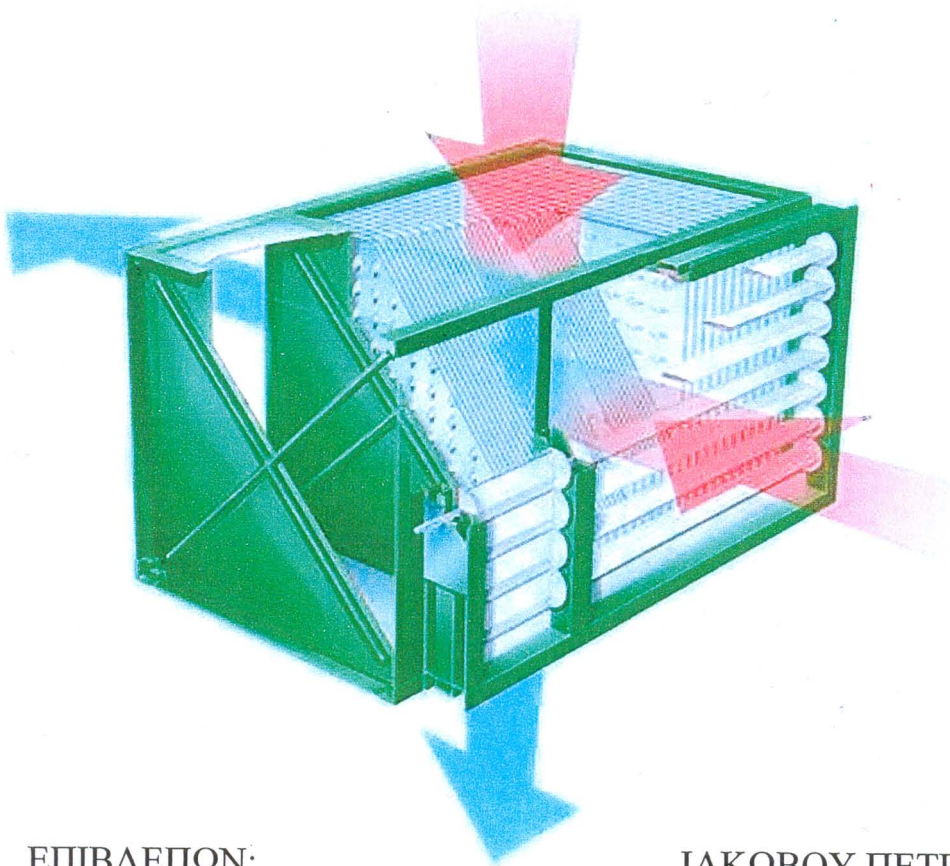


**Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Θέμα: ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**  
**ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ**



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:**  
**ΓΚΑΒΑΛΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**ΙΑΚΩΒΟΥ ΠΕΤΡΟΣ**  
**Α.Ε.Μ.: 3327**

**ΣΕΡΡΕΣ**  
**30-6-2005**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο	σελ.
1.1. Γενικά περί εξοικονόμησης.....	4
1.1.1. Η κατάσταση στον κόσμο.....	4
1.1.2. Η κατάσταση στην Ευρώπη.....	5
1.1.3. Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	6
1.2. Ενέργεια, Κλιματισμός και Περιβάλλον.....	9
1.2.1. Το φαινόμενο της τρύπας του όζοντος.....	9
1.2.2. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	10

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΟΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ

2.1. Ενεργειακό ισοζύγιο κτιρίου.....	12
2.2. Απώλειες θερινού κλιματισμού.....	12
2.2.1. Εξωτερικά θερμικά κέρδη.....	13
2.2.2. Εσωτερικά θερμικά κέρδη.....	13
2.3. Φορτία χειμερινού κλιματισμού.....	14
2.4. Ενεργειακές ροές σε δίκτυα διανομής ρευστών κλιματιζόμενων χώρων.....	15

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΨΥΚΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ ΚΑΙ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

3.1. Αρχή λειτουργίας ψυκτικής μηχανής.....	17
3.2. Θεωρητικός κύκλος συμπίεσης ατμών.....	18
3.3. Συντελεστής συμπεριφοράς ψυκτικής μηχανής.....	20
3.4. Πρωτογενής παράμετροι που επηρεάζουν τον συντελεστή συμπεριφοράς.....	21
3.5. Ενεργειακές απώλειες συστήματος ψύξης.....	23
3.6. Ενεργειακές απώλειες αντλίας θερμότητας.....	25

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ INVERTER

4.1. Ο κινητήρας inverter στα συστήματα κλιματισμού.....	27
4.2. Τρόπος λειτουργίας των Inverter.....	28
4.3. Συμπίεστης Inverter.....	30
4.4. Ανεμιστήρες Inverter.....	30

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

5.1. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων.....	31
5.1.1. Σχεδιασμός περιβάλλοντος χώρου.....	32
5.1.2. Επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου.....	33
5.2. Συστήματα κλιματισμού.....	39
5.2.1. Τα πρώτα συστήματα κλιματισμού.....	39
5.2.1.1. Σύστημα μονής διανομής αγωγού, σταθερής παροχής.....	39

5.2.1.2.	Πολυζωνικό σύστημα κλιματισμού .....	40
5.2.1.3.	Συστήματα κλιματισμού (Fan-coils) .....	40
5.2.1.4.	Συστήματα κλιματισμού διπλού αγωγού .....	41
5.2.1.5.	Συστήματα κλιματισμού μονού αγωγού με αναθέρμανση .....	41
5.2.1.6.	Συστήματα κλιματισμού με τοπικές μονάδες επαγωγής .....	41
5.2.1.7.	Συστήματα κλιματισμού μεταβλητής παροχής (VAV) .....	42
5.2.2.	Συστήματα κλιματισμού χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας .....	44
5.2.2.1.	Συστήματα κλιματισμού μεταβλητής παροχής αέρα (VFV) .....	45
5.2.2.2.	Συστήματα κλιματισμού με αντλίες θερμότητας .....	47
5.2.2.3.	Συστήματα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού ρευστού VRV .....	51
5.2.2.4.	Συστήματα ανάκτησης ενέργειας .....	57
5.2.3.	Νέα συστήματα κλιματισμού .....	62
5.2.3.1.	Αποθήκευση θερμότητας με πάγο .....	63
5.2.3.2.	Συστήματα συμπαραγωγής ενέργειας με εκμετάλλευση της απόβλητης θερμότητας .....	66
5.2.3.3.	Συνδυασμένα συστήματα με αποθήκευση ενέργειας και ψυκτικές μονάδες απορρόφησης .....	67
5.3.	Επιλογή του συστήματος κλιματισμού .....	70
5.4.	Σχεδιασμός και επιλογή του εξοπλισμού .....	75
5.4.1.	Δίκτυο αεραγωγών και στόμια προσαγωγής-επιστροφής .....	75
5.4.2.	Επιλογή κεντρικού εξοπλισμού .....	76
5.4.3.	Επιλογή συσκευών διαμονής του μέσου μεταφοράς ενέργειας .....	77
5.5.	Συστήματα αυτοματισμού .....	79
5.6.	Περιορισμός των ηλεκτρικών φορτίων από ηλεκτρικές συσκευές .....	80
5.7.	Συντήρηση .....	81
5.8.	Συμπεριφορά του χρήστη .....	84
5.9.	Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας .....	85
5.9.1.	Κτιριακό κελίφος .....	86
5.9.2.	Ψυκτικό συγκρότημα κλιματισμού .....	86
5.9.3.	Δίκτυα διαμονής ρευστών κλιματισμού .....	87
5.9.3.1.	Συστήματα ελέγχου περιβαλλοντικών συνθηκών κλιματιζόμενων χώρων .....	87
5.9.3.2.	Δίκτυο σωληνώσεων .....	88
5.9.3.3.	Δίκτυο αεραγωγών .....	89

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

6.1.	Ενεργειακή διαχείριση κτιρίων (BEMS) .....	90
6.2.	Κύριες λειτουργίες (BEMS) .....	91
6.3.	Στοιχεία και δομή (BEMS) .....	92
6.3.1.	Συσκευές, αισθητήρια και όργανα ρυθμίσεων και ελέγχου σε εγκαταστάσεις κλιματισμού .....	93
6.3.2.	Αυτόματος έλεγχος λειτουργιών .....	94
6.3.2.1.	Η διαδικασία του αυτομάτου ελέγχου .....	95
6.3.2.2.	Στοιχεία μονάδων και τυποποιημένες εφαρμογές .....	98
6.3.3.	Συντονισμός συστημάτων αυτομάτου ελέγχου .....	101
6.3.4.	Κεντρική διαχείριση .....	102
6.3.4.1.	Κεντρικές τερματικές μονάδες .....	102
6.3.4.2.	Λογισμικό ενεργειακής διαχείρισης και αυτοματισμού ελέγχου .....	102
6.3.4.3.	Επίδραση του χειριστή (ενεργειακός διαχειριστής) .....	103
6.4.	Αυτοματισμός βασικών Κλιματιστικών μονάδων .....	103
6.4.1.	Κλιματισμός με διαμονή κλιματιζόμενου αέρα .....	104
6.4.2.	Κλιματισμός με εγκατάσταση fan-coils & διανομή προκλιματισμένου αέρα .....	105
6.4.3.	Κλιματισμός με εγκατάσταση fan-coils .....	105
6.5.	Μειονεκτήματα BEMS .....	106
6.6.	Γενικές παρατηρήσεις .....	106

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΥΠΟΨΗ ΣΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ.**

7.1. Παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στον έλεγχο των συστημάτων κλιματισμού.....	108
7.2. Συνθήκες άνεσης.....	108
7.3. Ιδανικές συνθήκες άνεσης για χειμώνα και καλοκαίρι.....	109
7.4. Εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος.....	111

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.**

8.1. Σημαντικότερες απώλειες στα συστήματα κλιματισμού.....	112
8.2. Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας.....	112
8.3. Τεχνικές διαχείρισης συστημάτων κλιματισμού.....	114
8.4. Παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στον έλεγχο συστημάτων κλιματισμού.....	115
8.5. Επίλογος.....	115



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ένας από τους λόγους που επέλεξα να ασχοληθώ με το κλιματισμό στην πτυχιακή μου εργασία, είναι διότι, κατά την παρακολούθηση του εργαστηρίου (Θ.Ψ.Κ. II), μου δημιουργήθηκε το ενδιαφέρον να ασχοληθώ περισσότερο με τον τομέα αυτό. Επιπλέον διαπίστωνα το πρόβλημα που υπάρχει στα ελληνικά κτίρια όπου στα περισσότερα από αυτά δεν έχει γίνει μελέτη και η αυθαίρετη τοποθέτηση κλιματιστικών από ανειδίκευτους έχει οδηγήσει σε «προβληματικά» κτίρια που υπερκαταναλώνουν ενέργεια χωρίς να παρέχουν άνεση.

Επιπρόσθετα τον τελευταίο καιρό γίνεται ιδιαίτερα λόγος για το ενεργειακό πρόβλημα. Η εξοικονόμηση ενέργειας πλέον δεν αποτελεί πολυτέλεια αλλά ανάγκη για τον σύγχρονο άνθρωπο. Το μεγαλύτερο ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται σήμερα οφείλεται στα κτίρια για την διατήρηση εσωκλίματος άνεσης.

Κατέληξα λοιπόν στο συμπέρασμα ότι η εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα κλιματισμού είναι ένα πρόβλημα που αντιπροσωπεύει την σημερινή πραγματικότητα.

Για να μπορέσω να γράψω την πτυχιακή εργασία αναζήτησα υλικό από διάφορες πηγές. Ιδιαίτερα σημαντική ήταν η αναζήτηση μου στο internet. Επίσης πλούσιο και κατατοπιστικό ήταν το υλικό που βρήκα στην βιβλιοθήκη του Τ.Ε.Ι. Από όλα αυτά που συγκέντρωσα έδωσα μεγαλύτερη βάση στο περιοδικό Κτίριο καθώς και σε διάφορες εκδόσεις του κέντρου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.).

Με το τέλος της εργασίας, φυσικά δεν τολμώ να πω πως είμαι σε θέση να αντεπεξέλθω στην ανάπτυξη μιας πραγματικής ενεργειακή μελέτης στον κλιματισμό. Παρόλα αυτά οι γνώσεις που αποκόμισα είναι σημαντικές και μπορούν να αποτελέσουν την βάση για να προχωρήσω περισσότερο στον τομέα αυτό σε πρακτικό και θεωρητικό επίπεδο.

Τελειώνοντας νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Γκαβαλιά Βασίλειο για την πολύτιμη βοήθεια του και τις συμβουλές του που παρείχε σε όλη τη διάρκεια της συγγραφής της μελέτης αυτής. Η συμβουλή του στην προσπάθεια μου για την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας μου ήταν σημαντική, αφού με την πείρα και τις γνώσεις του με καθοδήγησε σωστά, προκειμένου να φέρω σε πέρας τη μελέτη με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Ιακώβου Πέτρος  
Σπουδαστής Τ.Ε.Ι. Σερρών  
Ιούνιος 2005



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Γενικά περί εξοικονόμησης

Η οικονομία στην ενέργεια που δαπανάται για οποιαδήποτε δραστηριότητα, υπήρξε πάντοτε σημαντικός στόχος του ανθρώπου. Μετά όμως την ενεργειακή κρίση του 1973, η απότομη αύξηση του κόστους της ενέργειας και η διαπίστωση αργότερα των οικολογικών καταστροφών που οφείλονται στην αλόγιστη χρήση των ενεργειακών πόρων, έδωσαν νέες διαστάσεις στην προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης οφείλεται στα κτίρια λόγω των διαφόρων ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται σ' αυτά και κυρίως για την ρύθμιση του «κλίματος» στο εσωτερικό τους (π.χ. κλιματισμός).

Η ανάπτυξη στην τεχνολογία των κλιματιστικών συνέβαλε στο να κατασκευαστούν αξιόπιστα, αποδοτικά και σχετικά φθηνά συστήματα κλιματισμού με αποτέλεσμα να αυξηθεί κατά πολύ η χρήση τους. Έτσι η κατανάλωση ενέργειας από τα συστήματα αυτά αυξάνεται συνεχώς και μάλιστα με γεωμετρική πρόοδο.

Το πλεονέκτημα του κλιματισμού είναι ότι μπορούμε να παράγουμε τόσο ψύξη όσο και θέρμανση και επιπλέον υπάρχει και δυνατότητα ρύθμισης της υγρασίας και της καθαρότητας του αέρα. Επίσης το κόστος αγοράς του απαραίτητου εξοπλισμού και της εγκατάστασης του είναι συγκριτικά μικρό και προσιτό σε πολλά κοινωνικά στρώματα.

Το μειονέκτημα του είναι ότι παρά τις προσπάθειες που έχουν γίνει για βελτίωση της απόδοσης των κλιματιστικών, η κατανάλωση ενέργειας από τα συστήματα αυτά εξακολουθεί να είναι σημαντική. Έτσι η χρήση τους περιορίζεται για λόγους οικονομικούς. Ένα άλλο μειονέκτημα που είναι και άμεσο αποτέλεσμα της αυξημένης ενεργειακής κατανάλωσης είναι και η μόλυνση του περιβάλλοντος.

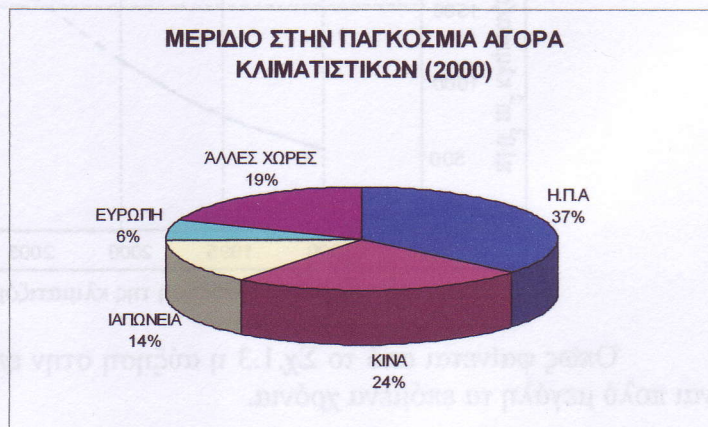
Στις αναπτυσσόμενες χώρες ο κλιματισμός αποτελεί απαραίτητη «ανάγκη» σχεδόν σε κάθε κτιριακή εγκατάσταση που διαμένουν άνθρωποι, προσωρινά ή και μόνιμα (κατοικία, εργασία, διασκέδαση κ.α.).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η εξοικονόμηση ενέργειας από τα συστήματα αυτά αποτελεί πρωταρχικό μέτρο για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά για την ανάπτυξη της οικονομίας σε κοινωνικό και ατομικό επίπεδο. Μέσω αυτής εξασφαλίζεται μέρος της απαιτούμενης για τις ανθρώπινες δραστηριότητες ενέργεια μειώνοντας έτσι σημαντικά την κατανάλωση ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων.

#### 1.1.1. Η κατάσταση στον Κόσμο:

Η παγκόσμια αγορά κλιματιστικών είναι σε ανάπτυξη. Εκτιμάται ότι οι πωλήσεις των οικιακών κλιματιστικών μονάδων (τύπου split) το 2000 έφθασαν τις 39,7 εκατομμύρια τεμάχια.

Η Αμερική κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο (34%) παγκοσμίως στις πωλήσεις κλιματιστικών (Σχ. 1.1) και αναπτύσσεται με ρυθμό 3,1%. Ακολουθεί η Κίνα με (23%), η Ιαπωνία με (13%) και η Ευρώπη με μόλις (6%). Λαμβάνοντας όμως υπόψη τον ρυθμό αύξησης στην αγορά της Ιαπωνίας (9%) φαίνεται ότι στον μέλλον η



Σχήμα 1.1. Μερίδιο στην παγκόσμια αγορά κλιματιστικών (2000)

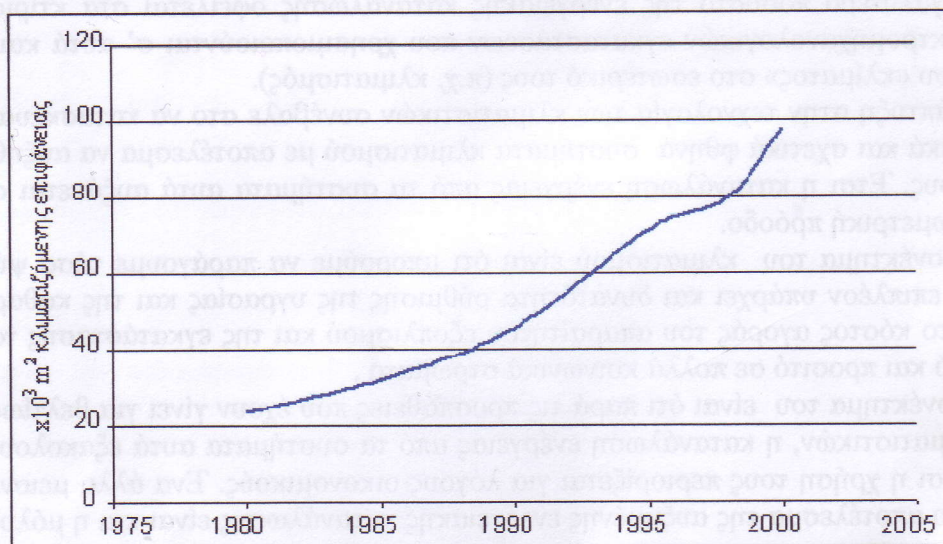


Ιαπωνία θα κυριαρχήσει στην παγκόσμια αγορά κλιματιστικών

Στην Ιαπωνία το κόστος για κλιματισμό ανά κάτοικο και ανά χρόνο υπολογίζεται ότι ανέρχεται στα 71€, στις Η.Π.Α. σε 36€/κάτοικο και στην Ευρώπη σε 12€/κάτοικο.

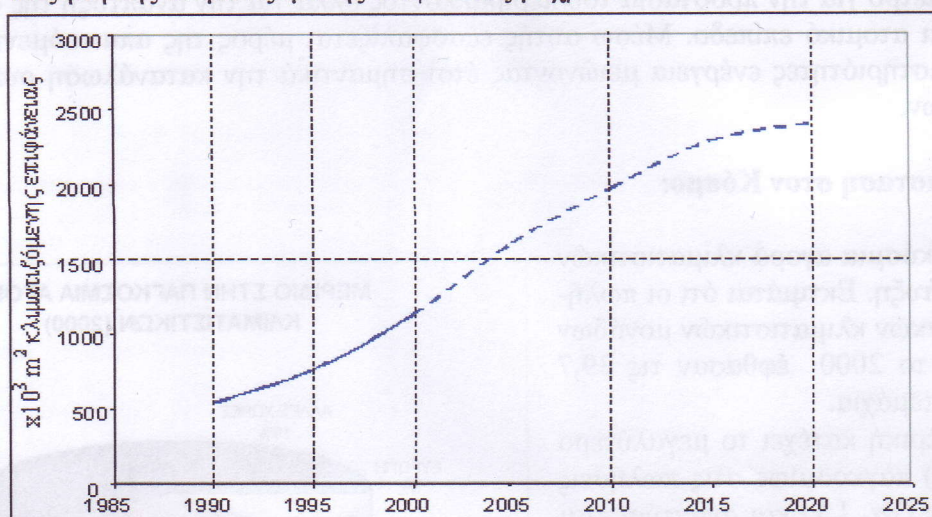
### 1.1.2. Η κατάσταση στην Ευρώπη:

Στην Ευρώπη ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας) αντιπροσωπεύει το σημαντικότερο τομέα κατανάλωσης της τελικής ενέργειας σε απόλυτες τιμές (40%). Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ενέργειας καταναλώνεται για τη θέρμανση.



Σχήμα 1.2. Αύξηση της κλιματιζόμενης επιφάνειας στη Ευρώπη<sup>1</sup>

Ο κλιματισμός στην Ευρώπη παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Στο Σχ.1.2 φαίνεται η επιφάνεια των κλιματιζόμενων χώρων που προστέθηκαν ή αντικαταστήθηκαν από το 1980 μέχρι το 2000 σε ολόκληρη την Ευρώπη ενώ στο Σχ.1.3 φαίνεται μια μελλοντική πρόβλεψη για την αύξηση της κλιματιζόμενης επιφάνειας μέχρι το 2020.



Σχήμα 1.3. Προβλεπόμενη αύξηση της κλιματιζόμενης επιφάνειας στη Ευρώπη<sup>1</sup>

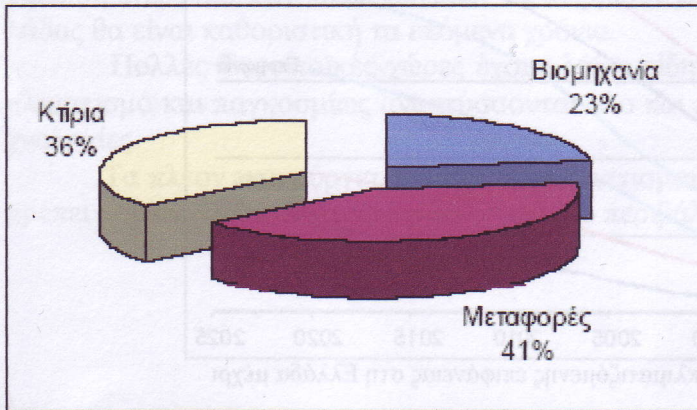
Όπως φαίνεται από το Σχ.1.3 η αύξηση στην επιφάνεια των κλιματιζόμενων χώρων θα είναι πολύ μεγάλη τα επόμενα χρόνια.

