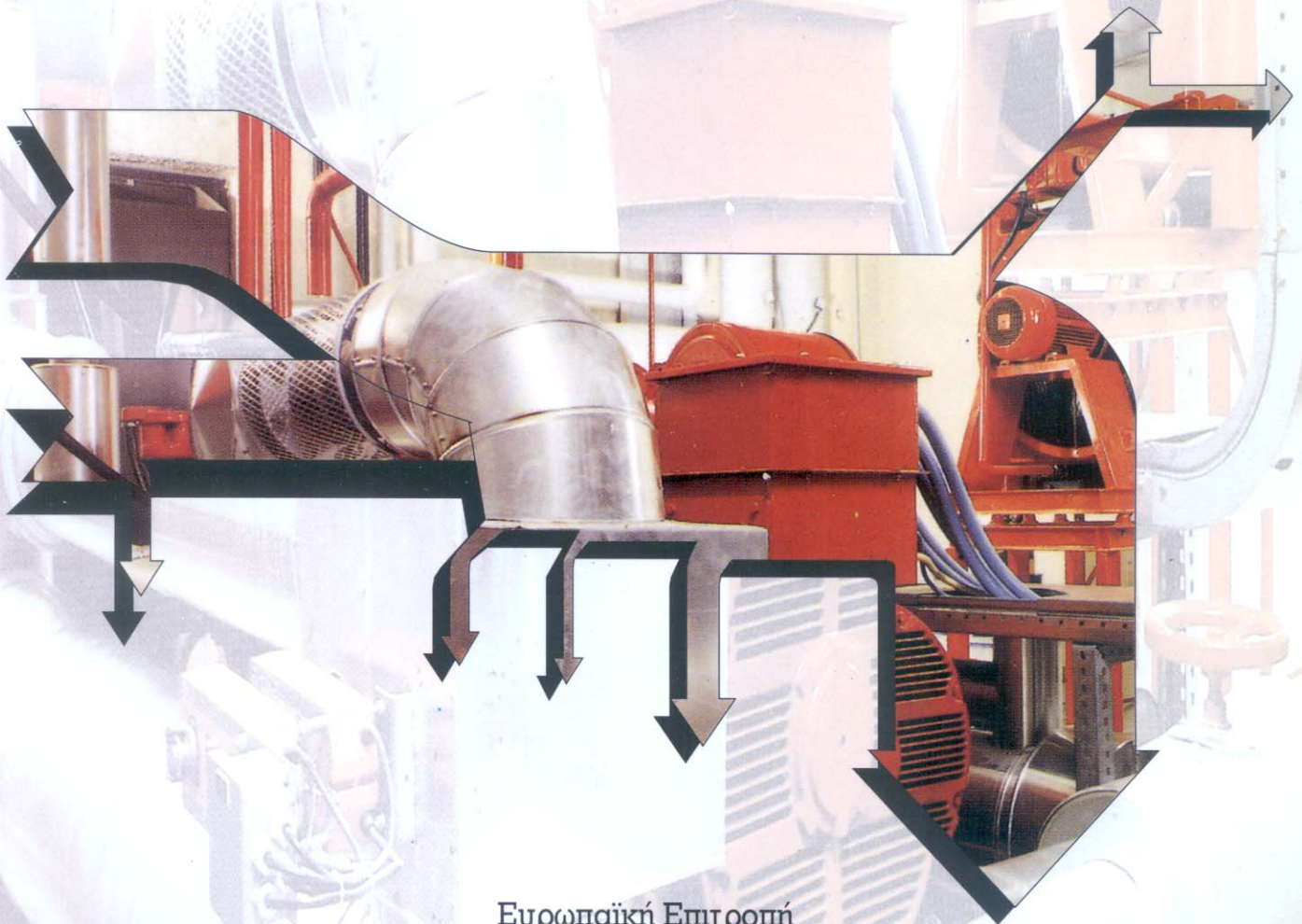




ΚΕΝΤΡΟ
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ
ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΟΔΗΓΟΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΥΑΣ



Ευρωπαϊκή Επιτροπή
Γενική Δ/ση V
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Υπουργείο Εργασίας
Δ/ση Κοινοτικών Πρωτοβουλιών

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ HVAC

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1	Τα συστήματα HVAC.....	1
1.2	Βασικά χαρακτηριστικά.....	2
2.	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	5
2.1	Χωρισμός σε θερμικές ζώνες.....	5
2.2	Μονάδες ενεργειακής αποδοτικότητας.....	6
3.	ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ HVAC.....	9
3.1	Συστήματα θέρμανσης χώρων.....	9
3.2	Οι τεχνικές επιλογές για τον κλιματισμό.....	10
3.2.1	<i>Συγκεντρωμένα συστήματα αέρα.....</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Μερικώς συγκεντρωμένα συστήματα αέρα / νερού.....</i>	<i>14</i>
3.2.3	<i>Τοπικά συστήματα.....</i>	<i>16</i>
3.2.4	<i>Ψυκτικές μονάδες.....</i>	<i>18</i>
4.	ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	19
4.1	Ερωτήσεις κλειδιά.....	19
4.1.1	<i>Ποιές είναι οι απαιτήσεις σας;.....</i>	<i>19</i>
4.1.2	<i>Πόσο θα κοστίσει το σύστημα για να εγκατασταθεί & να λειτουργήσει;... ..</i>	<i>20</i>
4.1.3	<i>Ποιό είναι το κόστος των εναλλακτικών λύσεων;.....</i>	<i>22</i>
4.1.4	<i>Το σύστημά σας βελτιστοποιείται;.....</i>	<i>22</i>
4.2	Επιλογή συστήματος θέρμανσης χώρων.....	23
4.3	Επιλογή συστήματος ψύξης και εξαερισμού.....	24
5.	ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ, ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	25
5.1	Λειτουργία του συστήματος θέρμανσης χώρων.....	25
5.2	Λειτουργία του συστήματος ψύξης και εξαερισμού.....	27
6.	ΜΕΤΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ HVAC.....	30
6.1	Συμβουλές γενικού περιεχομένου.....	30
6.2	Πρόγραμμα δράσης.....	31
6.2.1	<i>Απλά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.....</i>	<i>31</i>
6.2.2	<i>Συντήρηση.....</i>	<i>32</i>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Τα συστήματα HVAC

Στον οδηγό αυτό εξετάζονται τα συστήματα HVAC. Το HVAC (που προφέρεται ως τέσσερα χωριστά γράμματα) είναι ένα αρκτικόλεξο που αντιπροσωπεύει "τη θέρμανση (H), τον εξαερισμό (V) και τον κλιματισμό (AC)" και περιλαμβάνει γενικά ποικίλα ενεργά μηχανολογικά/ηλεκτρολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί ο θερμικός έλεγχος των κτιρίων. Ο έλεγχος του θερμικού περιβάλλοντος αποτελεί βασικό στόχο ουσιαστικά για όλα τα κατειλημμένα κτίρια. Για πολλές χιλιετίες, ο έλεγχος αυτός απλά περιοριζόταν στην προσπάθεια να εξασφαλιστεί η επιβίωση κατά τη διάρκεια των ψυχρών χειμώνων. Στο σύγχρονο κόσμο, οι προσδοκίες του θερμικού ελέγχου πηγαίνουν αρκετά πέρα από την επιβίωση και περιλαμβάνουν τις σύνθετες θεωρήσεις για θερμική άνεση και ποιότητα του αέρα, που επηρεάζουν την υγεία, την ικανοποίηση και την παραγωγικότητα των ατόμων που καταλαμβάνουν τους χώρους του κάθε κτιρίου.

Ένα σύστημα θέρμανσης ("H" του HVAC) σχεδιάζεται για να προσθέτει θερμική ενέργεια σε ένα χώρο ή κτίριο, προκειμένου να διατηρείται κάποια επιλεγμένη θερμοκρασία αέρα, η οποία ειδικά δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί λόγω της ροής της θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον (απώλεια θερμότητας). Ένα σύστημα εξαερισμού ("V") έχει ως σκοπό του το να κυκλοφορεί τον αέρα σε ένα χώρο, ώστε να τον κινεί χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει η θερμοκρασία του. Τα συστήματα εξαερισμού μπορούν, και σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει, να χρησιμοποιούνται για να βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και, κατ' αυτόν τον τρόπο, τα επίπεδα άνεσης των ενοίκων.

Ένα σύστημα ψύξης (ή, αλλιώς, δροσισμού), που δεν περιλαμβάνεται ρητά ως έννοια στο αρκτικόλεξο HVAC, σχεδιάζεται για να αφαιρεί θερμική ενέργεια από ένα χώρο ή κτίριο. Αυτό είναι ανάγκη να γίνεται προκειμένου να διατηρείται κάποια επιλεγμένη θερμοκρασία του αέρα, χαμηλότερη συγκριτικά με αυτή που, αλλιώς, θα επικρατούσε λόγω της αναπόφευκτης ροής θερμότητας τόσο από τις εσωτερικές πηγές της, όσο και από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό του χώρου (κέρδος θερμότητας). Οι ψυκτικές διατάξεις εξετάζονται συνήθως ως τμήμα του "AC", σε σχέση με τα αρχικά HVAC. Το "AC" υποδηλώνει τον κλιματισμό (Air-Conditioning).

Ένα σύστημα κλιματισμού, σύμφωνα με τον ορισμό της ASHRAE (Αμερικάνικη Ομοσπονδία των Μηχανικών Θέρμανσης, Κατάψυξης και Κλιματισμού), είναι μία συνάνθρωση συνιστωσών, με μια καθορισμένη δομή και λειτουργία, που πρέπει να εκπληρώνει τέσσερις στόχους ταυτόχρονα. Αυτοί είναι ο έλεγχος:

- της θερμοκρασίας του αέρα,
- της υγρασίας του αέρα,
- της κυκλοφορίας του αέρα και
- της ποιότητας του αέρα.

Αν και η λέξη "έλεγχος" αφορά μια πολύ αόριστη έννοια, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από τον εξαιρετικά ακριβή έλεγχο των εγκαταστάσεων κεντρικών υπολογιστών μέχρι τον έλεγχο για νυχτερινή λειτουργία στις κατοικίες, η απαίτηση από ένα σύστημα κλιματισμού να είναι σε θέση να τροποποιεί ταυτόχρονα και τις ανωτέρω τέσσερις ιδιότητες του αέρα καταδεικνύει το βαθμό της πολυπλοκότητας των εν λόγω συστημάτων. Η φράση "κλιματισμός" συχνά χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια μεγάλη ποικιλία επιπέδων υπηρεσιών, από το μηχανικό εξαερισμό μέχρι τα σύνθετα συστήματα που παρέχουν και τους τέσσερις προαναφερθέντες ελέγχους.

Στον οδηγό αυτό θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα συστήματα κλιματισμού, δεδομένου ότι οι προσδοκίες των ιδιοκτητών και των ενοίκων για πολλούς συνήθεις τύπους κτιρίων τείνουν στις μέρες μας να καταστήσουν αναγκαία τη χρήση αυτής της ευρείας οικογένειας συστημάτων. Τα τοπικά συστήματα μόνο θέρμανσης (όπως οι φορητές ηλεκτρικές θερμάστρες ή οι εστίες), τα συστήματα μόνο εξαερισμού (όπως οι ανεμιστήρες οροφής), αλλά και τα συστήματα αισθητού δροσισμού χρησιμοποιούνται επίσης στα κτίρια και θα γίνει και σε αυτά αναφορά. Έμφαση, εν τούτοις, θα δοθεί στα συστήματα κλιματισμού πολλαπλών λειτουργιών (ή δράσεων).

1.2 Βασικά χαρακτηριστικά

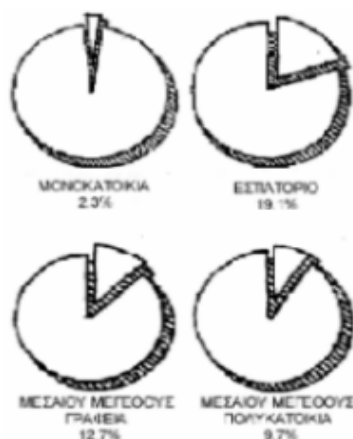
Τα συστήματα HVAC είναι μεγάλης σπουδαιότητας και από την πλευρά του σχεδιασμού ενός κτιρίου στο σύνολό του, για τέσσερις κύριους λόγους. Κατ' αρχήν, τα συστήματα αυτά απαιτούν συχνά σημαντικό χώρο δαπέδου ή/και κτιριακό όγκο για την εγκατάσταση του εξοπλισμού και των διατάξεων διανομής, ζητήματα που πρέπει να διευθετούνται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού. Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται η έκταση αυτών των απαιτήσεων για μια μεγάλη ποικιλία κτιριακών τύπων.

Πίνακας 1. Απαιτήσεις χώρου των συστημάτων HVAC

Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Κατοχή Ανάλογη των			
	Κατοικιών	Ιδρυμάτων	Γραμμών Παραγωγής	Εργαστηρίων
1.000	6%	8%	9%	11%
5.000 - 10.000	4%	6%	7%	10%
50.000	3%	4%	5%	8%

Προσεγγιστικές τιμές που περιλαμβάνουν την απαιτούμενη επιφάνεια για τον κεντρικό εξοπλισμό (ψυκτικές μονάδες, λέβητες, αντλίες) και τον εξοπλισμό για την κυκλοφορία του αέρα (ανεμιστήρες). Όπως προκύπτει, οι απαιτήσεις χώρου των συστημάτων HVAC τείνουν να αυξάνουν αυξανόμενης της πυκνότητας και της πολυπλοκότητας των φορτίων· οι ποσοστιαίες απαιτήσεις χώρου τείνουν να μειωθούν με αυξανόμενο το μέγεθος του κτιρίου. Προερχόμενος από το "Architect's Studio Companion".

Κατά δεύτερο λόγο, τα συστήματα HVAC αποτελούν ένα σημαντικό στοιχείο του προϋπολογισμού για πολυάριθμους συνήθεις κτιριακούς τύπους. Στο σχήμα 1 συνοψίζονται τα ποσοστά δαπανών για συστήματα HVAC επιλεγμένων κτιριακών τύπων. Βεβαίως, η κακή επιλογή του συστήματος κατά τη φάση του σχεδιασμού μπορεί, όχι μόνο να αυξήσει το αρχικό κόστος εγκατάστασης, αλλά και να επιβαρύνει το κόστος λειτουργίας του.



Σχήμα 1. Το κόστος ενός συστήματος HVAC ως ποσοστό του συνολικού κόστους κατασκευής ενός κτιρίου, για επιλεγμένους τύπους κτιρίων.

Ως τρίτη αιτία μπορεί να αναφερθεί το γεγονός ότι, η επιτυχία ή αποτυχία των προσπαθειών για θερμική άνεση σχετίζεται συνήθως άμεσα με την επιτυχία ή αποτυχία των συστημάτων HVAC των κτιρίων. Η επίδοσή τους μάλιστα αξιολογείται αυστηρά από τους ενοίκους των κτιρίων σε καθημερινή βάση. Τα αποδοτικά συστήματα HVAC είναι συχνά το κλειδί για επιτυχή κτίρια. Στον πίνακα 2 συνοψίζονται οι αιτίες που προκαλούν την ενόχληση των ενοίκων σε υπάρχοντα εμπορικά κτίρια και υπογραμμίζεται η σημασία των συστημάτων HVAC προς την κατεύθυνση της ικανοποίησής τους.

Πίνακας 2. Προβλήματα διαχείρισης, λειτουργίας ή σχεδιασμού στα εμπορικά κτίρια

Πηγή του προβλήματος	Σχετική συχνότητα
HVAC	5,4
Ανελκυστήρες	2,7
Σχέδιο κτιρίου	1,5
Αποβάθρες φόρτωσης	1,2
Ποιότητα εσωτερικού αέρα	1,0
Υπηρεσίες καθαρισμού	1,0

Προερχόμενος από το ερευνητικό πρόγραμμα "Office Tenant Moves and Changes", που διευθύνεται από τη Διεθνή Ένωση Ιδιοκτητών και Διαχειριστών Κτιρίων. Για να μελετηθεί η σχετική συχνότητα, προτείνεται ότι τα προβλήματα με τα συστήματα HVAC είναι δύο φορές επικρατέστερα από τα προβλήματα των συστημάτων ανελκυστήρων και πέντε φορές επικρατέστερα από τα προβλήματα των υπηρεσιών καθαρισμού.

Τελευταίος, αλλά όχι ασήμαντος, λόγος είναι ότι, η διατήρηση των κατάλληλων θερμικών συνθηκών μέσω της λειτουργίας ενός συστήματος HVAC, αποτελεί μία σημαντική παράμετρο για την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου. Το σχήμα 2 παρέχει μια ταξινόμηση των ενεργειακών χρήσεων για τυπικές κατοικίες και εμπορικά κτίρια τόσο σε θερμά όσο και σε ψυχρά κλίματα. Είναι γεγονός ότι, η ενέργεια που καταναλώνεται στα κτίρια για θέρμανση, φωτισμό και παροχή υπηρεσιών αποτελεί το μισό από τον ενεργειακό λογαριασμό μιας χώρας. Από την άλλη, υφίσταται ιδιαίτερα ευνοϊκό πεδίο για τη μείωσή της.



Σχήμα 2. Σχετικό ποσοστό της συνολικής ενεργειακής χρήσης ενός κτιρίου που αποδίδεται στη λειτουργία των συστημάτων HVAC για κατοικίες και χώρους γραφείων σε θερμά και κρύα κλίματα.

Έτσι, στα γραφεία που κλιματίζονται, το 30 έως 40% του ενεργειακού λογαριασμού συνήθως αποδίδεται στον κλιματισμό τους και μόνο. Αυτό δεν αντιπροσωπεύει μόνο ένα πολύ σημαντικό κόστος για το μεμονωμένο χρήστη, αλλά και οδηγεί, σε εθνικό επίπεδο, στην εκπομπή εκατομμυρίων τόνων διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο είναι ο σημαντικότερος από τους παράγοντες που συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Εξάλλου, τα CFC, που έχουν χρησιμοποιηθεί παραδοσιακά ως ψυκτικά μέσα, συμβάλλουν επίσης στο περιβαλλοντικό κόστος του κλιματισμού, καθώς, όταν αποδεσμεύονται, προκαλούν τη μείωση του στρώματος όζοντος και έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σε ένα μεγάλο αριθμό κτιρίων, ο πλήρης κλιματισμός των χώρων τους δεν είναι πραγματικά απαραίτητος και μεγάλα ενεργειακά οφέλη μπορούν να επιτευχθούν με τη χρησιμοποίηση μηχανικού ή φυσικού εξαερισμού αντ' αυτού. Η χρήση του μηχανικού εξαερισμού ή του μερικού κλιματισμού (λειτουργία μικτού τρόπου) πρέπει επίσης να εξετάζεται πριν από τη λήψη οποιασδήποτε απόφασης για τον κλιματισμό ολόκληρης της κτιριακής εγκατάστασης. Αυτές οι αποφάσεις πρέπει να λαμβάνονται νωρίς κατά τη διαδικασία σχεδιασμού.

