξωτερική σκίαση γυαλιού, ο αέρας εξαερισμού, τα διάφορα λανθάνοντα φορτία, τα στοιχεία των προκαθορισμένων δωματίων, την αυτόματη περιστροφή ολόκληρου του κτιρίου και τους υπολογισμούς θερμότητας. Εκτός από τον υπολογισμό της μέγιστων φορτίων θέρμανσης και ψύξης, το RHVAC, δημιουργεί τις προτάσεις πωλήσεων και επιλέγει τον εξοπλισμό HVAC. Οι προαιρετικές δυνατότητες διαστασιοποίησης αγωγών αέρα περιλαμβάνουν όλους τους τύπους υλικών αγωγών αέρα, περιορισμών ύψους και πλάτους, ορίων ταχύτητας. Για την επιλογή εξοπλισμού, σε RHVAC παρέχεται μια βάση δεδομένων που παράγεται από ARI και GAMMA χιλιάδων μοντέλων εξοπλισμού από 80 κατασκευαστές HVAC. Τα πρότυπα κλιματιστικά μηχανήματα, οι αντλίες θερμότητας, οι κλίβανοι, οι λέβητες, είναι μεταξύ των τύπων εξοπλισμού RHVAC, που μπορούν να επιλεγθούν.

6.2.5 CL4M COMMERCIAL COOLING AND HEATING LOADS

Χρησιμοποιεί τις μεθόδους ASHRAE και αλγορίθμους για να υπολογίσει τα ψυκτικά φορτία, τα θερμικά φορτία και τις απαιτήσεις αέρα για κάθε διάστημα, για τα κτίρια τριτογενή τομέα. Τα CLTD, SHGF, CLF και σχεδόν όλοι οι άλλοι παράγοντες στους υπολογισμούς φορτίων ASHRAE για κάθε επιφάνεια και διάστημα υπολογίζονται και παρουσιάζονται για την επιθεώρηση του μηχανικού. Το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος της οικοδόμησης της θέσης μπορούν να προσδιοριστούν, και οι υπολογισμοί γίνονται για οποιαδήποτε σειρά των ημερών του έτους, και σειρά επιθυμητών ωρών. Το κτίριο μπορεί να περιστραφεί ή να απεικονιστεί από τους τύπους κατασκευής εύκολα. Επίσης χειρίζεται τις αλλαγές του ουρανού, την επίγεια ανακλαστικότητα, τη σκίαση οικοδόμησης, την υγρασία και το ύψος. Έχει απεριόριστη ευελιξία στις περιγραφές τοίχων, στεγών και γυαλιού, τους τύπους και τα σχεδιαγράμματα φορτίων, τα καθορισμένα σημεία A/C, τα μερικά ή πλήρη επιστρέφων πατάκια αέρα σε κάθε θερμική ζώνη. Χρησιμοποιεί τους αλγοριθμικούς υπολογισμούς με τη συμβολή των βάσεων δεδομένων CLTD, SHGF, CLF, για τις μεγαλύτερες ταχύτητες και την ακρίβεια. Αυτό είναι μια ουσιαστική διαφορά από τα περισσότερα παρόμοια προγράμματα.

Τα επακόλουθα μοντέλα μπορούν να εφαρμοστούν στα κτίρια που λειτουργούν κάτω από παρόμοιους όρους. Κάθε BSP έχει συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής του που καλύπτει τους συγκεκριμένους τύπους κτιρίων, καιρού, σύστημα θέρμανσης,

αερισμού και κλιματισμού HVAC και στρατηγικών ελέγχου. Οι χρήστες δεν πρέπει να εφαρμόσουν ένα BSP πέρα από το προοριζόμενο πεδίο του. Μερικά BSPs όπως DOE-2 απαιτούν από το χρήστη να εισαγάγει το ποσοστό ροών αέρος μεταξύ των θερμικών ζωνών, άλλες όπως το ESP ενσωματώνουν τα CFD για να υπολογίσουν το ποσοστό ροών αέρος. Κάποιο BSPs όπως το ESP μπορεί να χειριστεί τα μη γραμμικά ηλιακά παθητικά συστατικά, ενώ άλλα μπορούν μόνο να χειριστούν τα γραμμικά σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού. Τα BSPs μπορούν να συνδυάσουν οποιοδήποτε αριθμό δυνατοτήτων κάλυψης της διαμόρφωσης CFD, χτίζοντας τον υπολογισμό φορτίων - ενέργειας, την εξομοίωση του συστήματος θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού HVAC, και την εσωτερική ποιοτική (IAQ) ανάλυση αέρα. Το DOE-2 και το ESP αναπτύσσονται συγκεκριμένα για την οικοδόμηση της προσομοίωσης ενέργειας ενώ το TRNSYS και το HVACSIM+ αναπτύσσονται ειδικά για την προσομοίωση συστήματος θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού HVAC. Το DOE-2, το ESP, το TRNSYS, και το HVACSIM + είναι BSPs αιτιοκρατικού τύπου. Μιμούνται τη θερμική απόδοση των κτιρίων και των σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού HVAC σύμφωνα με τα οριστικά στοιχεία εισόδου του κτιρίου και του συστήματος θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού HVAC, τα εσωτερικά περιστασιακά κέρδη, και τους καιρικούς όρους. Αυτό το είδος προσομοίωσης είναι χαρακτηριστικό και παραδοσιακό στην οικοδόμηση του σχεδίου και της ανάλυσης. Εντούτοις, σε μερικές εφαρμογές όπως την ανάλυση κινδύνου υπερθέρμανσης και ο μέγιστος υπολογισμός φορτίων, τα τυχαία αποτελέσματα των εσωτερικών περιστασιακών κερδών και οι υπαίθριοι καιρικοί όροι χρειάζονται να θεωρηθούν. Κατά συνέπεια, η πιθανολογική διαμόρφωση της οικοδόμησης της απόδοσης είναι μια τάση στην οικοδόμηση της προσομοίωσης .

7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ

7.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΗΜΕΙΟΥ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Στον καυτό καιρό η θερμοκρασία μέσα σε ένα κτίριο αυξάνεται. Αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα του ηλιακού κέρδους που οφείλεται στις ακτίνες του ήλιου που έρχονται άμεσα στο κτίριο μέσω των παραθύρων, ή από τις ακτίνες του ήλιου που θερμαίνουν τις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου και της θερμότητας στο εσωτερικό μέσω των τοίχων. Μπορεί να είναι ένα αποτέλεσμα του καυτού εξωτερικού αέρα που περνάει στο κτίριο ή μπορεί να είναι μια σταδιακή αύξηση της θερμότητας που εκπέμπεται από τον εξοπλισμό ή τους κατόχους. Κανονικά, οι εσωτερικές άνοδοι της θερμοκρασίας προκαλούνται από έναν συνδυασμό όλων αυτών των παραγόντων.

Το θερμικό κέρδος από τις εξωτερικές ή εσωτερικές πηγές μπορεί να ελαττωθεί με τη σκίαση, μόνωση, η μείωση της διείσδυσης του καυτού αέρα, με την χρήση αποδοτικού εξοπλισμού, και από την αδρανής επίδραση της μάζας οικοδόμησης. Το κτίριο μπορεί να δροσιστεί φυσικά από τον εξαερισμό, την εξάτμιση ή την ψύξη μέσω του εδάφους χρησιμοποιώντας ποικίλες τεχνικές.

Η άνεση των κατοίκων του κτιρίου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, από την μετακίνηση του αέρα και από τις δραστηριότητες των κατοίκων. Παραδείγματος χάριν, η μετακίνηση του αέρα δροσίζει τους ανθρώπους μέσω της εξάτμισης και της μεταγωγής θερμότητας(convection), και έτσι αυξάνει τη θερμοκρασία στην οποία οι άνθρωποι αισθάνονται άνετοι. Λαμβάνοντας υπόψη τη δραστηριότητα, την μετακίνηση του αέρα, τον εξαερισμό κ.λ.π., είναι πιθανό για το σχεδιαστή να αποφασίσει ποια είναι η υψηλότερη εσωτερική θερμοκρασία στην οποία οι κάτοχοι θα αισθάνονταν ακόμα άνετοι. Εκείνη η θερμοκρασία καλείται καθορισμένη θερμοκρασία σημείου(set point temperature). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι αυτό είναι μια τιμή που επιλέγεται από το σχεδιαστή, ότι δεν είναι μια απόλυτη τιμή και ότι θα ποικίλει από κτίριο σε κτίριο ανάλογα με την στρατηγική ψύξης. Συνήθως το καθορισμένο σημείο θερμοκρασίας σε ένα φυσικά δροσισμένο κτίριο μπορεί να είναι 2-3 °C επάνω από αυτό ενός κλιματιζόμενου κτιρίου και μπορεί ακόμα να επιτευχθεί το ίδιο επίπεδο άνεσης για τους κατόχους. Τα αποδεκτά επίπεδα άνεσης μπορούν να ποικίλουν σε όλη την Ευρώπη, με τις υψηλότερες θερμοκρασίες άνεσης να βρίσκονται στις θερμότερες χώρες της νότιας Ευρώπης από ότι στη βόρεια Ευρώπη.

Όταν η μορφή ενός κτιρίου αποφασιστεί και μια στρατηγική ψύξης επιλεγεί, είναι πιθανό να προβλεφθεί το ποσό του εσωτερικού κέρδους από τον εξοπλισμό και τους κατόχους, των άμεσων και έμμεσων κερδών από την ηλιακή ακτινοβολία και το ποσό του φυσικού δροσισμού. Με όλους αυτούς τους παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη, είναι πιθανό να υπολογιστεί μέχρι ποιο σημείο οι αυξήσεις στην εξωτερική θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος θα έφερναν περίπου τις αυξήσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, και κατά τη συνέπεια σε ποια τιμή η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος θα πρέπει να φθάσει για να προκαλέσει την εσωτερική θερμοκρασία να φθάσει στην καθορισμένη θερμοκρασία σημείου (η μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία για την άνεση). Αυτή η κρίσιμη τιμή, το σημείο στο οποίο η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος θα προκαλούσε την εσωτερική θερμοκρασία

να είναι μη ανεχτή, καλείται θερμοκρασία σημείου ισορροπίας (balance point temperature).

Η θερμοκρασία σημείου ισορροπίας θερμότητας θα ποικίλει από κτίριο σε κτίριο, ανάλογα με τις στρατηγικές που έχουν υιοθετηθεί για την προστασία του κτιρίου από το εξωτερικό και το εσωτερικό κέρδος και για τον φυσικό δροσισμό του κτιρίου. Μια υψηλή θερμοκρασία σημείου ισορροπίας θερμότητας θα δείξει ότι το κτίριο είναι αποδοτικό και ικανό με άνετους εσωτερικούς όρους παρά τις υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Μια χαμηλή θερμοκρασία σημείου ισορροπίας θερμότητας θα δείξει ότι το κτίριο επίσης εύκολα επηρεάζεται από τους εξωτερικούς όρους. Για οποιοδήποτε δεδομένο κτίριο, η θερμοκρασία σημείου ισορροπίας θερμότητας ποικίλλει από ώρα σε ώρα, καθώς το ποσό κέρδους από την ηλιακή ακτινοβολία, την κατοχή και τη χρήση του εξοπλισμού ποικίλλει.