<sup>1</sup>Πηγή: International Energy Agency



### 1.1.3. Η κατάσταση στην Ελλάδα:

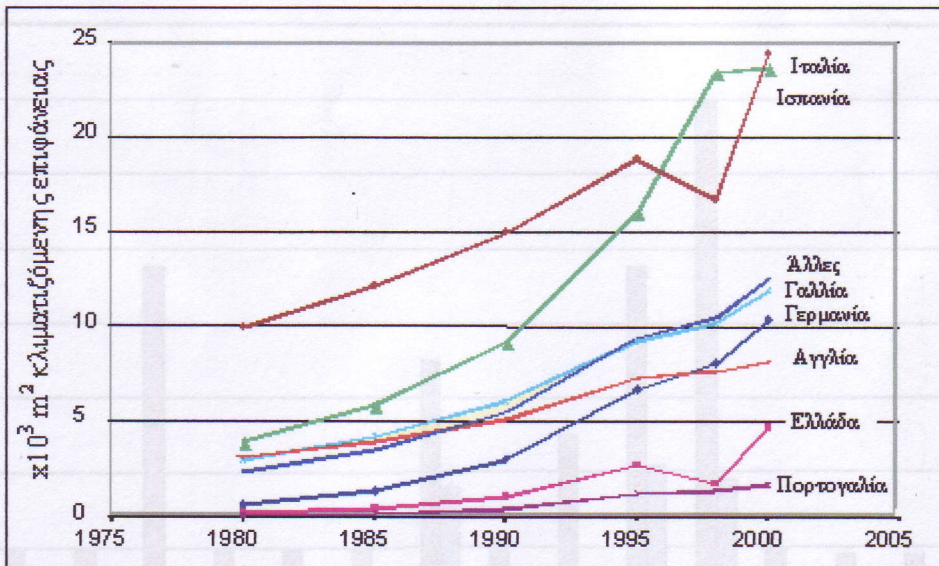
Η ζήτηση ενέργειας στην Ελλάδα παρουσίασε ιδιαίτερα σημαντική αύξηση κατά τη δεκαετία του '90 και έφθασε το 1999 σε επίπεδα κατά 21% υψηλότερα σε σχέση με το 1990 (μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης 2,2%).



Σχήμα 1.4-Κατανομή τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα (2000)

Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ εμφανής στα ελληνικά κτίρια καθώς η χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συσκευών καλύπτει ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας, (36%-40%) (Σχ 1.4.). Ένα μεγάλο μέρος αυτού του ποσοστού οφείλεται στα συστήματα κλιματισμού. Επιπλέον η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων προκαλεί το 40% περίπου των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> στη ατμόσφαιρα.

Στο Σχ. 1.5 φαίνεται η επιφάνεια των κλιματιζόμενων χώρων που προστέθηκαν ή αντικαταστήθηκαν από το 1980 μέχρι το 2000 σε ορισμένες Ευρωπαϊκές χώρες ενώ στο Σχ. 1.6 φαίνεται μια μελλοντική πρόβλεψη για την αύξηση της κλιματιζόμενης επιφάνειας μέχρι το 2020



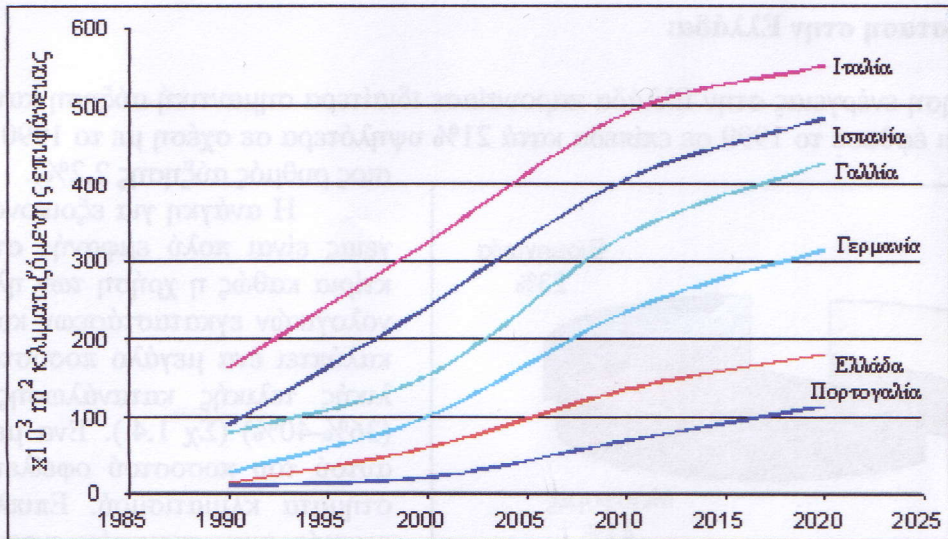
Σχήμα 1.5. Αύξηση της κλιματιζόμενης επιφάνειας στη Ελλάδα<sup>2</sup>

Η Ιταλία και η Ισπανία μαζί καλύπτουν σχεδόν το 50% της συνολικής επιφάνειας που κλιματίζεται στην Ευρώπη, ενώ η Ελλάδα καλύπτει το 5%.

Η απαιτούμενη υποδύναμη για κλιματισμό στην Ελλάδα αυξήθηκε τρεις φορές στο διάστημα 1987-1992, από 300 MW σε 896 MW. Το πρόβλημα είναι πιο σημαντικό απ' ό,τι φαίνεται καθώς η Ελλάδα έχει μείνει πίσω στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας σε σχέση με τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες.

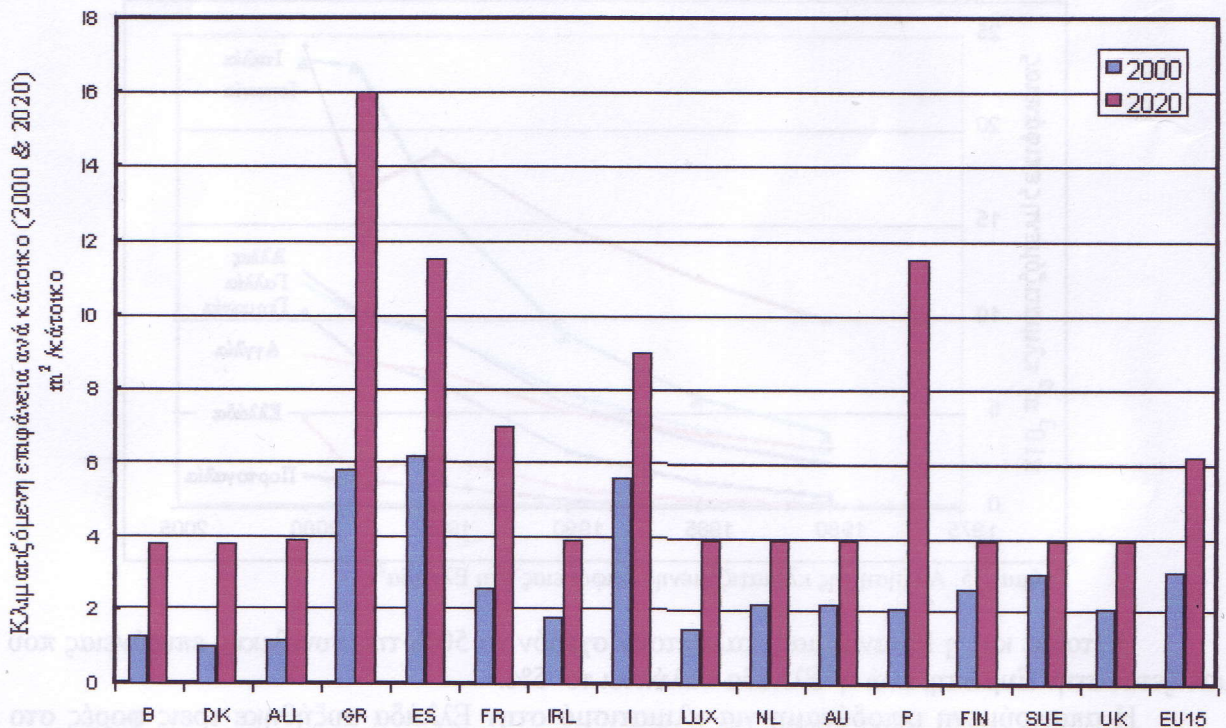
<sup>2</sup>Πηγή : International Energy Agency





Σχήμα 1.6. Προβλεπόμενη αύξηση της κλιματιζόμενης επιφάνειας στη Ελλάδα μέχρι το 2020.<sup>3</sup>

Προβλέπεται ότι μέχρι το 2020 η επιφάνεια των κλιματιζόμενων χώρων στην Ελλάδα θα αυξηθεί δραματικά. Η συνολική συμμετοχή της στην συνολική κλιματιζόμενη επιφάνεια της Ευρώπης αρχικά φαίνεται ότι δεν είναι σημαντική (όπως της Ισπανίας ή της Ιταλίας). Αυτό όμως δεν είναι απόλυτα αντιπροσωπευτικό της κατάστασης που επικρατεί. Για κάτι πιο ρεαλιστικό πρέπει να δούμε την συνολική κλιματιζόμενη επιφάνεια κάθε χώρας ανά κάτοικο (Σχ. 1.7).



Σχήμα 1.7. Κλιματιζόμενη επιφάνεια ανά κάτοικο (2000 & 2020)  $\text{m}^2/\text{κάτοικο}$  για διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες.<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Πηγή: International Energy Agency

Στο Σχ. 1.7 φαίνεται ότι η Ελλάδα το 2000 κατείχε μαζί με την Ισπανία την μεγαλύτερη επιφάνεια κλιματιζόμενων χώρων ανά κάτοικο και προβλέπεται ότι μέχρι το 2020 θα έχει κατά πολύ μεγαλύτερη από όλες τις χώρες της Ευρώπης.

Από όλα τα παραπάνω είναι φανερό ότι τα είδη προβλήματα που υπάρχουν από την κατανάλωση ενέργειας των κλιματιστικών θα αυξηθούν πάρα πολύ στο άμεσο μέλλον. Η στάση της Ελλάδας θα είναι καθοριστική τα επόμενα χρόνια.

Πολλές Ευρωπαϊκές χώρες έχουν λάβει είδη μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κλιματισμό και παγκοσμίως αναπτύσσονται όλο και πιο αποδοτικά συστήματα και καινούργιες τεχνολογίες.

Τα πλέον καινούργια συστήματα κλιματισμού εκτός του ότι πρέπει να είναι πιο αποδοτικά πρέπει κυρίως να είναι και πιο φιλικά προς το περιβάλλον.



## 1.2. Ενέργεια, Κλιματισμός και Περιβάλλον

Η κατανάλωση κάθε μορφής ενέργειας που προέρχεται από την καύση συμβατικών καυσίμων έχει άμεσες αλλά και έμμεσες επιπτώσεις στον περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ιδιαίτερη ανησυχία για την καταστροφή του όζοντος και για την δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου.

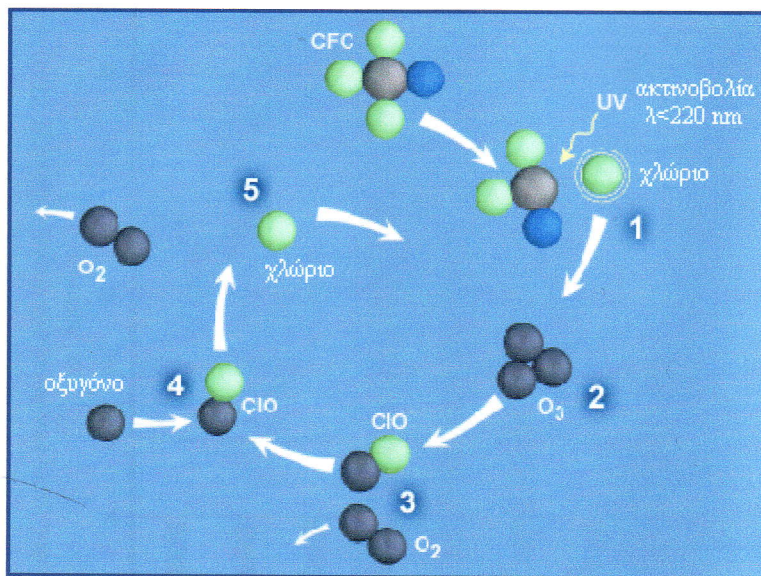
Η «συνεισφορά» των συσκευών κλιματισμού και στα δυο αυτά φαινόμενα εκτιμάται ότι είναι σημαντική, λόγω των ψυκτικών ρευστών που χρησιμοποιούνται. Τα ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιούνται στα συστήματα κλιματισμού είναι κυρίως:

- πλήρως αλογονομένοι χλωροφθοράνθρακες CFC (π.χ. R-11, R-12),
- υδροχλωροφθοράνθρακες HCFC (π.χ. R-22) και
- υδροφθοράνθρακες HFC (π.χ. R-134a, R-125)

Τα περισσότερο διαδεδομένα από αυτά (αν και έχει πλέον απαγορευτεί η παραγωγή τους) είναι το R12<sup>1</sup> και R22<sup>2</sup> ενώ μεγάλη ανάπτυξη παρουσιάζει η χρήση του R-134a στα σύγχρονα συστήματα καθώς και του R407c που αντικατέστησε το R22 στις μικρές κλιματιστικές μονάδες..

### 1.2.1. Το φαινόμενο της τρύπας του όζοντος:

Η καταστροφή του όζοντος οφείλεται κυρίως στους πλήρως αλογονομένους χλωροφθοράνθρακες (CFCs). Πρόκειται περί σταθερών χημικά ενώσεων (χλωρίου, φθορίου και άνθρακα), με διάρκεια ζωής περίπου 10-40 χρόνια στην τροπόσφαιρα και ένα χρόνο περίπου στην στρατόσφαιρα. Η ηλιακή ακτινοβολία διασπά αυτές τις ουσίες και δημιουργούνται έτσι άτομα χλωρίου, που αντιδρούν με το οξυγόνο των μορίων του όζοντος και το διασπούν (Σχ. 8). Κατά το φαινόμενο αυτό:

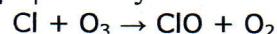


Σχήμα 8. Φαινόμενο της τρύπας του όζοντος

τό:

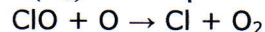
1. Ηλιακή ακτινοβολία (με μήκος κύματος  $\lambda < 220\text{nm}$ ) διασπά ένα άτομο χλωρίου από το μόριο CFC.

2. Το άτομο χλωρίου αντιδρά με ένα μόριο όζοντος ( $\text{O}_3$ ), το διασπά και καταστρέφει το όζον:



3. Προκύπτει ένα συνηθισμένο μόριο οξυγόνου ( $\text{O}_2$ ) και ένα μόριο μονοξειδίου χλωρίου (ClO).

4. Το μονοξείδιο του χλωρίου (ClO) αντιδρά με ένα ελεύθερο άτομο οξυγόνου, απελευθερώνεται το άτομο χλωρίου και προκύπτει ένα μόριο οξυγόνου ( $\text{O}_2$ ) κατά την αντίδραση:



5. Το άτομο χλωρίου ξανά αντιδρά με ένα άλλο μόριο όζοντος ( $\text{O}_3$ ) και

η διαδικασία συνεχίζεται. Ένα άτομο χλωρίου μπορεί να επαναλάβει χιλιάδες φορές τον κύκλο αυτό.

Η δυνατότητα διάσπασης του όζοντος των ψυκτικών ουσιών εκφράζεται με τον δείκτη ODP (Ozone Depletion Potential). Το Freon 11 έχει  $\text{ODP}=1$  και με αναφορά αυτό χαρακτηρίζεται η επίδραση των άλλων ψυκτικών μέσων στο φαινόμενο αυτό.

<sup>1</sup> διχλωριο-διφθόριο-μεθάνιο ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ )

<sup>2</sup> χλωριο-διφθόριο-μεθάνιο ( $\text{CHClF}_2$ )

### 1.2.2. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου οφείλεται στην απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και λιγότερο ψυκτικών ρευστών, και έχει σαν αποτέλεσμα μια σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης. Αυτό συμβαίνει επειδή τα αέρια που ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα είναι περισσότερο διαπερατά στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία απ' ό,τι στην θερμική ακτινοβολία, που ανακλάται από την γη. Η συνεισφορά των φθοριανθράκων στο φαινόμενο αυτό είναι πολύ μικρή διότι μικρή είναι και η περιεκτικότητά τους στην ατμόσφαιρα σε σχέση με το (CO<sub>2</sub>). Επειδή όμως τα μόρια τους απορροφούν μεγαλύτερα ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας από το (CO<sub>2</sub>) πιστεύεται ότι στο μέλλον η συνεισφορά τους στην αύξηση της γήινης θερμοκρασίας θα αυξηθεί σημαντικά.

Η δυνατότητα συνεισφοράς στη θέρμανση του πλανήτη εκφράζεται με τον δείκτη GWP (Global Warming Potential). Ο δείκτης εκφράζει τη σχετική δυνατότητα ενός αερίου να παγιδεύει ακτινοβολούμενη ενέργεια. Το (CO<sub>2</sub>) έχει GWP=1 και με αναφορά αυτό καθορίζεται και η τιμή του δείκτη για τα ψυκτικά ρευστά.

Η συνεισφορά επιπλέον των κλιματιστικών στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι εκτός από άμεση και έμμεση. Η ενέργεια που καταναλώνεται από τα συστήματα κλιματισμού συχνά προέρχεται από καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακα, φυσικό αέριο, πετρέλαιο κ.α.) και υπάρχουν έμμεσες συνεισφορές στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από την εκπομπή του (CO<sub>2</sub>) που απελευθερώνεται από την καύση. Οι έμμεσες επιπτώσεις των εκπομπών του (CO<sub>2</sub>) συνεχίζονται καθ' όλη την διάρκεια ζωής του κλιματιστικού και μπορεί να είναι συγκρίσιμες σε μέγεθος ή ακόμα και μεγαλύτερες από τις άμεσες επιπτώσεις που οφείλονται στις απώλειες και στην απελευθέρωση των ψυκτικών στην ατμόσφαιρα.

Η συνολική (άμεση και έμμεση) συνεισφορά των ψυκτικών στο φαινόμενο του θερμοκηπίου εκφράζεται με τον δείκτη TEWI (Total Equivalent Warning Impact).

Στον πίνακα 1.2 φαίνονται οι δείκτες ODP και GWP καθώς και το χρονικό διάστημα παραμονής στην ατμόσφαιρα των πιο διαδεδομένων ψυκτικών ρευστών και μερικών υποκατάστατων.

ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΩΣΗ	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΟΖΟΝΤΟΣ	ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΣΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΖΩΗ (ΧΡΟΝΙΑ)
<b>ΧΛΩΡΟΦΘΟΡΑΝΘΡΑΚΕΣ (CFCs)</b>			
R-11 (CCl <sub>3</sub> F)	1,00	1300	59
R-12 (CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> )	0,93	3700	122
R-113 (CCl <sub>2</sub> FCCLF <sub>2</sub> )	0,83	1900	98
R-22 (CHClF <sub>2</sub> )	0,055	1500	-
R-407 ( )	0	1530	-
R-134a (CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F)	0	400	18
<b>ΜΙΓΜΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΩΝ</b>			
R-500 (73,8%R-12+ 26,2%R-152a)	0,74	2700	-
<b>ΆΛΛΑ ΡΕΥΣΤΑ</b>			
R-717 (Αμμωνία)	0	0	-
<b>ΠΑΡΑΓΩΓΟ ΚΑΥΣΗΣ</b>			
Διοξείδιο Άνθρακα	0	1	230

Πίνακας 1.2. - Σύγκριση διαφόρων ψυκτικών ρευστών.



Διεθνείς συμφωνίες, όπως το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ και η τελική διατύπωση στη Συνάντηση της Κοπεγχάγης έχουν θέσει σοβαρούς περιορισμούς στην παραγωγή και χρήση πολύ σημαντικών ρευστών όπως τα R11,R12,R22 κ.α. Οι τεχνολογικές και οικονομικές επιπτώσεις αυτών των απαγορεύσεων είναι ιδιαίτερα σημαντικές και δημιουργούν πλήθος δισεπίλυτων προβλημάτων. Οι μεγάλες εταιρίες κάνουν προσπάθειες για να βρουν καινούργια ψυκτικά ρευστά που να είναι και αποδοτικά αλλά και φιλικά προς το περιβάλλον. Από μετρήσεις που εξελίσσονται φαίνεται ότι σαν εναλλακτικό ψυκτικό του R-22 , το R-410a έχει την καλύτερη ενεργειακή απόδοση και άρα μικρότερες εκπομπές CO<sub>2</sub>. Οι κατασκευαστές προτιμούν το R-134a για ψυκτικά συγκροτήματα νερού και το R-407c για αντλίες θερμότητας.

Η κατάργηση των CFCs στα σύγχρονα κλιματιστικά δημιουργεί επιπλέον όμως προβλήματα με κυριότερο την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Οι νέες τεχνολογίες που «υποστηρίζουν» το περιβάλλον έχουν όπως είναι φυσικό μικρότερη απόδοση ( 7%-8%) από τις ήδη υπάρχουσες με αποτέλεσμα να απαιτείται και πρόσθετη ισχύς για να καλύψουν το απαιτούμενο φορτίο. Αυτό βέβαια θα έχει και κάποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις , λόγω της αύξησης των ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα , που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από την καύση υδρογονανθράκων για την παροχή ενέργειας στα κλιματιστικά συστήματα (κυρίως αυτών των μεγάλων εμπορικών κέντρων)

Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν να παρθούν μέτρα για την λύση του προβλήματος. Κάθε λύση που προτείνεται πρέπει να εξετάζεται με πολύ προσοχή και να δοκιμάζεται με αυστηρούς πειραματικούς ελέγχους προτού κυκλοφορήσει στην αγορά.

Τα νέα ψυκτικά ρευστά αν και φαίνονται να τηρούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την προστασία του περιβάλλοντος είναι ακόμα πολύ νωρίς για να πούμε ότι είναι τελείως ασφαλή. Η ευρεία χρήση τους μπορεί στο μέλλον να προκαλέσει καινούργια περιβαλλοντολογικά προβλήματα σε άλλους τομείς.

Η πιο σίγουρη και ίσως η μόνη λύση στο πρόβλημα της μόλυνσης του περιβάλλοντος είναι η σωστή -χωρίς άσκοπη σπατάλη- διαχείριση της ενέργειας. Η εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα κλιματισμού θα οδηγήσει σταδιακά και στον περιορισμό της παραγωγής των ψυκτικών ρευστών που επιβαρύνουν το περιβάλλον. [α.1],[α.2] , [ε.16]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΟΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ

### 2.1 Ενεργειακό ισοζύγιο κτιρίου

Για να μπορέσουμε να εξοικονομήσουμε ενέργεια στον κλιματισμό (αλλά και σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα που διαχειρίζεται ενέργεια) πρωταρχική ανάγκη είναι η καλή γνώση του συστήματος. Πρέπει δηλαδή να γίνει ένα έλεγχος που να λαμβάνει υπόψη του όλους εκείνους τους παράγοντες που επιδρούν θετικά ή και αρνητικά στην δημιουργία, μεταφορά και αποθήκευση της ενέργειας.

Η ροή ενέργειας σε ένα κτίριο, από τη διαμονή της σε αυτό έως την τελική ωφέλιμη κατανάλωση ανά χρήση και ενεργειακό σύστημα, κατανοείται άμεσα μέσω της εποπτικής παρουσίασης του ενεργειακού ισοζυγίου του κάθε συστήματος με ένα διάγραμμα Sankey. Στα διαγράμματα αυτά απεικονίζονται ποσοτικά και αναλογικά σε σχέση με το σύνολο της εισροής ενέργειας, οι ενεργειακές απώλειες-εκροές, τα ενεργειακά κέρδη-εισροές καθώς και η παραμένουσα ωφέλιμη ενεργειακή χρήση σε κάθε ενεργειακό σύστημα του κτιρίου.

Η εποπτική παρουσίαση των ενεργειακών ροών μέσω των διαγραμμάτων Sankey, βοηθά στην διαπίστωση των κρισιμότερων περιοχών κατανάλωσης σε ένα κτίριο ή συγκρότημα και ταυτόχρονα των αιτιών των διαφόρων ενεργειακών απωλειών σε αυτό. Αυτή η διαπίστωση οδηγεί, στην ορθή αξιολόγηση της συμπεριφοράς του συστήματος και στην καλύτερη ιεράρχηση των προτεινόμενων επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

### 2.2. Απώλειες θερινού κλιματισμού

Οι «απώλειες» που πρέπει να υπερνικηθούν για να προσεγγισθούν οι συνθήκες άνεσης σε ένα χώρο, διακρίνονται συνήθως σε απώλειες που οφείλονται σε αίτια που βρίσκονται μέσα στον χώρο και σε απώλειες οι οποίες οφείλονται σε αίτια που βρίσκονται στο εξωτερικό περιβάλλον ή το κέλυφος του χώρου (Σχ. 2.1.).