Όπου ο κλιματισμός είναι απαραίτητος, έχει υπολογισθεί από διάφορες μελέτες ότι μέχρι και το 30% του τυπικού ενεργειακού κόστους μπορεί να εξοικονομηθεί εάν ληφθεί πρόνοια για:

- Την κατάλληλη επιλογή του συστήματος.
- Τον ενεργειακά συνειδητό σχεδιασμό της εγκατάστασης.
- Τον καλό έλεγχο του συστήματος.
- Την αποτελεσματική λειτουργία και συντήρηση του συστήματος.

Αυτός ο συνοπτικός οδηγός πραγματεύεται κυρίως τον πρώτο από τους παραπάνω παράγοντες και στοχεύει στους Ενεργειακούς Διαχειριστές του κτιριακού τομέα και τους υποψήφιους χρήστες των συστημάτων αυτών, οι οποίοι στη συνέχεια μπορούν να συζητήσουν σε μεγαλύτερο βάθος τις διάφορες επιλογές με τις ομάδες σχεδιασμού της επιχείρησής τους.

Πρέπει να υπογραμμιστεί, εν τούτοις, ότι ακόμη και το καταλληλότερα επιλεγμένο σύστημα κλιματισμού μπορεί να είναι ακριβό στη λειτουργία του εάν δεν είναι σωστά εγκατεστημένο, ρυθμισμένο, ελεγχόμενο και συντηρούμενο. Για το λόγο αυτό θα δοθούν και αρκετά στοιχεία που, πιστεύεται ότι, θα διευκολύνουν τους εν δυνάμει χρήστες ή σχεδιαστές αυτών των συστημάτων, ώστε να λάβουν κάποια μέτρα ενεργειακής διαχείρισης σε ήδη υπάρχοντα ή υπό σχεδιασμό συστήματα θέρμανσης χώρων, δροσισμού και εξαερισμού.

Τέλος, θα γίνει και μια προσπάθεια να εξηγηθεί η επαγγελματική διάλεκτος επί του θέματος. Στη σχολιασμένη βιβλιογραφία παρέχονται συστάσεις για άλλες πηγές πληροφοριών σχετικές με τα κτιριακά συστήματα HVAC. Θα πρέπει τέλος να αναφερθεί ότι, ο σχεδιασμός των συστημάτων HVAC συσχετίζεται άμεσα και με άλλες λειτουργίες του κτιρίου, που περιλαμβάνουν το σχεδιασμό των συστημάτων φωτισμού, το σχεδιασμό του κτιριακού κελύφους, τη θερμική άνεση, καθώς και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, αλλά βεβαίως δεν περιορίζονται μόνο σ' αυτές.

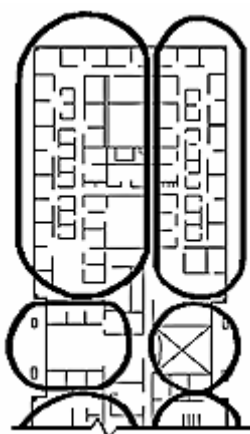
2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

2.1 Χωρισμός σε θερμικές ζώνες

Πέρα από την όποια επιλογή εξοπλισμού έχει γίνει, ή πρόκειται να γίνει, ο διαρκής έλεγχος ενός συστήματος HVAC είναι κρίσιμος για την επιτυχή λειτουργία του. Το ζήτημα του ελέγχου των συστημάτων αυτών οδηγεί στην έννοια του χωρισμού των κτιρίων σε θερμικές ζώνες. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού, μία θερμική ζώνη ορίζεται ως μία περιοχή ενός κτιρίου που απαιτεί χωριστό έλεγχο, εάν πρόκειται να παρασχεθεί με τον αποδοτικότερο δυνατό τρόπο θερμική άνεση στους ενοίκους κάθε περιοχής του κτιρίου. Παραδείγματος χάριν, μπορεί να μην είναι δυνατό να κλιματισθεί επιτυχώς από ένα κοινό σημείο ελέγχου μία υπόγεια περιοχή γραφείων και ένα περιστοιχισμένο με τζαμαρίες αίθριο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η δυναμική των θερμικών φορτίων στους δύο αυτούς χώρους απλά δεν είναι συμβατή.

Προκειμένου να επιτυγχάνεται η επιθυμητή θερμική άνεση, κάθε χώρος πρέπει να τροφοδοτείται με τη δική του διακριτή διάταξη έλεγχου. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα ελέγχου κλίματος πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να μπορεί να ικανοποιήσει διαφορετικές θερμικές ζώνες. Σε ένα υπάρχον κτίριο, μια ζώνη αυτού του είδους προσδιορίζεται εύκολα ως μια περιοχή που λειτουργεί από ένα ενιαίο σημείο ελέγχου (όπως χαρακτηριστικά είναι ένας θερμοστάτης σε ένα ενεργό σύστημα). Ο χωρισμός ενός κτιρίου σε ζώνες αποτελεί περισσότερο αρχιτεκτονική ευθύνη, δεδομένου ότι απαιτεί την κατανόηση των λειτουργιών και των συνθηκών πληρότητας των χώρων του κτιρίου.

Τα δύο βασικά στοιχεία που πρέπει να εξετάζονται κατά την κατάστρωση των θερμικών ζωνών είναι η διαφορετική έκθεση των περιοχών ενός κτιρίου στην ηλιακή ακτινοβολία (π.χ. μια βόρεια πρόσοψη έναντι μιας ανατολικής) και τα διαφορετικά προγράμματα λειτουργίας και απαιτήσεων φορτίου (π.χ. μια περιστασιακά χρησιμοποιούμενη αίθουσα συνελεύσεων ή εστιατορίου έναντι ενός επί μόνιμου βάσεως κατειλημμένου διαμερίσματος γραφείων). Οι θερμικές ζώνες πρέπει να καταστρώνονται πολύ νωρίς στη διαδικασία σχεδιασμού των συστημάτων HVAC. Το σχήμα 3 παρέχει ένα παράδειγμα του θερμικού χωρισμού σε ζώνες, για ένα μεσαίου μεγέθους εμπορικό κτίριο.

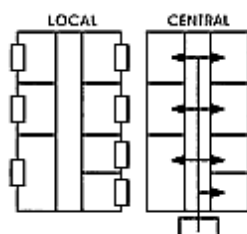


Σχήμα 3. Παράδειγμα του θερμικού χωρισμού σε ζώνες.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι χώροι που έχουν ασύμβατες μεταξύ τους απαιτήσεις υπάγονται σε διαφορετικές ζώνες και ο έλεγχος καθίσταται απλούστερος και, ταυτόχρονα, αποδοτικότερος. Επιπλέον, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί ακόμα περισσότερο με τη βοήθεια ενός κεντρικού συστήματος αυτομάτου ελέγχου, που να διαχειρίζεται αυτόνομα τη θερμοκρασία του μέσου μεταφοράς της θερμότητας

με το οποίο τροφοδοτείται η κάθε ζώνης. Ολόκληρες ζώνες μπορούν να κλείνουν όταν δεν είναι κατειλημμένες, ενώ το υπόλοιπο δίκτυο μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί κανονικά.

Ο χωρισμός των κτιρίων σε θερμικές ζώνες βοηθά και στην επιλογή του συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί για τον κλιματισμό τους. Τα ενεργά συστήματα HVAC μπορούν να σχεδιαστούν για να κλιματίζουν ένα ενιαίο χώρο (ή ένα μέρος ενός χώρου) από μια θέση μέσα ή άμεσα παρακείμενη στον εν λόγω χώρο. Ένα τέτοιο σύστημα είναι γνωστό ως τοπικό σύστημα. Άλλα συστήματα HVAC σχεδιάζονται για να κλιματίζουν τους διάφορους χώρους από μια βασική (κεντρική) θέση. Ένα τέτοιο σύστημα, που αναγνωρίζεται εύκολα από τις συνιστώσες του που απαιτούνται για τη διανομή της ενέργειας κλιματισμού στα όρια των χώρων, είναι γνωστό ως κεντρικό ή συγκεντρωμένο σύστημα. Το σχήμα 4 παρουσιάζει ένα κτίριο όπως κλιματίζεται από τα τοπικά συστήματα και όπως κλιματίζεται από ένα κεντρικό σύστημα. Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τόσο στα τοπικά όσο και στα κεντρικά συστήματα, που συζητούνται στο επόμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 4. Τοπικά έναντι κεντρικών συστημάτων κλιματισμού.

2.2 Μονάδες ενεργειακής αποδοτικότητας

Οι συνιστώσες των συστημάτων HVAC μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις λειτουργικές κατηγορίες: συνιστώσες πηγής, συνιστώσες διανομής και συνιστώσες απόδοσης. Οι συνιστώσες πηγής παρέχουν ένα μέσο ανταλλαγής θερμότητας, στο οποίο προσθέτουν ή από το οποίο αφαιρούν θερμότητα ή/και υγρασία, ανάλογα με την τελική χρήση. Οι συνιστώσες διανομής μεταβιβάζουν το θερμαντικό ή δροσιστικό μέσο από μια θέση πηγής στα μέρη ενός κτιρίου που απαιτούν κλιματισμό. Οι συνιστώσες απόδοσης χρησιμεύουν για τη διασύνδεση μεταξύ του συστήματος διανομής και των κατειλημμένων χώρων.

Τα συμπαγή συστήματα που εξυπηρετούν μόνο ένα χώρο ή μία ζώνη ενός κτιρίου (τοπικά συστήματα) συχνά ενσωματώνουν και τις τρεις λειτουργίες σε ένα κοινό κομμάτι εξοπλισμού. Τα συστήματα που προορίζονται να κλιματίσουν πολλαπλούς χώρους σε ένα κτίριο (κεντρικά συστήματα) συνήθως έχουν ευδιακρίτως διαφορετικές διατάξεις εξοπλισμού για κάθε λειτουργία.

Η επιλογή της πηγής θέρμανσης/ψύξης μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην αποδοτικότητα των συστημάτων HVAC. Η κατάλληλη επιλογή του συστήματος, ο επιδέξιος σχεδιασμός, η σωστή εγκατάσταση και οι κατάλληλες πρακτικές λειτουργίας και συντήρησης θα παίξουν επίσης, με τη σειρά τους, σημαντικό ρόλο στην αποδοτικότητα του συστήματος ως σύνολο. Λόγω του κεντρικού ρόλου τους στη λειτουργία των συστημάτων HVAC, οι συνιστώσες πηγής παίζουν συνήθως τον καθοριστικό ρόλο στη γενική ενεργειακή αποδοτικότητα των συστημάτων αυτών.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορεί να εκφραστεί η αποδοτικότητα μιας πηγής θέρμανσης ή ψύξης. Η κατανόηση των μονάδων μέτρησης της αποδοτικότητας είναι κρίσιμη για το σχεδιασμό ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων.

Η στιγμιαία απόδοση μιας πηγής θερμότητας εκφράζεται σε όρους ενεργειακής αποδοτικότητας· αυτή ορίζεται ως ο λόγος της παραγόμενης ενέργειας προς την ενέργεια που εισάγεται στη μονάδα, όπου η παραγόμενη και η εισαγόμενη ενέργεια πρέπει να είναι εκφρασμένες στις ίδιες μονάδες.

Η απλή δήλωση της αποδοτικότητας υπονοεί συνήθως την αποδοτικότητα σε πλήρες φορτίο (αιχμή). Κατά τη διάρκεια ενός έτους, όμως, ο εξοπλισμός θέρμανσης λειτουργεί συχνότερα σε συνθήκες φορτίου χαμηλότερου από το μέγιστο (πλήρες) φορτίο, έτσι ώστε η μέγιστη αποδοτικότητα να είναι παραπλανητική ως μονάδα μέτρησης. Από την άλλη μεριά, οι εποχιακές αποδοτικότητες, που αφορούν μια χαρακτηριστική περιοχή των συνθηκών λειτουργίας και των φορτίων, είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικές της πραγματικής έννοιας στις περιπτώσεις αυτές.

Αντιθέτως, οι πηγές ψύξης δεν αντιπροσωπεύονται με συνέπεια από την αποδοτικότητά τους. Η ενεργειακή εισαγωγή στις ψυκτικές διατάξεις χρησιμεύει ως καταλύτης για τη μετακίνηση της θερμότητας από μια θέση σε μία άλλη· έτσι, οι τιμές της αποδοτικότητας των ψυκτικών μονάδων μπορεί να υπερβούν το 100%, εάν η παραγόμενη επίδραση είναι συγκρίσιμη με την οδηγό ενεργειακή εισαγωγή. Δεδομένου ότι το να δηλώνεται αποδοτικότητα μεγαλύτερη από 100% είναι ενδεχομένως παραπλανητικό (και θεωρητικά αδύνατο), για την κατάταξη της απόδοσης των συστημάτων ψύξης εν γένει χρησιμοποιείται μία διαφορετική μονάδα, ο συντελεστής απόδοσης (COP).

Ο συντελεστής απόδοσης (COP) των συστημάτων δροσίσιμου (ψύξης) ορίζεται ως το παραγόμενο ψυκτικό φορτίο διαιρούμενο με την ενεργειακή εισαγωγή, όπου η παραγωγή και η εισαγωγή εκφράζονται στις ίδιες μονάδες. Όπως συμβαίνει με τις αποδοτικότητες, έτσι και ο συντελεστής COP μπορεί να εκφραστεί είτε σε στιγμιαία είτε σε εποχιακή βάση. Διάφορες δευτερεύουσες μονάδες μέτρησης της αποδοτικότητας έχουν αναπτυχθεί για να εκφράσουν την αποδοτικότητα του εξοπλισμού στη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας του, καθώς και στις κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Στον πίνακα 3 συνοψίζονται οι συνήθως καθοριζόμενες μονάδες μέτρησης της αποδοτικότητας του εξοπλισμού και παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές αποδοτικότητες των πηγών θέρμανσης και ψύξης, καθώς και τάξεις μεγέθους του συντελεστή απόδοσης, όπως εξάγονται από τα πρότυπα 90.1 της ASHRAE. Τα πρότυπα 90.1 θεωρούνται, βάσει του νόμου Ενεργειακής Πολιτικής των Η.Π.Α. (EPACT) του 1992, ως πρότυπα αναφοράς για τα κτίρια που δεν χρησιμοποιούνται ως κατοικίες (δημόσια, εμπορικά κ.ά.). Παρόμοιες μονάδες μέτρησης της ενεργειακής αποδοτικότητας χρησιμοποιούνται και για τον εξοπλισμό οικιακής κλίμακας.

Υπάρχει εντούτοις μια εν δυνάμει αμφισβήτηση όσον αφορά τις αποδοτικότητες των συστημάτων, δεδομένου ότι ο καθορισμός του ορίου ενός τέτοιου συστήματος έχει επιπτώσεις στην έκβαση της ανάλυσης που ακολουθείται. Παραδείγματος χάριν, τα συστήματα ηλεκτρικής αντίστασης είναι 100% αποδοτικά, όταν ως όριο ανάλυσης θεωρείται το κτιριακό κέλυφος. Εάν το όριο επεκταθεί ώστε να περιλάβει τα συστήματα παραγωγής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, η αποδοτικότητα θα ελαττωθεί ίσως στο 20%, λόγω των ενεργειακών απωλειών που είναι συμφυείς με τις διαδικασίες αυτές.

Το να υφίστανται πάντοτε οι ανάλογες συνθήκες, προκειμένου να γίνονται επί ίσης βάσης οι συγκρίσεις ενεργειακής αποδοτικότητας διαφόρων μονάδων, δεν είναι εύκολη υπόθεση. Έτσι, οι ενεργειακές αποδοτικότητες που τυπικά χρησιμοποιούνται για σχεδιαστικούς λόγους, όσον αφορά τα κτίρια, είναι αποκλειστικά αποδοτικότητες

θέσης, δεν λαμβάνεται δηλαδή υπ' όψη στους υπολογισμούς η προϊστορία της παραγωγής και μεταφοράς της καταναλισκώμενης ενέργειας.

Πίνακας 3. Μονάδες μέτρησης της ενεργειακής αποδοτικότητας των συστημάτων HVAC

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΕΝΝΟΙΑ	ΟΡΙΣΜΟΣ	ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
AFUE	Απόδοση Ετήσιας Εκμετάλλευσης Καυσίμου	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια του εξοπλισμού, διαιρεμένη με την ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια (σε συμβατές μονάδες και συμπεριλαμβανομένων όλων των απωλειών)	80-85%
COP	Συντελεστής Απόδοσης	Παραγόμενο θερμικό ή ψυκτικό φορτίο του εξοπλισμού διαιρεμένο με την κατανάλωση ενέργειας (σε συμβατές μονάδες)	2-4
E	Θερμική Απόδοση	Η παραγωγή του εξοπλισμού διαιρεμένη με την κατανάλωση ενέργειας (σε συμβατές μονάδες)	75-85%
EER	Λόγος Ενεργειακής Απόδοσης	Ψυκτική δυναμικότητα του εξοπλισμού σε BTU/h διαιρεμένη με την κατανάλωση ενέργειας σε WATTS (EER=COPx3.41)	8-10
HSPF	Συντελεστής Απόδοσης Εποχικής Θέρμανσης	Συνολικά παραγόμενο θερμικό φορτίο από μία αντλία θερμότητας κατά την περίοδο κανονικής λειτουργίας της (σε BTU) διαιρεμένη με τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος κατά την ίδια περίοδο (σε Wh)	7
IPLV	Ολοκληρωμένη Τιμή Μερικού Φορτίου	Μία αριθμητική τιμή που εκφράζει την απόδοση σε μερικό φορτίο του εξοπλισμού κλιματισμού (βασισμένη στον EER ή τον COP) σταθμισμένη με τη λειτουργία σε διάφορα μερικά φορτία	3-8
SEER	Λόγος Εποχικής Ενεργειακής Απόδοσης	Συνολικά παραγόμενο ψυκτικό φορτίο από τον εξοπλισμό κλιματισμού κατά την περίοδο κανονικής λειτουργίας του (σε BTU) διαιρεμένη με τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος κατά την ίδια περίοδο (σε Wh)	10

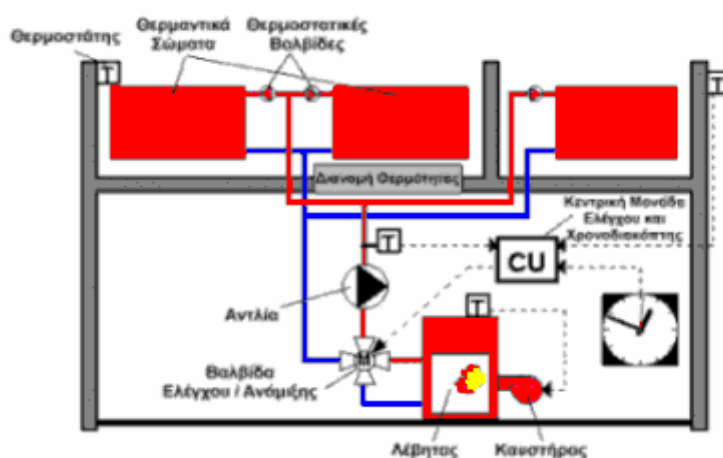
3. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ HVAC

Τα συστήματα HVAC μπορούν να ταξινομηθούν γενικά ως εξής: μόνο θέρμανσης, μόνο εξαερισμού, μόνο δροσισμού ή, τέλος, στα συστήματα κλιματισμού. Στη συνέχεια, όταν γίνεται αναφορά στα συστήματα κλιματισμού, θα εννοούνται τα συστήματα εκείνα που μπορούν κατ' ελάχιστο να παράσχουν δροσισμό του αέρα. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στα περισσότερα κτίρια οι προσδοκίες/απαιτήσεις άνεσης των κατόχων τους απαιτούν εν γένει τη χρήση των συστημάτων κλιματισμού. Τα συστήματα αυτού του είδους αποτελούν το αντικείμενο μελέτης αυτού του κεφαλαίου, αν και θα γίνει αναφορά και στα συστήματα με τις πιο περιορισμένες δυνατότητες.