Όταν η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος υπερβαίνει τη θερμοκρασία σημείου ισορροπίας θερμότητας, το κτίριο θα χρειαστεί να δροσιστεί μηχανικά για να διατηρήσει την άνεση. Το ποσό ενέργειας που είναι απαιτημένο για να δροσίσει το κτίριο μηχανικά στο επίπεδο άνεσης καλείται ψυκτικό φορτίο. Ένα κτίριο με υψηλή θερμοκρασία σημείου ισορροπίας θερμότητας θα έχει ένα χαμηλό ψυκτικό φορτίο, με τον αριθμό ωρών που η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος υπερβαίνει τη θερμοκρασία σημείου ισορροπίας θερμότητας να είναι λιγότερος, δεδομένου ότι το κτίριο θα πρέπει να δροσιστεί μέσω μιας μικρότερης θερμοκρασίας.

7.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΨΥΞΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ (A/C).

Το στιγμιαίο Q_c ψυκτικό φορτίο, για ένα A/C κτίριο μπορεί να γραφτεί ως:

$$Q_c = [K(T_o - T_i) + Q_s + Q_{in}]^+ \quad (7.2.1)$$

Όπου:

το K είναι ο συντελεστής φορτίων οικοδόμησης (σε $W/^\circ C$). T_o είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος ($^\circ C$). Το T_i είναι η εσωτερική θερμοκρασία ($^\circ C$). Το Q_s είναι τα ηλιακά κέρδη που εισάγονται στο κτίριο μέσω των διαφανών και αδιαφανών στοιχείων (σε W). Το Q_{in} είναι το εσωτερικό κέρδος (σε W).

Εάν $Q_T = Q_s + Q_{in}$ τότε:

$$Q_c = [K(T_o - T_i) + Q_T]^+ \quad (7.2.2)$$

Η θερμοκρασία ισορροπίας είναι T_b :

$$T_b = T_i - \frac{Q_T}{K} \quad (7.2.3)$$

Το στιγμιαίο ψυκτικό φορτίο μπορεί να υπολογιστεί ως γραμμική συνάρτηση της εξωτερικής θερμοκρασίας:

$$Q_c = [K(T_o - T_B)]^+ \quad (7.2.4)$$

Το μηνιαίο ψυκτικό φορτίο Q_{cm} , μπορεί να υπολογιστεί ολοκληρώνοντας την εξίσωση (7.2.4)

Επομένως έχουμε ότι:

$$Q_c = 3600KCDD(T_{bm}) \quad (7.2.5)$$

Όπου:

CDD (T_{bm}) είναι οι ωριαίες μεταβολές ψύξης που βασίζονται στην ωριαία τιμή της θερμοκρασίας ισορροπίας T_b .

7.2.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΨΥΞΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΑ ΑΕΡΙΣΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ (N/V).

Η θερμοκρασία ισορροπίας για τα κτίρια που υιοθετούν τον φυσικό αερισμό είναι διαφορετική από τα τυπικά κλιματιζόμενα κτίρια. Εάν η μάζα του εισαγόμενου αέρα οφείλεται στον φυσικό αερισμό συμβολίζεται με m , η νέα θερμοκρασία ισορροπίας T_{bnv} κάτω από τον όρο του φυσικού αερισμού μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη εξίσωση:

$$T_{bnv} = T_i - \frac{Q_T}{K'} \quad (7.2.1.1)$$

Όπου:

$$K' = k + mc \quad (7.2.1.2)$$

Επομένως, το ψυκτικό φορτίο δίνεται από την ακόλουθη έκφραση:

$$Q_c = [K'(T_o - T_{bnv})]^+ \quad (7.2.1.3)$$

Το μηνιαίο ψυκτικό φορτίο Q_{cm} , μπορεί να υπολογιστεί από την ολοκλήρωση της εξίσωσης (7.2.1.3)

Επομένως έχουμε:

$$Q_{cm} = 3600K'CDD(T_{bnv}) \quad (7.2.1.4)$$

Όπου:

CDD (T_{bnv}) είναι οι τροποποιημένες ωριαίες μεταβολές ψύξης για τον φυσικό αερισμό που υπολογίζονται από την ακόλουθη έκφραση:

$$CDD(T_{bnv}) = \sum (T_o - T_b) S_j \quad (7.2.1.5)$$

$$S_j = 1 \text{ εάλν } T_o > T_{bnv}$$

$$S_j = 0 \text{ εάλν } T_o \leq T_{bnv}$$

Όπου η T_b καθορίζεται στην εξίσωση (7.2.3)

7.2.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΨΥΞΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΕΞΟΠΛΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ (ΘΑΜΜΕΝΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ).

Το στιγμιαίο Q_c ψυκτικό φορτίο, ενός κτιρίου που εξοπλίζεται με τους θαμμένους σωλήνες μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$Q_c = [K(T_o - T_i) + Q_T - Q_{BP}]^+ \quad (7.2.2.1)$$

Όπου:

Q_{BP} είναι το ποσοστό ενέργειας που προσφέρεται από τους θαμμένους σωλήνες.

Καθορίζουμε ότι:

$$T_{pb} = T_i - \frac{(Q_T - Q_{BP})}{K'} \quad (7.2.2.2)$$

Όπου:

Το T_{pb} είναι η θερμοκρασία ισορροπίας για τα κτίρια που εξοπλίζονται με τους σωλήνες.

Επομένως, το ψυκτικό φορτίο δίνεται από την ακόλουθη έκφραση:

$$Q_c = [K (T_o - T_{pb})]^+ \quad (7.2.2.3)$$

Το καθημερινό ή μηνιαίο ψυκτικό φορτίο Q_{cbp} , μπορεί να υπολογιστεί από την ολοκλήρωση της εξίσωσης (7.2.2.3).

Επομένως έχουμε ότι:

$$Q_c = 3600KCDD(T_{pb}) \quad (7.2.2.4)$$

Όπου:

$CDD(T_{pb})$ είναι οι τροποποιημένες ωριαίες μεταβολές ψύξης για τα κτίρια που εξοπλίζονται με τους θαμμένους σωλήνες, που υπολογίζονται από την ακόλουθη έκφραση:

$$CDD(T_{pb}) = \sum (T_o - T_{pb}) S_j \quad (7.2.2.5)$$

$$S_j = 1 \text{ εάν } T_o > T_{pb}$$

$$S_j = 0 \text{ εάν } T_o \leq T_{pb}$$

Για τον υπολογισμό του ποσοστού ενέργειας που προσφέρεται από τους θαμμένους σωλήνες Q_{BP} , χρησιμοποιούμε την ακόλουθη έκφραση:

$$Q_{BP} = \frac{mcDDBP}{t} \quad (7.2.2.6)$$

Όπου: το m είναι το μαζικό ποσοστό της κυκλοφορίας του αέρα, το c είναι η ειδική θερμότητα της κυκλοφορίας του αέρα, το t είναι η πρωινή περίοδος των ώρων, $DDBP$ είναι οι ωριαίες μεταβολές (degree hours) για τους θαμμένους σωλήνες. Οι ωριαίες μεταβολές για τους θαμμένους σωλήνες $DDBP$ καθορίζονται ως:

$$DDBP = \sum (T_o - T_{brx}) S_j \quad (7.2.2.7)$$

$$S_j = 1 \text{ εάν } T_o > T_{brx}$$

$$S_j = 0 \text{ εάν } T_o \leq T_{brx}$$

Όπου:

Το T_{brx} είναι η θερμοκρασία εξόδου του αέρα από τους σωλήνες

Οι θαμμένες σωλήνες βαθμιαία μεταβάλουν την θερμοκρασία και υπολογίζονται για ολόκληρη την πρωινή περίοδο.

7.2.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΨΥΞΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΤΙΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ ΝΥΧΤΑΣ.

Το στιγμιαίο Q_c ψυκτικού φορτίου, για ένα κτίριο όπου οι τεχνικές εξαερισμού νύχτας χρησιμοποιούνται, μπορεί να γραφτεί ως:

$$Q_c = [K(T_o - T_i) + Q_T - Q_{NV}]^+ \quad (7.2.3.1)$$

Όπου:

Q_{NV} είναι η μείωση ενέργειας οφειλόμενη στη χρήση του εξαερισμού νύχτας. το K είναι ο συντελεστής φορτίων οικοδόμησης της πρωινής περιόδου.

Καθορίζουμε ότι:

$$T_{bvn} = T_i - \frac{Q_T}{K} + \frac{Q_{NV}}{K} \quad (7.2.3.2)$$

Όπου:

Το T_{bvn} είναι η θερμοκρασία ισορροπίας για τα κτίρια A/C που χρησιμοποιούν τις τεχνικές εξαερισμού νύχτας. Επομένως, το ψυκτικό φορτίο δίνεται από την ακόλουθη έκφραση:

$$Q_c = [K (T_o - T_{bvn})]^+ \quad (7.2.3.3)$$

Το μηνιαίο ψυκτικό φορτίο Q_{cm} , μπορεί να υπολογιστεί από την ολοκλήρωση της εξίσωσης (21).

Επομένως, έχουμε ότι:

$$Q_{cm} = 3600KCDD(T_{bvn}) \quad (7.2.3.4)$$

Όπου:

$CDD(T_{bvn})$ είναι οι τροποποιημένες ωριαίες μεταβολές ψύξης για τα κτίρια A/C που χρησιμοποιούν τις τεχνικές εξαερισμού νύχτας, που υπολογίζονται από την ακόλουθη έκφραση:

$$CDD(T_{bvn}) = \sum (T_o - T_{bvn}) S_j \quad (7.2.3.5)$$

$$S_j = 1 \text{ εάν } T_o > T_{bvn}$$

$$S_j = 0 \text{ εάν } T_o \leq T_{bvn}$$

Η μείωση της ενέργειας που οφείλεται στον εξαερισμό νύχτας, Q_{NV} , όπως εισάγεται στην εξίσωση (18), υπολογίζεται από τον ακόλουθο αλγόριθμο:

$$Q_{NV} = \frac{mcNDD}{DAY} \quad (7.2.3.6)$$

Όπου:

το m είναι το ποσοστό μαζικής ροής αέρα κατά τη διάρκεια της περιόδου της νύχτας, το c είναι η ειδική θερμότητα αέρα.