Σχήμα 2.1.- Ροή ενέργειας σε κλιματιζόμενο χώρο (για ψύξη χώρου)

Τα αίτια αυτά προκειμένου περί «θερινού» κλιματισμού χαρακτηρίζονται ως ανεπιθύμητα «θερμικά κέρδη»



### 2.2.1. Εξωτερικά θερμικά κέρδη

- Άμεση και δι' αγωγής μεταφερόμενη ηλιακή ακτινοβολία  
Η συνεισφορά της ηλιακής ακτινοβολίας στα θερμικά κέρδη είναι πολύ σημαντική και η προστασία του χώρου από αυτή μπορεί να ελαττώσει σημαντικά το λειτουργικό κόστος για τον κλιματισμό.
- Μεταφορά θερμότητας μέσω τοιχωμάτων, θυρών, παραθύρων κ.λ.π., λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού αέρα.
- Μεταφορά θερμότητας λόγω άμεσης προσβολής (υπερθερμάνσεως) ηλιοφανών τοιχωμάτων ή άλλων στοιχείων του περιβλήματος του κτιρίου
- Θερμικά κέρδη τα οποία οφείλονται στην εισροή θερμού αέρα, δια των ανοιγμάτων και χαραμιάδων του χώρου.

Η μεταφορά θερμού αέρα από το περιβάλλον στον κλιματιζόμενο χώρο (εκτός από την ποσότητα που προστίθεται στην κύρια κλιματιστική μονάδα για την ανανέωση του αέρα των χώρων), είναι αναπόφευκτη και πραγματοποιείται κατά τα ανοίγματα θυρών και παραθύρων, όπως και από σχισμές και χαραμάδες.

### 2.2.2. Εσωτερικά θερμικά φορτία

- Θερμικά κέρδη λόγω λειτουργίας του συστήματος ηλεκτροφωτισμού (θερμές πηγές φωτός)  
Η λειτουργία των λαμπτήρων φωτισμού έχει σαν αποτέλεσμα να εμφανίζονται αξιοσημείωτα θερμικά φορτία και πρέπει να υπολογίζεται στις εγκαταστάσεις κλιματισμού.

- Θερμικά φορτία τα οποία οφείλονται στον φυσικό μεταβολισμό των ατόμων (ή άλλων ζωντανών οργανισμών).

Τα άτομα που βρίσκονται μέσα σε ένα κλιματιζόμενο χώρο δημιουργούν πρόσθετα φορτία. Σε χώρους συνάθροισης πολλών ατόμων (π.χ. θέατρα) το φορτίο αυτό είναι σημαντικό και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

- Θερμικά φορτία τα οποία προκαλούνται εξ αιτίας της λειτουργίας θερμικών ή ηλεκτρικών μηχανών ή συσκευών, στον κλιματιζόμενο χώρο.

Θερμικά φορτία προκύπτουν από όλες τις μηχανές που καταναλώνουν ισχύ μέσα στον χώρο που κλιματίζεται. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα φορτία αυτά μπορεί να είναι ιδιαίτερα μεγάλα.

- Θερμικά φορτία τα οποία δημιουργούνται από τα άτομα ή μηχανές λόγω δραστηριοτήτων ή διαδικασιών παραγωγής έργου.

Το διάγραμμα Sankey του Σχ. 2.1. εκφράζει την ροή ενέργειας σε ένα κλιματιζόμενο χώρο κατά την περίοδο δροσισμού. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα αυτό κατά την ψύξη το καλοκαίρι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό προσφέρεται από το σύστημα κλιματισμού.

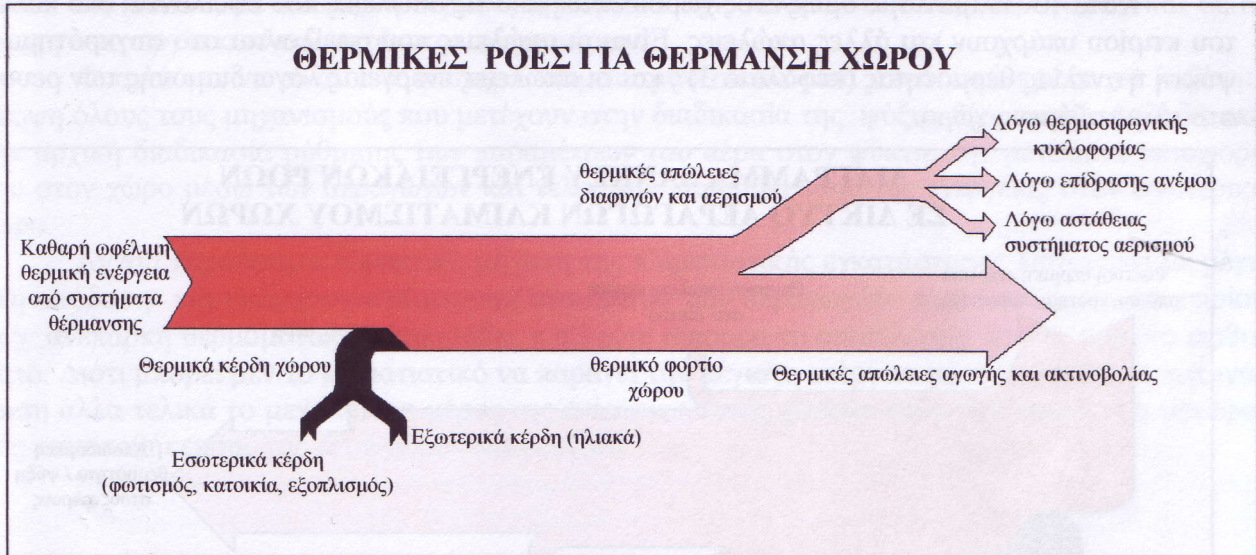
Ένα μέρος της ενέργειας αυτής (αρκετά σημαντικό) «καταναλώνεται από εσωτερικά κέρδη (π.χ. φωτισμός, ηλεκτρικές συσκευές κ.α.). Το υπόλοιπο αφορά το κέλυφος του κτιρίου και οφείλεται κυρίως στα ηλιακά κέρδη και κατά ένα μικρό ποσοστό στις θερμικές απώλειες αγωγής και ακτινοβολίας και απώλειες διαφυγών αέρα..

Η αποφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας και μείωση της ενέργειας που προέρχεται από τα εσωτερικά κέρδη θα βοηθούσε σημαντικά στη οικονομικότερη λειτουργία του συστήματος κλιματισμού.



### 2.3. Φορτία χειμερινού κλιματισμού

Κατά την χειμερινή περίοδο οι θερμικές απώλειες των χώρων οφείλονται στη θερμική μεταφορά (αγωγιμότητα των τοιχωμάτων και θέρμανση αερίων μαζών που εισέρχονται στον χώρο), ενώ όλα τα άλλα φορτία που εξετάστηκαν ως εχθρικά για τον θερινό κλιματισμό, έχουν εδώ θετική επίδραση (Σχ. 2.2.).



Σχήμα 2.2.-Θερμικές ροές σε κλιματιζόμενο χώρο για θέρμανση χώρου

Έτσι η υγρασία π.χ. που δημιουργείται κατά την είσοδο ψυχρών ρευμάτων προσθέτει θερμότητα στον χώρο, όπως και οι άνθρωποι, οι ηλεκτρικές συσκευές, ο φωτισμός, κ.α.

Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν το συνολικό φορτίο ενός κτιρίου είναι:

- Οι απώλειες από αγωγιμότητα των τοιχωμάτων προς τον εξωτερικό αέρα, το έδαφος και τους μη θερμαινόμενους χώρους. Καθορίζονται κυρίως από την εξωτερική θερμοκρασία. Σημαντική είναι η επίδραση πάνω στις υπολογιστικά προκύπτουσες θερμικές απώλειες της συσσωρευμένης στο κτίριο θερμοχωρητικότητας.
- Οι απώλειες που εκφράζουν την αντιστάθμιση της εισόδου εξωτερικού αέρα στο κτίριο από χαραμάδες κουφωμάτων, αερισμό και διείσδυση από τα τοιχώματα. Οι απώλειες αυτές έχουν άμεση εξάρτηση από την ένταση του ανέμου και τη θερμοκρασία του
- Τυχόν αντισταθμίσεις απωλειών σε τμήματα του κτιρίου από εσωτερικές πηγές θερμότητας η ηλιόπτωση.

Η θερμομόνωση που επιβάλει σήμερα ο σχετικός κανονισμός έχει σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό των απωλειών αγωγιμότητας. Κατά συνέπεια, είναι αυξημένη η ποσοστιαία συμμετοχή των υπολοίπων παραγόντων (είσοδος αέρα, κ.λ.π.) στο συνολικό φορτίο αιχμής και κατ' ακολουθία, η επίδραση των διακυμάνσεων τους, πάνω στη συμπεριφορά του κτιρίου σε μερικά φορτία, είναι σοβαρότερη.

Όπως χαρακτηριστικά φαίνεται από το διάγραμμα κατά την χειμερινή περίοδο το θερμικό φορτίο ενός χώρου «καλύπτεται» κατά κύριο λόγο από το σύστημα κλιματισμού και εν μέρει κατά ένα μικρό ποσοστό από τα θερμικά κέρδη του χώρου, όπως π.χ. φωτισμός, εξοπλισμός (εσωτερικά κέρδη) και ηλιακή ενέργεια (εξωτερικά κέρδη).

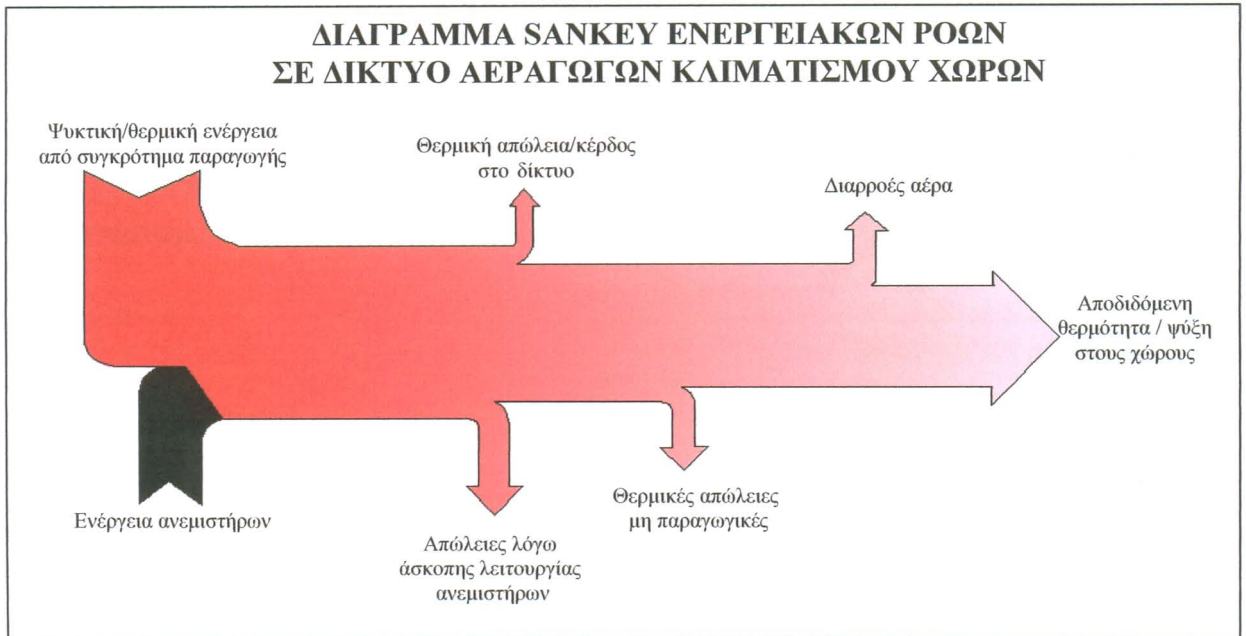
Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ενέργειας διαχέεται στην ατμόσφαιρα μέσω αγωγής και ακτινοβολίας και το υπόλοιπο (μικρό αλλά σημαντικό) είναι θερμικές απώλειες διαφυγών και αερισμού.



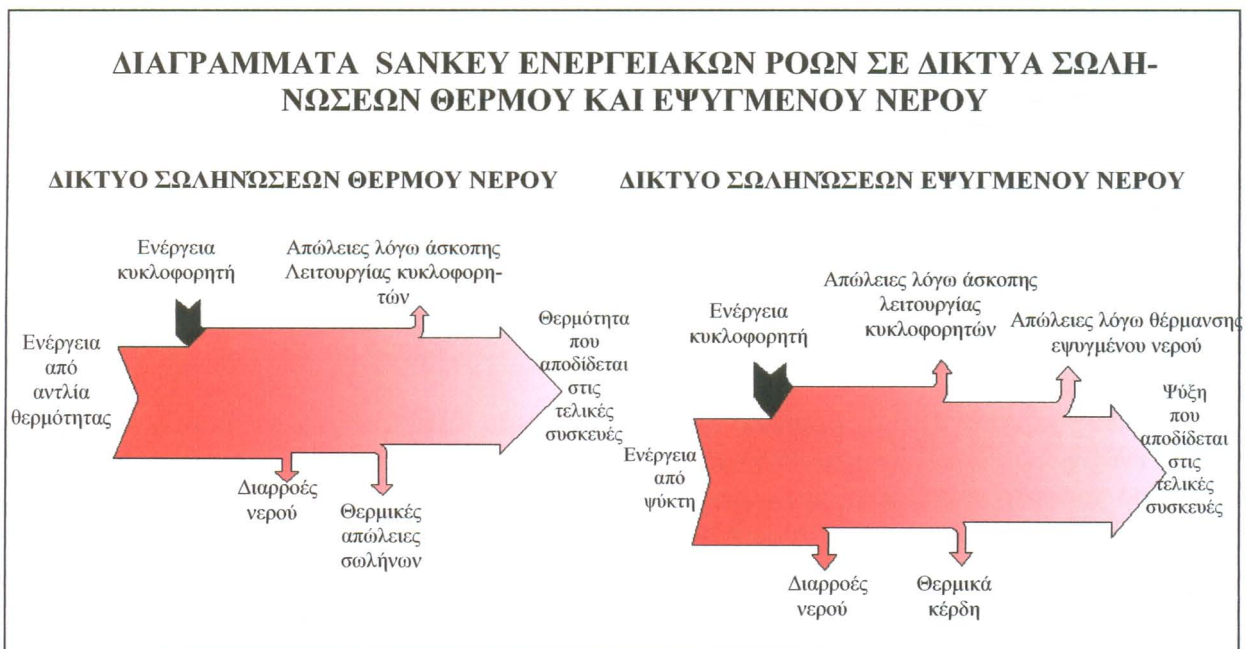
Η θερμομόνωση δηλαδή του κτιρίου κατά την θέρμανση μπορεί να προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας διότι περιορίζονται έτσι οι απώλειες αγωγής και ακτινοβολίας που είναι και οι πιο σημαντικές στην περίπτωση αυτή.

#### 2.4. Ενεργειακές ροές σε δίκτυα διαμονής ρευστών κλιματιζόμενων χώρων.

Κατά τον κλιματισμό όμως ενός χώρου εκτός από τις απώλειες που οφείλονται στο κέλυφος του κτιρίου υπάρχουν και άλλες απώλειες. Είναι οι απώλειες που οφείλονται στο συγκρότημα του ψύκτη ή αντλίας θερμότητας (κεφάλαιο 3) , και οι απώλειες ενέργειας λόγω διαμονής των ρευστών στο κλιματιζόμενο χώρο.



Σχήμα 2.3.-Ενεργειακές ροές σε δίκτυα αεραγωγών διανομής αέρα



Σχήμα 2.4.-Ενεργειακές ροές σε δίκτυα σωληνώσεων διαμονής νερού

Το διαγράμματα Sankey των Σχ. 2.3. και 2.4. εκφράζουν τις ενεργειακές ροές σε δίκτυα σωληνώσεων θερμού και εψυγμένου νερού καθώς και σε ένα δίκτυο αεραγωγών. Οι ενεργειακές εισροές στα δίκτυα προέρχονται από τα συγκροτήματα παραγωγής (ψύκτες, αντλίες θερμότητας) και εναλλαγής θερμότητας (νερού-αέρα) και συμπληρώνονται από την αναγκαία ενέργεια που καταναλώνουν οι κυκλοφορητές και οι ανεμιστήρες αντίστοιχα για να προσδώσουν στο δίκτυο το θερμικό δυναμικό του νερού και του αέρα. Οι θερμικές απώλειες εδώ οφείλονται σε διαρροές του μέσου στα δίκτυα, σε ανεπαρκή θερμική προστασία των σωληνώσεων και αεραγωγών και σε άσκοπη λειτουργία κυκλοφορητών και ανεμιστήρων.

Φυσικά για να είναι ένα σύστημα κλιματισμού οικονομικά αποδοτικό πρέπει να λάβουμε υπόψη όλους τους μηχανισμούς που μετέχουν στην διαδικασία της ψύξης-θέρμανσης. Δηλαδή από την αρχική διαδικασία ρύθμισης των παραμέτρων του αέρα στον ψύκτη, την μετέπειτα μεταφορά του στον χώρο μέσω των αεραγωγών και τέλος την «αποθήκευση» της ενέργειας στον εσωτερικό χώρο.

Αν για παράδειγμα η ψυκτική μηχανή της κλιματιστικής εγκατάστασης λειτουργεί με μέγιστη απόδοση και υπάρχουν κακοτεχνίες στο δίκτυο των αεραγωγών ή στο κέλυφος του κτιρίου (π.χ. ανεπαρκή θερμομόνωση, χαραμάδες κ.α.) τότε σίγουρα το αποτέλεσμα δεν θα είναι το επιθυμητό. Διότι μπορεί μεν το κλιματιστικό να παράγει την μέγιστη ενέργεια με την μικρότερη κατανάλωση άλλα τελικά το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας αυτής χάνεται κατά την διαδικασία μεταφοράς και αποθήκευσης της στον χώρο. [δ.1], [α.1], [α.2]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΨΥΚΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ, ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΥΤΩΝ

### 3.1. Αρχή λειτουργίας ψυκτικής μηχανής

Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων κλιματισμού βασίζεται στο δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα. Κατά το αξίωμα αυτό είναι αδύνατη η μεταφορά θερμότητας από ένα ψυχρότερο σε ένα θερμότερο σώμα χωρίς δαπάνη ενέργειας. Η θερμότητα μεταδίδεται κατά φυσικό τρόπο από ένα σώμα θερμό προς ένα σώμα ψυχρό. Μια μηχανή η οποία μπορεί να απάγει (αντλήσει) θερμότητα από ένα ψυχρότερο σώμα και να την μεταφέρει σε ένα θερμότερο ονομάζεται αντλία θερμότητας.

Έτσι ανάλογα με το αποτέλεσμα που θέλουμε να πετύχουμε οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε: Ψυκτικές μηχανές, όταν επιδιώκουμε την απαγωγή θερμότητας από ένα χώρο για τον δροσισμό του, και θερμικές μηχανές όταν επιδιώκουμε την προσαγωγή θερμότητας σε ένα χώρο για την θέρμανσή του.

Υπάρχουν αντλίες θερμότητας που μπορούν να λειτουργήσουν και σαν ψυκτικές και σαν θερμικές μηχανές. Η διαφορά είναι ότι στην μια περίπτωση μας ενδιαφέρει η ψυκτική ισχύς του εξατμιστή ενώ στην άλλη η θερμική ισχύς του συμπυκνωτή. Η διαδικασία αναστροφής γίνεται είτε με αναστροφή των κυκλωμάτων, είτε με αναστροφή των υδραυλικών συστημάτων ή των κυκλωμάτων παροχής αέρα στο χώρο.

Με την φυσική έννοια του όρου, όλες οι κλιματιστικές μηχανές είναι αντλίες θερμότητας και παρέχουν τη δυνατότητα εξασφάλισης τόσο ψύξης όσο και θέρμανσης.

Παρά την ανωτέρω διάταξη των αντλιών θερμότητας σε θερμικές και ψυκτικές μηχανές έχει επικρατήσει στην μηχανολογία ο όρος αντλία θερμότητας να χρησιμοποιείται κυρίως για να δείξει τη συσκευή που θερμαίνει για να καλύψει κάποιες ανάγκες. Και αντίστοιχα η συσκευή που ψύχει ονομάζεται ψυκτική μηχανή. Παρακάτω θα διατηρηθούν αυτοί οι όροι.

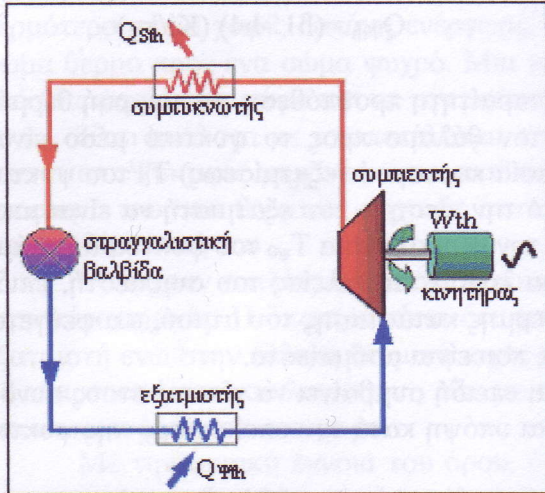
Η ενέργεια που καταναλώνεται και που προσφέρεται από ένα κλιματιστικό σύστημα έχει σχέση με το είδος των θερμοδυναμικές μεταβολές του ψυκτικού ρευστού κατά την διαδικασία της ψύξης-θέρμανσης. Για αυτό είναι σημαντικό να μελετηθεί ο ψυκτικός κύκλος. Ο πιο διαδεδομένος ψυκτικός κύκλος στον οποίο βασίζεται και η λειτουργία των περισσότερων κλιματιστικών είναι ο κύκλος της συμπίεσης ατμών.



**3.2. Θεωρητικός ψυκτικός κύκλος συμπίεσης ατμού**

Αν και η ο θεωρητικός κύκλος λειτουργίας διαφέρει από τον πραγματικό είναι σημαντικό να μελετηθεί ώστε να γίνει αντιληπτό ο τρόπος που «ρέει» η ενέργεια σε αυτό το σύστημα.

Ένα τυπικό ψυκτικό κύκλωμα φαίνεται στο Σχ.(3.1) . Το κύκλωμα αποτελείται από τον συμπιεστή, τον συμπυκνωτή, την εκτονωτική βαλβίδα και τον εξατμιστή



Σχήμα 3.1 - Ψυκτικό κύκλωμα συμπίεσης ατμών

συμπύκνωση του υπέρθερμου ατμού καταστάσεως 2 στον συμπυκνωτή της εγκατάστασης μέχρι κατάσταση βρασμού. Κατά την διεργασία αυτή αποδίδεται προς το περιβάλλον (νερό ή αέρας ψύξεως) η θερμότητα:

$$Q_{St}=(h_2-h_4) \text{ (kJ/kg)}$$

Για να μπορέσουμε να έχουμε αυθόρμητη μεταφορά της θερμότητας θα πρέπει η θερμοκρασία κορεσμού (συμπυκνώσεως) T του ψυκτικού μέσου υπό την πίεση P να είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία T<sub>π</sub> του περιβάλλοντος.

3' → 3: υπόψυξη του κορεσμένου υγρού σε θερμοκρασία χαμηλότερη από την θερμοκρασία κορεσμού του, η οποία αντιστοιχεί στην πίεση P του συμπυκνωτή. Με την υπόψυξη του συμπυκνώματος αυξάνει η ψυκτική ισχύς της διάταξης κατά:

$$Q_{\Psi th.}=(h1'-h4)>(h1'-h4')$$

χωρίς να απαιτείται η μεταβολή των άλλων χαρακτηριστικών της.