3.1 Συστήματα θέρμανσης χώρων

Τα συστήματα μόνο θέρμανσης χώρων (βλ. σχήμα 5) στηρίζονται συνήθως σε μία κεντρικά τοποθετημένη θερμαντική μονάδα, στην οποία αυξάνεται η θερμοκρασία του μέσου που χρησιμοποιείται για τη διανομή της θερμότητας στους χώρους που πρέπει να θερμανθούν. Σήμερα πλέον, οι περισσότερες, αν όχι όλες, κτιριακές μονάδες χρησιμοποιούν κεντρική θέρμανση. Ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης αποτελείται από τα παρακάτω κύρια υποσυστήματα:

- Μία μονάδα παραγωγής ή μία ομάδα από τέτοιες μονάδες. Αυτή μπορεί να είναι ένας λέβητας ορυκτού καυσίμου, μία αντλία θερμότητας ή ένας υποσταθμός εναλλαγής θερμότητας, συνδεδεμένος σε ένα σύστημα περιφερειακής θέρμανσης. Πρόσφατα έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται και μονάδες συνδυασμένης παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) για το σκοπό αυτό. Στην περίπτωση των μονάδων ορυκτού καυσίμου, τα καυσαέρια από το λέβητα οδηγούνται στην ατμόσφαιρα μέσω της καμινάδας.
- Ένα δίκτυο αγωγών διανομής, για τη μεταφορά του θερμαινόμενου μέσου, που συνήθως είναι νερό ή ατμός, στους προς θέρμανση χώρους.
- Συσκευές απόδοσης της θερμότητας στο χώρο, οι οποίες διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία και επιλέγονται ανάλογα με τις ανάγκες του θερμαινόμενου χώρου. Αυτές περιλαμβάνουν τα θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ), τα οποία είναι και οι πιο συνηθισμένες από τις συσκευές αυτές, τους μεταγωγείς, αλλά και τους θερμαντήρες πατώματος χαμηλής θερμοκρασίας.



Σχήμα 5. Σχηματική Παράσταση ενός Συστήματος Κεντρικής Θέρμανσης

Η μονάδα παραγωγής του συστήματος τροφοδοτείται με νερό, το οποίο θερμαίνεται και το μετατρέπει σε ζεστό νερό ή ατμό (σε μεγαλύτερα συστήματα). Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται μέσω ενός **λέβητα** που καίει κάποιο ορυκτό καύσιμο. Το καύσιμο μπορεί να είναι πετρέλαιο, αέριο ή ξύλο, το οποίο καίγεται στην κατάλληλη συσκευή, τον καυστήρα. Αυτός είναι εν γένει ενσωματωμένος στο λέβητα και αποτελεί μία πολύ σημαντική για τη σωστή λειτουργία του συστήματος συνιστώσα του.

Εναλλακτικά, σε πολύ μικρότερο όμως βαθμό, χρησιμοποιούνται **κλίβανοι**, οι οποίοι στηρίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας με τους λέβητες. Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι το θερμαντικό μέσο δεν είναι πλέον νερό (ή ίσως ατμός), αλλά αέρας. Ο αέρας, αφού θερμανθεί, κυκλοφορεί μέσω ενός δικτύου αεραγωγών προς τους χώρους ενδιαφέροντος. Οι **αντλίες θερμότητας** είναι ένα άλλο είδος θερμαντικών μονάδων, που γίνεται όλο και πιο δημοφιλές. Σε αυτές, η θερμότητα μεταφέρεται στο εργαζόμενο μέσο από μία δεξαμενή θερμότητας χαμηλής ποιότητας, μέσω ενός κύκλου συμπίεσης ή απορρόφησης.

Στην περίπτωση που υπάρχει ταυτόχρονη ζήτηση για ζεστό νερό και ηλεκτρισμό, είναι συχνά επιθυμητό να εγκατασταθεί μία μονάδα για τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Τέτοιες εγκαταστάσεις επιτυγχάνουν υψηλή απόδοση, καθώς η πλεονάζουσα θερμότητα από τον κύκλο παραγωγής του ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται για τη θέρμανση χώρων και δεν απορρίπτεται ανεκμετάλλευτη στο περιβάλλον. Είναι οι πλέον κατάλληλες μονάδες για την περίπτωση σταθερών φορτίων, τόσο ηλεκτρικών όσο και θερμικών.

Η διανομή της θερμότητας γίνεται μέσω του κατάλληλα προθερμασμένου στην κεντρική μονάδα μέσου, συνήθως νερό, το οποίο στη συνέχεια μεταφέρεται στους θερμαινόμενους χώρους μέσω του δικτύου αγωγών. Εκεί, η θερμότητα αποδίδεται προς χρήση στο χώρο μέσω μίας κατάλληλης συσκευής θέρμανσης (μονάδες απόδοσης), ανάλογα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε χώρου. Η θερμοκρασία του μέσου εναλλαγής θερμότητας πέφτει, καθώς αυτό διέρχεται μέσα από ένα μεγάλο αριθμό μονάδων απόδοσης προς χρήση και συναλλάσσει θερμότητα με τον αέρα των δωματίων. Στο τέλος του βρόχου που δημιουργείται, το θερμαντικό μέσο επιστρέφει στην κεντρική μονάδα για να ξαναζεσταθεί.

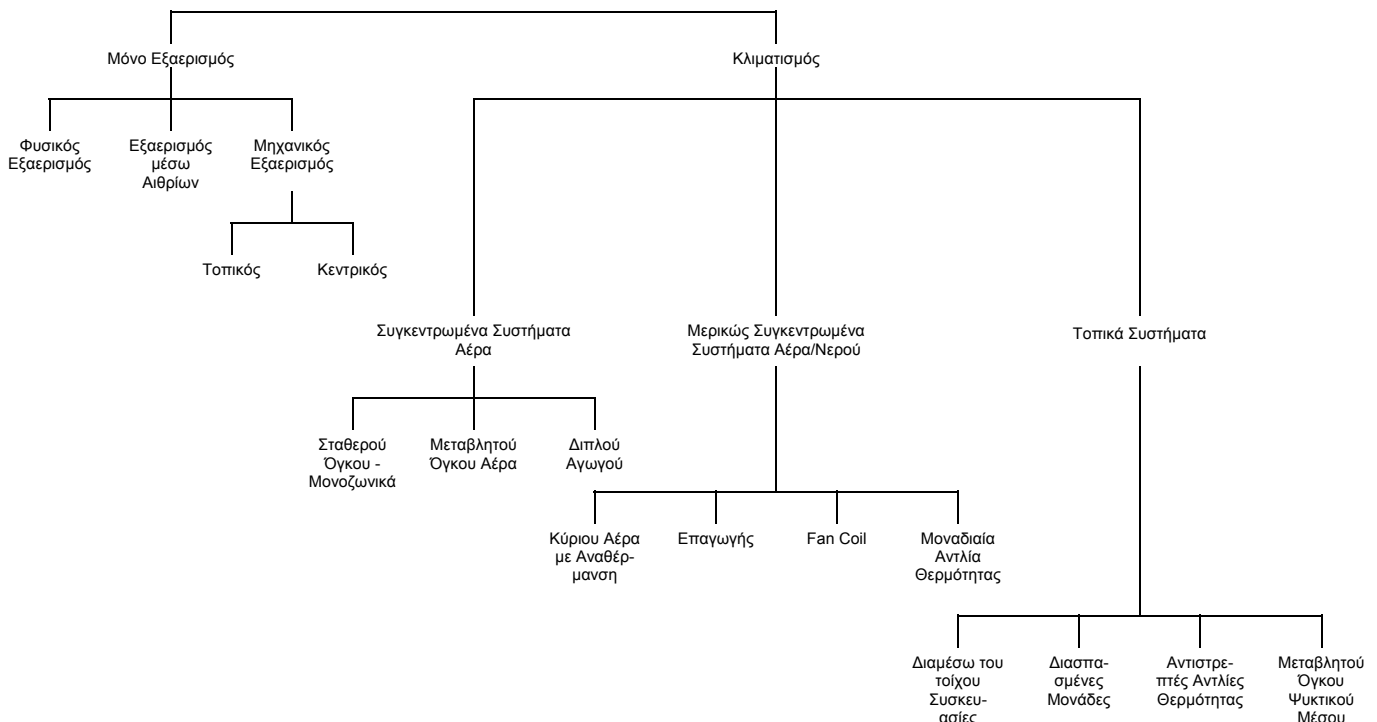
3.2 Οι τεχνικές επιλογές για τον κλιματισμό

Υπάρχουν τρεις γενικοί τύποι συστημάτων κλιματισμού, με πολλές διαθέσιμες παραλλαγές για τον κάθε έναν, όπως φαίνεται στο σχήμα 6:

- **Συγκεντρωμένα (ή κεντρικά) συστήματα αέρα**, στα οποία όλα τα φορτία θέρμανσης ή/και ψύξης παράγονται σε ένα κεντρικό δωμάτιο εγκαταστάσεων και μεταβιβάζονται στα δωμάτια με τη βοήθεια ενός δικτύου αγωγών.
- **Μερικώς συγκεντρωμένα συστήματα αέρα/νερού**, στα οποία ο κεντρικά δροσισμένος ή ζεσταμένος αέρας δροσιζεται ή θερμαίνεται περαιτέρω τη στιγμή που εισέρχεται στα δωμάτια.
- **Τοπικά συστήματα**, στα οποία όλες οι διαδικασίες εκτελούνται τοπικά, στους χώρους που υπάρχει ανάγκη να κλιματισθούν.

Το δυναμικό για παραλλαγές και συνδυασμούς των διαφόρων τύπων συστημάτων περιορίζεται μόνο από τη φαντασία του σχεδιαστή. Παραδείγματος χάριν, στους σχετικά μεγάλους χώρους (εκτεθειμένα γραφεία, αίθουσες υποδοχής ξενοδοχείων, κ.τ.λ.) με εξωτερικούς τοίχους, είναι σύνηθες το να χωρίζεται το σύστημα που σχετίζεται με τον εξωτερικό τοίχο (περίμετρο), όπου η ανάγκη για θέρμανση το χειμώνα μεγιστοποιείται, από αυτό του εσωτερικού διαστήματος. Συχνά, ένα κεντρικό σύστημα αέρα μπορεί να εξυπηρετεί το εσωτερικό, ενώ στην περίμετρο

μπορούν να χρησιμοποιούνται θερμαντικά σώματα ή εντοιχισμένες θερμάστρες. Εναλλακτικά, στις περιπτώσεις αυτές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο χωριστά κεντρικά συστήματα αέρα.



Σχήμα 6. Τύποι των συστημάτων κλιματισμού.

Δεδομένου ότι είναι ευκολότερο να ελεγχθεί η θέρμανση του αέρα από την ψύξη του, τα περισσότερα συγκεντρωμένα και μερικώς συγκεντρωμένα συστήματα θερμαίνουν εκ νέου τον αέρα που ήταν προηγουμένως υπερδροσισμένος. Τα υφιστάμενα απορριπτόμενα θερμικά φορτία μπορούν να ελαχιστοποιηθούν μέσω του προσεκτικού σχεδιασμού και ελέγχου του συστήματος. Στη συνέχεια, θα περιγραφούν οι κύριες επιλογές που μπορεί να έχει, όσον αφορά τα συστήματα κλιματισμού, ένας μελετητής-μηχανικός ή κάποιος δυνητικός χρήστης.

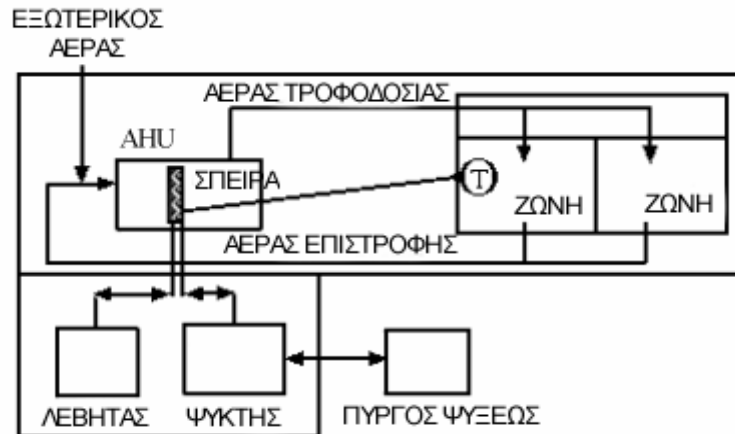
3.2.1 Συγκεντρωμένα συστήματα αέρα

Αυτά τα συστήματα συνήθως κτίζονται γύρω από μια προ-συσκευασμένη μονάδα διαχείρισης του αέρα (AHU), η οποία αποτελείται από έναν ανεμιστήρα και συνδυασμούς σπειρών θέρμανσης ή/και δροσισμού, φίλτρων, υγραντών και αποσβεστήρων ελέγχου. Μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν συσκευασμένες αντλίες θερμότητας και έναν ανεμιστήρα απόρριψης ή/και να έχουν τη δυνατότητα να ανακυκλώνουν τον απορριπτόμενο αέρα πίσω στο κτίριο. Η μονάδα διαχείρισης του αέρα συνήθως τοποθετείται μέσα σε ένα κεντρικό δωμάτιο εγκαταστάσεων, με τις ψυκτικές μονάδες και τους λέβητες τοποθετημένους σε γειτονικές θέσεις.

Όταν ο εξωτερικός αέρας είναι αρκούτως πιο δροσερός από το επιθυμητό επίπεδο, μπορεί να εισαχθεί φρέσκος αέρας απ' ευθείας στον κλιματιζόμενο χώρο και, πλέον, να μην απαιτείται η μηχανική κατάψυξή του από την κεντρική μονάδα. Πρέπει εν γένει να ανιχνεύονται οι δυνατότητες και να διευκολύνεται αυτή η "ελεύθερη ψύξη", προκειμένου να ελαχιστοποιείται η ανάγκη για ψύξη με μηχανικά μέσα. Οι μονάδες διαχείρισης του αέρα μπορούν να διαμορφωθούν κατάλληλα ώστε να εξυπηρετούν μία σειρά από διαφορετικούς τύπους συστημάτων διανομής.

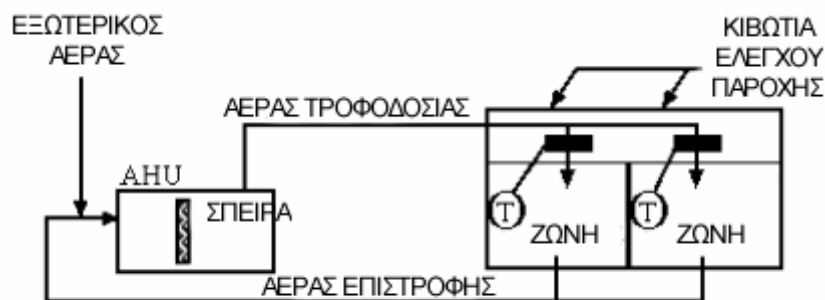
Τα **συστήματα ενιαίας ζώνης σταθερού όγκου** (σχήμα 7) είναι απλά, σχετικά χαμηλού κόστους και εύκολα στην εγκατάσταση, αλλά δεν μπορούν να παράσχουν

επαρκή έλεγχο για τις περιοχές (ζώνες) που παρουσιάζουν διαφορετικές ή/και ταυτόχρονες ανάγκες θέρμανσης ή ψύξης. Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να απαιτηθεί η εισαγωγή διάφορων διαιρούμενων συστημάτων για να εξυπηρετηθούν οι διαφορετικές ζώνες, αυξάνοντας έτσι τις δαπάνες αγοράς και τον απαραίτητο χώρο εγκατάστασης.



Σχήμα 7. Σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος HVAC ενιαίας ζώνης αέρα-αέρα, με ένα χωριστό διαχειριστή αέρα, ένα λέβητα και μία ψυκτική μονάδα.

Με τα **συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα (VAV)**, το πρόβλημα των ζωνών με διαφορετικές απαιτήσεις αντιμετωπίζεται μεταβάλλοντας την ποσότητα του αέρα που παρέχεται σε κάθε ζώνη. Ο αέρας παρέχεται σε μια σταθερή θερμοκρασία μέσω των θερμοστατικά ελεγχόμενων μονάδων απόσβεσης, που ονομάζονται και κιβώτια VAV, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 8. Ο όγκος του αέρα και, συνακόλουθα, η ποσότητα του ψυκτικού φορτίου μεταβάλλεται ώστε να καλύψει τις απαιτήσεις κάθε ζώνης. Υπό κανονικές συνθήκες, υφίσταται η δυνατότητα επαναρρύθμισης της σταθερής θερμοκρασίας του αέρα.



Σχήμα 8. Σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος VAV.

Η χρήση των κιβωτίων VAV σημαίνει ότι η όποια συντήρηση των ίδιων των κιβωτίων, τα οποία βρίσκονται συνήθως τοποθετημένα σε ελεύθερες επιφάνειες στις οροφές των εσωτερικών χώρων, χρειάζεται συχνά να πραγματοποιείται ακόμη και όταν αυτοί είναι κατελιμμένοι. Εντούτοις, οι απαιτήσεις συντήρησης είναι χαμηλές και η συντήρηση καθ' εαυτή δεν αποτελεί σημαντικό εμπόδιο. Μέσα στα πλαίσια της παροχής μεταβλητού όγκου αέρα (VAV), ο σχεδιαστής έχει διάφορες διαθέσιμες επιλογές, συμπεριλαμβανομένων των ανεμιστήρων για την ανακυκλοφορία του αέρα του δωματίου, καθώς και παρακάμψεων για τον αέρα που δεν είναι αναγκαίος, ώστε

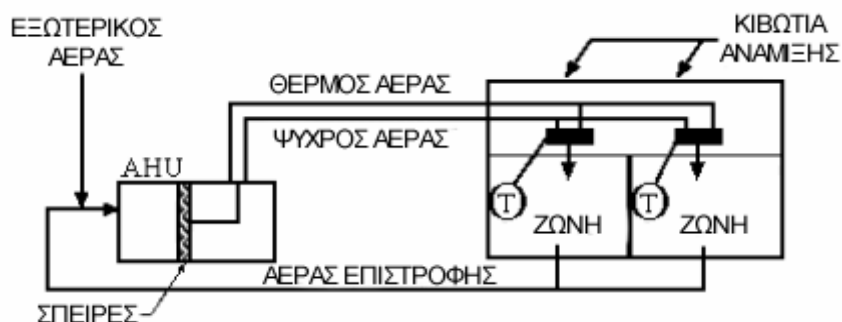
αυτός να διοχετεύεται πίσω στον ανεμιστήρα απόρριψης· λύσεις αυτού του είδους είναι προτιμότερες από την απλή μείωση της ροής.