Η DAY είναι η πρωινή περίοδος των ωρών, NDD είναι οι βαθμονομημένες νύχτες (night Degree Days) υπολογίζονται με βάση τη θερμοκρασία, T_{ngh} , και καθορίζεται ως εξής:

$$NDD = \sum (T_{ng} - T_o) S_j \quad (7.2.3.7)$$

$$S_j = 1 \text{ \acute{e}\alpha\nu } T_o < T_{ng}$$

$$S_j = 0 \text{ \acute{e}\alpha\nu } T_o \geq T_{ng}$$

Όπου:

Το T_{ng} είναι η εσωτερική θερμοκρασία κατά την νύχτα, του κτιρίου χωρίς τον εξαερισμό νύχτας. Μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη έκφραση:

$$T_{ng} = \frac{(h_{in} A T_k + m_a c T_{on})}{(hA + m_a c)} \quad (7.2.3.8)$$

Όπου:

$$T_A = 0.5(T_i + T_{on}) \quad (7.2.3.9)$$

Όπου:

h_{in} είναι ο εσωτερικός συντελεστής μεταδόσης θερμότητας. Το A είναι η συνολική εσωτερική επιφάνεια του κτιρίου, το m_a είναι το ποσοστό ροής αέρα νύχτας του κτιρίου όταν δεν χρησιμοποιείται καμία τεχνική εξαερισμού νύχτας. Το T_{on} είναι η μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος κατά την διάρκεια της νύχτας.

Προκειμένου να δούμε εάν οι συνολικές απώλειες ενέργειας που οφείλονται στον εξαερισμό νύχτας, $m c NDD$ 3600, είναι υψηλότερες από τη μέγιστη πιθανή καταχωρημένη ενέργεια, καθορίζουμε μια παράμετρο, $MCMAX$ ίση με:

$$MCMAX = \sum (M_i C_i) (T_{ng} + T_{on}) > 0 \quad (7.2.3.10)$$

Όπου:

$\sum (M_i C_i)$ είναι η αποτελεσματική θερμική χωρητικότητα του κτιρίου. Το i είναι ένα υλικό της δομής οικοδόμησης.

Σε περίπτωση που το $m c NDD$ 3600 > $MCMAX$ τότε οι ώρες του βαθμού ψύξης πρέπει να ρυθμιστούν κατάλληλα και πρέπει να είναι ίσες με:

$$NDD = 0.8 \frac{MCMAX}{3600mc} \quad (7.2.3.11)$$

Ένας δεύτερος έλεγχος πρέπει να συγκρίνει τις απώλειες ενέργειας που οφείλονται στον εξαερισμό της νύχτας, $m c NDD$, με το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου όταν δεν εφαρμόζεται καμία τεχνική εξαερισμών νύχτας, Q_c . Σε περίπτωση που το $m c NDD$ 3600 > Q_c τότε:

$$NDD = 0.8 \frac{Q_c}{3600mc} \quad (7.2.3.12)$$

7.2.4 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΨΥΞΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΤΙΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ ΝΥΧΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΘΑΜΜΕΝΟΥΣ ΣΩΛΗΝΕΣ.

Το στιγμιαίο Q_c ψυκτικού φορτίου, για ένα κτίριο όπου χρησιμοποιούνται οι τεχνικές εξαερισμού νύχτας και οι εναλλάκτες θερμότητας αέρα, μπορεί να γραφτεί ως :

$$Q_c = [K(T_o - T_i) + Q_T - Q_{NW} - Q_{BP}]^+ \quad (7.2.4.1)$$

Όπου:

Q_{NVV} είναι η μείωση ενέργειας οφειλόμενη στη χρήση του εξαερισμού νύχτας στα κτίρια με τους θαμμένους σωλήνες. Το K είναι ο συντελεστής φορτίου οικοδόμησης.

Q_{BP} είναι το ποσοστό θερμικού κέρδους από τους θαμμένους σωλήνες.

Καθορίζουμε ότι:

$$T_{bvpn} = T_i - \frac{Q_T}{K} + \frac{(Q_{NW} + Q_{BP}^+)}{K} \quad (7.2.4.2)$$

Όπου:

Το T_{bvpn} είναι η θερμοκρασία ισορροπίας για τα κτίρια χρησιμοποιώντας τις τεχνικές εξαερισμού νύχτας και εξοπλισμού με τους θαμμένους σωλήνες.

Επομένως, το ψυκτικό φορτίο δίνεται από την ακόλουθη έκφραση:

$$Q_c = [K (T_o - T_{bvpn})]^+ \quad (7.2.4.3)$$

Το μηνιαίο ψυκτικό φορτίο, Q_{cm} , μπορεί να υπολογιστεί από την ολοκλήρωση της εξίσωσης (7.2.3.3)

Επομένως, έχουμε ότι:

$$Q_{cm} = 3600K' CDD(T_{bvpn}) \quad (7.2.4.4)$$

Όπου:

$CDD(T_{bvpn})$ είναι οι τροποποιημένες ωριαίες μεταβολές ψύξης για τα κτίρια χρησιμοποιώντας τις τεχνικές εξαερισμού νύχτας και τους θαμμένους σωλήνες, που υπολογίζονται από την ακόλουθη έκφραση:

$$CDD(T_{bvpn}) = \sum (T_o - T_{bvpn}) S_j \quad (7.2.4.5)$$

$$S_j = 1 \text{ εάν } > T_{bvpn} \quad S_j = 0 \text{ εάν σε } \leq T_{bvpn}$$

Η μείωση της ενέργειας που οφείλεται στον εξαερισμό της νύχτας, Q_{NVV} , όπως εισάγεται στην εξίσωση (7.2.4.1), υπολογίζεται από τον ακόλουθο αλγόριθμο:

$$Q_{NW} = \frac{mcNDD}{DAY} \quad (7.2.4.6)$$

Όπου:

το m είναι το ποσοστό μαζικής ροής αέρα κατά τη διάρκεια της νυχτερινής περιόδου, το c είναι η ειδική θερμότητα του αέρα. Η DAY είναι η πρωινή περίοδος, NDD είναι οι ωριαίες μεταβολές νύχτας που υπολογίζονται σε μια βάση θερμοκρασίας, T_{ngh} , που έχει καθοριστεί προηγουμένως.

Προκειμένου να ελέγξουμε εάν οι συνολικές απώλειες ενέργειας που οφείλονται στον εξαερισμό νύχτας, $m c NDD$ 3600, είναι υψηλότερες από τη μέγιστη πιθανή καταχωρημένη ενέργεια, καθορίζουμε μια παράμετρο, MCMAX, στην εξίσωση (7.2.3.11). Σε περίπτωση που το $m c NDD$ 3600 > MCMAX, οι ωριαίες μεταβολές ψύξης πρέπει να ρυθμιστούν κατάλληλα και να είναι ίσες με:

$$NDD = 0.8 \frac{MCMAX}{3600mc} \quad (7.2.4.7)$$

Ένας δεύτερος έλεγχος πρέπει να συγκρίνει τις απώλειες ενέργειας που οφείλονται στον εξαερισμό νύχτας, $m c NDD$, με το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου που εξοπλίζεται με τους εναλλάκτες θερμότητας αέρα όταν δεν εφαρμόζεται καμία τεχνική εξαερισμού νύχτας, Q_{cm} .

Σε περίπτωση που το $m c NDD > Q_{cm}$ τότε:

$$NDD = 0.8 \frac{Q_{cm}}{3600mc} \quad (7.2.4.8)$$

7.2.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΩΡΙΑΙΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΨΥΞΗΣ.

Οι ημερήσιες ωριαίες μεταβολές ψύξης μπορούν να υπολογιστούν από την ακόλουθη έκφραση:

$$D_c(T_b) = \sigma_m \left(\frac{N}{24} \right)^{1.5} \left[\frac{h}{2} + \frac{\ln(\cosh(1.698h))}{3.396} + 0.20441 \right] \quad (7.2.5.1)$$

όπου:

T_b είναι η θερμοκρασία βάσεων

σ_m είναι η πρότυπη απόκλιση της μηνιαίας μέσης θερμοκρασίας.

N είναι ο συνολικός αριθμός ωρών σε έναν μήνα.

h είναι μια παράμετρος που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$h = \frac{(T_o + T_b)}{\left(\left(\frac{N}{24} \right) \sigma_m \right)^{0.5}} \quad (7.2.5.2)$$

Η ακόλουθη εξίσωση ήταν κατάλληλη να υπολογίσει τις τιμές σ_m :

$$\sigma_m = 1.45 - 0.0290T_o + 0.0664\sigma_{yr} \quad (7.2.5.3)$$

Όπου:

σ_{yr} είναι η πρότυπη απόκλιση των μηνιαίων μέσων θερμοκρασιών από την ετήσια μέση θερμοκρασία.

Η εξίσωση (7.2.5.2) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογίσει τις μηνιαίες ημερήσιες μεταβολές ψύξης για οποιαδήποτε βάση εάν η σ_{yr} και η μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι γνωστές. Σε περίπτωση που η παράμετρος σ_{yr} δεν είναι γνωστή, μια απλούστερη μέθοδος προτείνεται.

Οι μέσες μηνιαίες ωριαίες τιμές ψύξης σε μια T_b θερμοκρασία αναφοράς υπολογίζονται από την έκφραση:

$$D_c(T_b) = N \Sigma (T_o(t) - T_b)^+ \quad (7.2.5.4)$$

Όπου:

$T_o(t)$ είναι οι μέσες μηνιαίες ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.
 N είναι οι ημέρες του μήνα.

Όταν οι μέσες μηνιαίες ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος δεν είναι γνωστές, η ακόλουθη έκφραση προτείνεται:

$$\frac{(T_o(t) - T_o)}{A} = 0.4632 \cos(t' - 3.805) + 0.0984 \cos(2t' - 0.36) + 0.0168 \cos(3t' - 0.822) + 0.0138 \cos(4t' - 3.513) \quad (7.2.5.5)$$

Όπου:

Το A είναι το μακροπρόθεσμο μηνιαίο μέσο εύρος της θερμοκρασίας περιβάλλοντος ($^{\circ}\text{C}$).

Επίσης, έχουμε:

$$t' = 2\pi \frac{(t-1)}{24} \quad (7.2.5.6)$$

Η παράμετρος t είναι η ώρα της ημέρας που καθορίζεται έτσι ώστε $t=1$ στις 1 π.μ. και $t=24$ τα μεσάνυχτα. Όταν το εύρος A δεν είναι γνωστό, η ακόλουθη έκφραση προτείνεται:

$$A = 25,8K_T - 5,21 \quad (7.2.5.7)$$

Όπου:

K_T είναι η αναλογία της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που χτυπά μια οριζόντια επιφάνεια σε έναν μήνα προς τη μηνιαία εξωγήινη ακτινοβολία στην οριζόντια επιφάνεια.