3 → 4: αδιαβατικός στραγγαλισμός του υπόψυκτου ρευστού καταστάσεως 3 μέχρι την πίεση P<sub>0</sub> του εξατμιστή. Μέσω της «ισενθαλπικής» αυτής διεργασίας , η οποίας πραγματοποιείται με την βοήθεια στραγγαλιστικής (αποτονωτικής) βαλβίδας, το υπόψυκτο υγρό καταστάσεως 3 μετατρέπεται σε υγρό ατμό (κατάσταση 4)

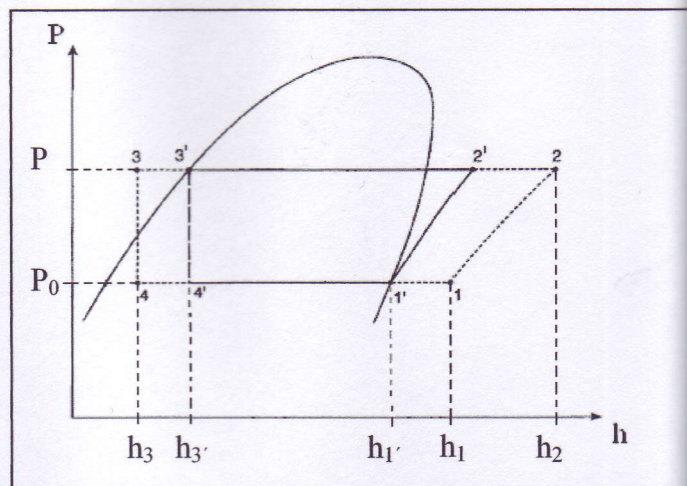
Ο θεωρητικός κύκλος λειτουργίας της ψυκτικής μηχανής παριστάνεται στο διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας (p-h) στο Σχ. (3.2.) και στο εντροπικό διάγραμμα (T-s) στο Σχ. (3.3.).

Οι θερμοδυναμικές διεργασίες είναι:

1 → 2: αδιαβατική (dS=0) συμπίεση του ατμού, ο οποίος προέκυψε από την εξάτμιση του ψυκτικού μέσου στον εξατμιστή της εγκατάστασης , στον συμπιεστή. Το έργο που δαπανά ο συμπιεστής ανά μονάδα μάζας ψυκτικού ρευστού είναι:

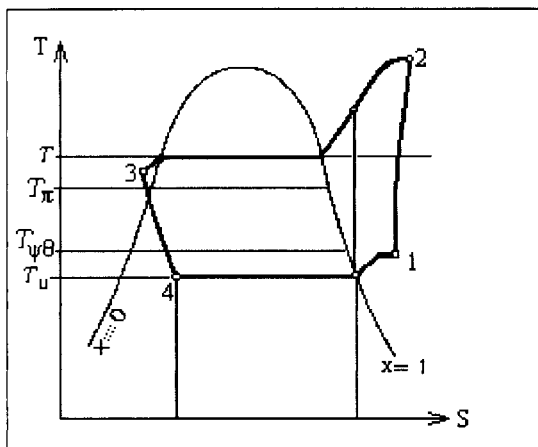
$$W_{th}=(h_2-h_1) \text{ (kJ/kg)}$$

2 → 3': ισοβαρής ψύξη και στην συνέχεια συμ-



Σχήμα 3.2.- Διάγραμμα (p-h) κύκλου λειτουργίας συμπίεσεως ατμού





Σχήμα 3.3. - Διάγραμμα T-S συμπιέσις ατμών

4 → 1: ισοβαρής εξάτμιση του υγρού ατμού καταστάσεως 5 στον εξατμιστή (εναλλάκτη χαμηλής θερμοκρασίας). Κατά την παραπάνω διεργασία αφαιρείται από τον ψυκτικό θάλαμο η αναγκαία θερμότητα ατμοποίησης:

$$Q_{\psi th.} = (h1' - h4) \text{ (Kj/kg)}$$

Απαραίτητη προϋπόθεση για την ροή θερμότητας από τον θάλαμο προς το ψυκτικό μέσο είναι η θερμοκρασία κορεσμού (εξατμίσεως)  $T_0$  του ψυκτικού μέσου υπό την πίεση  $p_0$  του εξατμιστή να είναι μικρότερη από την θερμοκρασία  $T_{\psi\theta}$  του ψυκτικού θαλάμου.

Για λόγους ασφαλείας του συμπιεστή, επιδιώκεται η υπερθέρμανση και αυτό διότι λόγω της υπέρθερμης κατάστασης του ατμού, αποφεύγεται η εμφάνιση στην είσοδο του συμπιεστή ψυκτικού υγρού, που είναι ασυμπίεστο.

Η υπερθέρμανση αυτή του ψυκτικού μέσου και επειδή συμβαίνει να γίνεται στους συνδεδετικούς αγωγούς και όχι στον ατμοποιητή δεν λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό της ψυκτικής ισχύος.

Οι παραπάνω θερμοδυναμικές μεταβολές συμβαίνουν τόσο στην θέρμανση όσο και στην ψύξη. Αυτό που κάθε φορά αλλάζει είναι οι χώροι μεταξύ των οποίων ανταλλάσσεται η θερμότητα.

Η ενεργειακή συμπεριφορά μιας μηχανής καθορίζεται άμεσα από τον βαθμό απόδοσης. Έτσι παρακάτω θα δούμε πως ορίζεται ο συντελεστής συμπεριφοράς (όπως συνηθίζεται να λέγεται) μιας ψυκτικής μηχανής και ο βαθμός απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας.

### 3.3. Συντελεστής συμπεριφοράς ψυκτικής μηχανής

Η αποδοτικότητα μια ψυκτικής εγκατάστασης ελέγχεται από την τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς. Ο θεωρητικός συντελεστής συμπεριφοράς  $CP_{th}$  (Coefficient of performance) ορίζεται σαν πηλίκο της θεωρητικής ψυκτικής ισχύος, την οποία παρέχει το ψυκτικό στοιχείο, προς το θεωρητικό έργο του συμπιεστή, την οποία παρέχει ο συμπιεστής.

$$\text{Άρα: } COP_{th} = \frac{\text{Θεωρητική ψυκτική ισχύς}}{\text{Θεωρητικό έργο συμπιεστή}} = \frac{Q_{\psi th}}{W_{th}} = \frac{h_1' - h_4}{h_2 - h_1} \left( \frac{kJ}{kWh} \right)$$

Από την παραπάνω σχέση φαίνεται ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο  $CP_{th}$  τόσο αποδοτικότερη είναι μια ψυκτική εγκατάσταση

Ο πραγματικός συντελεστής συμπεριφοράς (CP), είναι αντίστοιχος του ( $CP_{th}$ ) και δίνεται από την σχέση:

$$COP = \frac{\text{Πραγματική ψυκτική ισχύς}}{\text{Πραγματικό έργο συμπιεστή}} \left( \frac{kJ}{kWh} \right)$$

Στην περίπτωση του κλιματισμού παίρνει τιμές:  $CP=3,5-4$

Η τιμή του  $CP_{th}$  εξαρτάται κυρίως από το ψυκτικό μέσο, την θερμοκρασία ατμοποίησης και την θερμοκρασία συμπυκνώσεως. Στον πίνακα (3.1) φαίνονται οι θερμοδυναμικές ιδιότητες ορισμένων ψυκτικών ρευστών. Όπως φαίνεται η αμμωνία ( $NH_3$ ) R717 διακρίνεται για την οικονο-

Ψυκτικό μέσο	Χημικός τύπος	Μοριακή μάζα M (Kj/kmol)	Ειδική θερμοχωρητικότητα σε 0 °C και 70 mmHg		Κανονικό σημείο	
			Υγρού Kj/kgK	Ατμών Kj/kgK	Τήξεως °C	Ζέσεως °C
Αμμωνία	$NH_3$	17,032	4,647	2,060	-77,9	-33,35
Διοξείδιο άνθρακα	$CO_2$	44,01	-	0,825	-56,6	31
R-11	$CFCl_3$	137,78	1,549	0,737	-91,5	-24,0
R-12	$CF_2Cl_2$	120,92	0,871	0,544	-111	23,65
R-22	$CHF_2Cl$	86,475	1,089	0,607	-160	-40,80
R-113	$C_2F_3Cl_3$	187,39	0,971	0,636	-36,5	47,6

Πίνακας (3.1.): Χαρακτηριστικά των περισσότερο χρησιμοποιούμενων ρευστών

μική λειτουργία έναντι των άλλων ψυκτικών ρευστών για τις ίδιες συνθήκες λειτουργίας λόγω της υψηλής ειδικής ψυκτικής αποδόσεως. Επιπλέον είναι φιλικό προς το περιβάλλον καθώς δεν έχει άμεση επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην τρύπα του όζοντος. Το μόνο μειονέκτημα της είναι η τοξικότητα της.

Ακόμα η τιμή του  $CP_{th}$  εξαρτάται και από την υπόψυξη του συμπυκνώματος. Τα περιθώρια υπόψυξης είναι τόσο μεγαλύτερα όσο υψηλότερη από την θερμοκρασία  $T_p$  του περιβάλλοντος είναι η θερμοκρασία  $T$  του ψυκτικού μέσου στον συμπυκνωτή και κατά συνέπεια όσο μεγαλύτερη είναι η συμπίεση  $P/P_0$ , μια και απ' αυτήν εξαρτάται η θερμοκρασία  $T$ . Η αύξηση όμως της συμπίεσης συνεπάγεται φυσικά αύξηση του καταναλωμένου από τον συμπιεστή έργο  $W_{th}$ . Για τον λόγο αυτό πρέπει να εξετάζεται πάντα κατά πόσο, κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες, υπό τις οποίες ψύχεται ο συμπυκνωτής, θα ήταν προτιμότερη μια κατά τον δυνατόν χαμηλή συμπίεση αντί της υπόψυξης του ψυκτικού ρευστού.

Η ποιότητα μιας εγκατάστασης από ενεργειακή άποψη, χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή συμπεριφοράς. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του τόσο καλύτερη είναι η εγκατάσταση, δηλαδή τόσο λιγότερη ενέργεια καταναλώνεται για το ίδιο αποτέλεσμα. Ο συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς μπορεί να μεταβάλλεται αισθητά αφού εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και τις απαιτούμενες αλλαγές της παραγωγικής διαδικασίας.

Ο ορισμός που δόθηκε πιο πάνω είναι από τους πιο διαδεδομένους για υπολογισμούς στην βιομηχανία. Οπωσδήποτε όμως, δεν θεωρείται και η καλύτερη παράμετρος υπολογισμού για ένα ολοκληρωμένο ψυκτικό σύστημα. Η απαιτούμενη ενέργεια δεν είναι αυτή μόνο του συμπιεστή αλλά και του υπόλοιπου εξοπλισμού δηλ. των ανεμιστήρων και των αντλιών του εξατμιστή και του συμπυκνωτή. Έτσι, λοιπόν ορίζεται ο συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς του συστήματος:

$$COP_{\text{συστηματος}} = \frac{\text{Ψυκτικό αποτέλεσμα}}{\text{Συνολική χρησιμοποιούμενη ισχύς}}$$

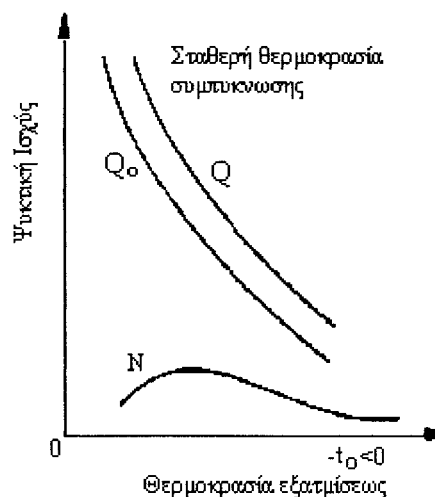
### 3.4. Πρωτογενής παράμετροι που επηρεάζουν τον συντελεστή συμπεριφοράς.

- **Ψυκτικά φορτία**

Τα ψυκτικά φορτία παίζουν ουσιαστικό ρόλο στα λειτουργικά έξοδα του ψυκτικού συστήματος. Εάν το ψυκτικό φορτίο είναι υψηλότερο από το απαιτούμενο, τότε χρειάζεται μεγαλύτερο ψυκτικό φορτίο και υψηλότερο λειτουργικό κόστος.

- **Θερμοκρασία Εξάτμισης**

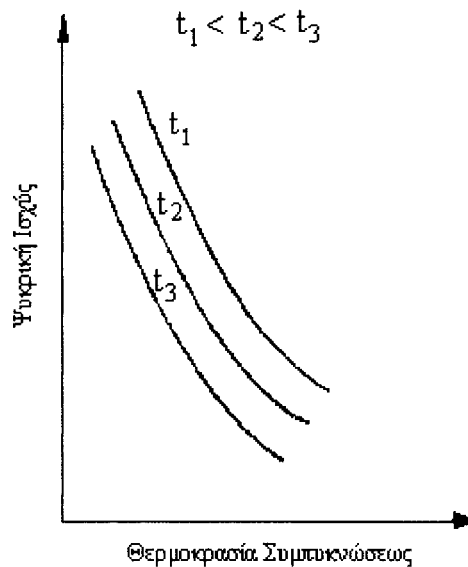
Το Σχ. 3.4. απεικονίζει την επίδραση της θερμοκρασίας εξάτμισης σε σχέση με τον συντελεστή συμπεριφοράς. Υψηλή θερμοκρασία εξάτμισης σημαίνει υψηλό συντελεστή Ψυκτικής Συμπεριφοράς (COP) και χαμηλό λειτουργικό κόστος. Πρακτικά αύξηση της θερμοκρασία εξάτμισης κατά 1°C σημαίνει μείωση τους κόστους λειτουργίας από 2 έως 4%. Υψηλότερες θερμοκρασίες εξάτμισης μπορούν να επιτευχθούν χρησιμοποιώντας καλά συστήματα ελέγχου και σημεία αναφοράς και κάνοντας καλή χρήση της διαθέσιμης επιφάνειας του εξατμιστή, αποφεύγοντας τις επικαθίσεις, την δημιουργία πάγου, την υπερβολική υπερθέρμανση, την κακή μεταφορά θερμότητας, κλπ.



Σχήμα 3.4.-Επίδραση της θερμοκρασίας εξάτμισης ψυκτικού ρευστού στην ψυκτική ( $Q_o$ ) και τη ολική ισχύ ( $Q$ ), καθώς και στην ισχύ του συμπιεστή ( $N$ ) (το σχήμα εξαρτάται από το ψυκτικό ρευστό και τις συνθήκες του ψυκτικού κύκλου)

- **Θερμοκρασία Συμπύκνωσης**

Το Σχ. 3.5. απεικονίζει την επίδραση της θερμοκρασίας συμπύκνωσης σε σχέση με τον συντελεστή συμπεριφοράς (COP). Πρακτικά μείωση της θερμοκρασίας συμπύκνωσης κατά 1°C σημαίνει μείωση του κόστους λειτουργίας από 2 έως 4%. Χαμηλότερες θερμοκρασίες συμπύκνωσης μπορούν να επιτευχθούν χρησιμοποιώντας καλά συστήματα ελέγχου και κάνοντας καλή χρήση της διαθέσιμης επιφάνειας του συμπυκνωτή, αποφεύγοντας τις επικαθίσεις, τις στομώσεις, την κακή μεταφορά θερμότητας, κλπ.



Σχήμα 3.5. - Επίδραση της απόδοσης του συμπιεστή στην απόδοση του συστήματος για διάφορες θερμοκρασίες εξατμίσεως (το σχήμα εξαρτάται από το ψυκτικό ρευστό και τις συνθήκες του ψυκτικού κύκλου)

- **Ισχύς Βοηθητικού Εξοπλισμού**

Ο βοηθητικός εξοπλισμός ενός συστήματος ψύξης απαιτεί για την λειτουργία του περίπου το 25% της ισχύος του συνολικού φορτίου και μερικές φορές πολύ μεγαλύτερο όταν λειτουργεί σε μερικό φορτίο. Μειώνοντας την ισχύ του βοηθητικού εξοπλισμού αυξάνεται σημαντικά η απόδοση του συστήματος.

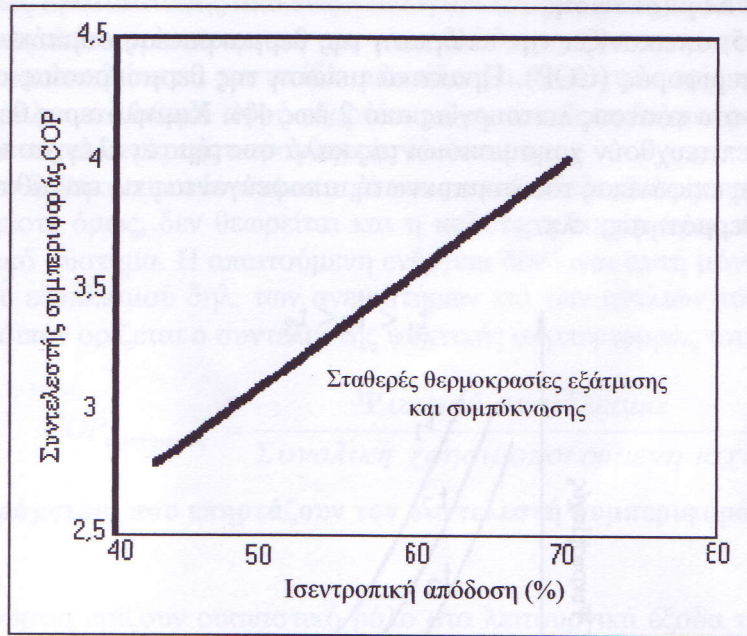
- **Απόδοση του συμπιεστή**

Το Σχ. 3.6. δείχνει την επίδραση της απόδοσης του συμπιεστή στον συντελεστή συμπεριφοράς (COP). Υψηλότερη απόδοση σημαίνει χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Ισοεντροπική απόδοση είναι η μέγιστη τιμή της απόδοσης του συμπιεστή. Στους περισσότερους τύπους συμπιεστών, ιδιαίτερα στους κοχλιωτούς και στους φυγοκεντρικούς η απόδοση πέφτει όταν λειτουργούν υπό μερικό φορτίο.

Κάτι άλλο που είναι εξίσου σημαντικό είναι η απόδοση του κινητήρα του συμπιεστή. Σε γενικές γραμμές, υψηλές αποδόσεις μπορούν να επιτευχθούν αποφεύγοντας την λειτουργία υπό μερικό φορτίο, χρησιμοποιώντας τους καλύτερους συμπιεστές την συγκεκριμένη χρονική στιγμή και κάνοντας την καλύτερη δυνατή συντήρηση στο συμπιεστή.

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές με ρύθμιση της πίεσης έχουν την δυνατότητα αναλογικής ρύθμισης της απόδοσης, μέχρι και 10% της ολικής.

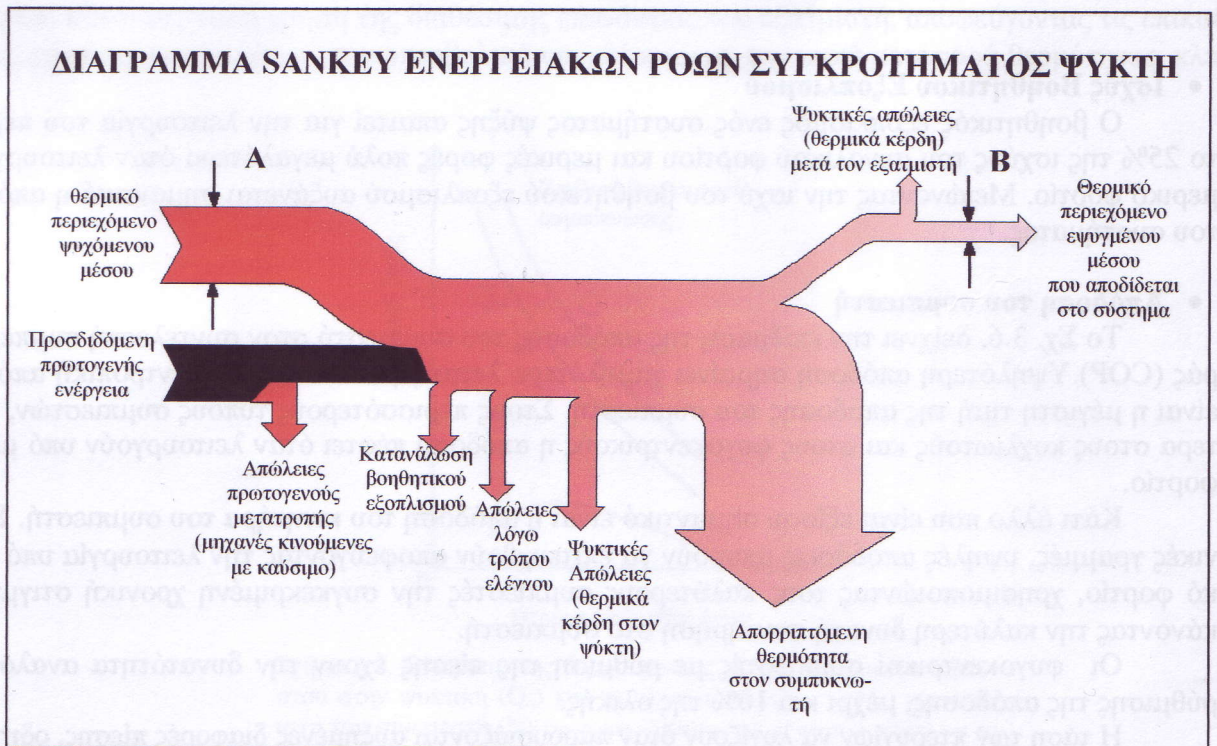
Η τάση των πτερυγίων να λυγίζουν όταν παρουσιάζονται αυξημένες διαφορές πίεσης, οδηγεί σε αυξημένη φθορά στις εγκοπές και τα πτερύγια, με τελικό αποτέλεσμα τη μειωμένη απόδοση [8.2]



Σχήμα 3.6. - Επίδραση της θερμοκρασίας συμπύκνωσης στην απόδοση του συστήματος (το σχήμα εξαρτάται από το ψυκτικό ρευστό και τις συνθήκες του ψυκτικού κύκλου)

### 3.5. Ενεργειακές απώλειες συστήματος ψύκτη

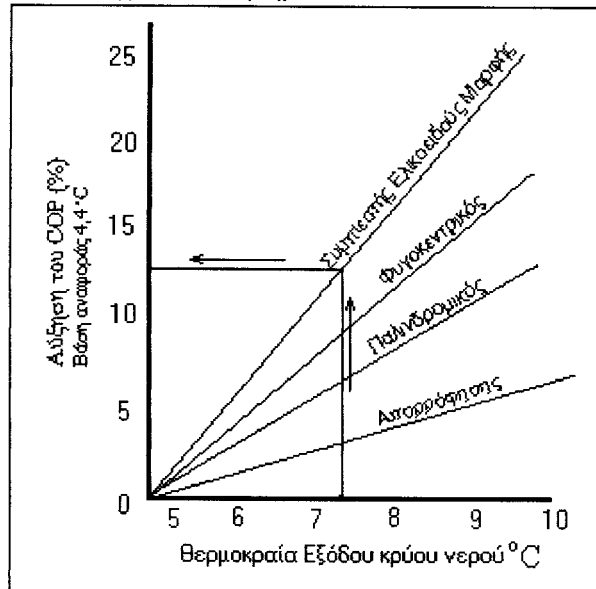
Οι κυριότερες απώλειες ενέργειας ενός συστήματος ψύκτη απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα Sankey.



Σχήμα 3.7. - Ενεργειακές ροές σε συγκρότημα ψύκτη κλιματισμού (A-B= Καθαρή ψυκτική ισχύς που αποδίδεται στο σύστημα διαμόνης)

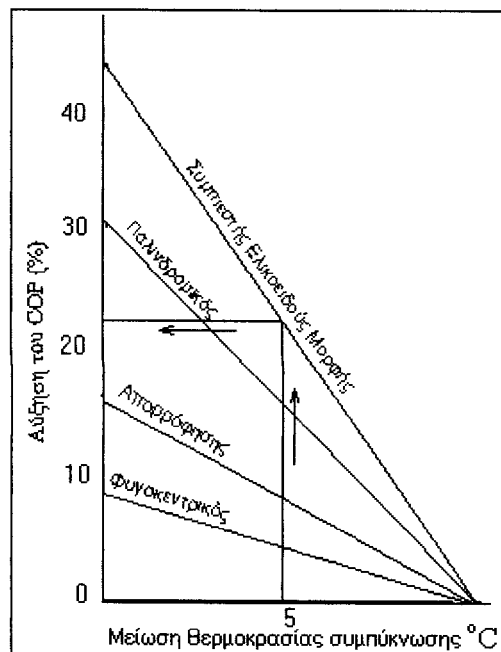


- Απώλειες από την μετατροπή της πρωτογενούς ενέργειας: Τα ψυκτικά συγκρότημα που λειτουργούν με απορρόφηση, καίγοντας συμβατικά καύσιμα, χάνουν ενέργεια από τα καυσαέρια και την κακή απόδοση του καυστήρα. Τα ψυκτικά συγκρότημα με εξατμιστές σωλήνων σε κέλυφος (Chillers) που χρησιμοποιούν για την λειτουργία τους ηλεκτροκίνητους συμπιεστές έχουν απώλειες ενέργειας λόγω της κακής απόδοσης του κινητήρα



Σχήμα 3.8. - Σχέση αύξησης του COP με αύξηση της θερμοκρασίας του κρύου νερού

Η θερμοδυναμική απόδοση μιας πραγματικής ψυκτικής διαδικασίας θα εξαρτηθεί κατά μεγάλο μέρος από τις θερμοκρασίες συμπύκνωσης και εξάτμισης όπως δείχνονται στα Σχ.3.8. και 3.9.