Οι ανεμιστήρες αναδιανομής περιορίζουν το πρόβλημα της παροχής σημαντικά μεταβαλλόμενων όγκων αέρα μέσω ενός ενιαίου διασκορπιστή, χωρίς τη δημιουργία ρευμάτων, αλλά μπορούν να εισαγάγουν θόρυβο στα δωμάτια και να επιβαρύνουν τις απαιτήσεις συντήρησης. Η παράκαμψη του αέρα από τα κιβώτια VAV δεν έχει επιπτώσεις στην άνεση των ενοίκων και απλοποιεί το σχεδιασμό του συστήματος. Εντούτοις, με αυτήν την προσέγγιση δεν καθίσταται δυνατή η εκμετάλλευση δύο εν δυνάμει πλεονεκτημάτων του συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα, δεδομένου ότι η κεντρική μονάδα παραγωγής του αέρα εξακολουθεί να λειτουργεί σε πλήρες φορτίο.

Είναι γεγονός ότι οι ζώνες δροσισμού δεν απαιτούν τη μέγιστη ψύξη όλες μαζί συγχρόνως· εάν, λοιπόν, η επιλογή της μονάδας διαχείρισης του αέρα γίνει λαμβάνοντας υπ' όψη τις μειωμένες απαιτήσεις μερικών περιοχών, θα μπορέσουν να μειωθούν οι κύριες δαπάνες. Από την άλλη, στις περισσότερες εφαρμογές, η μέγιστη ψύξη απαιτείται για πολύ λίγες ημέρες στη διάρκεια ενός έτους. Έτσι, ένα πραγματικό σύστημα μεταβλητού όγκου αέρα θα έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των απαιτήσεων σε αέρα, κατά τον περισσότερο χρόνο λειτουργίας του συστήματος. Αυτό, με τη σειρά του, θα οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, τόσο από την ελαττωμένη απαίτηση ισχύος των ανεμιστήρων, όσο και από τη μειωμένη ενέργεια για τη θέρμανση και ψύξη του αέρα.

Τα συστήματα VAV είναι κατάλληλα πρωτίστως για τα κτίρια τα οποία παρουσιάζουν απαιτήσεις για ψύξη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Κανονικά θα πρέπει να εμφανίζουν μικρότερες απαιτήσεις σε χώρο από τα ισοδύναμα συστήματα πολλαπλών ζωνών, δεδομένου ότι, βάσει της φιλοσοφίας του σχεδιασμού τους, δεν χρειάζεται να παρέχεται πλήρης ψύξη ταυτόχρονα σε όλες τις ζώνες.

Τα **συστήματα διπλού αγωγού** παρουσιάζουν τη δυνατότητα να ενσωματώνουν τις αρχές είτε του σταθερού είτε του μεταβλητού όγκου αέρα. Όπως υπονοείται από το όνομά τους και παρουσιάζεται στο σχήμα 9, στα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται δύο αγωγοί, ένας που μεταφέρει τον ζεσταμένο και ένας το δροσισμένο αέρα στο χώρο. Εκεί, ο αέρας αναμιγνύεται σε ένα θερμοστατικά ελεγχόμενο κιβώτιο ανάμιξης, που τοποθετείται συνήθως σε μια ψευδοροφή. Αυτά τα συστήματα παρέχουν ακριβή έλεγχο της θερμοκρασίας των δωματίων, αλλά οι κύριες δαπάνες και οι απαιτήσεις τους σε χώρο είναι σχετικά υψηλές, επειδή απαιτούνται δύο σύνολα δικτύων αγωγών. Στα συστήματα διπλού αγωγού, στη σταθερού όγκου μορφή τους, χρειάζεται συχνά να αναμιχθεί ο αέρας που έχει θερμανθεί (με τη χρήση ενέργειας) με αέρα που έχει δροσιστεί (πάλι με τη χρήση ενέργειας). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να σπαταλάται σημαντικό μέρος της ενέργειας για θέρμανση και δροσισμό.



Σχήμα 9. Σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος διπλού αγωγού.

3.2.2 Μερικώς συγκεντρωμένα συστήματα αέρα/νερού

Ο κοινός παράγοντας σε αυτά τα συστήματα είναι ότι χρησιμοποιείται μία κεντρική μονάδα διαχείρισης του αέρα (AHU), όπως περιγράφεται ανωτέρω, αλλά ο περαιτέρω κλιματισμός του δωματίου μπορεί να είναι τοπικά ελεγχόμενος. Τα μερικώς συγκεντρωμένα πολυζωνικά συστήματα και τα συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα επιτρέπουν την ελεύθερη ψύξη, μέσω του ελέγχου απόσβεσης στην κεντρική μονάδα διαχείρισης του αέρα.

Τα **συγκεντρωμένα συστήματα αέρα με αναθέρμανση** (σχήμα 10), τόσο τα σταθερού όσο και τα μεταβλητού όγκου, είναι κατάλληλα για τις περιπτώσεις όπου ο αέρας από τον κεντρικό ανεφοδιασμό πρέπει να θερμαίνεται ή να δροσίζεται περαιτέρω, προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε κλιματισμό των δωματίων· αυτό γίνεται μέσω πρόσθετων σπειρών θέρμανσης ή δροσίσιμου (μπαταρίες). Στα συστήματα σταθερού όγκου, η λειτουργία αυτή βελτιώνει σημαντικά τη δυνατότητα ελέγχου του συστήματος και το δίκτυο των αγωγών μπορεί να διαμορφωθεί κατάλληλα ώστε να εξυπηρετεί χώρους με αρκετά διαφορετικές απαιτήσεις (**πολυζωνικά συστήματα σταθερού όγκου**, βλ. σχήμα 11).



Σχήμα 10. Σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος τερματικής αναθέρμανσης.



Σχήμα 11. Σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος πολλαπλών ζωνών.

Οι σπείρες θέρμανσης ή/και δροσίσιμου μπορεί να βρίσκονται είτε μέσα στους ελεύθερους χώρους της οροφής (μερικώς συγκεντρωμένο σύστημα), είτε στο δωμάτιο της κεντρικής εγκατάστασης (πλήρως συγκεντρωμένο σύστημα). Στην τελευταία περίπτωση, η τοποθέτηση αυτή των σπειρών μπορεί να αυξήσει τις κύριες δαπάνες και τις απαιτήσεις χώρου, δεδομένου ότι οι χωριστοί αγωγοί θα πρέπει να διατρέχουν το διάστημα μεταξύ του δωματίου εγκαταστάσεων και της κάθε ζώνης.

Στα συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα συνήθως χρησιμοποιούνται μόνο σπείρες αναθέρμανσης, τοποθετημένες μέσα στο κιβώτιο VAV (**VAV με αναθέρμανση**). Η

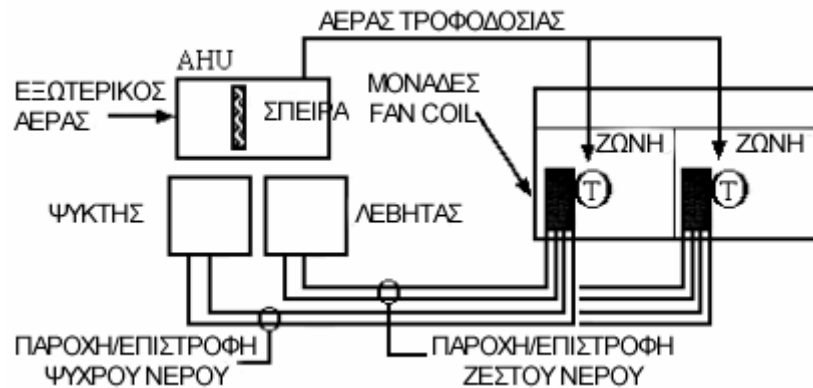
διαμόρφωση αυτή έχει το μειονέκτημα ότι το καυτό νερό πρέπει να διοχετεύεται με σωλήνες στα κιβώτια VAV και, τότε, υφίσταται κάποια πιθανότητα για εμφάνιση διαρροών μέσα στις κατειλημμένες περιοχές. Το σύστημα αυτό, εν τούτοις, παρέχει καλό έλεγχο για τις περιοχές με ευρέως μεταβαλλόμενα θερμοκά φορτία, ενώ η αναθέρμανση εφαρμόζεται μόνο σε κάποια από τα κιβώτια VAV, εκεί όπου οι ανάγκες για θέρμανση είναι μεγάλες, παραδείγματος χάριν στις περιμετρικές περιοχές.

Τα **συστήματα επαγωγής** χρησιμοποιούν τον αέρα από την κεντρική μονάδα διαχείρισης (πρωτογενής αέρας), ο οποίος εγχέεται μέσω ακροφυσίων προκειμένου να προκληθεί κυκλοφορία του αέρα του δωματίου γύρω από μια σπείρα, στην οποία εφαρμόζεται ανάλογα θέρμανση ή δροσισμός. Ο πρωτογενής αέρας περιορίζεται γενικά στην ελάχιστη ποσότητα φρέσκου αέρα που απαιτείται για τον εξαερισμό, με αποτέλεσμα τα συστήματα αυτά να παρέχουν περιορισμένες δυνατότητες για ελεύθερη ψύξη και έλεγχο της υγρασίας.

Το καυτό ή/και κατεψυγμένο νερό παρέχεται σε κάθε δωμάτιο από συστήματα δύο σωλήνων (ένας ανεφοδιασμού και ένας επιστροφής), τριών σωλήνων (παροχές καυτού και κατεψυγμένου νερού, κοινή επιστροφή) ή τεσσάρων σωλήνων (παροχές και επιστροφές καυτού και κατεψυγμένου νερού). Μόνο τα συστήματα τεσσάρων σωλήνων παρέχουν δυνατότητες καλού ελέγχου και αυξημένη ενεργειακή αποδοτικότητα και πρέπει γενικά να προτιμούνται. Ο κεντρικός έλεγχος των συστημάτων επαγωγής είναι περίπλοκος, αλλά οι περισσότερες μονάδες εγκαθίστανται με χειροκίνητα ελεγχόμενες διατάξεις απόσβεσης, για τον έλεγχο της ροής του επανακυκλοφορούμενου αέρα.

Οι απαιτήσεις χώρου των συστημάτων επαγωγής είναι χαμηλές όσον αφορά το κεντρικό δωμάτιο εγκαταστάσεων και το δίκτυο αγωγών· οι ίδιες οι μονάδες απόδοσης τοποθετούνται συχνά κάτω από τα παράθυρα, καταλαμβάνοντας χώρο στο δάπεδο. Επίσης, διατίθενται μονάδες που μπορούν να τοποθετηθούν στην οροφή, οι οποίες όμως δεν είναι ευρέως διαδεδομένες. Κάθε μονάδα επαγωγής απαιτεί συντήρηση και καθαρισμό, που πρέπει να πραγματοποιούνται στους κατειλημμένους χώρους. Ο σφουριχτός ήχος του πρωτογενούς αέρα που εκλύεται από τα ακροφύσια μπορεί επίσης να προκαλέσει κάποια ενόχληση, λόγω του θορύβου, στην κατειλημμένη περιοχή.

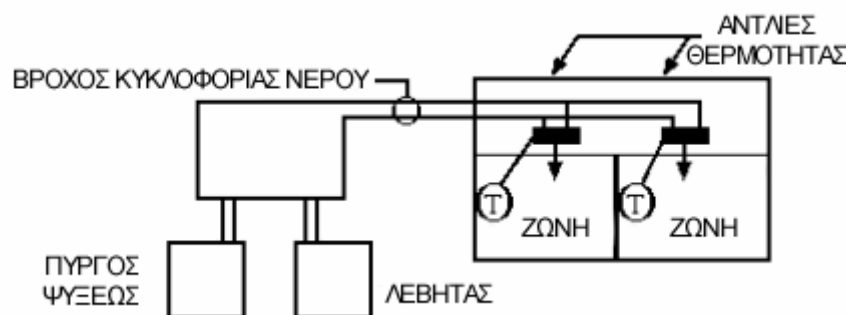
Τα **συστήματα fan-coil** είναι παρόμοια με τις μονάδες επαγωγής, εκτός του ότι σ' αυτά ο αέρας κινείται με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα, αντί να κινείται εξαιτίας του φαινομένου της επαγωγής. Ο φρέσκος αέρας μπορεί να παράσχεται από μία μονάδα διαχείρισης ή να προέρχεται άμεσα από το εξωτερικό περιβάλλον και να διέρχεται μέσω του ανεμιστήρα, όπως φαίνεται στο σχήμα 12. Σε μερικούς τύπους των μονάδων αυτού του είδους, ο φρέσκος αέρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρασχεθεί και ελεύθερη ψύξη, κατά τον τρόπο που περιγράφεται στα προηγούμενα. Οι μονάδες fan coil μπορούν να τοποθετούνται στην περίμετρο ή την οροφή των δωματίων, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι οι σύγχρονοι ανεμιστήρες είναι εκπληκτικά αθόρυβοι. Ο θόρυβος μπορεί παραταύτα να αποτελεί αιτία ενόχλησης, ενώ και η συντήρηση ενός μεγάλου αριθμού τέτοιων μονάδων μπορεί να είναι δύσκολη.



Σχήμα 12. Σχηματικό διάγραμμα μιας μονάδας fan-coil νερού-αέρα.

Τα συστήματα μονάδων επαγωγής και μονάδων fan-coil κανονικά ανεφοδιάζονται πλήρως με φρέσκο αέρα από τη μονάδα διαχείρισης του αέρα. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων σε φρέσκο αέρα και, επομένως, τα συστήματα αυτά χρειάζονται για την ορθή λειτουργία τους πολύ μικρότερο όγκο αέρα από ό,τι ένα ισοδύναμο πολυζωνικό σύστημα. Απαιτούνται επίσης μικρότερα μεγέθη τόσο για τη μονάδα διαχείρισης του αέρα όσο και για τους αγωγούς, αν και τα συστήματα επαγωγής μπορεί να εμφανίζουν αυξημένες, σε σχέση με αυτές των fan-coil, απαιτήσεις σε χώρο λόγω της ανάγκης επαγωγής του αέρα των δωματίων. Στην περίπτωση όπου απαιτείται ταυτόχρονη θέρμανση και δροσισμός από τις μονάδες επαγωγής ή fan-coil, συνιστάται να χρησιμοποιούνται συστήματα τεσσάρων σωλήνων.

Διατίθενται επίσης **μοναδιαία συστήματα αντλιών θερμότητας**, στα οποία χρησιμοποιείται ένας βρόχος νερού σταθερής θερμοκρασίας (δύο σωλήνων) για το καυτό και το κρύο μέσο. Το σχηματικό διάγραμμα μιας αντλίας θερμότητας πηγής νερού παρουσιάζεται στο σχήμα 13. Η θέρμανση (με τη βοήθεια ενός λέβητα) ή η ψύξη (συνήθως από έναν πύργο ψύξεως) παρέχεται στο βρόχο του νερού στην περιοχή του κεντρικού δωματίου εγκαταστάσεων. Οι μονάδες αντλιών θερμότητας, που έχουν ενσωματωμένες και μονάδες fan-coil, χρησιμοποιούν αυτόν το βρόχο για να παράσχουν ή να αφαιρούν θερμότητα, ανάλογα με το εάν απαιτείται θέρμανση ή δροσισμός από τον κλιματιζόμενο χώρο.



Σχήμα 13. Σχηματικό διάγραμμα μιας αντλίας θερμότητας πηγής νερού.

3.2.3 Τοπικά συστήματα

Η φράση “δροσισμός άνεσης” είναι η πιο κατάλληλη για να περιγράψει τα περισσότερα τοπικά συστήματα κλιματισμού, δεδομένου ότι απ’ αυτά παρέχεται στο χώρο συνήθως μόνο ψύξη κατά τους θερινούς μήνες. Άλλες λειτουργίες του κλιματισμού, όπως είναι ο ανεφοδιασμός σε φρέσκο αέρα, ο έλεγχος της υγρασίας και η θέρμανση του χώρου, δεν είναι απαραίτητως διαθέσιμες. Αυτά τα συστήματα

χαρακτηρίζονται από την εγκατάσταση μιας μονάδας ανά κλιματιζόμενη ζώνη, όταν μόνο μερικά μέρη ενός κτιρίου απαιτούν κλιματισμό ή εάν ο κλιματισμός πρόκειται να εισάγεται σε ένα δωμάτιο κάθε φορά.

Οι **διαμέσου του τοίχου συσκευασμένες μονάδες** είναι δημοφιλείς στις Μεσογειακές περιοχές αλλά ασυνήθιστες στις Βορειο-ευρωπαϊκές χώρες. Οι μονάδες αυτές αποτελούνται γενικά από μια μικρού μεγέθους ψυκτική μονάδα, με έναν ενσωματωμένο ανεμιστήρα για την κυκλοφορία του αέρα. Ο αέρας απορροφάται από το χώρο, δροσίζεται καθώς διέρχεται από τη μονάδα και επιστρέφεται στον κλιματιζόμενο χώρο. Η θερμότητα που αφαιρείται από τον αέρα περνά διαμέσω του τοίχου και απορρίπτεται στον εξωτερικό αέρα.

Οι μονάδες είναι απλές, χαμηλού κόστους κτήσεως, εύκολες στη χρήση και προσφέρουν τη δυνατότητα για τοπική ρύθμιση από το χρήστη. Αντιθέτως, οι δυνατότητες ελέγχου της θερμοκρασίας του χώρου είναι φτωχές, λόγω της θέσης των αισθητήρων και της σχετικής δράσης ελέγχου, η οποία γίνεται θέτοντας είτε σε λειτουργία είτε εκτός λειτουργίας τη μονάδα. Επιπλέον, οι μονάδες αυτές απαιτούν μοντάρισμα στον τοίχο, μπορεί να είναι θορυβώδεις και, γενικά, δεν είναι πολύ αποδοτικές. Οι απαιτήσεις συντήρησης ενός μεγάλου αριθμού τέτοιων μονάδων μπορεί να είναι σημαντικές, ενώ οι περισσότερες από αυτές δεν προσαρμόζονται εύκολα σε κάποιο σύστημα κεντρικού ελέγχου. Μερικές μονάδες προσφέρουν δυνατότητα θέρμανσης, με τη βοήθεια ηλεκτρικών στοιχείων, που όμως μπορεί να είναι ενεργοβόρα στη χρήση τους.

Οι **συσκευασμένες “δαιρούμενες μονάδες”** είναι επίσης αρκετά δημοφιλείς. Το τοποθετημένο στο δωμάτιο μέρος των μονάδων μοιάζει εξωτερικά με μια μονάδα fan-coil, αλλά η ψύξη παρέχεται από το ψυκτικό μέσο και όχι από το κατεψυγμένο νερό. Το ψυκτικό μέρος των μονάδων αυτών μπορεί να βρίσκεται μακριά από την κατειλημμένη περιοχή και προσφέρουν δυνατότητες περιπλοκότερου ελέγχου απ' ό,τι οι διαμέσου του τοίχου συσκευασίες. Επίσης, μερικές μονάδες προσφέρονται με συμπίεστές μεταβλητής ταχύτητας, καθώς και με πολύπλοκο, προσαρμοζόμενο έλεγχο θερμοκρασίας με τη βοήθεια κάποιων τοποθετημένων σε απομακρυσμένα σημεία αισθητήρων.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συσκευασμένων δαιρούμενων μονάδων είναι σε μεγάλο βαθμό τα ίδια με αυτά των διαμέσου του τοίχου μονάδων, αλλά ένα μεγάλο μέρος της συντήρησης γίνεται τώρα έξω από την κατειλημμένη περιοχή. Τα πολυδαιρούμενα συσκευασμένα συστήματα αποτελούν επίσης μια επιλογή, στην οποία διάφορα δοχεία ψύξης δωματίων συνδέονται με μια κεντρική μονάδα ψύξης. Ο μεμονωμένος έλεγχος των προαναφερθέντων δοχείων ψύξης δεν είναι γενικά δυνατός με ένα σύστημα αυτού του είδους.