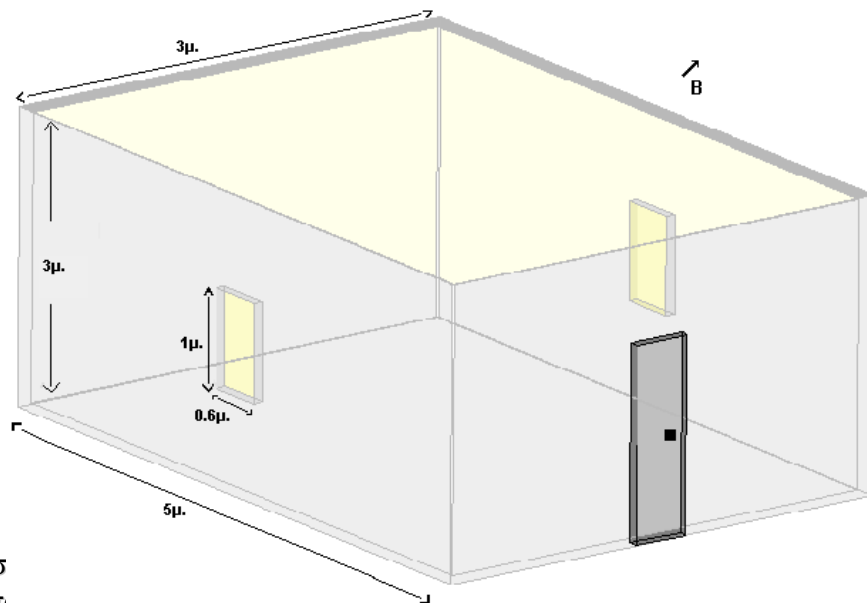
Το κλίμα των Χανίων

Το κλίμα των Χανίων είναι μεσογειακό, μεταβατικό κλίμα μεταξύ των κλιμάτων των ευκράτων ζωνών και της Τροπικής. Τα μεσογειακά κλίματα χαρακτηρίζονται από ξηρό-θερμό καλοκαίρι και από ήπιο-βροχερό χειμώνα. Το θερινό κλίμα διαμορφώνεται από τη μετατόπιση της αντικυκλωνικής ράχης προς βορρά. Οι αέριες μάζες είναι κυρίως cP, mT και cT. Κατά το χειμώνα, λόγω της μετατόπισης των ζωνών της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας προς τα νότια, επικρατεί έντονη υφισιακή δραστηριότητα και κυριαρχούν οι mP και cP ψυχρές αέριες μάζες. Τα νησιά έχουν δροσερότερο θέρος, εξαιτίας της θαλάσσιας αύρας, αφενός, και της επικράτησης των ανέμων βορείου Τομέα σε μερικές περιοχές, αφετέρου.

Οι θερινές ημερήσιες μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα φθάνουν τους 42 °C ή 45 °C και θυμίζουν την επικράτηση ερημικών συνθηκών. Το θέρος των περιοχών με μεσογειακό κλίμα, χαρακτηρίζεται από μια σειρά ζεστών ηλιόλουστων ημερών και αυξάνει σε διάρκεια καθώς το γεωγραφικό πλάτος ελαττώνεται.

8.1 Κτίριο

Το κτίριο πάνω στο οποίο βασίστηκε η παρούσα μελέτη είναι απεικονισμένο στο παρακάτω σχήμα 8.1.1. Αναμένεται να κατασκευαστεί στο ΤΕΙ του Ηρακλείου παράρτημα Χανίων.



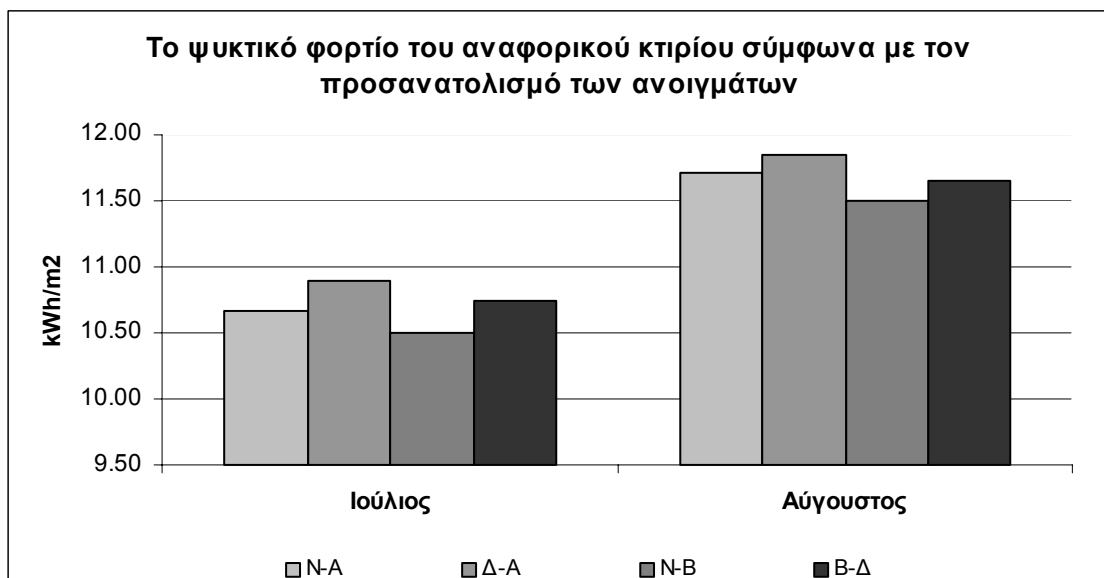
Έχει σχεδιασ
οποίο θα τοπ

στο

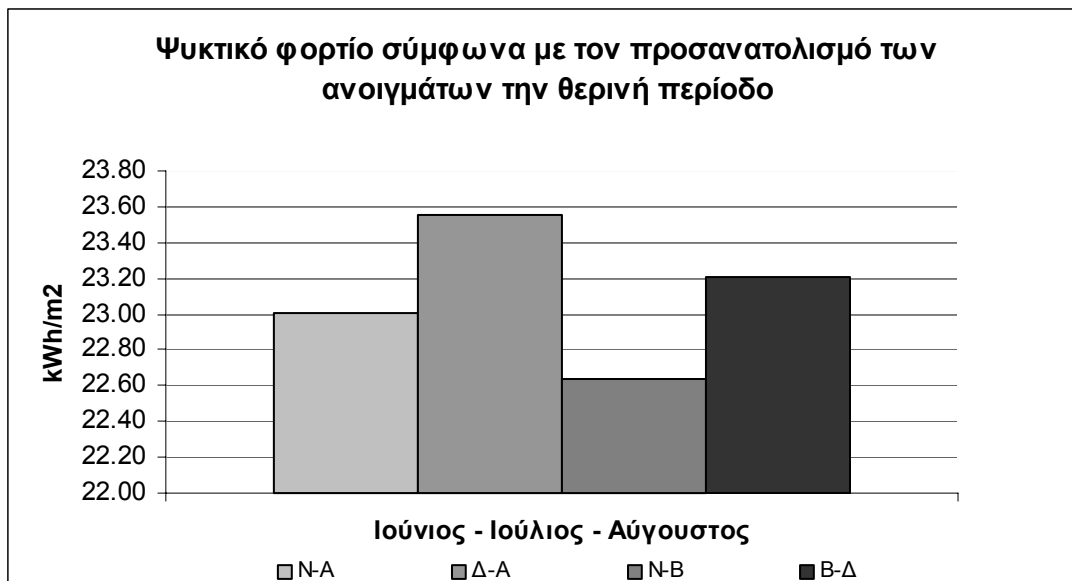
Ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων του κτιρίου σύμφωνα με τα διαγράμματα 8.1.1 και 8.1.2 επιλέγεται να είναι N – B, λόγω του ότι μειώνει τις απαιτήσεις σε ψυκτικό φορτίο του κτιρίου.

Πίνακας 8.1.1
Το ψυκτικό φορτίο στο αναφορικό A/C κτίριο

Θερινή περίοδος Ψυκτικό φορτίο				Προσανατολισμός
Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Ολικό	
0.63 kWh/m ²	10.66 kWh/m ²	11.71 kWh/m ²	23.01 kWh/m ²	N-A
0.80 kWh/m ²	10.9 kWh/m ²	11.85 kWh/m ²	23.55 kWh/m ²	Δ-A
0.63 kWh/m ²	10.51 kWh/m ²	11.50 kWh/m ²	22.64 kWh/m ²	N-B
0.82 kWh/m ²	10.74 kWh/m ²	11.65 kWh/m ²	23.21 kWh/m ²	B-Δ
0.80 kWh/m ²	10.68 kWh/m ²	11.73 kWh/m ²	23.21 kWh/m ²	N-Δ



Διάγραμμα 8.1.1. Το ψυκτικό φορτίο του αναφορικού κτιρίου σύμφωνα με τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων



Διάγραμμα 8.1.2. Το ψυκτικό φορτίο του αναφορικού κτιρίου σύμφωνα με τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων την θερινή περίοδο

Τα δομικά στοιχεία δεν είναι απλώς τμήματα της κατασκευής αλλά χρησιμεύουν για τη συλλογή την αποθήκευση και τη διάχυση της θερμότητας. Οι λειτουργίες αυτές βασίζονται σε δύο ιδιότητες των υλικών, την ειδική θερμότητα, που συμβάλει στην αποθήκευση θερμότητα και καλείται ογκομετρική ειδική θερμότητα, δηλαδή το γινόμενο της ειδικής θερμότητας (μάζας) σε Wh/kg.K με το ειδικό βάρος σε kg/m, καθώς και την θερμοαγωγιμότητα, όπου τα στερεά διάμεσα αποθήκευσης θερμότητας πρέπει να διαθέτουν υψηλό βαθμό θερμοαγωγιμότητας ώστε να επιτρέπουν την γρήγορη μετάδοση της θερμότητας.

Τα υλικά που χρησιμοποιούμε για την κατασκευή των τοιχωμάτων, είναι βασισμένα στην προϋπάρχουσα κατασκευή και παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα 8.1.2.

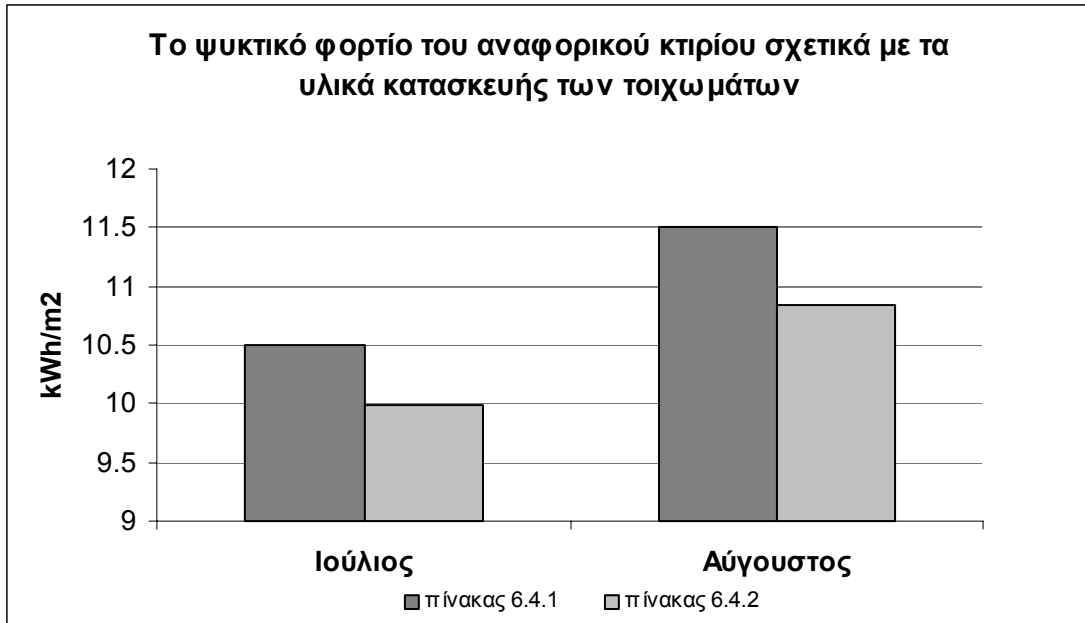
Πίνακας 8.1.2
Χαρακτηριστικά του κτιρίου