Σχήμα 3.9.- Σχέση αύξησης του COP με αύξηση της θερμοκρασίας του κρύου νερού

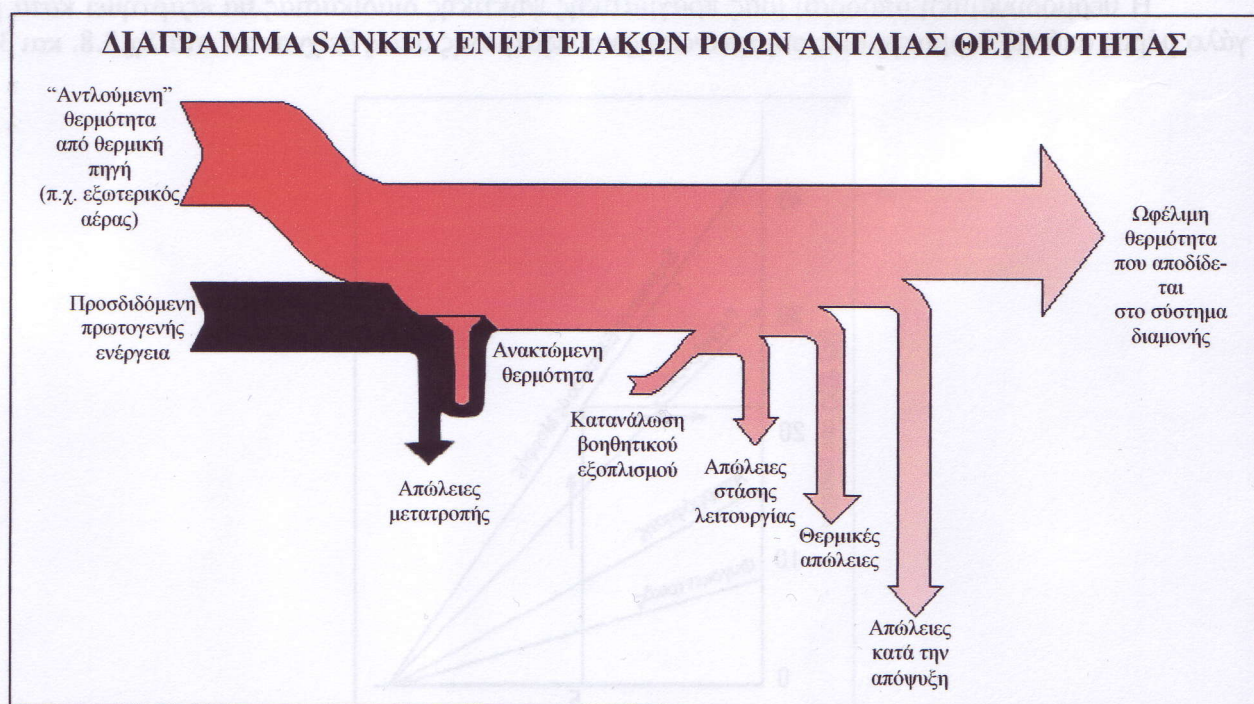
Η θεωρητική απόδοση του κύκλου ψύξης μειώνεται από την κακή απόδοση του συμπιεστή που οφείλεται στις απώλειες τριβής, τα νεκρά διαστήματα και τις διαρροές.

Λύσεις που σκοπεύουν στην μείωση της θερμοκρασίας συμπύκνωσης και αύξηση της θερμοκρασίας εξάτμισης βελτιώνουν την απόδοση της διαδικασίας.

- Απώλειες ψύξης: Όπως είναι ήδη γνωστό οι απώλειες ψύξης εκδηλώνονται μέσω ακτινοβολίας, αγωγής και μεταφοράς. Απώλειες μπορούν να εκδηλωθούν μόνο στους εξατμιστές σωλήνων σε κέλυφος (chillers) αλλά και μεταξύ του εξατμιστή και του σημείου του ψυχόμενου μέσου. Όταν η ψυκτική μονάδα έχει συγχρόνως το κρύο μέρος (π.χ. εξατμιστή) και το ζεστό μέρος (π.χ. συμπυκνωτή), αυτές οι απώλειες μπορούν να συμβούν εξωτερικά και εσωτερικά μέσω των τοιχωμάτων ή από τη διαρροή του ψυκτικού μέσου από την υψηλή στην χαμηλή πίεση.
- Απώλειες βοηθητικού εξοπλισμού: Οι απώλειες βοηθητικού εξοπλισμού περιλαμβάνουν την δαπανώμενη ενέργεια των οργάνων ελέγχου. Αυτές αναφέρονται στην ηλεκτρική κατανάλωση ανεμιστήρων, κυκλοφορητών, διατάξεων ελέγχου, αντιστάσεων ανεμιστήρων κλπ.
- Οι απώλειες συστήματος ελέγχου εξαρτώνται από τον τρόπο ελέγχου της αποδιδόμενης ισχύος του ψυκτή σε μεταβαλλόμενα ψυκτικά φορτία. [8.2], [8.3]

### 3.6. Ενεργειακές απώλειες αντλίας θερμότητας

Το διάγραμμα Sankey στο Σχ. 3.10. εκφράζει τις ενεργειακές ροές σε ένα κεντρικό συγκρότημα μιας αντλίας θερμότητας. Στο διάγραμμα αυτό, η εισροή πρωτογενούς ενέργειας εκφράζει την θερμική ενέργεια του καυσίμου που προσδίδεται για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Οι απώλειες μετατροπής της πρωτογενούς ενέργειας αφορούν μόνο τις ψυκτικές εγκαταστάσεις κύκλου απορρόφησης με ενεργειακή πηγή κάποιο ορυκτό καύσιμο. Η ανακτώμενη θερμότητα μέσω εναλλαγής με επιφάνειες ή με το κύκλωμα των καυσαερίων ισχύει μόνο στην περίπτωση που η ενεργειακή πηγή είναι κάποιο ορυκτό καύσιμο.



Σχήμα 3.10-Ενεργειακές ροές σε συγκρότημα κεντρικής αντλίας θερμότητας (λειτουργία θέρμανσης)

Οι απώλειες μετατροπής της πρωτογενούς ενέργειας εκφράζουν τις θερμικές απώλειες από την καύση. Οι θερμικές απώλειες αναφέρονται, στη συνολική θερμική εναλλαγή μεταξύ της αντλίας θερμότητας, και του περιβάλλοντος, τόσο σε επιφάνειες (εξατμιστή, συμπυκνωτή) όσο και από τις διαρροές ψυκτικού υγρού. Οι απώλειες βοηθητικού εξοπλισμού αναφέρονται στην

ηλεκτρική κατανάλωση των ανεμιστήρων, κυκλοφορητών, διατάξεων ελέγχου, αντιστάσεων κ.λ.π. Οι απώλειες του συστήματος ελέγχου εξαρτώνται από τον τρόπο ελέγχου της αποδιδόμενης ισχύος της αντλίας θερμότητας σε μεταβαλλόμενα θερμικά φορτία.

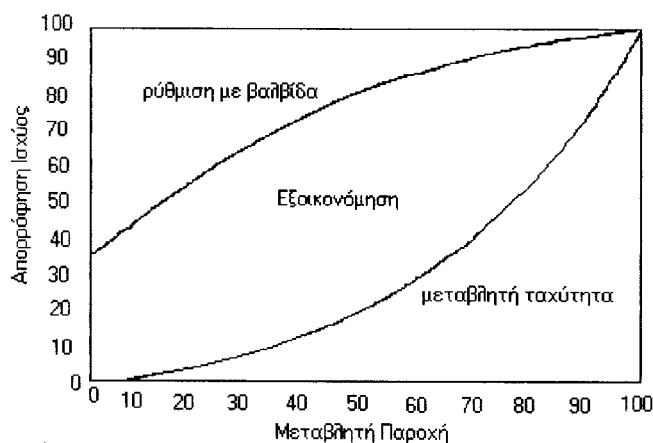
Γενικά η αντλία θερμότητας θα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο μέλλον στα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας και της προστασίας του περιβάλλοντος. [δ.2], [α.1], [α.2], [δ.1]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ INVERTER

### 4.1. Ο κινητήρας Inverter στα συστήματα κλιματισμού και ο τρόπος λειτουργίας αυτού

Κατά την διάρκεια των φυγοκεντρικών αντλιών ανεμιστήρων και αεροσυμπιεστών, η απαιτούμενη ισχύς αυξάνεται με τον κύβο της ταχύτητας περιστροφής. Σε πολλές εφαρμογές όπου απαιτείται η λειτουργία του βασικού εξοπλισμού μηχανικής παροχής ισχύος σε μεγάλο εύρος ταχυτήτων, η επιλογή κινητήρων μεταβλητής ταχύτητας έχει αποδειχθεί ως η πλέον οικονομική λύση.



Σχήμα 4.1.- ( Λειτουργία φυγοκεντρικής αντλίας μεταβλητής παροχής)

Όπως φαίνεται από το Σχ. (4.1.) οι απαιτήσεις σε παροχή ηλεκτρικής ισχύος είναι σημαντικά μικρότερες για τη μεταφορά ρευστών με παροχή μικρότερη του 100% των ονομαστικών απαιτήσεων. [8.7]

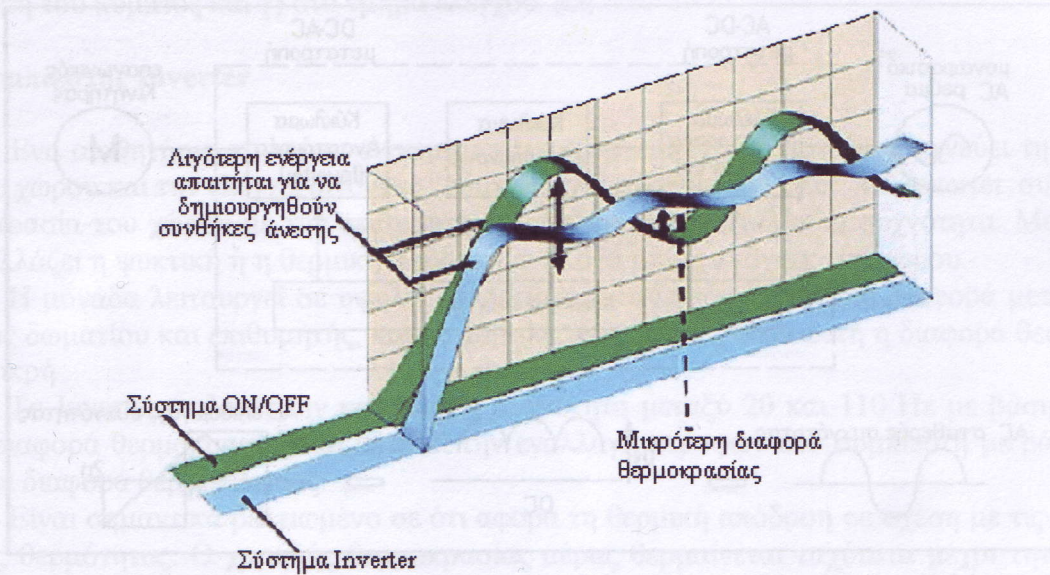
Τα τελευταία χρόνια οι εφαρμογές των κινητήρων inverter έχουν εξαπλωθεί σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας. Μια από τις εφαρμογές αυτές αφορά τα συστήματα κλιματισμού. Τα συστήματα κλιματισμού με κινητήρα inverter έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των παραδοσιακών συστημάτων που βασίζονται στην ON/OFF λειτουργία, για τους λόγους που αναφέρονται παρακάτω.

1. Εξοικονόμηση ενέργειας. Τα περισσότερα συστήματα κλιματισμού λειτουργούν το μεγαλύτερο διάστημα σε μερικό φορτίο. Ένα σύστημα ελεγχόμενο με Inverter μπορεί να αυξομειώσει την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα προσαρμόζοντας την λειτουργία του συμπιεστή ανάλογα με το φορτίο. Αυτό γίνεται αυξομειώνοντας την συχνότητα του ρεύματος.

2. Η συχνότητα του εναλασσόμενου ρεύματος τροφοδοσίας διαφέρει από χώρα σε χώρα (50/60Hz). Στην Ελλάδα η συχνότητα του είναι 50Hz. Πρέπει λοιπόν η κλιματιστική μονάδα να είναι ρυθμισμένη ώστε να λειτουργεί στην αντίστοιχη για κάθε χώρα συχνότητα. Διαφορετικά υπάρχει η πιθανότητα η απόδοση του συστήματος να διαφέρει από την πραγματική. Τα συστήματα Inverter όμως θεωρητικά δεν επηρεάζεται από τις αλλαγές της συχνότητας διότι το εναλασσόμενο ρεύμα μετατρέπεται σε συνεχές το οποίο έπειτα μετατρέπεται σε εναλασσόμενο κατάλληλης συχνότητας.

3. Στα συστήματα ON/OFF μόλις η θερμοκρασία του χώρου ξεπεράσει μια ορισμένη τιμή (συνθήκες άνεσης) παύει η λειτουργία της εγκατάστασης και επανατίθεται σε λειτουργία μόνο όταν δώσει εντολή ο θερμοστάτης. Αυτό όμως οδηγεί σε υπερκατανάλωση ενέργειας διότι λόγω θερμικής αδράνειας απαιτείται περισσότερη ενέργεια για να αυξηθεί ή να μειωθεί η θερμοκρασία ενός χώρου παρά για να διατηρηθεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Στα συστήματα Inverter ο συμπιεστής λειτουργεί συνεχόμενα για να καλύψει το ελάχιστο (που απαιτείται κάθε φορά) φορτίο χωρίς διακοπές με αποτέλεσμα να εξοικονομείται επιπλέον ενέργεια.





Σχήμα 4.2-Διακύμανση της θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου στα συστήματα Inverter και ON/FF

4. Το ρεύμα εκκίνησης των κινητήρων inverter είναι σχετικά μικρότερο από αυτό των απλών κινητήρων (που είναι πολύ μεγάλο). Το ρεύμα εκκίνησης που απαιτείται για την έναρξη λειτουργίας των Inverter προσαρξάνεται για να πάρει την ελάχιστη τιμή που απαιτείται ώστε να προσδώσει την απαραίτητη ροπή κατά την εκκίνηση του συμπιεστή. Αυτό σημαίνει μικρότερες ενεργειακές απώλειες κατά την έναρξη.

5. Βελτίωση των συνθηκών άνεσης και μείωση του θορύβου. Στα συστήματα κλιματισμού Inverter, οι μεταβολές τις θερμοκρασίας σε ένα χώρο και ο θόρυβος του συμπιεστή είναι μικρότερης τάξης από ένα απλό σύστημα. Αυτό οφείλεται στο ότι τα Inverter λειτουργούν συνεχόμενα για κάλυψη του ελάχιστου φορτίου.

Ακολουθως περιγράφεται πως λειτουργούν οι κινητήρες inverter και ποια η σημασία τους στην εξοικονόμησης ενέργειας στον κλιματισμό.

#### 4.2. Τρόπος λειτουργίας των Inverter

Ένα αναστροφέας (Inverter) μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο επιθυμητής τάσης ή έντασης και συχνότητας. Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας τους τα συστήματα Inverter διακρίνονται σε δύο τύπους. Στα τροφοδοτούμενα με τάση και τα τροφοδοτούμενα με ρεύμα. Στην πρώτη περίπτωση είναι σταθερή η τάση τροφοδοσίας του συνεχούς ρεύματος (ανεξάρτητα από το φορτίο) ενώ στην δεύτερη είναι σταθερό το ρεύμα τροφοδοσίας.

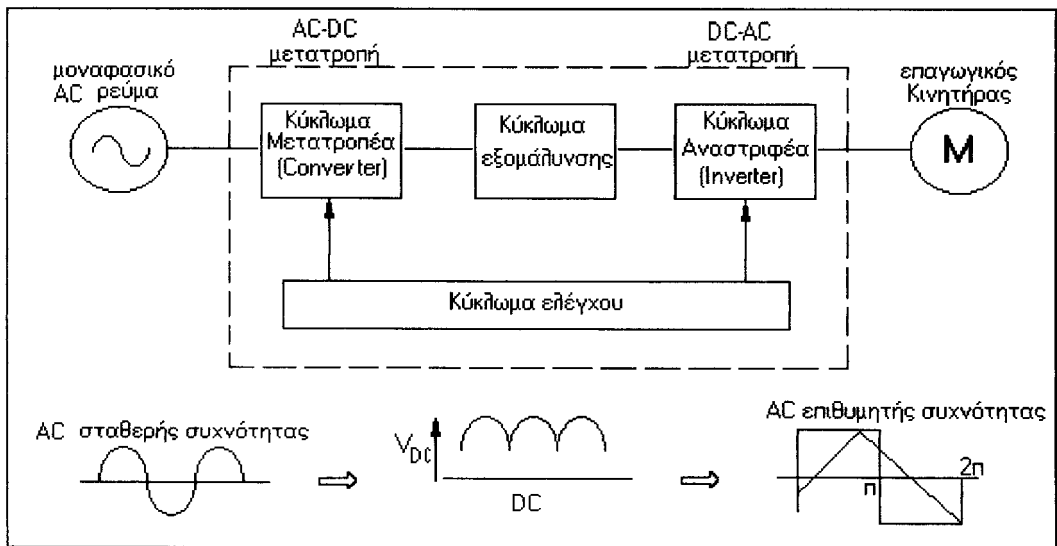
Πάντως σε ένα τυπικό σύστημα Inverter οι διεργασίες που υφίστανται είναι:

- Ένας μετατροπέας (converter) αλλάζει το μονοφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα σταθερής συχνότητας σε συνεχές ρεύμα.
- Κατόπιν ο αναστροφέας (inverter) μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.
- Το κύκλωμα ελέγχοντας την λειτουργία των (inverter/converter) μπορεί να παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα (μεταβαλλόμενης) επιθυμητής συχνότητας. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να μεταβάλουμε την ταχύτητα περιστροφής ενός κινητήρα προσαρμόζοντας κάθε φορά την λειτουργία του στις ανάλογες απαιτήσεις φορτίου.

Όπως αναφέρθηκε η ομαλή (όχι απότομη) αύξηση της ταχύτητας μειώνει την καταπόνηση της μηχανής και το ρεύμα εκκίνησης.

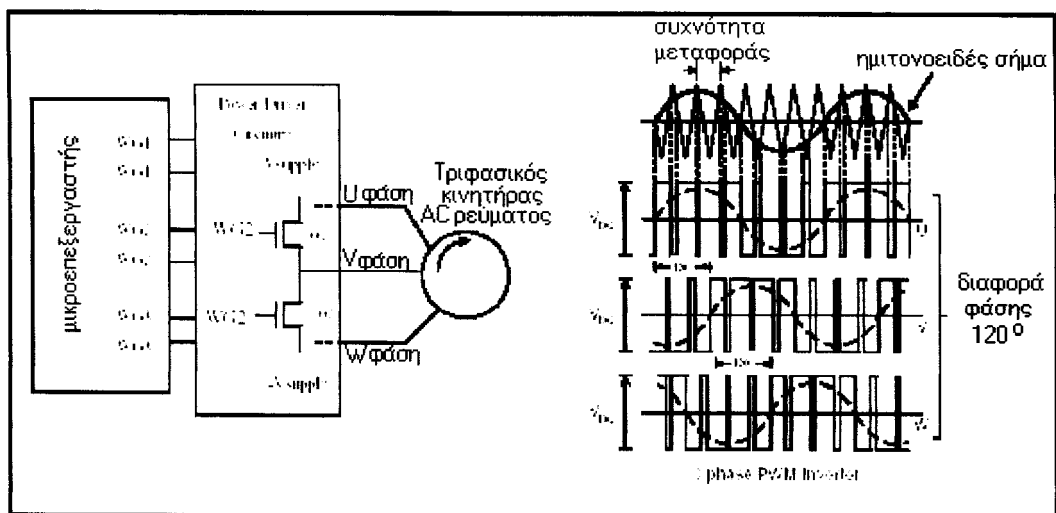


Η λειτουργία των Inverter παριστάνεται σχηματικά στο Σχ. 4.3.



Σχήμα 4.3.-Σχηματική παράσταση λειτουργίας του συστήματος Inverter

Μεταβάλλοντας τη χρονική στιγμή που γίνεται η μετατροπή (από AC σε DC και αντιστρόφως) ελέγχεται η συχνότητα του παραγόμενου εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο έλεγχος της χρονικής αυτής στιγμής γίνεται από ένα ημιτονοειδές πλάτους διαμορφωμένο σήμα PWM (sinusoidal pulse width). (Σχ. 4.3)



Σχήμα 4.4.- Έλεγχος εναλλαγής ρεύματος από DC σε AC.

Το σήμα αυτό στην ουσία ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την λειτουργία κάποιων ελεγχόμενων κρυσταλλολυχνιών (transistor). Το σήμα αυτό μπορεί να παραχθεί από έναν μικροεπεξεργαστή. Η χρονική στιγμή που το σήμα θα δώσει την εντολή μετατροπής του ρεύματος καθορίζεται από την τομή του σταθερής συχνότητας κύμα (τριγωνικής μορφής) με το αναφερόμενο διαμορφωμένο ημιτονοειδές κύμα. Η παραγόμενη συχνότητα που προκύπτει είναι η συχνότητα του ημιτονοειδούς κύματος και η τάση που παράγεται είναι ανάλογη προς την ένταση του ημιτονοειδούς κύματος.

Το chip (wave form generator, WFG) του μικροεπεξεργαστή που παράγει το σήμα (PWM) επιτρέπει την δημιουργία τριών ανεξάρτητων ζευγαριών τέτοιων σημάτων (PWM). Το καθένα από αυτά τα σήματα έχει διαφορά φάσης  $120^\circ$  (μοίρες). Το chip αυτό (WFG), διαιρείται σε τρία τμήμα-

τα, α) στο τμήμα που καθορίζει χρονικά την παραγωγή του κύματος β) στο τμήμα που καθορίζει την φάση του κύματος και γ) στο τμήμα ελέγχου. [β.4]

#### 4.3. Συμπιεστής Inverter

Ένα αισθητήριο που είναι ενσωματωμένο στην εσωτερική μονάδα ανιχνεύει τη θερμοκρασία του χώρου και την ελέγχει δίνοντας “οδηγίες” στο σύστημα Inverter. Το Inverter συγκρίνει την θερμοκρασία του χώρου με την επιθυμητή και επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα. Με τον τρόπο αυτό αλλάζει η ψυκτική ή η θερμική απόδοση ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου.

Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας δωματίου και επιθυμητής, και σε χαμηλές συχνότητες όταν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή.

Το Inverter επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα μεταξύ 20 και 110 Hz με βάση την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας και εκτελεί την εναλλαγή στροφών στο συμπιεστή με βάση την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας.

Είναι σημαντικά βελτιωμένο σε ότι αφορά τη θερμική απόδοση σε σχέση με τις συμβατικές αντλίες θερμότητας. Ο χαμηλής θερμοκρασίας αέρας θερμαίνεται ταχύτατα μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία. Ο χρόνος που απαιτείται για την άνοδο της θερμοκρασίας στο επιθυμητό επίπεδο, είναι συνήθως λιγότερος από το μισό χρόνο που χρειάζεται ένα συμβατικό κλιματιστικό. Όταν η επιθυμητή θερμοκρασία επιτευχθεί, το σύστημα ελαττώνει σταδιακά την ισχύ του. Τελικά οικονομική, χαμηλής ισχύος λειτουργία στα 30 Hz, διατηρεί άνετη θερμοκρασία.