Οι **μεμονωμένες αντιστρέψιμες αντλίες θερμότητας** διατίθενται τόσο ως συστήματα διαμέσω του τοίχου, όσο και ως συσκευασμένες δαιρούμενες μονάδες. Σε αυτές η ψύξη μπορεί να λειτουργήσει και κατά την αντίστροφη φορά, αντλώντας θερμότητα μέσα στο, καθώς επίσης και από το, δωμάτιο. Έχουν δηλαδή τη δυνατότητα να παρέχουν τόσο θέρμανση όσο και ψύξη, όποτε αυτή χρειάζεται.

Τα **συστήματα μεταβλητής παροχής ψυκτικού μέσου** αποτελούν μία σχετικά νέα τεχνολογία. Πρόκειται για μία παραλλαγή των πολυδαιρούμενων συσκευασμένων συστημάτων αντλιών θερμότητας. Διάφορα δοχεία ψύξης δωματίων συνδέονται απευθείας με μια ενιαία υπαίθρια ψυκτική μονάδα. Η παροχή του ψυκτικού μέσου μπορεί να μεταβάλλεται, χρησιμοποιώντας ένα συμπίεστη μεταβλητής ταχύτητας, σε ανταπόκριση στις αλλαγές των απαιτήσεων ψύξης. Ένα περίπλοκο σύστημα ελέγχου επιτρέπει την εναλλαγή μεταξύ των λειτουργιών θέρμανσης και ψύξης.

Στις περισσότερες πολύπλοκες εκδόσεις, μία εσωτερική μονάδα ενός χώρου μπορεί να λειτουργεί στην κατάσταση θέρμανσης ή ψύξης ανεξάρτητα από τις άλλες. Η τελευταία αυτή διαμόρφωση είναι δυνατό να οδηγήσει σε σημαντικά ενεργειακά οφέλη, όταν απαιτούνται ταυτόχρονα θέρμανση και ψύξη σε διαφορετικές ζώνες. Αυτά τα συστήματα μπορεί να πλεονεκτούν στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει διαθέσιμο κεντρικό δωμάτιο εγκαταστάσεων και όταν διάφορες θερμικές ζώνες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις για ψύξη και θέρμανση την ίδια στιγμή. Προσφέρουν μεγάλη ευελιξία, αλλά, όπως συμβαίνει και με όλα τα διανεμημένα συστήματα, οι δαπάνες για τη συντήρησή τους μπορεί να είναι σημαντικές.

3.2.4 Ψυκτικές Μονάδες

Ο εξοπλισμός ψύξης χρησιμοποιείται για να καταψύξει τον αέρα ή το νερό σε όλα τα συστήματα κλιματισμού. Γενικά, χρησιμοποιείται ένα σύστημα μηχανικής συμπίεσης ατμού, αν και τα συστήματα ψύξης κύκλου απορρόφησης πρέπει να εξετάζονται όπου υφίσταται διαθέσιμη απόβλητη θερμότητα, π.χ. από μία μονάδα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού-Θερμότητας (ΣΗΘ - Αγγλική ονομασία: CHP).

Υπάρχουν διάφορα βασικά ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπίζονται στη φάση της επιλογής εξοπλισμού αυτού του είδους. Κατ' αρχήν, μπορεί η ψυκτική εγκατάσταση να αποφευχθεί εντελώς ή μήπως μπορεί να περιοριστεί η χρήση της, χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα την τεχνική της ελεύθερης ψύξης; Διάφορες μεθοδολογίες είναι διαθέσιμες σ' αυτήν την περίπτωση. Κατά δεύτερο λόγο, εάν τελικά κριθεί ότι είναι απολύτως απαραίτητη μία ψυκτική μονάδα, στη συνέχεια θα πρέπει να εξετάζεται το κατά πόσο αυτή είναι αποδοτική.

Η αποδοτικότητα της ψύξης είναι ένα σύνθετο θέμα και πέρα από το πεδίο του παρόντος χωρίου, αλλά είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η διαφορά των λειτουργικών εξόδων μεταξύ ενός καλού και ενός κακού συστήματος μπορεί να είναι τουλάχιστον 50%. Τέλος, είναι το ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιείται περιβαλλοντολογικά αποδεκτό; Το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ και ο κανονισμός 594/91 της Ε.Ε. απαιτούν την παύση της παραγωγής των CFC μετά από το 1996 και το 1997, αντίστοιχα.

4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Η πείρα έχει δείξει ότι η επιλογή συστημάτων κλιματισμού γίνεται συχνά μόνο αφού έχουν ληφθεί οι αποφάσεις σχετικά με το μέγεθος του χώρου εγκατάστασης, το χώρο που θα καταλαμβάνουν οι αγωγοί, τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα, κ.τ.λ. Αυτό αποκλείει συχνά κάποιες ενεργειακά αποδοτικές επιλογές που, σε διαφορετική περίπτωση, θα ήταν πολύ κατάλληλες.

Εξίσου σημαντικά ζητήματα που θα πρέπει να εξετάσει ο δυνητικός χρήστης αναδεικνύονται από τις ερωτήσεις που παρατίθενται στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου. Οι απαντήσεις που θα δοθούν στις ερωτήσεις αυτές θα βοηθήσουν, κατ' αρχήν, στη διαπίστωση της αναγκαιότητας εγκατάστασης ενός συστήματος κλιματισμού και, στη συνέχεια, εάν η αναγκαιότητα αυτή αποδειχθεί, στον προσδιορισμό του πιο κατάλληλου τύπου συστήματος για την εν λόγω εφαρμογή. Αυτές οι ερωτήσεις πρέπει να απαντηθούν όσο το δυνατό νωρίτερα κατά το σχεδιασμό του κτιρίου και των συστημάτων του.

4.1 Ερωτήσεις κλειδιά

4.1.1 Ποιες είναι οι απαιτήσεις σας;

Στα μεγάλα και σύνθετα κτίρια, οι διαφορετικές θερμικές απαιτήσεις ορισμένων τμημάτων τους μπορούν να υποδείξουν ότι τα αυτόνομα συστήματα είναι κατάλληλα για κάποια διακριτά μέρη τους. Αυτό δεν είναι ασυνήθιστο. Σε μερικές περιστάσεις, παραδείγματος χάριν στα κέντρα των πόλεων και σε άλλες θορυβώδεις και μολυσμένες περιοχές, είναι ανεπιθύμητο να ανοίγουν τα παράθυρα ενός κτιρίου. Αυτό δε σημαίνει ότι απαιτείται απαραίτητως κλιματισμός, δεδομένου ότι σ' αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να είναι εφαρμόσιμες και αποδεκτές κάποιες τεχνικές μηχανικού εξαερισμού. Όπου δεν υπάρχουν προβλήματα αυτού του είδους, πρέπει να εξετάζονται σοβαρά τόσο τα ψυχολογικά πλεονεκτήματα του ανοίγματος των παραθύρων, όσο και ο ρόλος που μπορούν αυτά να παίξουν στο φυσικό εξαερισμό και την ψύξη.

i. Πρέπει να ληφθεί μέριμνα στην εφαρμογή σας για υψηλά θερμικά φορτία που εμφανίζονται επί μονίμου βάσεως και για μεγάλα χρονικά διαστήματα;

Πολλές εφαρμογές κλιματισμού απαιτούνται απλά για να παράσχουν άνετες συνθήκες διαβίωσης για τους ανθρώπους σε ένα δωμάτιο. Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, εν τούτοις, ιδιαίτερως υψηλά θερμικά φορτία υφίστανται μέσα σε κάποιους χώρους, όπως για παράδειγμα στις εγκαταστάσεις παραγωγής, από ηλεκτρονικό εξοπλισμό (π.χ. κεντρικοί υπολογιστές μεγάλης ισχύος), λόγω της υψηλής πυκνότητας παρουσίας ανθρώπων σε μία αίθουσα ή εξαιτίας κάποιας άλλης ιδιαίτερης πηγής θερμότητας. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, είναι πιθανό να απαιτείται κάποια μορφή δροσισμού του αέρα των χώρων. Ο εξαερισμός που χρησιμοποιεί μόνο τον περιβαλλοντικό αέρα δεν θα είναι σε θέση να αντιμετωπίσει τέτοια φορτία. Θα πρέπει να εξεταστεί εάν τα ίδια τα φορτία μπορούν να μειωθούν.

ii. Απαιτείται στην εφαρμογή σας ο ακριβής έλεγχος της υγρασίας;

Ο ακριβής έλεγχος της υγρασίας απαιτείται σε μερικές εφαρμογές, παραδείγματος χάριν όταν υπάρχει ανάγκη να προστατευθεί κάποιου είδους ηλεκτρονικός εξοπλισμός, μαγνητικές ταινίες ή δίσκοι, βιβλία και άλλα ευαίσθητα υλικά. Η υγρασία μετριέται σε μονάδες σχετικής υγρασίας. Οι περισσότεροι άνθρωποι αισθάνονται απολύτως άνετα μέσα σε μια περιοχή σχετικής υγρασίας μεταξύ 40 και 70%. Στις συνήθεις καιρικές συνθήκες, εάν ο κλιματισμός είναι ρυθμισμένος έτσι ώστε το καλοκαίρι να διατηρείται μια θερμοκρασία 23°C, η παραπάνω ζώνη άνεσης για την

υγρασία δεν ξεπερνιέται για περισσότερο από μερικές ώρες, σε μία ή δύο ημέρες ενός τυπικού ημερολογιακού έτους, ακόμη και στα πιο υγρά μέρη του πλανήτη μας.

Ο θερμός αέρας γίνεται αισθητός ως ξηρότερος από τον πιο δροσερό αέρα, εάν σ' αυτούς υφίσταται η ίδια ποσότητα νερού. Ο περιστασιακά υπερβολικά ξηρός αέρας μπορεί να προκαλέσει προβλήματα με το στατικό ηλεκτρισμό και την αναπνοή. Ως εκ τούτου, σε μερικές περιπτώσεις, υπάρχει ανάγκη να αυξηθεί η σχετική υγρασία με τη βοήθεια μηχανικών μέσων. Η εφύγρανση του αέρα επιβάλλει ένα σημαντικό καθήκον συντήρησης των μονάδων που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό, ενώ οι κίνδυνοι από τους κακώς λειτουργούντες υγραντές περιλαμβάνουν τον πυρετό των υγραντών, τη νόσο των λεγεωνάριων και το σύνδρομο του "αρρωστημένου κτιρίου".

iii. Είναι αποδεκτό η θερμοκρασία του χώρου σας να φθάνει τους 28°C στις λίγες ώρες κάθε έτους κατά τις οποίες οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος φθάνουν σε αυτό το επίπεδο;

Στα θερμότερα μέρη της Βόρειας Ευρώπης, η θερμοκρασία περιβάλλοντος υπερβαίνει τους 28°C για 10 μόνο ώρες και τους 25°C για 40 μόνο ώρες σε ένα χαρακτηριστικό έτος. Ακόμα και όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι 28°C, η θερμοκρασία μέσα στο κτίριο μπορεί να είναι αρκετά χαμηλότερη. Κατά τους θερμούς μήνες, η ενόχληση των ενοίκων μέσα στα κτίρια μπορεί να οφείλεται και σε άλλους παράγοντες, εκτός από τη θερμοκρασία και την υψηλή υγρασία, όπως είναι η έλλειψη κίνησης του αέρα και το άμεσο ηλιακό φως. Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα εξαερισμού, που μπορεί να περιλαμβάνει ανοιγόμενα παράθυρα και εξωτερική συγκάλυψη της ηλιακής ακτινοβολίας, μπορεί να υπερνικήσει αυτό το πρόβλημα. Έτσι, σε πολλές περιπτώσεις, η ανάγκη για κλιματισμό μπορεί να εξαληφθεί συνολικά με την αφαίρεση των άλλων αιτιών της ενόχλησης (παθητικός τρόπος αντιμετώπισης).

iv. Το κτίριο σας περιλαμβάνει μεγάλα εκτεθειμένα γραφεία;

Οι μεγάλοι εκτεθειμένοι χώροι περιορίζουν τους τύπους των εγκαταστάσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται η χρήση συγκεντρωμένων συστημάτων (ή μερικώς συγκεντρωμένων) ακόμη και σε σχετικά μικρά κτίρια. Στις περιπτώσεις όπου υπάρχει το ενδεχόμενο να χωριστεί αργότερα κάποιος ανοικτός χώρος σε μικρότερους, η ευελιξία αποτελεί σημαντική παράμετρο και τα συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα (VAV) είναι συνήθως αυτά που απαιτούν το μικρότερο κόστος για να τροποποιηθούν.

v. Η εφαρμογή σας απαιτεί ιδιαίτερα μεγάλους όγκους φρέσκου αέρα;

Σε ορισμένες συγκεκριμένες εφαρμογές, ο χώρος που πρέπει να κλιματισθεί απαιτεί μεγάλους ποσότητες (όγκους) φρέσκου αέρα, δηλαδή αέρα του περιβάλλοντος. Αυτό ισχύει για παράδειγμα στα νοσοκομεία, τα εργαστήρια, καθώς και σε ορισμένες εφαρμογές της βιομηχανίας τροφίμων.

4.1.2 Πόσο θα κοστίσει το σύστημα για να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει;

Στον πίνακα 4 συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των διαφορετικών τύπων συστημάτων κλιματισμού και στον πίνακα 5 δίνονται, για λόγους σύγκρισης, κάποιες ενδεικτικές δαπάνες που απαιτούνται για την αγορά και τη λειτουργία τους (σε τιμές Μεγάλης Βρετανίας). Αυτές αντιπροσωπεύουν τις πολύ γενικευμένες δαπάνες για σχετικά σύγχρονες, καλά ελεγχόμενες, μεσαίες έως μεγάλες εγκαταστάσεις γραφείων, ενώ τα ανάλογα ποσά για άλλες, πιο εξειδικευμένες εγκαταστάσεις μπορούν να διαφέρουν πολύ από τους αριθμούς που παρουσιάζονται. Υπάρχουν τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού ενός συστήματος για να υπολογισθούν οι δαπάνες κλιματισμού. Έχοντας καθορίσει τις

σχετικές κύριες και λειτουργικές δαπάνες του συστήματος, το επόμενο βήμα είναι να καθοριστεί εάν αυτές είναι κοντά στις χαμηλότερες εμπορικές τιμές.

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά των συστημάτων κλιματισμού

Συστήματα				Απαιτούμενος Χώρος			Συντήρηση			Μικτή Λειτουργία	Διανομή Αέρα
	Επίπεδο Ελέγχου	Φιλτράρισμα	Επίπεδο Θορύβου	Δωμάτιο Εγκαταστάσεων	Γραφείων	Αγωγών	Έλεγχος Υγρασίας	Τοπική ή Κεντρική	Βαθμός Εμπειρίας		
Συγκεντρωμένα											
Εξαερισμός και Θέρμανση - Όχι Κλιματισμός	Καλό	Καλό	Χαμηλό	Μεγάλος	Μικρός	Μεγάλος	Ουδείς	Κεντρική	Μέτριος	Ναι	Πολύ Καλή
Σταθερού Όγκου (Μονοζωνικά)	Πολύ Καλό	Καλό	Χαμηλό	Μεγάλος	Ουδείς	Μεγάλος	Πολύ Καλός	Κεντρική	Υψηλός	Ναι	Πολύ Καλή
Μεταβλητού Όγκου Αέρα (VAV)	Πολύ-πλοκο	Καλό	Χαμηλό	Μεγάλος	Ουδείς	Μεγάλος	Καλός	Και τα Δύο	Υψηλός	Ναι	Πολύ Καλή
Διπλού Αγωγού	Καλό	Καλό	Χαμηλό	Μεγάλος	Ουδείς	Πολύ Μεγάλος	Καλός	Και τα Δύο	Υψηλός	Ναι	Καλή
Μερικώς Συγκεντρωμένα Αέρα/Νερού											
Συγκεντρωμένου Αέρα με Αναθέρμανση	Καλό	Καλό	Χαμηλό	Μεγάλος	Ουδείς	Μεγάλος	Καλός	Και τα Δύο	Υψηλός	Ναι	Καλή
Μονάδες Επαγωγής	Πτωχό	Πτωχό	Πιθανώς Υψηλό	Μικρός	Ουδείς ή Μέτριος	Μέτριος	Περιορισμένος	Και τα Δύο	Υψηλός	Ναι	Πτωχή
Μονάδες Fan Coil	Καλό	Πτωχό	Πιθανώς Υψηλό	Μικρός	Ουδείς ή Μέτριος	Μέτριος	Περιορισμένος	Και τα Δύο	Υψηλός	Ναι	Μέτρια ως Καλή
Μοναδιαία Αντλία Θερμότητας	Καλό	Πτωχό	Πιθανώς Υψηλό	Μικρός	Μέτριος	Μικρός	Ουδείς	Και τα Δύο	Υψηλός	Ναι	Πτωχή
Τοπικά											
Θέρμανση και τοπικός Εξαερισμός-Όχι Κλιματισμός	Πιθανώς Καλό	Πιθανώς Καλό	Πιθανώς Υψηλό	Ουδείς	Μικρός	Ουδείς ή Μικρός	Ουδείς	Τοπικός	Χαμηλός	Ναι	Πιθανώς Καλή
Διαμέσω του Τοίχου Μονάδες	Μόνο Τοπικά	Πτωχό	Υψηλό	Ουδείς	Μέτριος	Ουδείς	Ουδείς	Τοπικός	Υψηλός	Ναι	Πτωχή
Διασπασμένα Συστήματα	Μόνο Τοπικά	Πτωχό	Υψηλό	Μικρός	Ουδείς ή Μέτριος	Ουδείς	Ουδείς	Τοπικός	Υψηλός	Ναι	Πτωχή
Μεμονωμένες Αντιστρεπτές Αντλίες Θερμότητας	Μόνο Τοπικά	Πτωχό	Υψηλό	Μικρός	Μέτριος	Ουδείς	Ουδείς	Και τα Δύο	Υψηλός	Ναι	Πτωχή
Μεταβλητού Όγκου Ψυκτικού Μέσου	Καλό	Πτωχό	Πιθανώς Υψηλό	Μικρός	Ουδείς ή Μέτριος	Ουδείς	Ουδείς	Και τα Δύο	Υψηλός	Ναι	Μέτρια

Σ.Σ.: Τα συστήματα μόνο εξαερισμού και θέρμανσης παρατίθενται για σύγκριση με τα συστήματα κλιματισμού.