A/a	Περιοχή (m²)	Τοίχος	Στέγη	Δάπεδο
2	15	200 mm σκυρόδεμα 25 mm πολυστερίνη 19mm πλαστικό	200 mm σκυρόδεμα 25 mm πολυστερίνη	200 mm σκυρόδεμα 25 mm πολυστερίνη
2	9	200 mm σκυρόδεμα 25 mm πολυστερίνη 19 mm πλαστικό	19 mm λεπτό πλαστικό	19 mm λεπτό πλαστικό

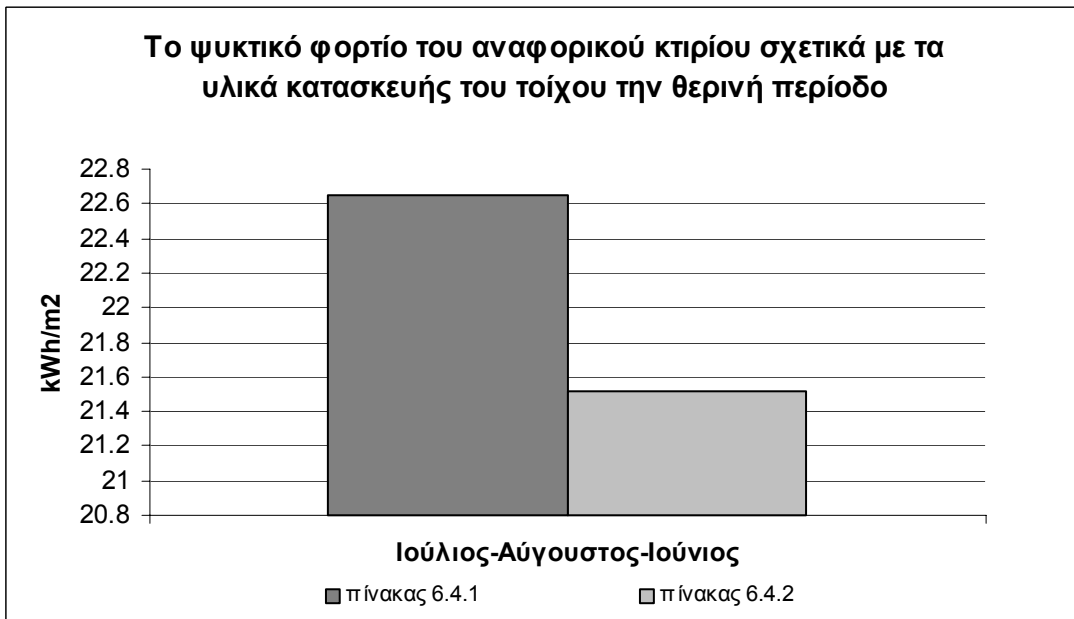
Αν για το αναφορικό κτίριο εφαρμοστούν τα τοιχώματα του παρακάτω πίνακα 8.1.3 τότε παρατηρείται μια μείωση στο απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο του κτιρίου από τα διαγράμματα 8.1.3 και 8.1.4. Η τοιχοποιία που περιγράφεται στον πίνακα 8.1.3 εφαρμόζεται στις σύγχρονες κατοικίες και αποτελεί μια αρκετά αποδοτική πρόταση για εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό τομέα. Όμως λόγω της αισθητικής του χώρου θα προτιμήσουμε τα κατασκευαστικά υλικά του προϋπάρχον κτιρίου.

Πίνακας 8.1.3
Χαρακτηριστικά του κτιρίου

A/a	Περιοχή (m²)	Τοίχος	Στέγη	Δάπεδο
2	15	<p align="center">25mm πυκνό ασβεστοκονίαμα (πλαστικό) 60mm πολυστερίνη 125 mm εξωτερικό φύλλο πλινθοδομής (5%mc) 100mm αέρα 125 mm εξωτερικό φύλλο πλινθοδομής (5%mc) 20 mm ελαφρύ ασβεστοκονίαμα</p>	<p align="center">200 mm σκυρόδεμα 25 mm πολυστερίνη 19 mm λεπτό πλαστικό</p>	<p align="center">200 mm σκυρόδεμα 25 mm πολυστερίνη 19 mm λεπτό πλαστικό</p>
2	9	<p align="center">25mm πυκνό ασβεστοκονίαμα (πλαστικό) 60mm πολυστερίνη 125 mm εξωτερικό φύλλο πλινθοδομής (5%mc) 100mm αέρα 125 mm εξωτερικό φύλλο πλινθοδομής (5%mc) 20 mm ελαφρύ ασβεστοκονίαμα</p>		



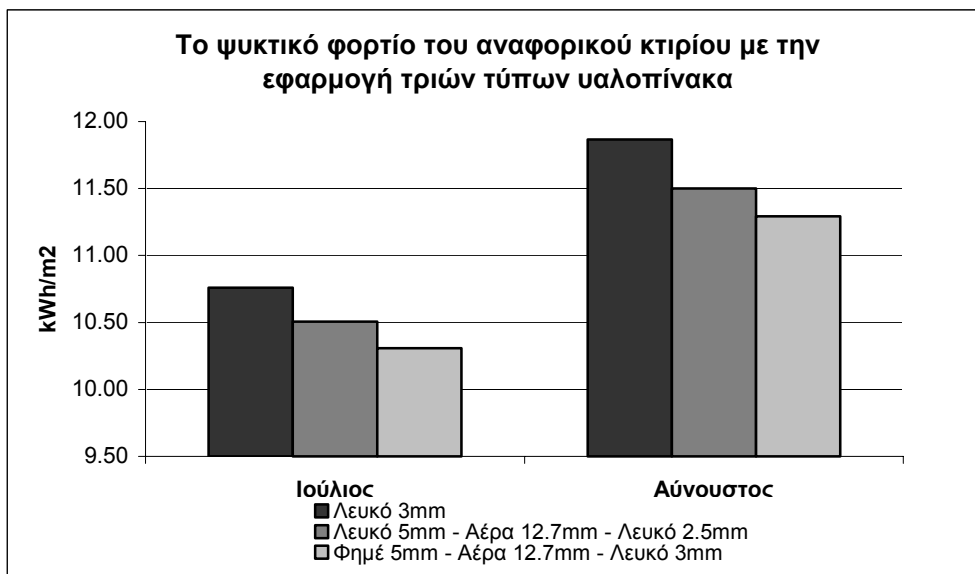
Διάγραμμα 8.1.3. Το ψυκτικό φορτίο του αναφορικού κτιρίου σύμφωνα με τα υλικά κατασκευής των τοιχωμάτων



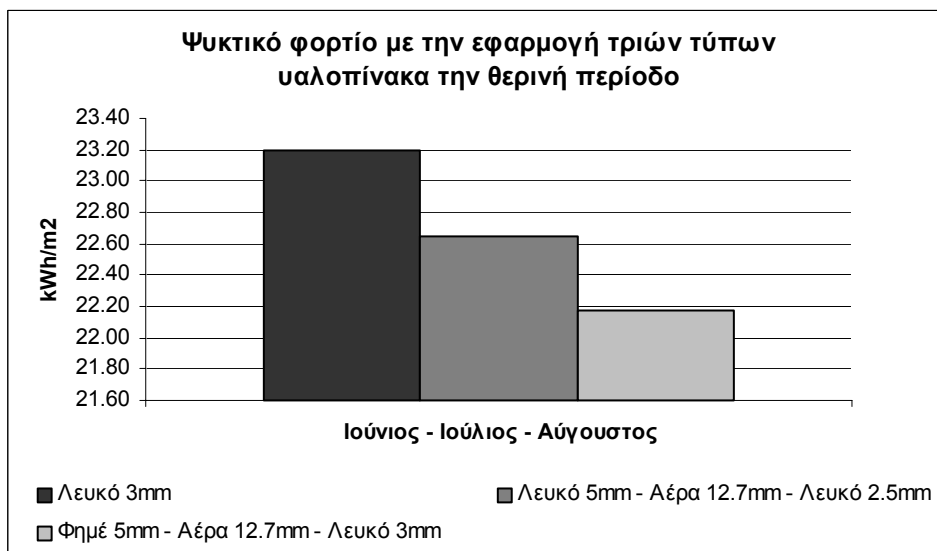
Διάγραμμα 8.1.4. Το ψυκτικό φορτίο του αναφορικού κτιρίου σύμφωνα με τα υλικά κατασκευής των τοιχωμάτων την θερινή περίοδο

Ένας ακόμα από τους κύριους παράγοντες για την μείωση των θερμικών κερδών στο κτίριο είναι και ο τύπος του υαλοπίνακα που χρησιμοποιούμε. Για την εύρεση της αποδοτικότερης εφαρμογής χρησιμοποιήσαμε τρία είδη υαλοπίνακα (Λευκό 3mm, Λευκό 5mm - Αέρα 12.7mm - Λευκό 2.5mm, Φήμε 5mm - Αέρα 12.7mm - Λευκό 3mm). Από τα διαγράμματα 8.1.5 και 8.1.6 παρατηρούμε ότι η αποδοτικότερη εφαρμογή είναι η τρίτη, η χρήση διπλού φημέ υαλοπίνακα. Με την χρήση του φημέ

υαλοπίνακα επιτυγχάνεται επίσης μείωση στη φωτεινότητα του κτιρίου. Λαμβάνοντας υπόψη την μείωση της φωτεινότητας, που προκαλούν οι φημέ υαλοπίνακες στο αναφορικό κτίριο έχουν εφαρμοστεί διπλοί λευκοί υαλοπίνακες.



Διάγραμμα 8.1.5. Το ψυκτικό φορτίο του αναφορικού κτιρίου με την εφαρμογή τριών τύπων υαλοπίνακα



Διάγραμμα 8.1.6. Το ψυκτικό φορτίο του αναφορικού κτιρίου με την εφαρμογή τριών τύπων υαλοπίνακα την θερινή περίοδο

8.2 Αναλύσεις

Για τις παρακάτω αναλύσεις θεωρήθηκαν κάποιες παράμετροι γνωστές που δίνονται από τον πίνακα 8.2. :

Πίνακας 8.2.