Οι συμπιεστές αυτοί βρίσκουν εφαρμογή στα εξελιγμένα πλέον συστήματα VRV τα οποία αναλύονται στο ΚΕΦ. 5. [β.5]

#### 4.4. Ανεμιστήρες Inverter

Στον κλιματισμό οι ανεμιστήρες και οι εξαεριστήρες όπως και οι αντλίες θερμότητας είναι συσκευές παροχής και υπόκεινται στο θεώρημα αναλογίας:

$$V \sim n, H \sim n^2, P \sim n^3$$

Όπου : V=παροχή

H=μανομετρικό

P=ισχύς

n=στροφές

Χρησιμοποιώντας τις μαθηματικές σχέσεις αναλογίας βρίσκουμε ότι για μειωμένη παροχή (V) 50% πρέπει ο αριθμός των στροφών να ελαττωθεί κατά 50%. Κατά αυτόν τον τρόπο ελαττώνεται η πίεση (H) στο 25% και η καταναλωμένη ισχύς (P) στο 12,5%. Στην πράξη, σε εφαρμογές κλιματισμού αυτό μπορεί να συμβεί για παράδειγμα όταν η απαιτούμενη παροχή αέρα παραμένει σταθερή ενώ μεταβάλλεται η πίεση, όπως σε συσκευές φίλτρου γίνεται αυξομείωση της στροφών λόγω της αυξανόμενης αντίστασης του φίλτρου, εξαιτίας της ρύπανσης του.

Πολύ καλύτερες συνθήκες λειτουργίας προκύπτουν όταν η ρύθμιση γίνεται μεταβάλλοντας τις στροφές κίνησης, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία inverter καθώς: Αν ένας ανεμιστήρας δουλεύει 10 ώρες στο 50% έχει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας απ' ότι αν δούλευε 5 ώρες στο 100% και έχουμε μικρότερες μηχανικές καταπονήσεις μολονότι δουλεύει σε μεγαλύτερο χρόνο και αυτό γιατί δουλεύει σε μικρότερο ποσοστό.

Και σε αυτή την περίπτωση η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του χώρου και της κατάλληλης (για τις συνθήκες άνεσης)θερμοκρασίας καθορίζουν την απαραίτητη συχνότητα.

Οι ανεμιστήρες inverter βρίσκουν εφαρμογή στα συστήματα μεταβλητής παροχής αέρα (VAV). [β.7] . [β.5]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

### 5. Εγκαταστάσεις κλιματισμού σε κτίρια

Με μια πρώτη προσέγγιση το πρόβλημα του ενεργειακού σχεδιασμού των συστημάτων κλιματισμού φαίνεται να περιλαμβάνει αρχικά την απαρίθμηση όλων των δυνατών λύσεων και στη συνέχεια τον υπολογισμό του κόστους και της απόδοσης της κάθε επιλογής. Πρακτικά όμως, ο αριθμός των επιλογών που υπάρχουν τόσο στο σχεδιασμό του κτιρίου όσο και στις εγκαταστάσεις, είναι τόσο μεγάλος, που η αναζήτηση κάποιας ικανοποιητικής λύσης θα ήταν αδύνατη χωρίς οδηγίες και κατευθυντήριες γραμμές.

Σε πολλές περιπτώσεις ο σχεδιασμός κτιρίων και εγκαταστάσεων κλιματισμού δεν έδωσε ικανοποιητικά ενεργειακές λύσεις. Οι αιτίες είναι κυρίως η συμπίεση του αρχικού κόστους κατασκευής, η στενότητα του χρόνου στον οποίο γίνεται η μελέτη και η κατασκευή και κυρίως η έλλειψη ευαισθησίας σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας. Το αποτέλεσμα είναι μη αποδοτικά ενεργειακά κτίρια, τα οποία συνήθως υπερθερμαίνονται το χειμώνα ή υπερψύχονται το καλοκαίρι, υπερεξαιρίζονται και υπερφωτίζονται. Δηλαδή κτίρια με μεγάλο κόστος λειτουργίας. Το κόστος λειτουργίας των εγκαταστάσεων ενός κτιρίου είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν τον αρχικό του σχεδιασμό.

Παρακάτω γίνεται αναφορά και ανάλυση στους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας των συστημάτων κλιματισμού. Συστήματα δηλαδή που παρέχουν απαιτούμενες συνθήκες άνεσης, ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος, ασφάλειας, αισθητικής κτλ. και συγχρόνως εξασφαλίζουν τις λειτουργικές απαιτήσεις με το μικρότερο δυνατό κόστος λειτουργίας.

#### 5.1. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων

Το πρόβλημα της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια δεν είναι πρόβλημα μόνο του μηχανολόγου αλλά όλων εκείνων που συμβάλουν στη δημιουργία του. Ο αρχιτέκτονας, ο πολιτικός μηχανικός, ο μηχανολόγος μηχανικός και πολλοί ακόμα φορείς, πρέπει να συνεργάζονται με τον χρήστη του κτιρίου και μεταξύ τους ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η καλύτερη μελέτη και σχεδιασμός του συστήματος κλιματισμού δεν μπορεί να αποδώσει αν αμεληθούν σημαντικοί παράγοντες (π.χ. ανεπιθύμητα ηλιακά κέρδη, ανεξέλεγκτος αερισμός κ.α.).

Είναι απαραίτητο η μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου να ξεκινάει από τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού του και να συνεχίζεται μέχρι και την ολοκλήρωση του.

Οι παράγοντες που καθορίζουν την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου είναι πάρα πολλοί (κλίμα, εποχή, θέση κ.α.) και επίσης είναι δύσκολο να εκτιμηθούν ποσοτικά με ακρίβεια καθώς είναι οι άπειρες εκείνες οι μεταβλητές που τους καθορίζουν. Παρόλα αυτά πάντα μπορούν γίνουν εκτιμήσεις και έτσι να προβλεφθούν προσεγγιστικά κάποιοι παράμετροι. Την λύση δίνει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά το σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικά και εξωτερικά) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας τις διάφορες περιβαλλοντικές πηγές (και άλλα φυσικά φαινόμενα) ή εξουδετερώνοντας κάποιες ανεπιθύμητες κλιματολογικές συνθήκες. Φυσικά υπάρχουν άπειροι τρόποι και έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς διάφορες τεχνικές και μέθοδοι που στρέφονται προς αυτή την κατεύθυνση.

Είναι λογικό λοιπόν ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων να αποτελεί κυρίως ευθύνη του αρχιτέκτονα και του πολιτικού μηχανικού. Παρόλα αυτά ο μηχανικός πρέπει να συνεργάζεται και με τους δύο κατά την φάση αυτή του σχεδιασμού ώστε να προκύπτει η ενεργειακά αποδοτικότερη λύση. Εξάλλου καλό είναι ο μελετητής των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού να γνω-

ρίζει ορισμένες αρχές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής ώστε να είναι σε θέση να αξιοποιήσει όλα τα οφέλη κατά την μελέτη και σχεδιασμό του συστήματος.

Φυσικά ο βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν αφορά μόνο τα νέα κτίρια αλλά και τα υφιστάμενα, καθώς αν και υπάρχουν περιορισμένες δυνατότητες είναι εφικτή η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας

Παρακάτω γίνεται αναφορά στο πως επιδρά η σχεδίαση του περιβάλλοντα χώρου και το κελύφους του κτιρίου στην κατανάλωση ενέργειας. Επειδή όμως όπως είπαμε αυτά δεν αποτελούν άμεση ευθύνη του μηχανικού δεν θα αναλυθούν λεπτομερώς.

### 5.1.1. Σχεδιασμός του περιβάλλοντος χώρου

Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο ξεκινούν από το σχεδιασμό του περιβάλλοντος χώρου. Είναι συχνά αρκετά απλό να επιτευχθεί σημαντική μείωση των ενεργειακών αναγκών, ακόμα και υπάρχοντων κτιρίων, με μερικές απλές επεμβάσεις στο περιβάλλοντα χώρο ενέργειας.

Τα στοιχεία που επιδρούν εδώ στην κατανάλωση ενέργειας είναι η ανεμόπτωση και ο έλεγχος των ηλιακών κερδών. Έτσι οι επεμβάσεις αποσκοπούν στην επιθυμητή αυξομείωση της δράσεως του ανέμου και τον ηλιασμό του κτιρίου.

#### • Ανεμόπτωση

Η επίδραση της ανεμόπτωσης δεν είναι τόσο σημαντική στα σύγχρονα κτίρια με αυξημένη θερμομόνωση, στεγανότητα και μηχανικό αερισμό. Παρόλα αυτά πρέπει ο προσανατολισμός του κτιρίου να σχετίζεται με την κατεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου. Οι άνεμοι με μεγάλη ταχύτητα που έρχονται σε επαφή με το περίβλημα του κτιρίου αυξάνουν τις απώλειες συναγωγής. Όσο πιο μεγάλη η ταχύτητα του ανέμου τόσο μεγαλύτερες και οι απώλειες.

Θα πρέπει αν είναι δυνατόν να αποφεύγονται ισχυροί κρύοι άνεμοι το χειμώνα και ζεστοί το καλοκαίρι. Κάθε διάταξη ( π.χ. φυσικά ή τεχνικά εμπόδια ) που μπορεί να πετύχει αυτό τον περιορισμό είναι αποδεκτή, με την προϋπόθεση όμως ότι δεν χαλάει την αισθητική του χώρου. Για παράδειγμα σε μεσαίου ύψους κτίρια, που δέχονται ισχυρή και θερμικά δαπανηρή επίδραση ισχυρών ανέμων, είναι δυνατή η κατασκευή προστατευτικών τοιχιών, σε κατάλληλη θέση και απόσταση από το κτίριο. Τα τοιχία αυτά, μπορούν να μετατραπούν σε διακοσμητικά στοιχεία που όχι μόνο δεν ενοχλούν αλλά επιπλέον προσθέτουν στην αισθητική του κτιρίου.

Η επίτευξη καλού σχεδιασμού χειμερινής προστασίας από τον άνεμο, σε συνδυασμό με κατάλληλη κίνηση του αέρα κατά το θέρος, εμφανίζει δύσκολες σχεδιαστικές προκλήσεις. Απαιτεί το συνδυασμό μιας μικροκλιματικής ανάλυσης. Η έκθεση στον άνεμο ποικίλλει πολύ στα διάφορα σημεία της Ευρώπης, και έτσι μπορεί να ποικίλλουν οι προτεραιότητες στο σχεδιασμό από τον άνεμο. [7.30] , [7.39] , [6.5] , [6.8]

#### • Ηλιακά κέρδη

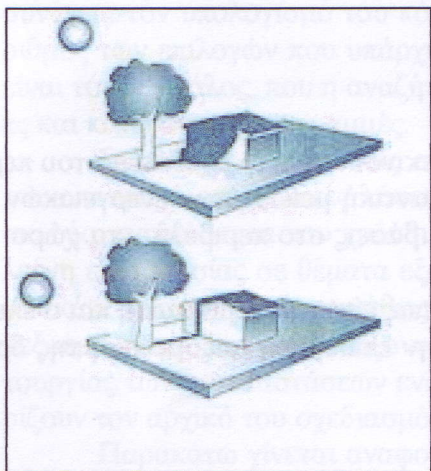
Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα Sankey των σχημάτων (2.1) και (2.2) η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε ένα κτίριο αυξάνει σημαντικά το ψυκτικό φορτίο το καλοκαίρι και ελαττώνει το θερμικό φορτίο το χειμώνα.

Αρχικά ο προσανατολισμός του κτιρίου πρέπει να εξασφαλίζει πλήρη ηλιασμό κατά τους χειμερινούς μήνες και σκίασμό κατά τους θερινούς. Στο βόριο ημισφαίριο (Ελλάδα) περισσότερος χειμερινός ηλιασμός επιτυγχάνεται όταν το κτίριο είναι «ανοικτό» προς το Νότο ή Νοτιοανατολικά. Το καλοκαίρι όμως οι νότιοι τοίχοι και οι οριζόντιες επιφάνειες χρειάζονται ηλιοπροστασία.



Έτσι λοιπόν υπάρχουν πάρα πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να «ελέγξουμε» την ηλιακή ακτινοβολία. Ο καταλληλότερος τρόπος για να το κάνουμε αυτό εξαρτάται κάθε φορά από πολλούς παράγοντες (π.χ. γειτονικά υψηλά κτίρια, φυσικά εμπόδια, γεωγραφικό πλάτος κ.α.).

Περαιτέρω βελτίωση της ηλιακής συμπεριφοράς του κτιρίου επιτυγχάνεται με την κατασκευή ειδικών προστατευτικών τοίχων ή τη φύτευση θάμνων και ιδίως υψηλών δένδρων (Σχ. 5.1.) και κατά προτίμηση φυλλοβόλων (το πυκνό φύλλωμα που προστατεύει από το ανεπιθύμητο ηλιακό κέρδος το καλοκαίρι, δεν υπάρχει το χειμώνα). Η βλάστηση και ιδιαίτερα τα μεγάλα φυλλοβόλα



Σχήμα 5.1-Υψηλά δέντρα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ηλιακών κερδών

δέντρα, μπορούν να επιφέρουν σημαντικά οφέλη, όπως σκίαση στη διάρκεια του καλοκαιριού, προστασία από τον άνεμο, απόσβεση θορύβων, δροσισμό λόγω εξάτμισης και φυσική ομορφιά. Αν και τα δέντρα χρειάζονται αρκετά χρόνια για να φθάσουν σε ύψος που δημιουργεί σκίαση, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η ευνοϊκή επίδραση της βλάστησης στα ψυκτικά φορτία.

Τα αναρριχώμενα φυτά σε βορινούς τοίχους λειτουργούν ως πρόσθετη θερμομόνωση, αρκεί βέβαια ο τοίχος να διαθέτει ισχυρή μόνωση έναντι υγρασίας. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η βλάστηση γύρω από ένα κτίριο μπορεί να μειώσει την επιφανειακή θερμοκρασία ενός κτιρίου το καλοκαίρι από 10 έως 20°K και να ελαττώσει την ενέργεια για ψύξη του κτιρίου από 25% έως 90%.

Καλό επίσης είναι το κτίριο να κατασκευάζεται με μικρό βάθος σε σχέση με το μήκος του, ώστε η χαμηλή χειμωνιάτικη ακτινοβολία να εισχωρεί σε όλο το βάθος του κτιρίου. Με τον τρόπο αυτό αυξάνετε και ο φυσικός φωτισμός.

Η κάτοψη του κτιρίου πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι βόρειοι προσανατολισμοί. Οι κύριοι χώροι πρέπει να είναι ανοικτοί στον Νότο, και οι βοηθητικοί χώροι πρέπει να τοποθετούνται στο βορρά, τη δύση και την ανατολή. [8.5], [8.8]

### 5.1.2. Επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου

Σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στη λειτουργία των συστημάτων κλιματισμού μπορεί να προέλθει από τις επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου. Οι παράγοντες εδώ, οι οποίοι κυρίως επιδρούν στη θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου είναι: α) ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου β) ο ρυθμός ανανέωσης του αέρα σε όγκους κτιρίου ανά ώρα γ) η θερμική μάζα του κτιρίου δ) τα ηλιακά θερμικά κέρδη ε) ο φυσικός φωτισμός

#### • Συντελεστής θερμοπερατότητας

Οι μεγαλύτερες ενεργειακές απώλειες σε ένα κτίριο οφείλονται στην μεταφορά θερμότητας μέσω του περιβλήματός του (τοίχοι, παράθυρα, στέγη, δάπεδο). Ο ρυθμός μεταφοράς της θερμότητας διαμέσου αυτών εκφράζεται με τον συντελεστή θερμοπερατότητας (K). Όσο μικρότεροι είναι οι συντελεστές θερμοπερατότητας (K) των δομικών στοιχείων ενός κτιρίου τόσο μικρότερα είναι τα θερμικά φορτία και το τμήμα των ψυκτικών φορτίων που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Οι χαμηλοί συντελεστές θερμοπερατότητας επιδρούν και στη θερμική άνεση του κτιρίου γιατί ελαχιστοποιούνται οι επιδράσεις από τις απότομες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας.

Οι εξωτερικοί τοίχοι συνήθως έχουν μεγάλα περιθώρια μονώσεως. Το δάπεδο που εδράζεται σε έδαφος πρέπει να μονώνεται διότι αποτελεί σοβαρή πηγή απωλειών θερμότητας. Το ίδιο ισχύει και για τις στέγες.



Τα παράθυρα απαιτούν τη μεγαλύτερη προσοχή σε ένα κτίριο. Η επιφάνεια των παραθύρων, το είδος κατασκευής τους και η θέση τους στο κτίριο μπορεί να αποτελέσει τη διαχωριστική γραμμή ανάμεσα στο ενεργειακό όφελος και τη σπατάλη ενέργειας. Σε συμβατικές κατασκευές, η μετάδοση θερμότητας λόγω αγωγιμότητας και τα ηλιακά θερμικά κέρδη μέσα από παράθυρα είναι συνήθως μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερα από ότι μέσα από ένα τοίχο.

Ευτυχώς, η τεχνολογία των παραθύρων εξελίσσεται συνεχώς. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των παραθύρων μειώνονται με την εφαρμογή νέων υλικών και με την τοποθέτηση επιστρώσεων αντανάκλασης και διακένων αέρα. Ο συνδυασμός παραθύρων με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, κατάλληλων διατάξεων ηλιοπροστασίας και αυτόματα συρόμενων παντζουριών μπορεί να καταλήξει σε διατάξεις που είναι ενεργειακά αποδοτικότερες από ένα καλά μονωμένο τοίχο.

### • Ρυθμός ανανέωσης του αέρα

Ένα μεγάλο ποσοστό των θερμικών και ψυκτικών φορτίων εξαρτάται από το ρυθμό ανανέωσης του αέρα του κτιρίου. Φυσικά, ένα ελάχιστο ποσό νωπού εξωτερικού αέρα απαιτείται για λόγους άνεσης και υγιεινής. Η ανεξέλεγκτη όμως είσοδος του αέρα μέσα από χαραμάδες και ανοίγματα, σπάνια εξασφαλίζει τον απαραίτητο αερισμό και μεταβάλλεται αισθητά με την ταχύτητα του ανέμου και τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του κτιρίου και του εξωτερικού αέρα. Ο ρυθμός ανανέωσης του αέρα με τον τρόπο αυτό είναι συνήθως υψηλότερος από όσο απαιτείται το χειμώνα και χαμηλότερος το καλοκαίρι.

Η κατασκευή του κτιρίου πρέπει σε κάθε περίπτωση να περιορίζει στο ελάχιστο τον ανεξέλεγκτο αερισμό. Στις βροχινές επιφάνειες του κτιρίου θα πρέπει να περιλαμβάνονται ελάχιστα παράθυρα.

Επομένως η εγκατάσταση μηχανικού αερισμού/εξαερισμού είναι ενεργειακά αποδοτικότερη από τον ανεξέλεγκτο αερισμό μέσα από τις χαραμάδες. Ο μηχανικός αερισμός παρέχει και ακόμη μία δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας, την ανάκτηση θερμότητας. [6.5], [6.8]

### • Θερμική μάζα του κτιρίου

Σε παλαιότερες εποχές τα κτίρια κατασκευάζονταν με τοίχους μεγάλου πάχους από πλίνθους ή από πέτρα ώστε να δεσμεύουν την ηλιακή θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την αποδίδουν αργά και ομαλά τη νύκτα. Οι τοίχοι αυτοί χαρακτηρίζονται με το όνομα «τοίχοι μάζας».

Έτσι είναι δυνατή η αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας που συγκεντρώνεται στη μάζα των υλικών από τα οποία κατασκευάζεται το περιβλημά. Κατά συνέπεια η θερμική μάζα των εξωτερικών τοίχων απορροφά και αποθηκεύει θερμική ενέργεια που προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στις επιφάνειές τους. Η θερμική αυτή ενέργεια αποδίδεται άμεσα και με σχετική υστέρηση στο εσωτερικό των κτιρίων.

Η θερμική αυτή ενέργεια μπορεί να αποθηκεύεται στα υλικά που περιλαμβάνονται στο κτίριο και συνιστούν τους εσωτερικούς χώρους όπως στο δάπεδο, στους εσωτερικούς τοίχους, στην οροφή κτλ. και να αποδίδεται σε ώρες που δε συλλέγεται ενέργεια από ηλιακή ακτινοβολία όπως κατά τη διάρκεια της νύκτας. Τελικό αποτέλεσμα είναι ότι αποδίδονται βαθμιαία κατά τη νύκτα στους χώρους τόσο η θερμική ενέργεια που αποθηκεύεται στα βαριά υλικά των εξωτερικών τοίχων όσο και αυτή που προέρχεται από τους εσωτερικούς χώρους.

Πολλοί μελετητές έχουν την αντίληψη ότι για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας στην οποία μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια απαιτούνται υπερβολικά μεγάλα ποσά θερμικής μάζας. Η πείρα βέβαια δείχνει ότι μέτρια ή και περιορισμένα ακόμη μεγέθη θερμικής μάζας μπορούν να είναι αποτελεσματικά αν γίνει σωστά ο σχεδιασμός τους. Στα υλικά που αποτελούν τη θερμική μάζα αποθήκευσης θερμότητας περιλαμβάνονται τα τούβλα, το σκυρόδεμα, οι πλίνθοι, το συμπιεσμένο



χώμα ακόμη το σκυρόδεμα δαπέδων σκεπασμένων με πλάκες κτλ. Στους τοίχους μάζας θα μπορούσαν να περιληφθούν και οι τοίχοι νερού, δηλαδή μεταλλικά δοχεία που περιέχουν νερό και τοποθετούνται πίσω από τζάμια ώστε να θερμαίνεται το νερό που αυτά περιέχουν.

Είναι επίσης δυνατό κατά το θέρος, με άνοιγμα των παραθύρων του κτιρίου κατά τη νύκτα, να ψύχονται οι εσωτερικές μάζες των τοίχων, των δαπέδων κτλ. Θα μπορούσε δηλαδή να αναφερθεί ότι με τον τρόπο αυτόν «αποθηκεύεται» ψυκτική ενέργεια. Η ψυκτική αυτή ενέργεια αποδίδεται κατά τη διάρκεια της ημέρας περιορίζοντας τη θερμοκρασία των χώρων και μειώνοντας έτσι το ψυκτικό φορτίο που θα έπρεπε να καλύπτεται από κλιματιστικές εγκαταστάσεις που δαπανούν ενέργεια.

Τα παθητικά ηλιακά κτίρια χρησιμοποιούν ακόμη και σήμερα την παλιά αυτή τεχνική ενσωματώνοντας στα συστήματα αυτών των τοίχων ένα τζάμι μπροστά από αυτούς και ανοίγματα στο κάτω και το άνω μέρος τους για την άμεση χρήση της ηλιακής θερμότητας με φυσικό ελκυσμό του θερμού αέρα που υπάρχει στο διάκενο μεταξύ της επιφάνειας του τοίχου και του τζαμιού. Η κατασκευή αυτή ονομάζεται τοίχος Trombe από το όνομα ενός Γάλλου Φυσικού, του καθηγητή Felix Trombe.

Οι τοίχοι Trombe αποτελούν σημαντικό στοιχείο της παθητικής ηλιακής αρχιτεκτονικής και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται πάντα στα παθητικά κτίρια.

Σημαντική επίδραση στην αποτελεσματική λειτουργία των τοίχων Trombe έχουν τα ανοίγματα στο κάτω και στο άνω μέρος. Το κατάλληλο κλείσιμο αυτών των ανοιγμάτων κατά τις νυκτερινές ώρες αποτελεί μια σημαντική ανάγκη που πρέπει να καλύπτεται κατά το δυνατό με αυτόματη απλή λειτουργία των ελαφρών καλυμμάτων των οπών.

Ένας τυπικός τοίχος Trombe αποτελείται από ένα παχύ πέτρινο, με τούβλα ή σκυρόδεμα τοίχο πάχους 20 ως 40 εκ. βαμμένο με σκούρο χρώμα που απορροφά την ηλιακή θερμότητα. Ο τοίχος αυτός καλύπτεται από απλό ή διπλό τζάμι. Η απόσταση του τζαμιού από τον τοίχο κυμαίνεται από 20 ως 150 χιλ. ώστε να διαμορφώνεται ένα μικρό διάκενο με αέρα. Η θερμότητα από το ηλιακό φως απορροφάται από την σκουρόχρωμη επιφάνεια και διαβιβάζεται αργά προς το εσωτερικό από τον τοίχο. Με τη χρήση μιας επιλεκτικής επιφάνειας σε έναν τοίχο Trombe βελτιώνεται η απόδοσή του με τον περιορισμό της υπέρυθρης ενέργειας που ακτινοβολείται μέσα από το τζάμι.