Πίνακας 5. Δαπάνες των συστημάτων κλιματισμού

Συστήματα	ΚΟΣΤΟΣ			Εκπομπές CO ₂ kg/m ² /έτος
	Επένδυσης £/m ²	Ενέργειας £/m ² /έτος	Συντήρησης	
Συγκεντρωμένα				
Εξαερισμός και Θέρμανση - Όχι Κλιματισμός	100	1.9	Μέτριο	30
Σταθερού Όγκου (Μονοζωνικά)	160	3.0	Μέτριο	50
Μεταβλητού Όγκου Αέρα (VAV)	180	2.4*	Μέτριο έως Υψηλό	40*
Διπλού Αγωγού	210	3.4	Μέτριο	55
Μερικώς Συγκεντρωμένα Αέρα/Νερού				
Συγκεντρωμένου Αέρα με Αναθέρμανση	200	3.1	Μέτριο έως Υψηλό	50
Μονάδες Επαγωγής	160	3.2	Υψηλό	50
Μονάδες Fan Coil	170	3.2	Υψηλό	50
Μοναδιαία Αντλία Θερμότητας	130	3.2	Μέτριο έως Υψηλό	55

Τοπικά				
Θέρμανση και τοπικός Εξαερισμός - Όχι Κλιματισμός Διαμέσω του Τοίχου Μονάδες	90	1.1	Χαμηλό	17
	70**	3.5	Χαμηλό	75
Διασπασμένα Συστήματα	85**	3.5	Μέτριο έως Υψηλό	75
Μεμονωμένες Αντιστρεπτές Αντλίες Θερμότητας	110	3.0	Μέτριο έως Υψηλό	55
Μεταβλητού Όγκου Ψυκτικού Μέσου	130	2.8	Μέτριο έως Υψηλό	50

* = Σύστημα που έχει τροφοδοτηθεί με ανεμιστήρα μεταβλητής ταχύτητας

** = Αφαιρούμενης της διακριτής παροχής θερμότητας

Οι δύο ανωτέρω πίνακες ελήφθησαν από τον οδηγό: “Selecting Air-conditioning Systems”, που έχει εκδοθεί στα πλαίσια του προγράμματος Best Practice του Energy Efficiency Office της Μεγ. Βρετανίας. Τα παραδείγματα αυτά είναι μόνο ενδεικτικά και, πριν γίνουν σωστές συγκρίσεις, θα πρέπει να γίνονται ακριβείς υπολογισμοί. Οι αριθμοί και η κατάταξη των συστημάτων μπορούν να επηρεασθούν από τη χρήση του κτιρίου και το σχεδιασμό του επιλεγμένου συστήματος. Το κόστος κεφαλαίου δε συμπεριλαμβάνει τις εργασίες στο κτίριο που θα πρέπει να γίνουν, ούτε τα συστήματα κεντρικής διαχείρισης. Τα συστήματα μόνο εξαερισμού και μόνο θέρμανσης παρατίθενται για σύγκριση με τα συστήματα κλιματισμού, οι δε επιφάνειες που αναφέρονται στον πίνακα 5 αφορούν τη συνολική έκταση του κτιρίου όπως μετράται στο εσωτερικό του κτιριακού κελύφους, δηλαδή την καθαρή επιφάνεια ορόφου, όπως αλλιώς ονομάζεται.

4.1.3 Ποιό είναι το κόστος των εναλλακτικών λύσεων;

Αξιολογώντας προσεκτικά όλες τις σχετικές εναλλακτικές λύσεις που μπορεί να υφίστανται, είναι δυνατό να εξοικονομηθεί το 20% ή περισσότερο των δαπανών για την αγορά και τη λειτουργία ενός συστήματος κλιματισμού. Όπως παρουσιάσθηκε στα προηγούμενα, η επιλογή του συστήματος για μια ιδιαίτερη εφαρμογή είναι σύνθετη, επηρεαζόμενη κυρίως από τη χρήση του κτιρίου και από άλλα πρακτικά ζητήματα, καθώς επίσης και από το μέγεθος των χώρων που θα κλιματισθούν. Επιπλέον, οι ανά τον κόσμο επιστημονικές οργανώσεις έχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με τα επίπεδα άνεσης των ενοίκων, τη σημασία της ενέργειας και του περιβάλλοντος, αλλά και διαφορετικά κριτήρια για την ενεργειακή αποδοτικότητα μιας επένδυσης. Όπως γίνεται αντιληπτό, εν γένει δεν είναι δυνατό να παρασχεθούν συγκεκριμένες γενικές οδηγίες επί του θέματος.

4.1.4 Το σύστημά σας βελτιστοποιείται;

Η απλή επιλογή του πιο κατάλληλου τύπου συστήματος δεν επιλύει το πρόβλημα στο σύνολό του. Το σύστημα πρέπει έπειτα να σχεδιαστεί κατάλληλα, ειδάλλως πολλά από τα οφέλη που προέκυψαν από την επιλογή θα χαθούν. Η τεχνική βελτιστοποίηση είναι σχετικά περίπλοκη, αλλά οι τεχνικοί σύμβουλοι πρέπει να είναι σε θέση να βοηθούν τους εν δυνάμει χρήστες στο σημείο αυτό. Τα βασικά σημεία που πρέπει να εξετάζονται είναι τα ακόλουθα:

- Η μείωση των απαιτήσεων για ψύξη.
- Η βελτιστοποίηση των θερμοκρασιών του αέρα/νερού και των παροχών τους.
- Η επιλογή των πιο αποδοτικών συνιστωσών.
- Η ανίχνευση των δυνατοτήτων για ελεύθερη ψύξη.

Η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού μπορεί να μειώσει σημαντικά το μακροπρόθεσμο κόστος της εγκατάστασης. Μερικές κατηγορίες εξοπλισμού σήμερα είναι τόσο πολύ αποδοτικές, που το αυξημένο κόστος εγκατάστασής τους αντισταθμίζεται σε σύντομο χρονικό διάστημα από το μειωμένο κόστος λειτουργίας τους. Αυτό το γεγονός πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη όταν γίνεται προμήθεια νέου εξοπλισμού, είτε πρόκειται για ένα εντελώς καινούργιο σύστημα είτε για την αντικατάσταση ενός υπάρχοντος.

4.2 Επιλογή συστήματος θέρμανσης χώρων

Εάν ακολουθηθεί η παραπάνω λογική για την επιλογή των μονάδων παραγωγής ενός συστήματος θέρμανσης χώρων, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες πρέπει να εξετάζεται σοβαρά η εγκατάσταση αντλιών θερμότητας. Ειδικότερα, όταν στα υπάρχοντα σχέδια περιλαμβάνεται, εκτός από τη θέρμανση, και η ψύξη των χώρων, οι αντλίες θερμότητας μπορούν να καταστούν πολύ αποδοτικές. Επίσης, με αυτές μπορεί να ανακτάται η περίσσεια θερμότητας από άλλες διατάξεις του συστήματος, η οποία αλλιώς θα έπρεπε να αποβληθεί στο περιβάλλον, βελτιώνοντας έτσι περαιτέρω το βαθμό απόδοσης του συστήματος.

Στις περιπτώσεις που εξετάζεται η πιθανότητα αυτοπαραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, οι μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και θερμότητας (ΣΗΘ) είναι οι πλέον κατάλληλες. Η λύση αυτή μπορεί να είναι πολύ ελκυστική, ακόμα και στις περιπτώσεις εκείνες όπου το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται κοστίζει το ίδιο με αυτό που παρέχεται από την ηλεκτρική εταιρεία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, με αυτή τη διάταξη, η πλεονάζουσα θερμότητα που παράγεται στη θερμική μηχανή χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού κυκλοφορίας, αντί να χρειάζεται να παράγεται θερμότητα ειδικά για το σκοπό αυτό.

Προκειμένου να εκτιμηθεί ορθά η οικονομική βιωσιμότητα μιας τέτοιας λύσης, πρέπει να γίνει προσεκτικά ο υπολογισμός του λόγου του ηλεκτρικού ρεύματος προς τη θερμότητα που απαιτούνται, καθώς και του κόστους αγοράς και λειτουργίας της μονάδας ΣΗΘ. Εντούτοις, στις περισσότερες των περιπτώσεων θα γίνει εγκατάσταση λέβητα ή λεβήτων, όπως είναι η συνήθης πρακτική. Και σε αυτές τις περιπτώσεις, όμως, υπάρχουν πολλές διαφορετικές δυνατότητες επιλογής. Κατ' αρχήν, ένας λέβητας συμπύκνωσης είναι, κατά πάσα πιθανότητα, η καλύτερη λύση όσον αφορά το βαθμό απόδοσης.

Ένας λέβητας συμπύκνωσης, εξαιτίας του υψηλού βαθμού απόδοσής του, οδηγεί σε μία μέση εξοικονόμηση στο κόστος του καυσίμου της τάξης του 15%. Με τόσο υψηλή εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει ότι μπορεί να είναι οικονομικά συμφέρουσα και η αντικατάσταση ενός υπάρχοντος λέβητα από έναν άλλο τύπου συμπύκνωσης. Εάν κάτι τέτοιο δεν προκύψει ότι ισχύει, με την προσθήκη ενός στοιχείου συμπύκνωσης σε έναν υπάρχοντα λέβητα μπορεί να αποδοθεί σ' αυτόν ένα σημαντικό μέρος της προαναφερθείσας δυνατότητας για εξοικονόμηση ενέργειας και, συνεπώς, χρημάτων.

Εξάλλου, στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογών είναι κατάλληλη, αλλά και συμφέρουσα, η εγκατάσταση ενός πολυβάθμιου λέβητα ή ενός συνδυασμού μικρότερων και μεγαλύτερων λεβήτων. Πολύ σπάνια το φορτίο είναι αρκετά σταθερό για την ικανοποιητική κάλυψή του από ένα μεγάλο λέβητα, καθώς οι εποχιακές, εβδομαδιαίες ή ωριαίες διακυμάνσεις είναι πολύ συνηθισμένες. Συνήθως, το φορτίο μπορεί να καλύπτεται πιο αποδοτικά όταν χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα και παράγεται από μονάδες μικρότερης δυναμικότητας, για τις οποίες τα τμήματα αυτά αντιστοιχούν σε υψηλά θερμικά φορτία που πρέπει να καλύψουν, με αποτέλεσμα να λειτουργούν με καλύτερους βαθμούς απόδοσης.

Αντιθέτως με τις μονάδες παραγωγής, το δίκτυο μεταφοράς και οι μονάδες τελικής απόδοσης προς χρήση (συνήθως θερμαντικά σώματα) παρουσιάζουν λιγότερες παραμέτρους που πρέπει να εξετάζονται κατά την επιλογή τους. Η πιο σημαντική από αυτές είναι το μέγεθός τους. Οι υπερδιαστασιολογημένοι αγωγοί διανομής απαιτούν περισσότερη μόνωση και έχουν υψηλότερες απώλειες θερμότητας, ενώ οι υποδιαστασιολογημένοι συνεπάγονται υψηλότερες ανάγκες ισχύος άντλησης.

Όσον αφορά τις μονάδες τελικής απόδοσης προς χρήση, η υπερδιαστασιολόγησή τους οδηγεί σε σπατάλη θερμότητας, καθώς ο χώρος θερμαίνεται πέραν της βέλτιστης θερμοκρασίας. Από την άλλη, η υποδιαστασιολόγηση των μονάδων αυτών οδηγεί σε συμβιβασμούς στην άνεση των ενοίκων και σε χαμηλότερο βαθμό απόδοσης του συστήματος, προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή για τον εκάστοτε χώρο θερμοκρασία.

4.3 Επιλογή συστήματος Ψύξης & Εξαερισμού

Όταν γίνεται μελέτη για την εγκατάσταση νέου εξοπλισμού ψύξης και εξαερισμού, είναι σκόπιμο να εξετάζεται και η περίπτωση εξοπλισμού, ο οποίος μπορεί μεν να κοστίζει περισσότερο για να εγκατασταθεί, αλλά έχει πολύ χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Από αυτή την άποψη, θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη η πιθανότητα εγκατάστασης ενός συστήματος ψύξης που να βασίζεται στο δροσιμένο νερό, αντί για τον κρύο αέρα. Παρομοίως, οι μονάδες κύκλου απορρόφησης έχουν μεν υψηλότερο κόστος επένδυσης, αλλά με το πολύ χαμηλότερο λειτουργικό τους κόστος και τις σχεδόν ανύπαρκτες απαιτήσεις τους για συντήρηση, αυτό αποπληρώνεται εύκολα.

Ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή του νέου εξοπλισμού πρέπει να δίνεται στη διαστασιολόγηση των μονάδων παραγωγής και διανομής. Πράγματι, οι υπερδιαστασιολογημένες μονάδες κοστίζουν περισσότερο τόσο για να εγκατασταθούν όσο και για να λειτουργήσουν, καθώς εργάζονται υπό μερικό φορτίο και, συνεπώς, με χαμηλότερο βαθμό απόδοσης. Από την άλλη μεριά, οι υποδιαστασιολογημένες μονάδες κοστίζουν λιγότερο κατά την αγορά, αλλά έχουν πολύ υψηλότερο λειτουργικό κόστος. Εξάλλου, οι μικρές μονάδες μπορεί να αντιμετωπίσουν προβλήματα στην προσπάθεια να καλύψουν φορτία αιχμής, είτε κατά τις θερμές καιρικές περιόδους είτε κατά τις θερμές ώρες τις ημέρας, με δυσμενείς επιπτώσεις στην άνεση των ενοίκων.

Τέλος, πρέπει να γίνεται προσπάθεια ώστε να χρησιμοποιείται κατά οφέλιμο τρόπο η πλεονάζουσα θερμότητα που παράγεται είτε από τις μονάδες παραγωγής της ψύξης και του κλιματισμού είτε από άλλα συστήματα. Στις μονάδες που λειτουργούν με βάση τον κύκλο συμπίεσης παράγεται θερμότητα τόσο από το συμπυκνωτή όσο και από το θερμικό κινητήρα. Αυτή η θερμότητα θα μπορούσε να ανακτάται και να χρησιμοποιείται. Από την άλλη μεριά, οι μονάδες που στηρίζονται στον κύκλο απορρόφησης καταναλώνουν θερμότητα για τη λειτουργία τους και, συνεπώς, θα μπορούσαν να τροφοδοτούνται με πλεονάζοντα θερμικά φορτία από άλλες διατάξεις του συστήματος, πλήρως ή εν μέρει.

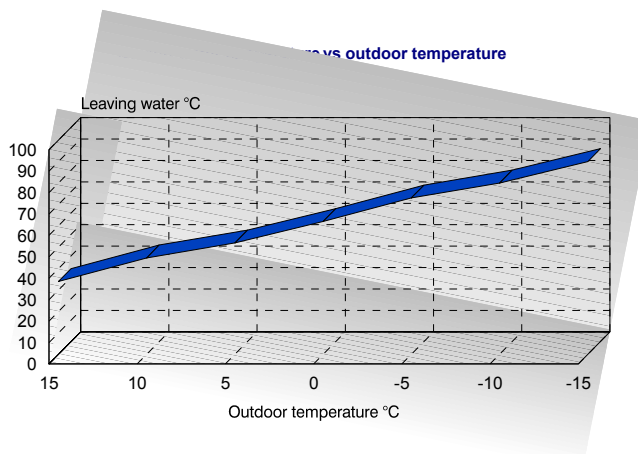
Είναι πολύ σημαντική η χρήση του κατάλληλου κάθε φορά εξοπλισμού για την αντίστοιχη εφαρμογή. Πέραν τούτου, είναι γεγονός ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις υπαρχόντων συστημάτων, είναι αντισυμβαλλόμενο να αντικαθίσταται εξοπλισμός που έχει πρόσφατα αγοραστεί από κάποιον άλλο που, πιθανόν, είναι νεώτερης τεχνολογίας και ενεργειακά αποδοτικότερος. Έτσι, ο μόνος τρόπος για να διατηρηθεί το κάθε σύστημα σε υψηλά επίπεδα αποδοτικότητας, καθ' όλη τη διάρκεια της υπηρεσιακής ζωής του, είναι η σωστή συντήρηση και ο κατάλληλος έλεγχός του.

5. ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ, ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

5.1 Λειτουργία του συστήματος θέρμανσης χώρων

Η ρύθμιση της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης χώρων έχει τρία σκέλη: τη ρύθμιση της κεντρικής μονάδας παραγωγής, τη ρύθμιση των μονάδων απόδοσης προς χρήση και την ομαδοποίηση των θερμαινόμενων περιοχών σε ζώνες. Η κεντρική μονάδα παραγωγής παράγει ζεστό νερό ή ατμό. Η θερμοκρασία του μέσου εναλλαγής θερμότητας καθορίζεται από ένα αυτόματο σύστημα ελέγχου, μέσω μίας μηχανοκίνητης βαλβίδας ανάμιξης. Αυτή η θερμοκρασία εξόδου καθορίζεται σε σχέση με τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Η προαναφερθείσα συσχέτιση της εξωτερικής θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας εξόδου του μέσου εναλλαγής θερμότητας είναι πολύ σημαντική και πρέπει να ρυθμίζεται κατάλληλα, προκειμένου να επιτυγχάνονται υψηλά επίπεδα απόδοσης του συστήματος θέρμανσης. Μία χαρακτηριστική καμπύλη συσχέτισης των παραπάνω θερμοκρασιών παρουσιάζεται στο σχήμα 14.



Σχήμα 14. Θερμοκρασία εξόδου του μέσου εναλλαγής θερμότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Επίσης, πολύ σημαντική είναι η ρύθμιση των ωρών λειτουργίας και της λειτουργίας υπό μερικό φορτίο. Ο λέβητας πρέπει να ρυθμίζεται κατά τρόπο τέτοιο που οι, συχνά περιττές, αναφλέξεις και διακοπές λειτουργίας του να ελαχιστοποιούνται. Κατάλληλη ρύθμιση επίσης απαιτείται όταν χρησιμοποιούνται πολυβάθμιοι λέβητες, έτσι ώστε να καλύπτονται αποδοτικά τα μερικά φορτία και να περιοριστούν οι περιττές εκκινήσεις και διακοπές. Αυτό απαιτεί την προσεκτική διερεύνηση της χρονικής κατανομής της ζήτησης των θερμικών φορτίων.

Οι θερμοστατικές βαλβίδες των θερμαντικών σωμάτων (TRV) πρέπει να ρυθμίζονται σύμφωνα με τη βέλτιστη θερμοκρασία για κάθε θερμαινόμενη περιοχή. Θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτήν οδηγούν σε ενεργειακή κατανάλωση κατά πολύ αυξημένη σε σχέση με την κανονική, θέτοντας σε κίνδυνο ακόμα και την άνεση των ενοίκων. Ιδιαίτερη προσοχή, επίσης, πρέπει να δίνεται στη διαφύλαξη της άνεσης των ενοίκων από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Εξάλλου, όσο σημαντική κι αν είναι η εξοικονόμηση ενέργειας σ' ένα κτιριακό συγκρότημα, πάντοτε σημαντικότερη είναι η θερμική άνεση των ανθρώπων που κατοικούν ή λειτουργούν στους διάφορους χώρους του.