Στοιχεία που προκαλούν παραγωγή επιπλέον θερμότητας στο κτίριο

Αριθμός ατόμων στο κτίριο	1 άτομο
Φορτίο των λαμπτήρων	5W/m ²
Φορτίο των ηλεκτρικών εξαρτημάτων	3 W/m ²
Θερμοκρασία που θέτουμε ως όριο άνεσης στους υπολογισμούς για δροσισμό	27 ⁰ C

Επίσης έγινε μια μελέτη σχετικά με το πόσο αυξάνεται το απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο ανάλογα με τα άτομα που εισέρχονται στο κτίριο, τα αποτελέσματα φαίνονται στο διάγραμμα 8.2.1 Έχει υπολογιστεί ανά δραστηριότητα ο ρυθμός μεταβολισμού του ατόμου, που είναι η ενέργεια που απελευθερώνει ανά μονάδα χρόνου μέσω του μετασχηματισμού των τροφών (για μέση δραστηριότητα και όρθια θέση κυμαίνεται από 100 W/m² ως 117 W/m², για έντονη δραστηριότητα κυμαίνεται από 117 W/m² ως 175 W/m²).



Διάγραμμα 8.2.1. Το ψυκτικό φορτίο του αναφορικού κτιρίου σύμφωνα με τον αριθμό των ατόμων την θερινή περίοδο

Από το διάγραμμα 8.2.1 παρατηρούμε ότι ο ανθρώπινος οργανισμός συμβάλει κατά πολύ στην παραγωγή θερμότητας στο κτίριο. Το αναφορικό κτίριο για να επιτευχθούν τα επιθυμητά όρια άνεσης θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο από ένα άτομο σύμφωνα με το διάγραμμα 8.2.1.

Το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου αναφοράς υπολογίζεται για τη γενική θερινή περίοδο (διάγραμμα 8.2.2) χωρίς τη εφαρμογή παθητικών τεχνικών. Τα κλιματολογικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση συλλέγονται από το μετεωρολογικό

ιστό του Τ.Ε.Ι. Κρήτης παραρτήματος Χανίων που είναι τοποθετημένος στην ίδια στέγη με το κτίριο.

Πίνακας 8.2.

Το ψυκτικό φορτίο στο αναφορικό A/C κτίριο

Θερινή περίοδος	Ψυκτικό φορτίο
Ιούνιος	0.64 kWh/m ²
Ιούλιος	10.5 kWh/m ²
Αύγουστος	11.5kWh/m ²
Ολικό	22.64 kWh/m ²



Διάγραμμα 8.2.2. Ψυκτικό φορτίο του αναφορικού κτιρίου

Παρατηρούμε ότι τον Αύγουστο και Ιούλιο το απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο για το αναφορικό κτίριο είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό του Ιουνίου. Αυτούς τους μήνες το κτίριο χρειάζεται την χρήση κλιματισμού.

8.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

8.3.1. ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

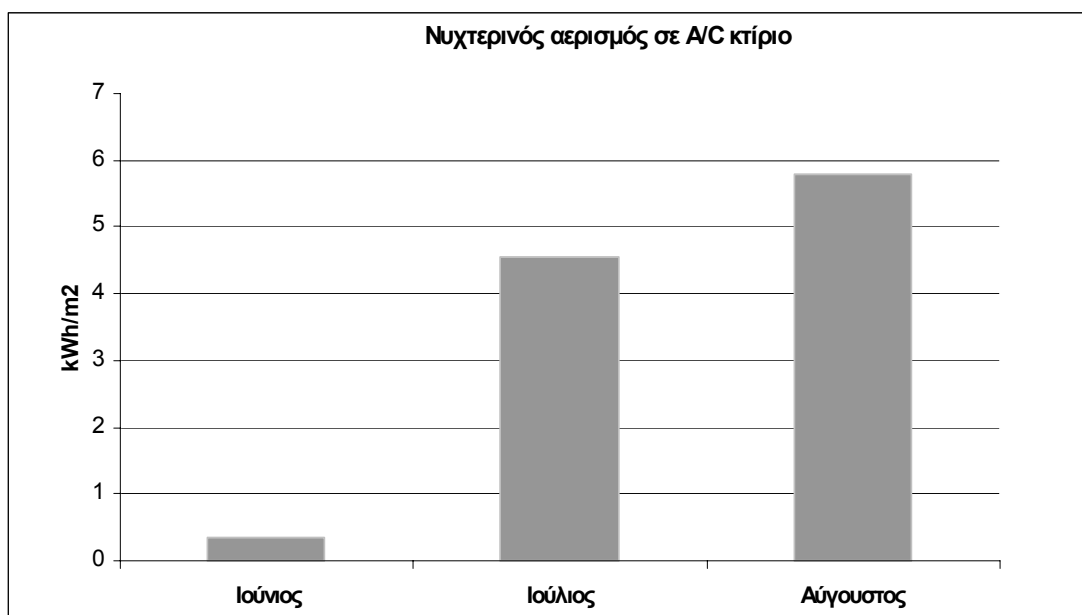
Όταν η μάζα του εισαγόμενου αέρα οφείλεται στον φυσικό αερισμό νύχτας τότε το ψυκτικό φορτίο δίνεται από την ακόλουθη σχέση 7.2.1.3.

Σε αυτό το τμήμα εφαρμόζουμε τη διαγώνια τεχνική εξαερισμού νύχτας από το άνοιγμα των παραθύρων (βλ Σχήμα 8.1.1). Το ψυκτικό φορτίο μειώνεται σημαντικά όπως ταξινομείται στον πίνακα 8.3.1 και το διαγραμμα.8.3.1. Γενικά το ψυκτικό φορτίο μειώνεται σχεδόν 60% με τη εφαρμογή της διαγώνιας τεχνικής εξαερισμού, χωρίς την χρήση περιπλοκότερων τεχνικών παθητικού δροσισμού.

Πίνακας 8.3.1

Το ψυκτικό φορτίο σε A/C κτίριο με νυχτερινό αερισμό

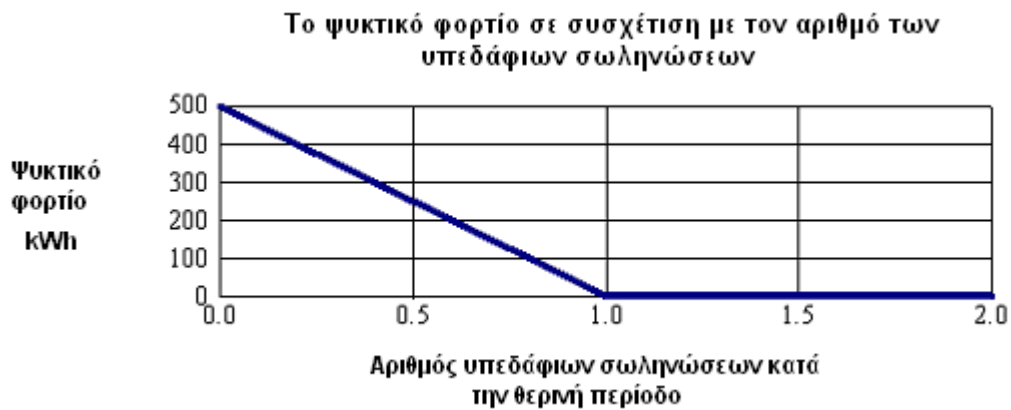
Θερινή περίοδος	Ψυκτικό φορτίο
Ιούνιος	0.27 kWh/m ²
Ιούλιος	4.18 kWh/m ²
Αύγουστος	4.71 kWh/m ²
Ολικό	9.16 kWh/m ²



Διάγραμμα 8.3.1. Το ψυκτικό φορτίο σε A/C κτίριο με νυχτερινό αερισμό

8.3.2 Μέθοδος εναλλακτών θερμότητας εδάφους – αέρα

Η αποδοτικότητα της εφαρμογής των εναλλακτών θερμότητας εξαρτάται από τις παραμέτρους όπως τον αριθμό σωλήνων, το μήκος τους και το βάθος τοποθέτησης τους που εξετάζονται στα διαγράμματα 8.4.1, 8.4.2 και 8.4.3.



Διάγραμμα 8.4.1. Το ψυκτικό φορτίο σε A/C κτίριο σε σχέση με τον αριθμό των υπεδαφίων σωληνώσεων

Από το διάγραμμα 8.4.1 περιορίζεται η χρήση του αριθμού των υπεδάφίων σωληνώσεων με συνέπεια την εφαρμογή στο αναφορικό κτίριο ενός εναλλάκτη θερμότητας.

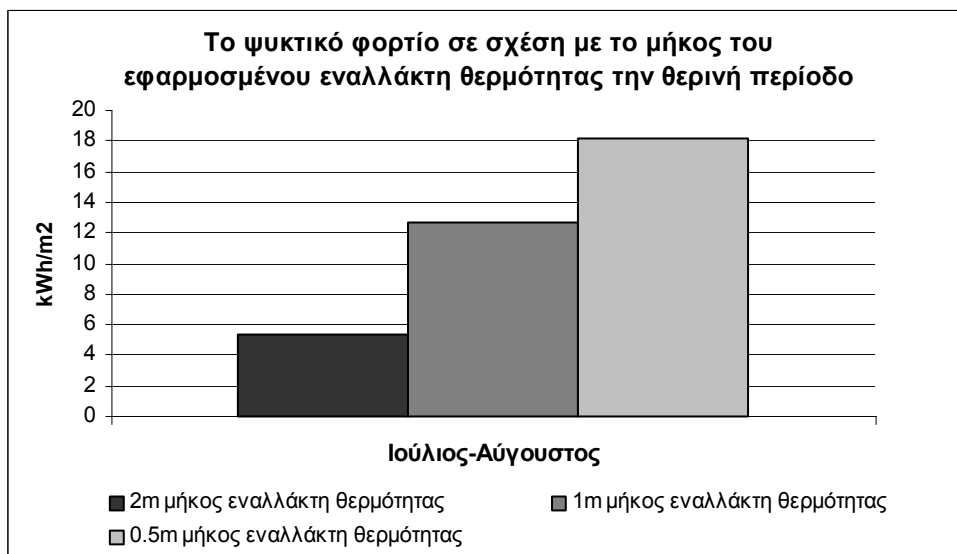


Διάγραμμα 8.4.2. Το ψυκτικό φορτίο σε A/C κτίριο σε σχέση με το μήκος των υπεδαφίων σωληνώσεων

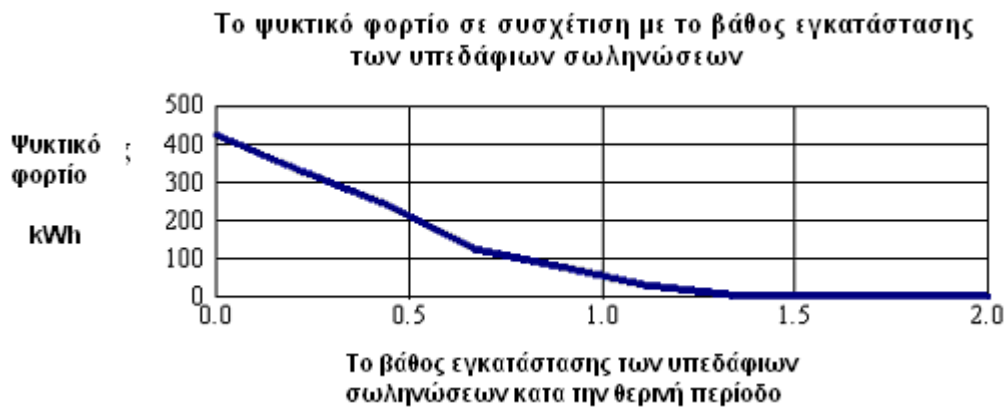
Από το διάγραμμα 8.4.2 προσδιορίζεται το απαραίτητο για την μείωση του ψυκτικού φορτίου μήκος των υπεδαφίων σωληνώσεων με συνέπεια την εφαρμογή στο κτίριο της μελέτης, εναλλάκτη θερμότητας μήκους 5m. Στο κτίριο τοποθετούνται διάφορα μήκη σωληνώσεων και στο διάγραμμα 8.4.3 και 8.4.4 απεικονίζεται η μεταβολή του φορτίου του κτιρίου ανάλογα με το μήκος του εναλλάκτη θερμότητας.