Η επιφάνεια απορροφά όλη σχεδόν την ακτινοβολία από το ορατό μέρος του ηλιακού φάσματος και εκπέμπει πολύ μικρό μέρος στην κλίμακα της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η υψηλή απορροφητικότητα των επιφανειών των τοίχων μετατρέπει το φως σε θερμότητα ενώ η χαμηλή ανακλαστικότητα προφυλάσσει από την ακτινοβολία της θερμότητας προς το τζάμι. Σε έναν τοίχο Trombe πάχους 40 εκ. χωρίς ανοίγματα, η θερμότητα θα κάνει 8 ως 10 ώρες για να αρχίσει να φτάνει στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό σημαίνει ότι ο χώρος θα παρέχει θερμική άνεση στη διάρκεια της ημέρας ενώ θα θερμαίνει επί αρκετές ώρες μετά τη δύση του ηλίου.

Χώροι που θερμαίνονται από τοίχο Trombe δίνουν συχνά το συναίσθημα μεγαλύτερης θερμικής άνεσης από αυτό που παρέχεται από ένα αερόθερμο επειδή ο τοίχος διατηρεί σχετικά υψηλή θερμοκρασία έστω και αν στο χώρο επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες αέρα.

Με στρατηγικά τοποθετημένα παράθυρα επιτρέπεται να εισέρχεται στο κτίριο η θερμότητα και το φως νωρίς το πρωί ενώ αποφεύγεται η θάμβωση και η περίσσεια θερμικού κέρδους νωρίς το απόγευμα. Την ίδια ώρα ο τοίχος Trombe απορροφά και αποθηκεύει θερμότητα για απογευματινή χρήση.

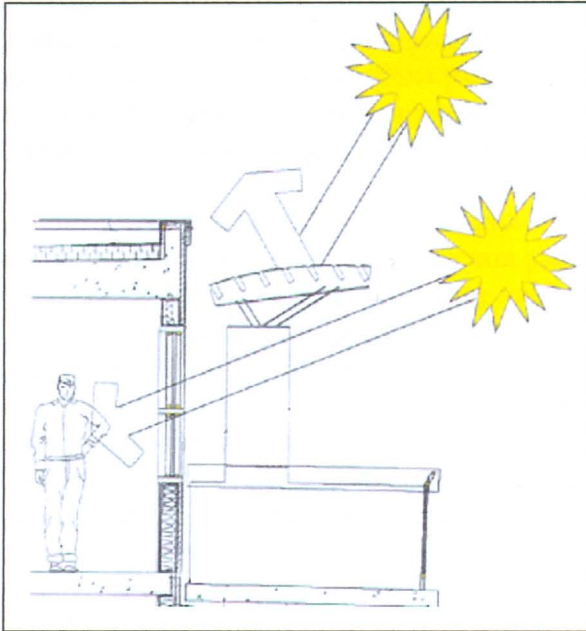
Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί η δυνατότητα εφαρμογής νυκτερινής μόνωσης στους τοίχους Trombe με ρολά ώστε να μη χάνεται θερμότητα προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά τη νύκτα. [7.35]

#### • Ηλιακά κέρδη

Τα ηλιακά κέρδη εξαρτώνται από τον προσανατολισμό του χώρου, το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή και την χρονική στιγμή του εικοσιτετραώρου.

Όσο καλύτερα ελέγχονται τα ηλιακά θερμικά κέρδη μέσα από τα παράθυρα τόσο μεγαλύτερη ευκολία έχει ο αρχιτέκτονας να τα τοποθετήσει οπουδήποτε στο κτίριο. Τα ηλιακά θερμικά κέρδη συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας εφόσον ελαττώνουν τα θερμικά φορτία του κτιρίου. Στη διάρκεια του καλοκαιριού όμως μπορούν να αυξήσουν σημαντικά τα ψυκτικά φορτία του κτιρίου εάν δεν τοποθετηθούν κατάλληλες διατάξεις ηλιακής προστασίας..

Οι διατάξεις αυτές διακρίνονται σε εσωτερικές και εξωτερικές. Οι εσωτερικές διατάξεις (ρολά, κουρτίνες) είναι συνήθως ελαφριάς κατασκευής και φθηνές, αλλά απορροφούν ένα σημαντικό τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας, που αποδίδεται στο χώρο. Οι εξωτερικές διατάξεις, ιδιαίτερα οι κινητές, αν και είναι ακριβότερες στην κατασκευή έχουν καλύτερη απόδοση.



Σχήμα 5.2-Οι διάφορες διατάξεις σκίαση το καλοκαίρι πρέπει να επιτρέπουν την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα

Εκμεταλλευόμενοι το γεγονός ότι η γωνία ύψους του ηλίου αλλάζει εποχιακά μπορούμε να πετύχουμε τόσο σκίαση το καλοκαίρι όσο και ηλιασμό το χειμώνα (Σχ. 5.2). Έτσι το χειμώνα ο ήλιος είναι χαμηλά στον ουρανό. Το ηλιακό φως εισέρχεται μέσα από τα παράθυρα και θερμαίνει τους χώρους χωρίς να χωρίς να εμποδίζεται από τα σκιάστρα. Αντίθετα το καλοκαίρι ο ήλιος είναι ψηλά. Τα σκιάστρα δεν επιτρέπουν την διέοδο του ηλιακού φωτός οπότε περιορίζεται το θερμικό κέρδος.

Κατά μελέτη πάντως για το είδος των παραθύρων (θέση, υλικό, διαστάσεις) πρέπει να αξιολογούνται –όσον αφορά τον έλεγχο της ηλιακής ενέργειας- οι φυσικές ιδιότητες των τζαμιών ή άλλων διαφανών υλικών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, οι διατάξεις και συσκευές σκίασης και προστασίας καθώς και οι συσκευές και οι στρατηγικές που επηρεάζουν την ακτινοβολία, και την μετάδοση φωτισμού από τα συστήματα των παραθύρων.

Ο επιτυχής σχεδιασμός περιλαμβάνει συνήθως περιορισμένο σύνολο επιφάνειας παραθύρων

που στην πλειοψηφία τους είναι νότια προσανατολισμένα ώστε να εξασφαλίζουν παθητικό ηλιακό κέρδος ενώ στην ανατολική και δυτική πλευρά περιλαμβάνονται λίγα παράθυρα και ελάχιστα στις βόρινες επιφάνειες του κτιρίου

Το άνοιγμα των παραθύρων μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο της υπερθέρμανσης των κτιρίων ιδιαίτερα κατά τις εποχές της άνοιξης και του φθινοπώρου.

Κατά τον χειμώνα όμως τα ηλιακά κέρδη είναι επιθυμητά. Παράθυρα που έχουν ειδικά τζάμια με ειδική επικάλυψη από εσωτερικές η εξωτερικές βαφές χαμηλού συντελεστή εκπομπής ( $\epsilon$ ) μπορούν να περιορίσουν την εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας από το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας από την επιφάνεια τους ενώ επιτρέπουν την διέοδο ηλιακού φωτός. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι τζάμι επιφανειακής θερμοκρασίας  $38\text{ }^\circ\text{C}$  με επιφάνεια που έχει συντελεστή  $\epsilon=1$  ανακλά θερμότητα που έχει τιμή  $530\text{ W/m}^2$  ενώ άλλο τζάμι με επιφάνεια που έχει συντελεστή  $\epsilon=0,1$  ανακλά θερμότητα που έχει τιμή  $53\text{ W/m}^2$ . Στην τελευταία περίπτωση φαίνεται καθαρά ότι πιο μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο τζάμι παρέχει θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου και ότι η θερμότητα αυτή δεν ανακλάται στο περιβάλλον.

Σήμερα η τεχνολογία των υλικών έχει συμβάλει στην βελτίωση των παραθύρων. Έτσι υπάρχουν τζάμια με επιφάνειες καλυμμένες από ειδικές βαφές που περιορίζουν τις απώλειες θερμότητας και μπορούν να ρυθμίσουν το ηλιακό κέρδος.

Εκτός από τα παράθυρα πάντως ένα μέρος των ηλιακών κερδών στα κτίρια οφείλεται και στους τοίχους. Το μέγεθος όμως των κερδών αυτών είναι σχετικά μικρό. Σε περιπτώσεις πάντως



που πρέπει να αντιμετωπιστεί χρησιμοποιούνται ειδικές βαφές με κατάλληλο συντελεστή ανάκλασης.

Σε κάθε περίπτωση πάντως τα ηλιακά κέρδη πρέπει να ελέγχονται. Σημαντικό φυσικά είναι να μην περιορίζονται τα ηλιακά κέρδη εις βάρος του φυσικού φωτισμού διότι ο φωτισμός είναι με την σειρά του ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας στον κλιματισμό. [8.5], [8.8]

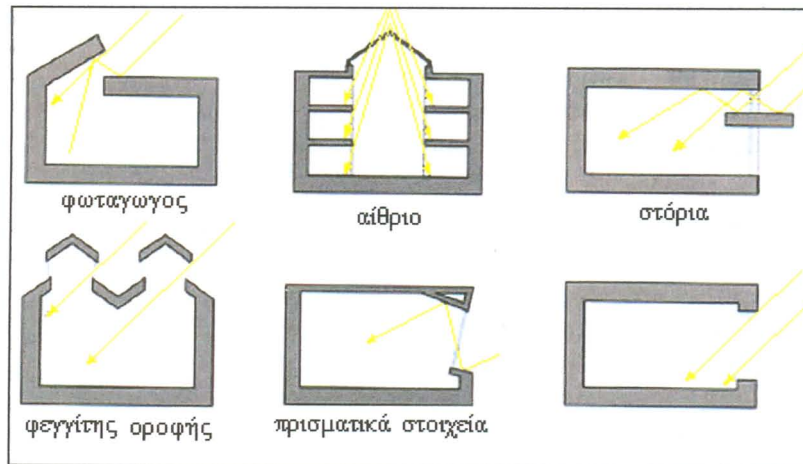
### • Ο φυσικός φωτισμός

Η λειτουργία των λαμπτήρων φωτισμού έχει σαν αποτέλεσμα να εμφανίζονται αξιοσημείωτα θερμικά φορτία και πρέπει να υπολογίζεται το μέγεθος τους στις εγκαταστάσεις κλιματισμού κατά τον δροσισμό. Αντίθετα κατά την χειμερινή λειτουργία η επίδραση του φωτισμού στο φορτίο είναι ασήμαντη. Επομένως κάθε λύση που μειώνει την ανάγκη για τεχνικό φωτισμό αποτελεί ταυτόχρονα και μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας στον κλιματισμό. Μια τέτοια λύση στα πλαίσια της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι ο φυσικός φωτισμός.

Η μελέτη του καλού φυσικού φωτισμού πρέπει να εξασφαλίζεται από τα πρώτα στάδια της διαδικασίας της αρχιτεκτονικής μελέτης. Οι παράγοντες που επιδρούν εδώ είναι πολλοί. Φυσικά οι ανάγκες για φωτισμό ενός χώρου έχουν να κάνουν με την χρήση του χώρου. Μικρό επίπεδο φωτισμού π.χ. είναι ακατάλληλο για γραφεία άλλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαδρόμους.

Ο φυσικός φωτισμός είναι χαρακτηριστικό της γεωμετρίας ενός τόπου και είναι ανεξάρτητος της τοποθεσίας και του κλίματος. Η απόδοση του φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο μπορεί να αξιολογηθεί με τη χρήση υπολογιστικών τεχνικών μεθόδων που περιλαμβάνουν προσομοίωση των πολλαπλών ανακλάσεων του φωτός. Τα σύγχρονα αρχιτεκτονικά προγράμματα παρέχουν την δυνατότητα στον μελετητή να μπορεί να παρακολουθεί την ροή του φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο για οποιαδήποτε ώρα και εποχή.

Ο έλεγχος του ηλιακού φωτός μπορεί να γίνει με τη χρήση μόνιμων ή κινητών αρχιτεκτονικών στοιχείων. Αυτά είτε διαχέουν το άμεσο ηλιακό φως είτε το οδηγούν με τη χρήση στοιχείων



Σχήμα 5.3 Συστήματα για την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας για φυσικό φωτισμό

κατεύθυνσης όπως οι ανακλαστήρες. Μερικά τέτοια στοιχεία είναι: φωταγωγός, φεγγίτης οροφής, εξωτερικοί ανακλαστήρες, αίθριο, ειδικοί φωταγωγοί, φεγγίτης οροφής, πρισματικά στοιχεία, κεκλιμένες-ανακλαστικές επιφάνειες, εξωτερικά ή εξωτερικά στόρτια και άλλα. (Σχ. 5.3). [7.38]

Όπως φαίνεται το πρόβλημα του βιοκλιματικού σχεδιασμού στα κτίρια είναι πολυσύνθετο και δείχνει να έχει άπειρες πτυχές. Πρακτικά κάθε κτίριο είναι μεμονωμένη περίπτωση και έχει δι-

κά του χαρακτηριστικά όσο αφορά την ενεργειακή του συμπεριφορά. Έτσι λοιπόν το σωστό είναι να εξετάζεται η κάθε περίπτωση ξεχωριστά και να μην γίνονται ταυτοποιήσεις με άλλες περιπτώσεις που φαίνεται να ομοιάζουν (κυρίως αν ο μελετητής δεν έχει πείρα). Ο κύριος στόχος είναι να τηρούνται οι συνθήκες άνεσης και από εκεί και πέρα να εφαρμόζονται τα κατάλληλα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές στα πλαίσια του βιοκλιματικού σχεδιασμού που αποσκοπούν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Μερικές από αυτές είναι τα θερμοκήπια, ο νυχτερινός δροσισμός, ο φυσικός δροσισμός, τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης και άλλα πολλά. Φυσικά εδώ θα αρκεστούμε σε αυτά που αναφέραμε διότι περαιτέρω ανάλυση των συστημάτων αυτών θεωρούμε ότι ξεφεύγει από τις υποχρεώσεις του μηχανολόγου και φυσικά από τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού. Επιπλέον πολλά από τα συστήματα αυτά είναι ακόμα σε πειραματικό στάδιο και θα αργήσει πολύ ακόμα η ώρα που θα χρησιμοποιηθούν ευρέως (κυρίως στην Ελλάδα). [γ.6], [γ.8], [γ.45], [γ.46], [α.1], [α.2]

## 5.2. Συστήματα κλιματισμού

Η απαιτήσεως ενός χώρου σε κλιματισμό διαφέρουν από κτίριο σε κτίριο, και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Λόγω της ποικιλομορφίας αυτής των απαιτήσεων έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα κλιματισμού που το καθένα από αυτά εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε κτιρίου. Υπάρχουν διάφορα συστήματα, τα οποία είναι κατάλληλα για ορισμένους τύπους κτιρίων και άλλα τα οποία είναι εντελώς ακατάλληλα.

Παρακάτω ακολουθεί μια αναφορά στα συστήματα κλιματισμού και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση όσο αφορά τα συστήματα με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.

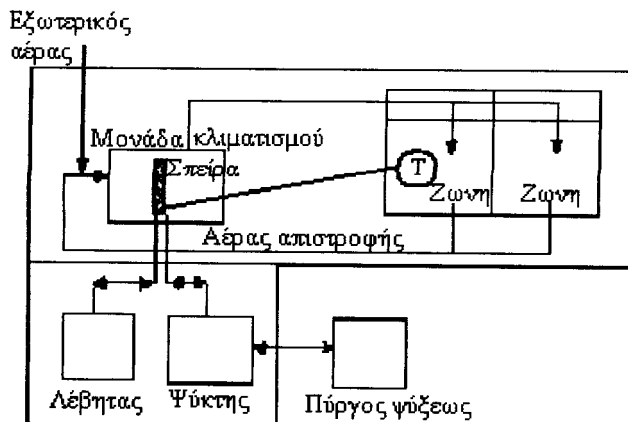
### 5.2.1. Τα πρώτα συστήματα κλιματισμού

Η ουσιαστική ανάπτυξη του κλιματισμού αρχίζει μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Αρχίζει η εφαρμογή νέων ψυκτικών μέσων όπως το Freon-11 και το Freon-22 και εξελίσσεται η τεχνολογία εναλλακτών θερμότητας με την κατασκευή πτερυγοφόρων σωλήνων. Οι διαστάσεις των συμπυκνωτών και εξατμιστήρων μειώνονται σημαντικά. Εφαρμόζονται νέα και πιο αξιόπιστα συστήματα αυτοματισμού ενώ η χρήση του πλαστικού μειώνει το βάρος των κλιματιστικών συσκευών. Οι απαιτήσεις για κεντρικό κλιματισμό αυξάνονται όλο και περισσότερο. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 50 τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού διακρίνονται σε:

#### 5.2.1.1. Σύστημα μονής διαμονής αγωγού, σταθερής παροχής

Στο σύστημα (Σχ. 5.4) αυτό ο αέρας παρασκευάζεται στην κεντρική μονάδα κλιματισμού και μεταφέρεται διαμέσου δικτύου αεραγωγών στους κλιματιζόμενους χώρους. Ο εξωτερικός αέρας αναρροφάται από το ύπαιθρο, αναμιγνύεται στο θάλαμο μίξης με ένα μέρος αέρα που απάγεται από το χώρο και φιλτράρεται. Στη συνέχεια ακολουθεί η επεξεργασία του αέρα και η οδήγησή του μέσω του ανεμιστήρα, των αεραγωγών διανομής και των στομιών στους διάφορους χώρους.

Ανάλογα με την εποχή του έτους ο αέρας υφίσταται και διαφορετική επεξεργασία. Το κα-



Σχήμα 5.4-Σύστημα μονής διαμονής αγωγού, σταθερής παροχής

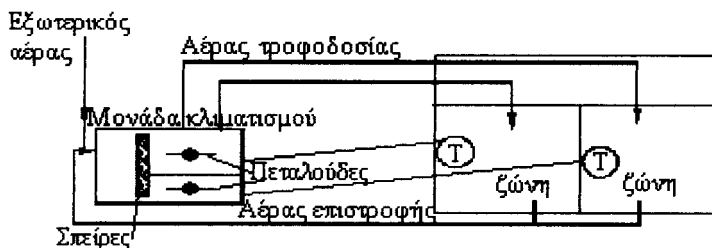
λοκαίρι συνήθως μετά την ανάμιξη, υφίσταται ψύξη και αφύγρανση και στη συνέχεια μεταθέρμανση. Το χειμώνα οι συνηθισμένες διεργασίες είναι ανάμιξη, θέρμανση, ύγρανση και μεταθέρμανση.

Η επεξεργασία του αέρα γίνεται με ένα μέσο, συνήθως νερό, το οποίο αποκτά την αντίστοιχη θερμοκρασία σε μια ψυκτική μηχανή ή σε ένα λέβητα. Στο σύστημα αυτό η ρύθμιση της θερμοκρασίας των χώρων γίνεται με αντίστοιχη ρύθμιση της θερμοκρασίας του προσαγόμενου αέρα. Είναι το απλούστερο σύστημα κλιματισμού και μπορεί να εξυπηρετήσει μία μόνο ζώνη.



### 5.2.1.2. Πολυζωνικό σύστημα κλιματισμού

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος αυτού (Σχ. 5.5) δε διαφέρει από αυτή του συστήματος μιας περιοχής. Το σύστημα είναι σταθερής παροχής αλλά σε κάθε ζώνη του κτιρίου, δηλαδή σε πε-

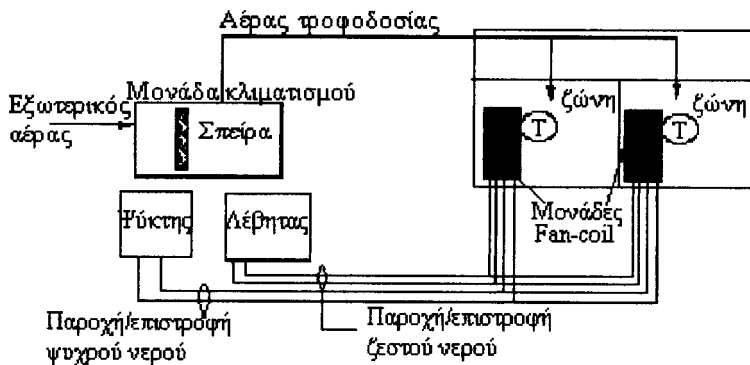


Σχήμα 5.5-Πολυζωνικό σύστημα κλιματισμού

ριοχή με διαφορετική συμπεριφορά φορτίου, οδηγείται αέρας διαφορετικής κατάστασης. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάμιξη θερμού και ψυχρού αέρα σε πιεστικό θάλαμο όπου βρίσκεται ένα ψυκτικό στοιχείο, ένας μεταθερμαντήρας και κατάλληλα ρυθμιστικά διαφράγματα. Τα διαφράγματα ελέγχονται από το θερμοστάτη χώρου της αντίστοιχης ζώνης και καθορίζουν την ποσότητα του αέρα που θα περάσει από το ψυκτικό και το θερμαντικό στοιχείο.

### 5.2.1.3. Συστήματα κλιματισμού με τοπικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (Fan-coils)

Στο σύστημα αυτό (Σχ. 5.6) ο αέρας του χώρου ψύχεται ή θερμαίνεται μέσα σε κατάλληλες θερματικές μονάδες (Fan-coils), στις οποίες κυκλοφορεί θερμό ή ψυχρό νερό. Οι μονάδες περιλαμβάνουν θερμαντικό/ψυκτικό στοιχείο, εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα, φίλτρα και συνήθως και είσοδο νωπού αέρα από το περιβάλλον. Η παρασκευή και η διανομή ψυχρού/θερμού νερού γίνεται από μία κεντρική εγκατάσταση που περιλαμβάνει ψυκτική μηχανή και λέβητα. Παράλληλα με το δίκτυο νερού μπορεί να υπάρχει και ανεξάρτητο δίκτυο αεραγωγών με κεντρική κλιματιστική μονάδα για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου σε νωπό αέρα.



Σχήμα 5.6-Συστήματα κλιματισμού με τοπικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (Fan-coils)

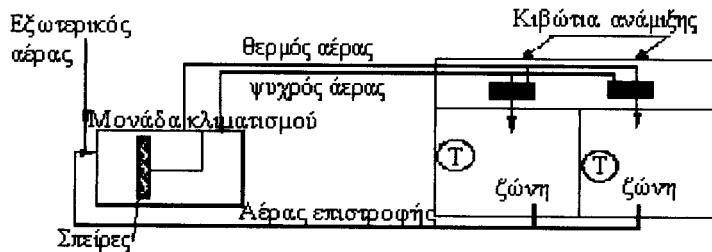
Τα συστήματα αυτά εξασφαλίζουν αυτονομία σε κάθε χώρο και είναι κατάλληλα για εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας και απόβλητης θερμότητας γιατί η θέρμανση μπορεί να λειτουργήσει με νερό χαμηλής θερμοκρασίας.

Μειονέκτημα τους είναι ότι απαιτούν περισσότερη συντήρηση, η ανανέωση του αέρα πρέπει να γίνεται με ξεχωριστό δίκτυο αεραγωγών και απαιτείται ιδιαίτερο δίκτυο αποχέτευσης για τα συμπυκνώματα από κάθε σώμα.

Στο τέλος της δεκαετίας του 50 και στις αρχές της δεκαετίας του 60 αρχίζουν οι απαιτήσεις για κλιματισμό των κτιρίων σε περισσότερες ζώνες [8.8], [8.3], [7.17]

#### 5.2.1.4. Συστήματα κλιματισμού διπλού αγωγού

Στο σύστημα αυτό (Σχ. 5.7) ο αέρας διανέμεται στους χώρους με δύο παράλληλους αεραγωγούς από τους οποίους ο ένας αεραγωγός μεταφέρει τον ψυχρό και ο άλλος το θερμό αέρα. Σε κάθε ζώνη ή κλιματιζόμενο χώρο οι κατάλληλες ποσότητες ψυχρού και θερμού αέρα αναμιγνύο-

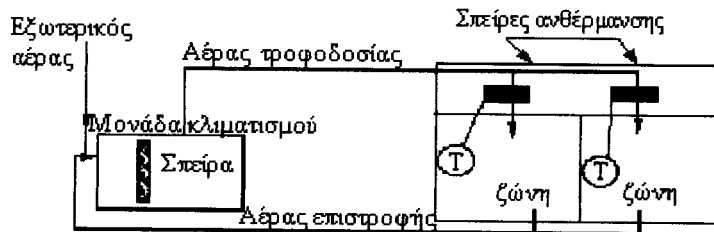


Σχήμα 5.7-Συστήματα κλιματισμού διπλού αγωγού

νται μέσα σε τερματικές συσκευές (κιβώτια) μίξης. Η ανάμιξη ελέγχεται από το θερμοστάτη χώρου της ζώνης. Το σύστημα αυτό είναι κατάλληλο για μεγάλο αριθμό ζωνών.