Αντίστοιχα με τις θερμοστατικές βαλβίδες, οι θερμοστάτες των δωματίων πρέπει να ρυθμίζονται κατά τρόπο τέτοιο που οι ένοικοι να μην μπορούν να ορίσουν αυθαίρετα υψηλές θερμοκρασίες, επίτηδες ή κατά λάθος. Για τους διάφορους χώρους ενός

κτιρίου, π.χ. για τα γραφεία, τα δωμάτια ενός ξενοδοχείου κ.τ.λ., τα συνιστώμενα θερμοκρασιακά επίπεδα είναι:

Είδος θέρμανσης	Συνιστώμενη θερμοκρασία
Κανονική θέρμανση	20-22°C
Θέρμανση ετοιμότητας	12-18°C

Τέλος, οι θερμαινόμενες περιοχές πρέπει να χωρίζονται σε ζώνες παρόμοιας ζήτησης θέρμανσης, όσον αφορά τις ώρες χρήσης και τα απαιτούμενα θερμοκρασιακά επίπεδα. Με αυτόν τον τρόπο, ο έλεγχος του συστήματος γίνεται πιο αποδοτικός. Όταν εφαρμόζεται ένας τέτοιος χωρισμός, μπορούν να καθορίζονται ανά ζώνη τόσο η πολυβάθμια λειτουργία του λεβητοστασίου, όταν αυτή είναι διαθέσιμη, όσο και το θερμοκρασιακό επίπεδο του μέσου εναλλαγής θερμότητας. Το πρώτο επιτρέπει την ελαχιστοποίηση των περιττών αναφλέξεων και διακοπών λειτουργίας του συστήματος, ενώ με το δεύτερο επιτρέπεται η πιο ακριβής συσχέτιση της θερμοκρασίας εξόδου του μέσου με αυτήν του θερμαινόμενου χώρου.

Ακόμα και μικρές διαφορές στη ρύθμιση της λειτουργίας του συστήματος μπορούν να αποφέρουν σημαντικές βελτιώσεις στο βαθμό απόδοσής του. Για παράδειγμα, έχει υπολογισθεί ότι η μείωση της μέσης θερμοκρασίας του δωματίου, κατά την περίοδο θέρμανσης, αποφέρει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 6% ανά βαθμό Κελσίου. Από την άλλη, η εξισορρόπηση του αρχικού κόστους της επένδυσης με το αναμενόμενο λειτουργικό κόστος του συστήματος είναι σημαντική για την επιλογή της πιο ελκυστικής οικονομικά λύσης.

Στη συνέχεια, στον πίνακα 6, παρατίθενται ορισμένα μέτρα που μπορούν να ληφθούν προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια στο σύστημα θέρμανσης, μαζί με την αποδοτικότητα του κάθε μέτρου και την αποτελεσματικότητα του κόστους της απαιτούμενης επένδυσης. Παρομοίως, είναι πολύ σημαντικό να διατηρούνται οι συνιστώσες του συστήματος σε καλή επιχειρησιακή κατάσταση. Από μόνες τους, η ρύθμιση της λειτουργίας και η συντήρηση του λέβητα επιτρέπουν στη δυναμικότητά του να μεταβάλλεται έως και 20%.

Όταν κάποιος προγραμματίζει τη συντήρηση ενός συστήματος θέρμανσης χώρων, πρέπει να έχει στο μυαλό του την τεράστια διαφορά στην απόδοση που εμφανίζει ένα καλά συντηρημένο, σε σχέση με ένα ελλειπώς συντηρημένο σύστημα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, μπορεί να μειωθεί η ενεργειακή σπατάλη ή, ακόμη, και να καλυφθούν αυξημένες απαιτήσεις σε θέρμανση χώρων, με μικρό ή και μηδενικό οικονομικό κόστος. Πάντοτε όμως, εξ αιτίας της πολυπλοκότητας των εν λόγω συστημάτων, η συντήρησή τους πρέπει να γίνεται από κάποιον ειδικευμένο τεχνικό και σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Έτσι, μόνο, μπορεί να είναι εγγυημένη η ορθή λειτουργία και η καλή κατάσταση του εξοπλισμού.

Υπάρχουν βέβαια και κάποιοι απλοί έλεγχοι που μπορούν να εκτελεστούν γρήγορα για να ελεγχθεί η κατάσταση του εξοπλισμού και η λειτουργία του. Έτσι, μπορούν ανά τακτά χρονικά διαστήματα να ελέγχονται οι διάφορες βαλβίδες για διαρροές, οι λέβητες και τα δίκτυα των αγωγών για ρωγμές ή/και παραμορφώσεις, οι συνδέσεις των αγωγών του καυσίμου, των καυσαερίων και του ζεστού μέσου εναλλαγής θερμότητας, η απρόσκοπτη λειτουργία των φυσητήρων και των αντλιών, η καταλληλότητα της μόνωσης των σωληνώσεων, καθώς και η ποιότητα του νερού που κυκλοφορεί στο σύστημα.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η αποδοτική χρήση του συστήματος θέρμανσης, πρέπει να υπάρχει κάποιος υπεύθυνος γι' αυτό. Αυτό το πρόσωπο θα πρέπει να έχει ως καθήκοντά του την επιτήρηση του τεχνικού προσωπικού, τη λήψη αποφάσεων σχετικών με τον έλεγχο και την κατάλληλη ρύθμιση του συστήματος, καθώς και την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού για τις ανάγκες θέρμανσης του κάθε κτιριακού χώρου. Ο αυστηρός καθορισμός των καθηκόντων αυτού του προσώπου παρέχει τη σιγουριά ότι, όλα τα μέτρα ενεργειακής διαχείρισης θα έχουν εξεταστεί λεπτομερώς πριν την υλοποίησή τους και ότι θα παρακολουθούνται στενά στη συνέχεια.

Πίνακας 6. Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας στο σύστημα θέρμανσης

Μέτρα Διαχείρισης	Εξοικόνωση Ενέργειας (Βαθμός 1-10)	Αποτελεσματικότητα Κόστους (Βαθμός 1-10)
Βελτίωση της μόνωσης του λέβητα	3	10
Βελτίωση της μόνωσης των αγωγών	5	10
Βελτίωση του προθερμαντήρα	2 έως 8	10
Συντήρηση - βελτίωση της ρύθμισης του κυκλώματος	5	5
Συντήρηση - καθαρισμός και ρύθμιση του καυστήρα και της δέσμης	5	5
Αντικατάσταση του καυστήρα ¹	5	10
Αντικατάσταση του λέβητα	5	5
Αντικατάσταση του λέβητα με λέβητα υψηλής απόδοσης ²	7	7
Αντικατάσταση του λέβητα με αντλία θερμότητας	10	5

Βαθμοί: 1=χαμηλός
10=υψηλός

1. Η αντικατάσταση του καυστήρα προσφέρει ευελιξία στην επιλογή της ενέργειας (υποκατάσταση με πιο ευνοϊκό καύσιμο) και έτσι βοηθάται η βελτιστοποίηση του προϋπολογισμού.
2. Νέοι λέβητες, όπως οι λέβητες συμπύκνωσης αερίου, οι λέβητες χαμηλής ή πολύ χαμηλής θερμοκρασίας (αερίου, πετρελαίου ή άνθρακα), οι λέβητες καύσης ξύλου.

5.2 Λειτουργία του συστήματος ψύξης & εξαερισμού

Οι ρυθμίσεις που αφορούν τη λειτουργία ενός συστήματος πρέπει να γίνονται πάντα με τη σκέψη ότι η πρώτη προτεραιότητα του ενεργειακού διαχειριστή ενός κτιρίου είναι η άνεση των ενοίκων και όχι η υπερβολική εξοικονόμηση ενέργειας. Εντούτοις, σημαντική οικονομία ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί χωρίς να επηρεασθεί διόλου η άνεση των ανθρώπων που κατοικούν ή/και εργάζονται στους χώρους των διάφορων κτιρίων.

Έχοντας πάντα υπόψη τα παραπάνω, η συνιστώμενη θερμοκρασία για τους κατειλημμένους χώρους κυμαίνεται μεταξύ 23 και 25°C, αφού οι χαμηλότερες θερμοκρασίες αυξάνουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας, χωρίς να συνεπάγονται και την αντίστοιχη βελτίωση των συνθηκών άνεσης. Στις περιπτώσεις όπου παρέχεται η δυνατότητα για διάθεση τόσο θέρμανσης όσο και ψύξης σ' ένα χώρο, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να εξαιρεθεί η πιθανότητα ταυτόχρονης λειτουργίας των δύο αυτών συστημάτων στο χώρο αυτό.

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, θα πρέπει να εγκατασταθούν διαφόρων ειδών αισθητήριες ράβδοι, ανάλογα με την εφαρμογή. Εάν συμβεί αυτό, είναι δυνατό να αναμένονται υπολογίσιμα αποτελέσματα στην αποδοτικότητα του συστήματος και, συνεπώς, την εξοικονόμηση ενέργειας. Σημαντικά ενεργειακά οφέλη μπορούν επίσης να επιτευχθούν με την εγκατάσταση και την κατάλληλη ρύθμιση θερμοστατών, χρονοδιακοπών και ανιχνευτών παρουσίας. Το συνιστώμενο επίπεδο παροχής αέρα εξαερισμού, που αποτελεί εξίσου σημαντική παράμετρο για την άνεση των ενοίκων, παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα, για τις διάφορες κατηγορίες χώρων ενός τυπικού ξενοδοχείου:

Κατηγορία Χώρου	Παροχή Αέρα Εξαερισμού (m³/h ανά άτομο)
Δωμάτια	17-26
Τουαλέτες	51-85
Διάδρομοι	12-17
Κοινόχρηστοι Χώροι	17-26
Αίθουσες Συνεστιάσεων	34-51
Κοινόχρηστες Τουαλέτες	34-43
Αίθουσες Δείπνου	26-34
Μπαρ	68-85
Κουζίνα	60

Καθώς οι εγκαταστάσεις ψύξης και εξαερισμού αποτελούνται από πολλά μηχανικά στοιχεία, η συντήρησή τους είναι πολύπλοκη και θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με αυστηρό προγραμματισμό, για την κάθε συνιστώσα του συστήματος. Πρέπει πάντοτε να ακολουθούνται πιστά οι χρόνοι στους οποίους συνιστάται από τον κατασκευαστή να γίνεται κάθε ενέργεια συντήρησης, αν και υπάρχουν μερικοί απλοί ελέγχοι, οι οποίοι μπορούν να γίνουν εύκολα από τον ίδιο το διαχειριστή του συστήματος, όπως π.χ. ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας των αντλιών, των fan-coils και των συμπιεστών, των μίαντων των fan-coils, της κατάστασης που βρίσκονται τα διάφορα φίλτρα κ.τ.λ. Ο ολοκληρωμένος καθαρισμός διασφαλίζει αφ'ενός την καλύτερη ποιότητα του αέρα και αφ'ετέρου τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.

Η βελτίωση και η διατήρηση σε υψηλά επίπεδα του βαθμού απόδοσης ενός συστήματος ψύξης και εξαερισμού αποτελεί μία αδιάκοπη διαδικασία. Μπορεί να εξοικονομηθεί το 10 έως 30% της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε αυτά τα συστήματα, εάν ακολουθηθούν πιστά οι πρακτικές της συντήρησης. Κάθε συνιστώσα του συστήματος που συντηρείται καλά προσθέτει μία μικρή αλλά υπολογίσιμη συνεισφορά, οι οποίες, όταν αθροιστούν για όλες τις συνιστώσες, αποφέρουν ένα σημαντικό ποσό εξοικονομούμενης ενέργειας.

Η συνετή διαχείριση του συστήματος ψύξης και εξαερισμού μπορεί να μειώσει σημαντικά την ενεργειακή κατανάλωση της επιχείρησης. Έτσι, για παράδειγμα, η αύξηση της θερμοκρασίας παραγωγής του ψυχρού νερού μπορεί να προκαλέσει ενεργειακά οφέλη της τάξεως του 10% για κάθε βαθμό μεταβολής. Εντούτοις, η άνεση των ενοίκων δεν πρέπει ποτέ να θυσιάζεται και πρέπει πάντα να αποτελεί την πρωταρχική σκέψη κατά τη διαχείριση του συστήματος ψύξης και εξαερισμού.

Στόχος του ενεργειακού διαχειριστή πρέπει να είναι η μείωση της ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη διατήρηση των συνιστώμενων επιπέδων θερμοκρασίας και ποιότητας του αέρα και όχι η υποβάθμιση του επιπέδου των συνθηκών άνεσης στους διάφορους χώρους του κτιρίου. Ορισμένα απλά μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα δροσισμού και εξαερισμού, μαζί με την αποδοτικότητα του

κάθε μέτρου και την περίοδο απόσβεσης της σχετικής επένδυσης, παρουσιάζονται στους πίνακες 7 και 8, αντίστοιχα.

Πίνακας 7. Μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα δροσισμού

Μέτρα Διαχείρισης	Αποδοτικότητα Μέτρου (Βαθμός 1-10)	Περίοδος Απόσβεσης (έτη)
Έλεγχος της ορθής λειτουργίας των αντλιών, των fan-coils και των συμπιεστών.	?	?
Τακτικός καθαρισμός και αντικατάσταση των φίλτρων.	?	?
Τακτικός καθαρισμός των fan-coils για να αυξηθεί η απόδοση.	?	?
Μείωση της παραγόμενης στο κτίριο θερμότητας, για να μειωθεί το ψυκτικό φορτίο:		
♦ Σβήσιμο ή μείωση του επιπέδου φωτισμού μπορεί να αποφέρει μείωση 25 με 60% στο απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο.	?	1
♦ Περιορισμός στη χρήση του ηλεκτρικού και μηχανολογικού εξοπλισμού.	?	0
Στοιχεία ηλιοπροστασίας για τη μείωση του φορτίου που προκαλείται από την ηλιακή ακτινοβολία.	?	?
Σβήσιμο των μονάδων ψύξης, των αντλιών νερού και των fan-coils, όταν δεν χρησιμοποιούνται.	?	?
Αποφυγή της κατάστασης γεινίασης χώρων από τους οποίους ο ένας θερμαίνεται, ενώ ο άλλος ψύχεται.	?	?
Μείωση της θερμοκρασίας μέχρι τους 24°C, καθώς προκύπτει υπερκατανάλωση ενέργειας κάτω από αυτό το όριο.	?	?
Εκμετάλλευση της θερμότητας που παράγεται στους συμπυκνωτές των μονάδων ψύξης.	?	?
Ελεύθερη ψύξη στις μονάδες που βρίσκονται στους χώρους των επισκεπτών.	1	8-10
Ανάκτηση θερμότητας από τον εξαγόμενο αέρα.	2	6-7

Πίνακας 8. Μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα εξαερισμού

Μέτρα Διαχείρισης	Αποδοτικότητα Μέτρου (Βαθμός 1-10)	Περίοδος Απόσβεσης (έτη)
Έλεγχος μάντων fan-coils.	?	?
Λίπανση εδράνων ολίσθησης για την αποφυγή τριβών και θορύβου.	?	?
Τακτικός καθαρισμός και αντικατάσταση των φίλτρων.	?	?
Ανάκτηση θερμότητας από τον αέρα εξαγωγής.	2	6-7
Διακοπή της λειτουργίας του εξαερισμού και των απορροφητήρων όταν αυτοί δε χρησιμοποιούνται.	?	?
Εξασφάλιση της σωστής ποσότητας φρέσκου αέρα για το επίπεδο χρήσης.	?	?
Έλεγχος ότι τα παράθυρα δεν παραμένουν ανοικτά.	?	?
Εγκατάσταση ενσωματωμένου ρυθμιστή συχνότητας στις μεγάλες μονάδες fan-coil.	7	1-2

Βαθμολογία: 1=χαμηλή, 10=υψηλή

? = Δεν είναι εύκολο να εκτιμηθεί

6. ΜΕΤΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ HVAC

6.1 Συμβουλές γενικού περιεχομένου

Αποτελεί γενικά καθήκον των Ενεργειακών Διαχειριστών να κάνουν τις κατάλληλες επιλογές για την ορθή λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης χώρων. Στη συνέχεια, αντί επιλόγου, παρατίθενται ορισμένες πρακτικές συμβουλές που σκοπό έχουν να υποβοηθήσουν το έργο της ενεργειακής διαχείρισης των συστημάτων HVAC, αλλά και να υποβάλουν σε κάποιες σκέψεις αυτούς που ασχολούνται με την ενεργειακή διαχείριση αυτών των συστημάτων στον κτιριακό τομέα, αλλά και στη βιομηχανία, όσον αφορά την αποδοτικότητα των ήδη υπάρχοντων συστημάτων και την εξεύρεση πιθανών δυνατοτήτων για την αύξησή της:

- Αναθέστε ευθύνες και ζητήστε πληροφόρηση από το προσωπικό ή/και τους ανθρώπους που κατοικούν ή λειτουργούν στους διάφορους χώρους των κτιρίων. Με αυτόν τον τρόπο, αυτοί θα αισθανθούν ότι αναμιγνύονται ενεργά στην προσπάθεια για εξοικονόμηση ενέργειας και έτσι θα έχουν ισχυρότερα κίνητρα.
- Ρυθμίστε τους θερμοστάτες και τις θερμοστατικές βαλβίδες στις συνιστώμενες θερμοκρασίες.
- Προγραμματίστε προσεκτικά τις ώρες θέρμανσης, καθώς και το χωρισμό του συστήματος σε ζώνες, για να βελτιστοποιήσετε τη χρήση της ενέργειας.
- Ακολουθήστε αυστηρά τα προγράμματα συντήρησης.
- Εγκαταστήστε μία πλήρη σειρά συστημάτων ελέγχου, προκειμένου να ελαχιστοποιήσετε την κατανάλωση ενέργειας για δεδομένη ζήτηση.
- Ερευνήστε διεξοδικά τις ανάγκες σας και τα διαθέσιμα στην αγορά προϊόντα, πριν προχωρήσετε στην προμήθεια του σχετικού εξοπλισμού.
- Μη διστάσετε να ξοδέψετε περισσότερα χρήματα για την αγορά πιο αποδοτικού εξοπλισμού. Το κόστος του θα αποσβεσθεί μακροπρόθεσμα.
- Αντικαταστήστε τον εξοπλισμό που έχει ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του. Αντικαταστήστε τον ακόμα και πριν τον ολοκληρώσει, εάν ο νέος εξοπλισμός είναι επαρκώς πιο αποδοτικός.

Η εξισορρόπηση του κόστους αγοράς και αυτού της λειτουργίας ενός συστήματος είναι ένα δύσκολο έργο, το αποτέλεσμα του οποίου, όμως, θα επηρεάσει σημαντικά τους ενεργειακούς λογαριασμούς της επιχείρησής σας. Προκειμένου να λάβετε τις καλύτερες δυνατές αποφάσεις, ακολουθείστε τις παρακάτω πρακτικές συμβουλές:

- Συμβουλευθείτε έναν αξιόπιστο προμηθευτή σχετικά με το σύστημα ψύξης και εξαερισμού. Η πολυπλοκότητα του συστήματος υπαγορεύει την επιλογή ενός τεχνικά έμπειρου και οικονομικά αξιόπιστου προμηθευτή.
- Όταν επιλέγετε ένα σύστημα προς εγκατάσταση, να δίνετε ιδιαίτερη προσοχή στην ενεργειακή του απόδοση.
- Τα συστήματα ψύξης τείνουν να χρησιμοποιούνται βαρέως και, ως εκ τούτου, το μεγάλο αρχικό κόστος τους θα μπορέσει να καλυφθεί μόνο μέσω της αυξημένης αποδοτικότητάς τους.
- Ρυθμίστε τη θερμοκρασία διανομής του νερού ή του αέρα στη μέγιστη δυνατή, εντός όμως της συνιστώμενης περιοχής λειτουργίας, τιμή.
- Ρυθμίστε τη θερμοκρασία των χώρων και την παροχή αέρα εξαερισμού στις συνιστώμενες τιμές. Τιμές της θερμοκρασίας χαμηλότερες και της παροχής αέρα

υψηλότερες από τις συνιστώμενες αυξάνουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος.