Διάγραμμα 8.4.3. Το ψυκτικό φορτίο σε A/C κτίριο σε σχέση με το μήκος των υπεδαφίων σωληνώσεων



Διάγραμμα 8.4.2. Το ψυκτικό φορτίο σε A/C κτίριο σε σχέση με το μήκος των υπεδαφίων σωληνώσεων κατά την θερινή περίοδο



Διάγραμμα 8.4.3. Το ψυκτικό φορτίο σε A/C κτίριο σε σχέση με το βάθος εγκατάστασης των υπεδάφιων σωληνώσεων

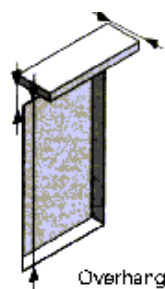
Από το διάγραμμα 8.4.3 προσδιορίζεται το βάθος εγκατάστασης των υπεδάφιων σωληνώσεων με συνέπεια την τοποθέτηση του εναλλάκτη θερμότητας σε βάθος άνω του 1.5m προκειμένου να μηδενιστεί το ψυκτικό φορτίο.

Με την χρήση εναλλακτών θερμότητας το απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο στο κτίριο μας είναι μηδενικό (πίνακας 6.7). Οπότε με μία πρώτη εκτίμηση θα λέγαμε ότι αποτελεί την αποδοτικότερη αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης του κτιρίου κατά την θερμή περίοδο. Όμως στην προκειμένη περίπτωση η χρήση της δεν είναι αποδοτική λόγω του ότι το κτίριο δεν είναι σε άμεση επαφή με το έδαφος άλλα βρίσκεται σε μεγάλο ύψος. Οπότε το κόστος και η αλλοίωση της θερμοκρασίας του αέρα κατά την διαδρομή δεν συμβάλουν στην αποδοτική εφαρμογή της μεθόδου.

Πίνακας 8.4. Το ψυκτικό φορτίο σε A/C κτίριο με εναλλάκτες θερμότητας

Θερμή περίοδος	Ψυκτικό φορτίο
Ιούνιος	0 kWh/m ²
Ιούλιος	0 kWh/m ²
Αύγουστος	0 kWh/m ²
Ολικό	0 kWh/m ²

8.3.3 ΜΕθοδοι σκίασης



Σχήμα 6.8

Με την εφαρμογή προβόλου το a/c αναφορικό κτίριο, μεταβάλει ελάχιστα το απαιτούμενο φορτίο (πίνακας 8.5 και διάγραμμα 8.5), αυτή η συμπεριφορά των προβόλων στο κτίριο οφείλεται στο ότι το κτίριο έχει μικρές διαστάσεις.

Πίνακας 8.5. Το ψυκτικό φορτίο σε A/C κτίριο με προβόλους

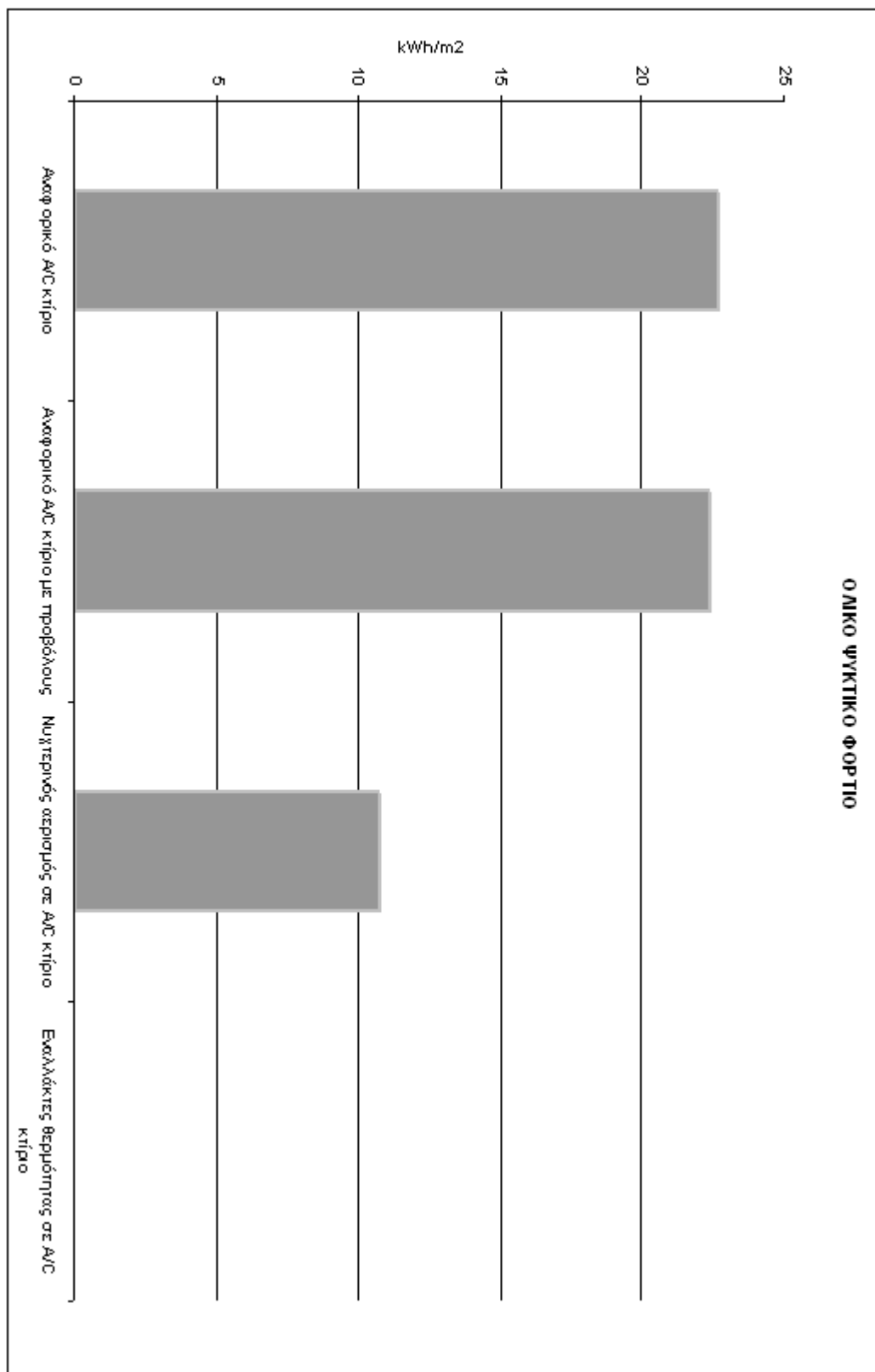
Θερινή περίοδος	Ψυκτικό φορτίο
Ιούνιος	0.61 kWh/m ²
Ιούλιος	10.39 kWh/m ²
Αύγουστος	11.34 kWh/m ²
Ολικό	22.34 kWh/m ²



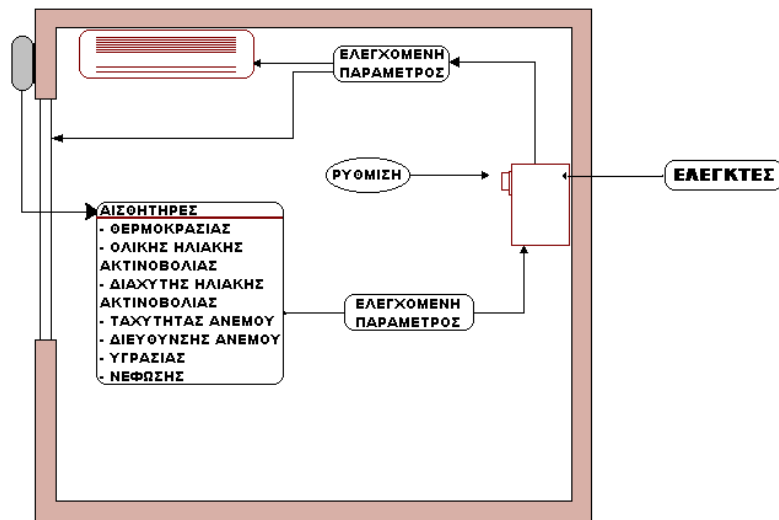
Διάγραμμα 8.5. Το ψυκτικό φορτίο σε A/C κτίριο με προβόλους

8.4 Συμπερασματικά

Συγκρίνοντας τις παραπάνω τεχνικές είναι ευδιάκριτο ότι η αποδοτικότερη μέθοδος είναι η εφαρμογή εναλλακτών θερμότητας που αν επρόκειτο για ισόγειο κτίσμα θα προτεινόταν. Όμως το κτίριο της εφαρμογής πρόκειται να τοποθετηθεί στο δώμα του κτιρίου του ΤΕΙ Χανίων και η επιλογή αυτής της μεθόδου δεν είναι οικονομικά αποδεκτή. Σύμφωνα με τη μελέτη, αποδοτικότερο είναι να εφαρμόζεται νυχτερινός αερισμός κατά την περίοδο του θέρους, Με αποτέλεσμα να έχουμε κέρδος ψυκτικού φορτίου που θα συμβάλει στην διαμόρφωση των απαιτούμενων συνθηκών άνεσης με το ελάχιστο κόστος.



Διάγραμμα 8.6. Το συνολικό ψυκτικό φορτίο στις παραπάνω εφαρμογές



Σχήμα 8.6.1

Σύστημα ελέγχου της θερμικής άνεσης κλειστού χώρου

Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με έναν μικροελεγκτή που θα ελέγχει τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά και θα ενεργεί σύμφωνα με το πώς διαμορφώνονται αυτά. Στο σχήμα 8.6.1 αισθητήρες μετρούν τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά τα οποία λαμβάνοντας ο ελεγχόμενος μικροεπεξεργαστής εκτελεί τις εντολές που του έχουν προγραμματίσει. Στο συγκεκριμένο σχήμα οι παράμετροι την λειτουργία των οποίων ρυθμίζει ο ελεγκτής ή το σύστημα ελεγκτών είναι το κλιματιστικό και το άνοιγμα του παραθύρου.

9. Γενικές οδηγίες για τα οφέλη και τη χρήση του παθητικού δροσισμού

Ο παθητικός δροσισμός πρέπει να θεωρηθεί ως τμήμα του γενικού περιβαλλοντικού σχεδίου που προσπαθεί να συναντήσει τους όρους άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων και να ελαχιστοποιήσει την εξάρτησή τους από μηχανικό εξοπλισμό. Η ενσωμάτωση των μέτρων παθητικού δροσισμού πρέπει πάντα να λαμβάνεται σε συνδυασμό με τις χειμερινές θερμικές ανάγκες του κτιρίου. Αν και το κλίμα φαίνεται να είναι ένας καθοριστικός παράγοντας στην ζήτηση για την ψύξη, ο τύπος οικοδόμησης, τα πρότυπα κατοχής, οι δραστηριότητες και το σχέδιο οικοδόμησης είναι εξίσου σημαντικές. Αυτό καθιστά τις τεχνικές του παθητικού δροσισμού σχετικές ακόμα και στις βόρειες περιοχές όπου τα οικοδομικά τμήματα μπορεί υποστούν υπερθέρμανση. Η γενική έννοια πίσω από μια τεχνική για τον παθητικό δροσισμό μπορεί να συνοψιστεί στα ακόλουθα βήματα:

1. μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο κτίριο και ελέγχει τον καυτό αέρα που εισέρχεται στο εσωτερικό του.
2. ελαχιστοποίηση της επίδρασης της θερμότητας που φθάνει και που διαπερνά τα εξωτερικά τοιχώματα του κτιρίου.

μείωση στο εσωτερικό κέρδος, μέσω του φωτός της ημέρας και την αποδοτική χρήση των οικιακών συσκευών.

Βιβλιογραφία

1. Santamouris, M., A. Argiriou, E. Dascalaki, C.A. Balaras and A. Gaglia, (1994). 'Energy characteristics and savings potential in office buildings', *Solar Energy*, Vol. 52, pp. 59-66.
2. *Passive Solar Energy as a Fuel* (1990). The Commission of the European Communities, Directorate General XII for Science Research and Development, Brussels.
3. Santamouris, M., A. Argiriou, E. Dascalaki, M. Vallindras, A. Gaglia and J. Sigalas (1992). 'Energy conservation in office buildings', Final Report, Greek Productivity Centre and Ministry of Industry, Research and Technology.
4. Santamouris, M., E. Dascalaki, C.A. Balaras, A. Argiriou and A. Gaglia (1993). 'Performance assessment and the potential for energy conservation and the use of alternative energy sources in buildings', *Proceedings of 3rd European Conference on Architecture, Solar Energy in Architecture and Urban Planning*, 17-21 May, Florence.
5. Santamouris, M., E. Dascalaki, C.A. Balaras, A. Argiriou and A. Gaglia (1994). 'Energy consumption and the potential for energy conservation in school buildings, in Greece', *Energy, The International Journal*, Vol. 19, pp. 653-660.
6. Santamouris, M., E. Dascalaki, C.A. Balaras, A. Argiriou and A. Gaglia (1994). 'Energy performance and energy conservation in health care buildings in Greece', *Energy Conversion and Management*, Vol. 35, pp. 293-305.
7. Campbell, J. (1988). 'Use of Passive Solar Energy in Offices', *Passive Solar Energy in Buildings*, ed. P. O'Sullivan. The Watt Committee on Energy, Elsevier Applied Science Publishers, New York.
8. Santamouris, M., and Asimakopoulos D. (1996). 'Passive cooling of buildings' James & James Science Publishers, London.
9. Lefebvre, R.R. (1993). 'New HVAC system reduces operating costs', *ASHRAE Journal*, Vol. 35, No. 4 (April), pp. 20-23.
10. Boldt, J.G. (1993). 'Separate HVAC systems maximize energy efficiency', *ASHRAE Journal*, Vol. 35, No. 4 (April), pp. 16-19.
11. *Communes, Bilan Energetique du Patrimoine et des Services, Dépenses & Consommations* (1990). Ministère de l'Interieur et de la Sécurité Publique, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.
12. Balaras, C.A. (1993). 'Energy Efficient Building in Greece', in *The European Directory of Energy-Efficient Building*, ed. B. Cross. James & James Science Publishers, London.
13. McNall, P., E. Pierce and J. Barnett, (1978). 'Control Strategies for Energy Conservation', in *Energy Conservation Strategies in Buildings*, ed. J.A. Stolwijk. J.B. Pierce Foundation.
14. Fleming, W.S. (1979). 'Energy conservation: an investigation of the thermal comfort alternative', *ASHRAE Transactions*, Vol. 85, No. 2, pp. 813-824.
15. Zmeureanu, R. and A. Doramajian (1992). 'Thermally acceptable temperature drifts can reduce the energy consumption for cooling in office buildings', *Building & Environment*, Vol. 27, No. 4, pp. 469-481.

16. Proctor, J. (1991). 'An ounce of prevention: residential cooling repairs', Home Energy, Vol. 8, No. 3, pp. 23-28.
17. Agrawal, P.C. (1988). 'A review of passive systems for natural heating and cooling of buildings', Proceedings of the Conference 'Healthy Buildings 88', Stockholm, Sweden, Vol. 2, pp. 585-602.
18. Goulding, J., J. Owen Lewis and T. Steemers (eds), (1993). Energy in Architecture; The European Passive Solar Handbook, Publication No EUR 13446, Batsford for the Commission of the European Communities, London.
19. Shaviv, E., (1984). 'The performance of a passive solar house with window sunspace systems', Energy and Buildings, Vol. 7, pp. 315-334.
20. Passive Solar Energy as a Fuel - 1990-2010 (1990). Executive Summary, The Commission of the European Communities, DGXII.
21. Argiriou, A. and M. Santamouris, (1993). 'Passive cooling in hotels', European Seminar on Advanced Systems in Passive and Active Climatisation, Barcelona.
22. Akbari, H., J. Huang, P. Martien, L. Rainer, A. Rosenfeld and H. Taha (1988). 'The impact of summer heat islands on cooling energy consumption and global CO₂ concentration', ACEEE Summer Study on 'Energy Efficiency in Buildings', Asilomar, CA.
23. Brown, L.R. (1988). State of the World, A World Watch Institute Report on Progress toward a Sustainable Society, Chapter 5, pp.83-100. W. W.Norton & Co, New York.
24. Akbari, H., A. Rosenfeld and H. Taha (1990). 'Summer heat islands, urban trees and white surfaces', ASHRAE Symposium, January.
25. Akbari, H. and A. Rosenfeld (1989). Urban Trees and White Surface for Saving Energy and Reducing Atmospheric Pollution, Urban and Community Forestry Act of 1989.
26. CFCs in the UK Refrigeration and Air-conditioning Industries. Usage and Scope for Substitution (1992). DOE, HMSO, London.
27. Sherwood Burge, P. (1991). 'Sick building syndrome, epidemiological studies and medical aspects', Workshop on Indoor Air Quality Management, Lausanne, EUR 137766, May.
28. Goudelas, G., K. Moustiris and M. Santamouris (1991). 'Energy audits in public and commercial buildings in Greece', Conference on Renewable Energy Sources for Local Development, Chios (Greece).
29. Hedge, A., E.M. Sterling and T.D. Sterling (1986). 'Building indices based on questionnaire responses', IAQ 86 Conference, ASHRAE, Atlanta, GA, pp. 31-43.
30. King, A. (1993). 'The growing market for air conditioning', European Seminar on Advanced Systems of Passive and Active Climatisation, Barcelona, June.
31. Santamouris, M. (1990). Workshop on passive cooling, Proceedings of Passive Cooling Workshop, Ispra, EUR 13078 EN.
32. Dimoudi, A. and P. Livens (1988). 'Passive cooling techniques in buildings', 3rd National Conference on Soft Kinds of Energy, Thessaloniki, Greece (in Greek).
33. Fairey, P. (1984). Designing and Installing Radiant Barrier Systems, Florida Solar Energy Center, DN-7-84.

34. Balcomb, J.D. (1983). Heat Storage and Distribution inside Passive Solar Buildings, Report LA 9694 M.S, Los Alamos Laboratory.
35. Givoni, B. (1983). 'A generalized predictive model for direct gain', Passive Solar Journal, Vol. 2, pp. 107-115.
36. Shaviv, E. (1988). 'On the optimum design of SHULDING: Devices for windows', PLEA Conference, Porto.
37. Depecher, P., J. Brau and S. Ronssean S. (1990). L'Inertie Thermique par le Beton, Economie d' Energie et Confort d'Ede, (INSA de Lyon), Centre d'Information de l'Industrie Cimentiere (CIC).
38. Bahadori, M. (1981). 'Passive and hybrid convective cooling systems', International Passive and Hybrid Cooling Conference, Miami Beach, American Section of ISES, pp. 715-727.
39. Dimoudi, A. (1989). 'Evaluation of the use of solar chimnies for promotion of natural ventilation of buildings', MSc Thesis, Cranfield Institute of Technology, England.
40. Givoni, B. (1991). 'Performance and applicability of passive and low-energy cooling systems', Energy and Buildings, Vol. 17, pp. 177-199.
41. Givoni, B. (1992). 'Climatic aspects of urban design in tropical regions', Atmospheric Environment, Vol. 26B, No 3, pp. 397-402.
42. Santamouris, M (ed.), M. Antinucci, B. Fleury, J. Lopez, E. Maldonado, A. Tombazis and S. Yannas (1990). Horizontal Study on Passive Cooling, Commission of the European Communities DGXII, Building 2000 Action.
43. Sodha, M.S., N.K. Bansal, P. K. Bansal, A. Kumar and M.A.S. Malik (1986). Solar Passive Building; Science and Design, Pergamon Press, International Series on Building Environmental Engineering, Vol. 2, Oxford and New York.
44. Cook, J. (ed.) (1989). Passive Cooling, MIT Press, Cambridge. MA.
45. Hay, H.B. and L.J. Yellot (1969). 'Natural air-conditioning with roof ponds and movable insulation', ASHRAE Transactions, Vol. 75, Part 1.
46. Head, A.K. (1959). Australian Patent No 239364, and US Patent No 3,043,112.
47. Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, ΥΠΕΧΩΔΕ Δν/ση Οικιστικής Πολιτικής και Κατοικίας (2000). ' Οικολογική Δόμηση' Ελληνικά Γράμματα
48. Mitchell, D. (1976). Selective Radiation Cooling; Another Gook, CSIRO Division of Tribophysics, University of Melbourne, Parkville, Victoria, 3052, Australia.
49. Catalanotti, S., V. Cuomo, G. Piro, D. Ruggi, V. Silvestrini and G. Troise (1975). 'The radiative cooling of selective surfaces', Solar Energy, Vol. 7, pp.83-89.
50. Givoni, B. (1987). 'Passive cooling - state of the art', 12th Passive Solar Conference, Portlant OR, ISES, pp. 11-19.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

1. Autocad 2000 για τον σχεδιασμό του κτιρίου
2. Madlab για την επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων
3. Summer Building 2000 για την επεξεργασία των παραμέτρων του κτιρίου και την ενεργειακή του απόδοση

Συντομίες

1. A/C : Κλιματιστικό (air condition)