- Χρησιμοποιείτε σε μεγάλη κλίμακα συστήματα ελέγχου για να ρυθμίσετε κατάλληλα το σύστημα. Μέσω ενός συστήματος κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης (ΣΚΕΔ) επιτυγχάνεται, επίσης, η σωστότερη παρακολούθηση του συστήματος και βοηθείται η λήψη αποφάσεων στο μέλλον.
- Οι εργασίες κατά τις οποίες παράγεται θερμότητα και υγρασία (με πιο σημαντικές, το μαγείρεμα και το πλύσιμο) πρέπει να προγραμματίζονται για νωρίς το πρωί ή αργά το βράδυ, προκειμένου να ελαχιστοποιείται η επίδρασή τους στο θερμικό φορτίο.
- Οι ανεμιστήρες θα πρέπει να ρυθμίζονται ώστε να λειτουργούν με τη μέγιστη ταχύτητά τους, εκτός από τις περιπτώσεις πολύ υγρού καιρού.
- Όταν έχει υγρασία, ρυθμίστε την ταχύτητα των ανεμιστήρων σε χαμηλά επίπεδα· αυτό θα σας αποφέρει λιγότερη ψύξη, αλλά θα αφαιρεθεί περισσότερη υγρασία από τον αέρα, κάνοντας, έτσι, το χώρο να μοιάζει δροσερότερος.

6.2 Πρόγραμμα Δράσης

Ο στόχος της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό εκ των προτέρων της κάθε δράσης που θα αναληφθεί προς την κατεύθυνση αυτή. Κατ'αρχήν, πρέπει να εντοπιστούν και να υλοποιηθούν όσο το δυνατό συντομότερα τα μέτρα χαμηλού ή μηδενικού κόστους που μπορούν να εφαρμοστούν. Τα μέτρα που απαιτούν μεγαλύτερη επένδυση κεφαλαίου πρέπει να αξιολογούνται προσεκτικά, προκειμένου να εκτιμηθούν τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη που θα προκύψουν από την εφαρμογή τους. Αν κριθούν επικερδή, θα πρέπει επίσης να υλοποιούνται το συντομότερο δυνατό.

Προγραμματισμό και οργάνωση απαιτούν, επίσης, τόσο η συντήρηση του εξοπλισμού σε καλή κατάσταση, όσο και η διατήρηση της κινητοποίησης του προσωπικού σε υψηλά επίπεδα.

6.2.1 Απλά Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας

Θέρμανση Χώρων

- Εξετάστε την περίπτωση αλλαγής καυσίμου (εάν ο λέβητάς σας μπορεί να λειτουργήσει χρησιμοποιώντας περισσότερα του ενός καύσιμα).
- Ελέγξτε ότι οι χρονοδιακόπτες έχουν ρυθμιστεί στην ελάχιστη περίοδο και βεβαιωθείτε ότι οι θερμοστάτες των διαφόρων χώρων και τα συστήματα ελέγχου των θερμαντικών σωμάτων είναι ρυθμισμένα στα ελάχιστα επίπεδα που ικανοποιούν τις συνθήκες άνεσης των ενοίκων.
- Βεβαιωθείτε ότι θερμαίνονται μόνο οι κατειλημμένοι χώροι και ότι η θέρμανση είναι κλειστή ή σε μειωμένο επίπεδο τις ώρες που αυτοί είναι κενοί.
- Αν διαθέτετε σύστημα κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης (ΣΚΕΔ), ελέγξτε ότι λειτουργεί σωστά και βεβαιωθείτε ότι οι χειριστές του είναι εκπαιδευμένοι να το χρησιμοποιούν αποτελεσματικά.
- Μειώστε τη θερμοκρασία του νερού για τη θέρμανση των χώρων σε μία ελάχιστη τιμή, σύμφωνα με τις κάθε φορά ανάγκες.
- Βεβαιωθείτε ότι οι αντλίες λειτουργούν μόνο όταν χρειάζεται.

Εξαερισμός

- Βεβαιωθείτε ότι η κύρια εγκατάσταση εξαερισμού και οι ανεμιστήρες στις τουαλέτες σταματούν να λειτουργούν όταν οι χώροι είναι κενοί.
- Ελέγξτε ότι τα παράθυρα δεν τα ανοίγουν οι ίδιοι οι χρήστες των χώρων, προκειμένου να αποφύγουν την υπερθέρμανση το χειμώνα.
- Βεβαιωθείτε ότι οι ανεμιστήρες της κουζίνας (όταν υφίσταται η δυνατότητα παροχής υπηρεσιών catering) κλείνουν όταν παύουν να λειτουργούν οι συσκευές μαγειρικής.
- Βεβαιωθείτε ότι η παροχή φρέσκου αέρα είναι συμβατή με τα επίπεδα πληρότητας των χώρων.

Κλιματισμός

- Ρυθμίστε τη θερμοκρασία για την ψύξη στους 24°C ή ψηλότερα - η χαμηλότερη ρύθμιση απαιτεί περισσότερη ενέργεια και μπορεί να λειτουργήσει ανταγωνιστικά με τη θέρμανση.
- Όπου ο σχεδιασμός του κτιρίου το επιτρέπει, βεβαιωθείτε ότι δεν εφαρμόζεται ψύξη και θέρμανση την ίδια στιγμή στην ίδια περιοχή του κτιρίου (μπορεί να χρειασθείτε τη βοήθεια κάποιου συμβούλου ή ενός κατάλληλου μηχανικού σε αυτό το θέμα).
- Βεβαιωθείτε ότι οι ψυκτικές μονάδες, π.χ. τα συστήματα ψυχρού νερού, δε λειτουργούν άσκοπα.
- Βεβαιωθείτε ότι οι φυσητήρες και οι αντλίες δε λειτουργούν όταν το σύστημα δε χρησιμοποιείται.

Εξοπλισμός

- Ενθαρρύνετε το προσωπικό να σβήνει τον οποιοδήποτε εξοπλισμό όταν αυτός δε χρησιμοποιείται.

Συστήματα Ελέγχου

- Βεβαιωθείτε ότι όλα τα συστήματα ελέγχου είναι καταλλήλως σηματοδοτημένα ώστε να υποδηλώνεται η λειτουργία τους και, αν χρειάζεται, οι νέες μειωμένες ρυθμίσεις τους.
- Αναθέστε ευθύνες για τη ρύθμιση των συστημάτων ελέγχου, την επιθεώρησή τους και τη βαθμονόμησή τους.

Υλικά Κτιρίου

- Βεβαιωθείτε ότι όλες οι μονώσεις και τα στεγανωτικά βρίσκονται σε καλή κατάσταση.

6.2.2 Συντήρηση

Τα ενεργειακά συστήματα που δε συντηρούνται κατάλληλα, καταναλώνουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για να επιτύχουν τα ίδια επίπεδα άνεσης. Η καλή προληπτική συντήρηση κρατάει το κόστος λειτουργίας χαμηλά, ενώ, ταυτόχρονα, βελτιώνεται η ποιότητα των υπηρεσιών, καθώς τα συστήματα αποδίδουν καλύτερα και χωρίς να χάνονται ώρες λειτουργίας.

Ένα μεθοδικό πρόγραμμα συντήρησης θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον τα ακόλουθα σημεία:

- Τα φίλτρα αέρα, νερού και των άλλων υγρών, τα οποία υφίστανται κατά κόρον στα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, πρέπει να αντικαθίστανται στα συνιστώμενα από τον κατασκευαστή διαστήματα. Επιπλέον, οι επιφάνειες εναλλαγής

θερμότητας, οι εσχάρες και οι άλλες είσοδοι και έξοδοι του αέρα πρέπει να διατηρούνται καθαρές και να μην καλύπτονται από άλλο εξοπλισμό ή επίπλωση.

- Θα πρέπει να ελέγχεται τακτικά η λειτουργία των κεντρικών μονάδων και των συστημάτων ελέγχου.
- Οι μηχανοκίνητες βαλβίδες και οι πεταλούδες θα πρέπει να ανοίγουν και να κλείνουν εντελώς, χωρίς να κολλάνε.
- Οι θερμοστάτες και οι υγροστάτες πρέπει να δουλεύουν με ακρίβεια.
- Η βαθμονόμηση των συστημάτων ελέγχου πρέπει να εκτελείται τακτικά.
- Πρέπει να συντηρείται τακτικά το λεβητοστάσιο και να ελέγχεται η απόδοση της καύσης.
- Πρέπει να εντοπίζονται και να διορθώνονται άμεσα οι διαρροές νερού του κύριου δικτύου σωληνώσεων, καθώς αυτές οδηγούν σε διάβρωση, σπατάλη νερού και διάχυση θερμότητας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ASHRAE HANDBOOK: "HVAC APPLICATIONS", AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC., ATLANTA, GA, 1995.

Εγχειρίδιο αναφοράς με πληροφορίες σχετικές με τις εφαρμογές των συστημάτων HVAC. Καλύπτει λεπτομερώς τον κλιματισμό για συνθήκες άνεσης (για μια μεγάλη ποικιλία από κτιριακές συνθήκες), τα βιομηχανικά συστήματα HVAC (εφαρμογές, θέματα λειτουργίας και συντήρησης) και γενικά ζητήματα (π.χ. χρήση ηλιακής ενέργειας, θερμική αποθήκευση, έλεγχος καπνού, θόρυβοι και δονήσεις). Απευθύνεται σε εν ενεργεία επαγγελματίες σχεδιαστές συστημάτων HVAC. Η σειρά εγχειριδίων της ASHRAE ανανεώνεται κάθε τέσσερα έτη, με αποτέλεσμα οι πληροφορίες στην πιο πρόσφατη έκδοση να είναι αρκετά ενημερωμένες σχετικά με τις τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις.

- ASHRAE HANDBOOK: "HVAC SYSTEMS AND EQUIPMENT", AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC., ATLANTA, GA, 1992.

Εγχειρίδιο αναφοράς με πληροφορίες για τις διατάξεις και τον εξοπλισμό των συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού. Καλύπτει με λεπτομέρεια τις συνιστώσες (συμπιεστές, ψυκτικές μονάδες, πύργοι ψύξεως, λέβητες, κ.λ.π.) και τους διάφορους τύπους των συστημάτων (αέρα-αέρα, νερού-αέρα, νερού-νερού). Απευθύνεται στους εν ενεργεία επαγγελματίες σχεδιαστές συστημάτων HVAC και αναθεωρείται κάθε τέσσερα έτη.

- ASHRAE: "AIR CONDITIONING SYSTEMS DESIGN MANUAL", AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC., ATLANTA, GA, 1993.

Το εγχειρίδιο αυτό αφορά τους μηχανικούς που βρίσκονται σε εισαγωγικό επίπεδο και τους σπουδαστές που μόλις αρχίζουν να σχεδιάζουν συστήματα HVAC. Παρέχει μια περιεκτική περίληψη των μεθόδων ανάλυσης και σχεδιασμού των συστημάτων HVAC, με σκοπό να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ της θεωρίας και της πρακτικής. Στα διάφορα κεφάλαια εξετάζονται: η διαδικασία σχεδιασμού, οι συνιστώσες, μια σειρά τύπων των κεντρικών συστημάτων, σημεία που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής, καθώς και οι δυνατοί έλεγχοι. Παρουσιάζονται επίσης διάφορα παραδείγματα εφαρμογής.

- ASHRAE: "ASHRAE TERMINOLOGY OF HEATING, VENTILATION, AIR-CONDITIONING & REFRIGERATION", 2nd EDITION, AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC., ATLANTA, GA, 1991.

Αποτελεί την κύρια αναφορά για τους τεχνικούς όρους τους σχετικούς με τα συστήματα HVAC· περιλαμβάνει επίσης πληροφορίες σχετικές με τις συντημήσεις, τα αρκτικόλεξα και τα σύμβολα, βασικές πληροφορίες για τις φυσικές και μαθηματικές σχέσεις, καθώς και την πολιτική για τη χρήση του συστήματος SI στις εφαρμογές HVAC.

- ASHRAE: "ENERGY EFFICIENT DESIGN OF NEW BUILDINGS EXCEPT LOW RISE RESIDENTIAL BUILDINGS" (ASHRAE/IES STANDARD 90.1 1989), AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC., ATLANTA, GA, 1989.

Πρότυπα συγκριτικών μέτρησεων των επιδόσεων ενεργειακής αποδοτικότητας για τα μη κατοικημένα κτίρια. Τα πρότυπα 90.1 αποτελούν πρότυπα αναφοράς για συμμόρφωση με τις διατάξεις του νόμου ενεργειακής πολιτικής των ΗΠΑ του 1992. Αναφέρονται στο σχεδιασμό του κτιριακού κελύφους, την ηλεκτρική ισχύ και το φωτισμό, τα συστήματα HVAC και τον εξοπλισμό τους, την παραγωγή ζεστού νερού χρήσεως, καθώς και τη διαχείριση της ενέργειας.

- ASHRAE: "VENTILATION FOR ACCEPTABLE INDOOR AIR QUALITY" (ASHRAE / ANSI STANDARD 60.2 1989), AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC., ATLANTA, GA, 1989.

Το πρότυπο αναφοράς στις Η.Π.Α. για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα (Πρότυπο 60.2) παρουσιάζει τις εμπειρικά αποκτημένες, αλλά και βασισμένες στην απόδοση απαιτήσεις για τον εξαερισμό. Η εστίαση δίνεται στον ενεργό έλεγχο της ποιότητας εσωτερικού αέρα, μέσω του εξαερισμού που χρησιμοποιεί συστήματα HVAC.

- COLEN, HAROLD: *HVAC SYSTEMS EVALUATION*, R.S. MEANS COMPANY, INC., KINGSTON, MA, 1990.

Ένας περιεκτικός οδηγός των συστημάτων HVAC, που έχει γραφεί κυρίως προς χρήση από τους επαγγελματίες σχεδιαστές, αλλά προσφέρει έναν πλούτο πληροφοριών σε οποιοδήποτε χρήστη. Στην αρχή απαριθμούνται τα βασικά χαρακτηριστικά των κυριότερων συστημάτων HVAC, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κατά τη χρήση τους, καθώς και οι επικρατούσες πρακτικές εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης για κάθε σύστημα. Στη συνέχεια εξετάζονται τα λειτουργικά προβλήματα των υπαρχόντων συστημάτων HVAC και καλύπτονται οι απαιτήσεις τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Άριστης ποιότητας επεξηγηματικά διαγράμματα παρατίθενται σε όλη την έκταση αυτού του βιβλίου.

- GRIMMS, NILS AND ROBERT ROSALER: *HANDBOOK OF HVAC DESIGN*, McGRAW HILL, INC., NEW YORK, NY, 1990.

Ο στόχος αυτού του βιβλίου είναι το “να παράσχει έναν πρακτικό οδηγό και μια αξιόπιστη αναφορά για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων HVAC. Απαριθμεί τα απαραίτητα βήματα για τον προγραμματισμό, το σχεδιασμό, την επιλογή εξοπλισμού, τη λειτουργία και τη συντήρηση” των συστημάτων HVAC. Το εγχειρίδιο παρέχει μια εκτεταμένη μελέτη όλων των απαραίτητων ζητημάτων για την σε βάθος κατανόηση των συστημάτων HVAC.

- HAINES, ROGER AND C. LEWIS WILSON: *HVAC SYSTEMS DESIGN HANDBOOK*, 2nd EDITION, McGRAW HILL, INC., NEW YORK, NY, 1994.

Αυτή η έκδοση παρέχει μια πλήρη θεώρηση των συστημάτων HVAC, των λειτουργιών, των συνιστωσών και των εφαρμογών τους. Περιλαμβάνει επίσης μία περιγραφή των βασικών θεωριών που βρίσκονται πίσω από τις διάφορες διαδικασίες. Απευθύνεται κυρίως στους ενεργούς επαγγελματίες, μπορεί όμως να προσφέρει έναν πλούτο πληροφοριών σε όλους τους αναγνώστες. Οι βασικές θεωρήσεις καλύπτονται εν συντομία, αλλά το σημείο που δίνεται βαρύτητα είναι οι εφαρμογές.

- HAINES, ROGER: *ROGER HAINES ON HVAC CONTROLS*, McGRAW HILL, INC., NEW YORK, NY, 1991.

Το βιβλίο αυτό καλύπτει τη φιλοσοφία, τη θεωρία, τα συστήματα και τις συσκευές που σχετίζονται με τις συμβατικές και αυτοματοποιημένες εφαρμογές ελέγχου των συστημάτων HVAC. Αν και στην ουσία δεν αποτελεί ένα οδηγό σχεδιασμού των συστημάτων ελέγχου, αυτό το βιβλίο αποτελεί μια πηγή ιδεών για τις εφαρμογές τους.

- HARTMAN, THOMAS: *DIRECT DIGITAL CONTROLS FOR HVAC SYSTEMS*, McGRAW HILL, INC., NEW YORK, NY, 1993.

Μια πολύτιμη αναφορά για τις τρέχουσες τάσεις και τις μελλοντικές κατευθύνσεις στις αυτοματοποιημένες τεχνολογίες ελέγχου. Απαιτώντας την προγενέστερη γνώση της ορολογίας των συστημάτων HVAC, το βιβλίο αυτό καλύπτει μία ποικιλία εφαρμογών και συστημάτων, καθώς επίσης αναφέρεται και στον προγραμματισμό των συστημάτων ελέγχου. Ειδική αναφορά γίνεται στους ψηφιακούς ελέγχους, καθώς αποτελούν ένα κρίσιμο μέρος των περισσότερων υπαρχόντων συστημάτων διαχείρισης της ενέργειας στα κτίρια, αλλά και στα προγράμματα μετρήσεως και παρακολούθησης εγκαταστάσεων.

- McQUISTON, FAYE AND JERALD PARKER: *HEATING, VENTILATING AND AIR CONDITIONING*, 4th EDITION, JOHN WILEY AND SONS, NEW YORK, NY, 1994 .

Κείμενο αναφοράς για την ανάλυση και το σχεδιασμό των συστημάτων HVAC, που χρησιμοποιείται σε πολλά προγράμματα σπουδών εφαρμοσμένης μηχανικής στις ΗΠΑ. Το βιβλίο καλύπτει όλες τις πτυχές των συστημάτων HVAC, με αναλυτικές πληροφορίες για τις συνιστώσες των συστημάτων και έμφαση δίνεται στα θέματα που αφορούν τους μηχανολόγους μηχανικούς.

- TRAISTER, JOHN: *RESIDENTIAL HEATING, VENTILATING AND AIR CONDITIONING*, PRENTICE HALL, INC., ENGLEWOOD CLIFFS, NJ, 1990 .

Αυτό το βιβλίο παρέχει μία πλήρη, αλλά συνοπτική, θεώρηση της ανάλυσης και του σχεδιασμού των συστημάτων HVAC που προορίζονται για κατοικίες. Η πρωταρχική αξία του βρίσκεται στο εύρος των θεμάτων που καλύπτονται, παρά στο βάθος της κάλυψης.