#### 5.2.1.5. Συστήματα κλιματισμού μονού αγωγού με αναθέρμανση

Στο σύστημα αυτό (Σχ. 5.8), αέρας σταθερής παροχής στέλνεται σε κάθε ζώνη, όπου προστίθεται θερμότητα τοπικά είτε στον αγωγό προσαγωγής, είτε σε κατάλληλη τερματική συσκευή διανομής. Η προσθήκη θερμότητας γίνεται σε κατάλληλο στοιχείο νερού, ατμού ή ηλεκτρικό, το οποίο τοποθετείται είτε στην αρχή κάθε ζώνης, είτε σε κάθε χώρο ξεχωριστά.



Σχήμα 5.8-Συστήματα κλιματισμού μονού αγωγού με αναθέρμανση

#### 5.2.1.6. Συστήματα κλιματισμού με τοπικές μονάδες επαγωγής

Στο σύστημα αυτό, για τη διαμόρφωση των επιθυμητών συνθηκών του αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους παρέχεται από κεντρικές εγκαταστάσεις ταυτόχρονα νερό [θερμό ή ψυχρό και επεξεργασμένος αέρας σε κατάλληλες τερματικές μονάδες, τις μονάδες επαγωγής (Induction units)]. Ο επεξεργασμένος αέρας εισάγεται στις τερματικές μονάδες επαγωγής με δίκτυο αεραγωγών υψηλής πίεσης και μέσω ρυθμιστικών διαφραγμάτων και ηχοαποσβεστήρα περνά μέσα από ειδικά ακροφύσια. Το ρεύμα του αέρα υψηλής ταχύτητας επάγει (παρασύρει) τετραπλάσιο περίπου όγκο του αέρα του χώρου, ο οποίος περνά μέσα από το στοιχείο της μονάδας. Τα δύο ρεύματα αναμιγνύονται μετά το στοιχείο και προσάγονται στο χώρο. Εάν το δίκτυο προσαγωγής νερού είναι τριών ή τεσσάρων σωλήνων μπορεί το σύστημα να εξυπηρετήσει συγχρόνως ανάγκες και θέρμανσης και ψύξης

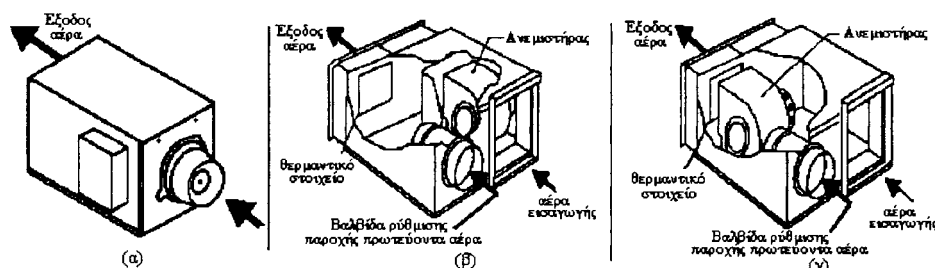


Σε κάθε χώρο ή σε κάθε ζώνη, υπάρχει ένας θερμοστάτης χώρου ο οποίος ανοίγει ή κλείνει, ανάλογα με τη θερμοκρασία του χώρου, μια στραγγαλιστική βαλβίδα κατάλληλη για υψηλές πιέσεις. Οι βαλβίδες ρύθμισης της παροχής του αέρα είναι εγκατεστημένες μέσα σε τερματικές μονάδες ελέγχου, οι οποίες στην ουσία είναι ορθογώνια κουτιά διανομής του αέρα. Οι βαλβίδες μπορούν να ρυθμιστούν από τελείως ανοιχτές έως τελείως κλειστές, έτσι ώστε η παροχή του αέρα να παρακολουθεί τις μεταβολές του φορτίου του χώρου. Στην πραγματικότητα η παροχή του αέρα δε μηδενίζεται ποτέ, ώστε να διατηρείται πάντοτε η ελάχιστη ποσότητα φρέσκου εξωτερικού αέρα. Η ρύθμιση των βαλβίδων ελέγχεται από πνευματικά ή ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, τα οποία δέχονται σήματα από τους θερμοστάτες που βρίσκονται στις διάφορες θερμικές ζώνες. Από τις μονάδες ελέγχου οι βαλβίδες αέρα διανέμουν τη ρυθμιζόμενη παροχή, μέσω εύκαμπτων αεραγωγών κυκλικής διατομής, σε γραμμικά στόμια οροφής. Οι μονάδες ελέγχου μπορούν να συνδεθούν με ένα ή περισσότερα στόμια.

Οι τερματικές μονάδες ελέγχου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Στις κλασικές μονάδες, οι οποίες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για ψύξη. Οι μονάδες αυτές ρυθμίζουν την παροχή του αέρα από ένα μέγιστο ως ένα ελάχιστο.

- Στις μονάδες με ενσωματωμένο ανεμιστήρα, οι οποίες έχουν έναν ανεμιστήρα που αναμιγνύει τον πρωτεύοντα αέρα που προέρχεται από την κεντρική μονάδα κλιματισμού με τον αέρα του χώρου. Το πλεονέκτημα αυτών των μονάδων είναι ότι διατηρούν μια σταθερή κυκλοφορία του αέρα στο χώρο, ανεξάρτητα από την ελάττωση της παροχής λόγω μειωμένου φορτίου. Ο ανεμιστήρας



Σχήμα 5.10-Τερματικές μονάδες VAV. α) χωρίς ανεμιστήρα. β) με ανεμιστήρα παράλληλα γ) με ανεμιστήρα σε σειρά

στις τερματικές μονάδες είναι τοποθετημένος είτε σε σειρά είτε παράλληλα (Σχ. 5.10).

Το κυριότερο χαρακτηριστικό των συστημάτων VAV είναι οι μεγάλες διακυμάνσεις της ποσότητας του αέρα που μεταφέρουν οι ανε-

μιστήρες της εγκατάστασης κλιματισμού. Κάθε φορά που οι τερματικές μονάδες ελέγχου μειώνουν την ποσότητα του αέρα που εισάγεται στους χώρους, μεταβάλλονται και οι συνθήκες λειτουργίας των ανεμιστήρων: ελαττώνεται η παροχή τους, ανεβαίνει η πίεση και αυξάνεται ο θόρυβος του συστήματος διανομής.

Μπορεί να θεωρηθεί ότι σε μια εγκατάσταση μεταβλητής παροχής υπάρχουν άπειρες συνθήκες στις οποίες καλούνται οι ανεμιστήρες να λειτουργήσουν. Οι κυριότερες διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή της λειτουργίας των ανεμιστήρων στις μεταβαλλόμενες συνθήκες παροχής του αέρα είναι: α) διαφράγματα (dampers) τοποθετημένα στον κύριο αγωγό προσαγωγής του αέρα, β) κατευθυντήρια περύγια τοποθετημένα στα στόμια αναρρόφησης του ανεμιστήρα και γ) κινητήρες μεταβαλλόμενης ταχύτητας, οι οποίοι επιτρέπουν τη μείωση της ταχύτητας περιστροφής του ανεμιστήρα. Και στις τρεις περιπτώσεις η εντολή στους ανεμιστήρες δίνεται από αισθητήρια πίεσης, που είναι τοποθετημένα μέσα στους αεραγωγούς προσαγωγής ή επιστροφής του αέρα.

Είναι φανερό ότι σε κάποια κτίρια ταιριάζει καλύτερα η εφαρμογή συστημάτων μεταβλητής παροχής αέρα, σε σχέση με κάποια άλλα. Γενικά υπάρχουν δυο χαρακτηριστικά των κτιρίων, από τα οποία εξαρτάται η επιλογή του τύπου εγκατάστασης:

**1) Το μεταβλητό φορτίο:** Το πρώτο χαρακτηριστικό που κάνει ελκυστική την τοποθέτηση συστήματος VAV σε ένα κτίριο είναι το μεταβλητό φορτίο. Τα κτίρια με χαμηλό ποσοστό ανοιγμάτων με γυάλινες επιφάνειες και με πολύ καλή μόνωση, δηλαδή χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου, παρουσιάζουν φορτίο ανεξάρτητο από τις εξωτερικές συνθήκες. Οι εγκαταστάσεις κλιματισμού στα κτίρια αυτά λειτουργούν κατά ένα μεγάλο ποσοστό μέσα στο χρόνο σε πλήρες



φορτίο και επομένως η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας λόγω λειτουργίας υπό μερικό φορτίο είναι μικρή. Σε αυτά τα κτίρια, το ψυκτικό φορτίο αποτελείται κυρίως από το φορτίο των ανθρώπων και το φορτίο φωτισμού και συσκευών. Η κατανομή του φορτίου ακολουθεί την κατανομή παρουσίας των ατόμων, που εργάζονται μέσα στο κτίριο και την κατανομή χρήσης των φώτων και των συσκευών. Το ψυκτικό φορτίο δηλαδή παρουσιάζει ένα μέγιστο, λίγο μετά την έναρξη λειτουργίας του κτιρίου, το οποίο διατηρείται σε όλη τη διάρκεια χρήσης του. Κτίρια με κατανομή φορτίου όπως αυτή, δεν είναι κατάλληλα για την τοποθέτηση συστήματος VAV.

Αντίθετα κτίρια, στα οποία υπάρχουν μεγάλες επιφάνειες με υαλοπίνακες και τα οποία παρουσιάζουν έντονες μεταβολές στο φορτίο των ατόμων και του φωτισμού, βρίσκονται πολλές ώρες της ημέρας υπό μερικό φορτίο και έτσι ενδείκνυνται για την εγκατάσταση συστημάτων VAV. Η συχνή είσοδος και έξοδος ατόμων από αυτά τα κτίρια καθώς και τα μεταβαλλόμενα ψυκτικά φορτία λόγω ηλιακής ακτινοβολίας συντελούν στην έντονη διαφοροποίηση του φορτίου του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας. Κτίρια με τέτοια κατανομή φορτίου είναι κατάλληλα για την τοποθέτηση συστήματος VAV.

**2) Πολλαπλές θερμικές ζώνες:** Το δεύτερο χαρακτηριστικό που κάνει ένα κτίριο κατάλληλο για την τοποθέτηση συστήματος VAV είναι η ύπαρξη πολλαπλών θερμικών ζωνών. Τα συστήματα VAV λόγω της αρχής λειτουργίας τους μπορούν να εξυπηρετήσουν ένα μεγάλο αριθμό θερμικών ζωνών και μάλιστα με λιγότερη κατανάλωση ενέργειας, από συστήματα σταθερής παροχής αέρα κατάλληλα για αυτή την περίπτωση (σύστημα σταθερής παροχής αέρα με μεταθέρμανση ή σύστημα διπλού αγωγού).

Τα συστήματα μεταβλητής παροχής αέρα έχουν ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα.

- Παρέχουν σε κάθε χρονική στιγμή μόνο την ποσότητα αέρα, η οποία είναι απαραίτητη για την κάλυψη των φορτίων των χώρων. Επομένως η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη των χώρων είναι μικρότερη σε σχέση με τα αντίστοιχα συστήματα σταθερής παροχής. Η συνολική παροχή του αέρα προσαγωγής υπολογίζεται για το μέγιστο φορτίο όλων των χώρων (block load) και δεν είναι το άθροισμα των παροχών που αντιστοιχούν στο μέγιστο φορτίο κάθε χώρου ξεχωριστά, όπως στα συστήματα σταθερής παροχής. Αυτό σημαίνει ότι οι κεντρικές μονάδες κλιματισμού και οι κεντρικοί αεραγωγοί διαστασιολογούνται για μικρότερες παροχές αέρα. Επομένως τόσο οι διαστάσεις των κεντρικών αεραγωγών όσο και οι ισχύεις των κινητήρων των ανεμιστήρων σε πλήρες φορτίο είναι μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες των συστημάτων σταθερής παροχής.

- Επίσης η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη μεταφορά του αέρα στους χώρους είναι μικρότερη σε σχέση με τα συστήματα σταθερής παροχής, εφόσον σε συνθήκες μερικού φορτίου η παροχή του αέρα προσαγωγής ελαττώνεται ανάλογα με τη μείωση του φορτίου. Εφόσον η λειτουργία σε μερικό φορτίο αποτελεί το 98% περίπου της συνολικής λειτουργίας ενός συστήματος κλιματισμού, η εξοικονόμηση ενέργειας από τη λειτουργία των ανεμιστήρων κυμαίνεται από 10% έως 50%, ανάλογα με την εφαρμογή.

Μειονέκτημα του κλασικού συστήματος μεταβλητής παροχής αέρα είναι ότι είναι σχεδιασμένο μόνο για ψύξη. Επειδή η θέρμανση είναι απαραίτητη σε ένα πλήρες σύστημα κλιματισμού, συνήθως εγκαθίστανται παραλλαγές του κλασικού συστήματος VAV. Πολλές από τις παραλλαγές αυτές συνδυάζουν τις αρχές των συστημάτων μεταβλητής παροχής με τις αρχές των συστημάτων σταθερής παροχής και μπορούν να χαρακτηριστούν ως υβριδικά συστήματα. [7-10], [7-14], [7-36], [8-4], [8-9]

## 5.2.2. Συστήματα κλιματισμού χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας

Παράλληλα με τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού αρχίζει πλέον και η ευρεία διάδοση των αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων. Στη δεκαετία του 60 εμφανίζονται και οι πρώτες αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες οροφής. Στις αρχές της δεκαετίας του 70 σχεδόν κάθε νέο κτίριο στις Η.Π.Α. διαθέτει κλιματισμό καθώς η ενέργεια είναι ακόμη φθηνή. Η ενεργειακή κρίση του 1973 έφερε σημαντικές αλλαγές στη βιομηχανία του κλιματισμού. Η τιμή της ενέργειας στα πέντε χρόνια

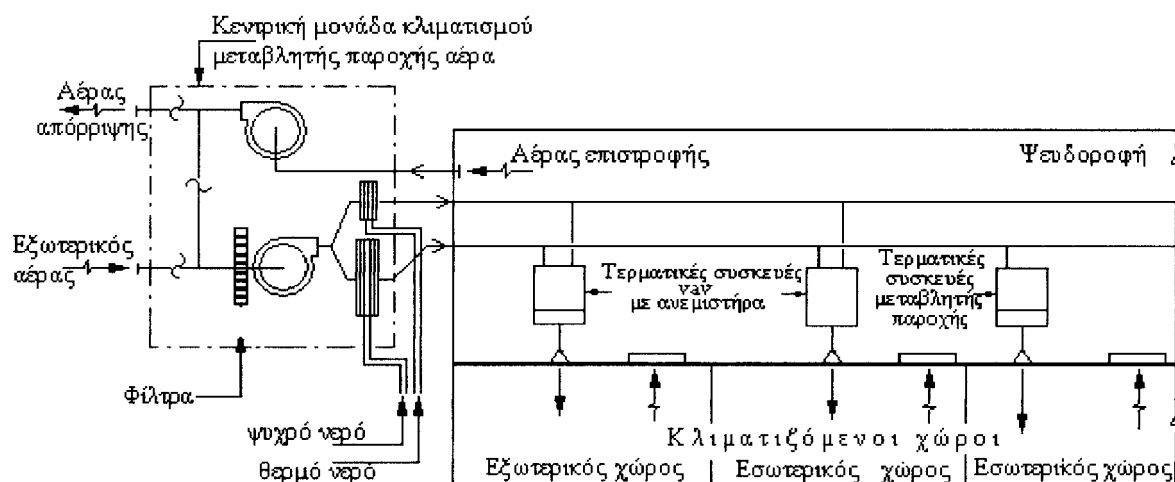
που ακολούθησαν αυξήθηκε κατά 500%. Οι καιροί απαιτούσαν πιο αποδοτικά συστήματα κλιματισμού με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.

Ο όρος βαθμός απόδοσης μπήκε πλέον στο λεξιλόγιο του μηχανικού. Συστήματα ανάμιξης ψυχρού και θερμού αέρα όπως το σύστημα διπλού αγωγού ή συστήματα με ψύξη και στη συνέχεια θέρμανση του αέρα όπως το σύστημα μονού αγωγού με αναθέρμανση παραμερίστηκαν γιατί καταλάωναν πολλή ενέργεια. Μετά την ενεργειακή κρίση αρχίζουν να εμφανίζονται νέα συστήματα κλιματισμού με χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

### 5.2.2.1. Συστήματα κλιματισμού μεταβλητής παροχής αέρα (VAV)

#### • Με διπλό αγωγό και δυνατότητα εναλλαγής από ψύξη σε θέρμανση και αντιστρόφως

Στο σύστημα αυτό (Σχ. 5.11) η κεντρική εγκατάσταση είναι ίδια όπως το κλασικό σύστημα VAV. Ο αέρας διανέμεται στους κλιματιζόμενους χώρους (ζώνες) μέσω δύο παράλληλων αεραγωγών. Ο ένας αεραγωγός μεταφέρει θερμό αέρα και ο άλλος ψυχρό. Οι επιθυμητές συνθήκες σε κάθε ζώνη επιτυγχάνονται με την ανάμιξη κατάλληλων ποσοτήτων θερμού και ψυχρού αέρα. Όταν ένας χώρος (ζώνη) απαιτεί ψύξη το διάφραγμα του θερμού ρεύματος παραμένει κλειστό και στο χώρο διοχετεύεται μόνο ψυχρός αέρας. Με τη μείωση του ψυκτικού φορτίου, το διάφραγμα ρύθμισης του ψυχρού αέρα ελαττώνει σταδιακά την παροχή του ψυχρού αέρα. Όταν η παροχή του αέρα φθάσει στο ελάχιστο απαραίτητο όριο και ο χώρος αρχίζει να εμφανίζει θερμικό φορτίο, ανοίγει σταδιακά το διάφραγμα ρύθμισης του ρεύματος θερμού αέρα και κλείνει σταδιακά το διάφραγμα ρύθμισης της παροχής του ψυχρού αέρα. Σε χώρους όπου απαιτείται μόνο ψύξη μπορούν να εγκατασταθούν τερματικές μονάδες μονού αγωγού.



Σχ. 5.11 - Σύστημα μεταβλητής παροχής αέρα, διπλού αγωγού με έναν ανεμιστήρα

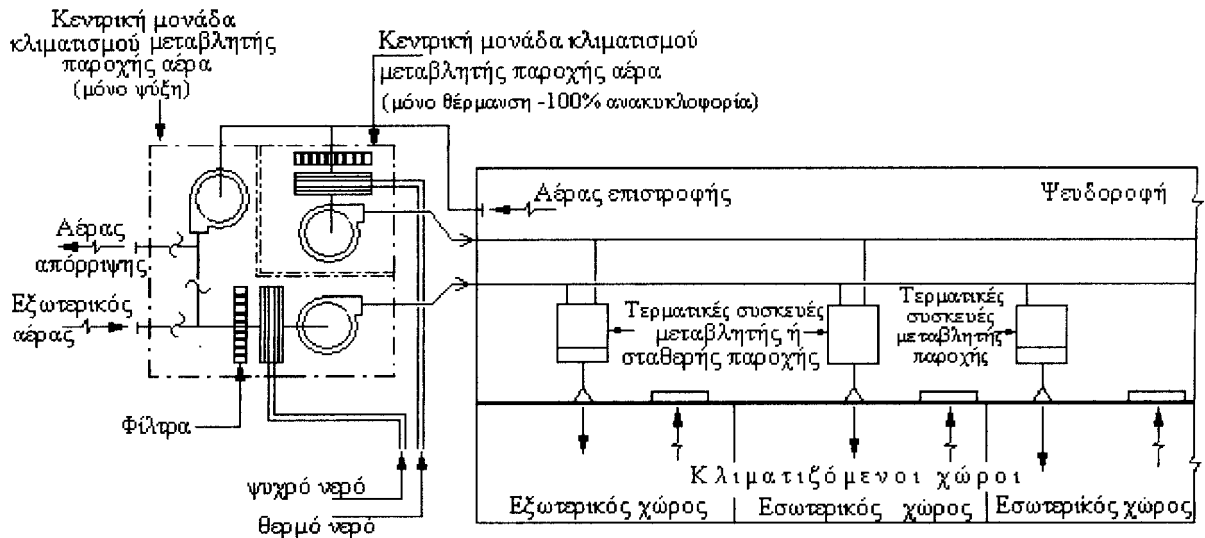
Όταν σε ορισμένους χώρους του κτιρίου είναι απαραίτητη η διατήρηση θετικής ή αρνητικής πίεσης σε σχέση με τους διπλανούς χώρους, τότε στους χώρους αυτούς μπορούν να εγκατασταθούν και τερματικές συσκευές σταθερής παροχής.

Στα συστήματα διπλού αγωγού χρησιμοποιείται συνήθως ένας ανεμιστήρας προσαγωγής. Τα δυο ρεύματα αέρα μοιράζονται τον ίδιο αγωγό επιστροφής. Η παροχή του αέρα και στα δύο ρεύματα είναι μεταβαλλόμενη, δηλαδή οι τερματικές μονάδες περιλαμβάνουν δυο βαλβίδες ρύθμισης παροχής, μια για κάθε ρεύμα.

Σε μια παραλλαγή του συστήματος (Σχ. 5.12) χρησιμοποιούνται δυο ανεμιστήρες προσαγωγής, ένας για το ρεύμα του ψυχρού και ένας για το ρεύμα του θερμού αέρα. Στον ανεμιστήρα του θερμού ρεύματος εισέρχεται ο αέρας επιστροφής από τους χώρους, ενώ στον ανεμιστήρα του ψυ-



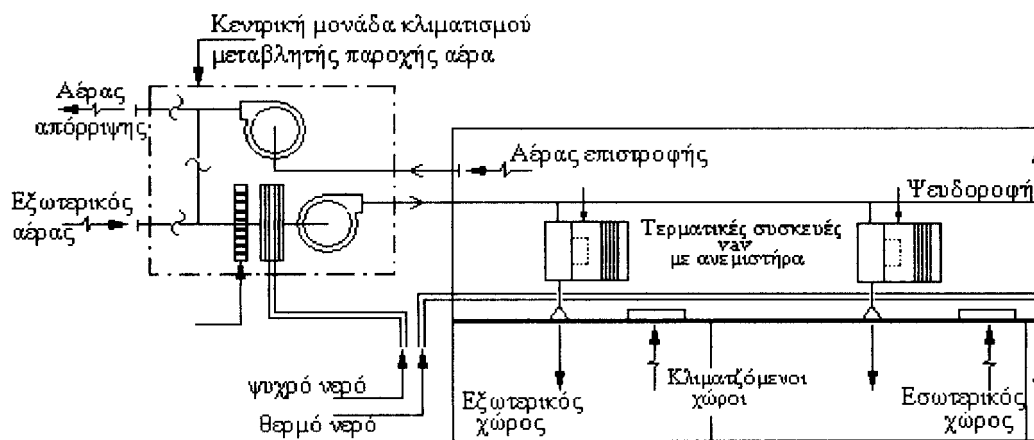
χρού ρεύματος εισέρχεται αέρας που προέρχεται από τη μίξη εξωτερικού αέρα με αέρα ανακυκλοφορίας. Η μίξη των δύο ρευμάτων αέρα γίνεται στην περίπτωση αυτή συνήθως μέσω ενός εξοικονομητή θερμότητας ή εφαρμόζεται ο κύκλος εξοικονόμησης.



Σχήμα 5.12-Σύστημα μεταβλητής παροχής αέρα, διπλού αγωγού με δύο ανεμιστήρες

• Με τερματικές μονάδες που έχουν κιβώτιο μίξης και ενσωματωμένο ανεμιστήρα

Ένα από τα μειονεκτήματα των συστημάτων μεταβλητής παροχής αέρα είναι ότι σε περιπτώσεις μερικού φορτίου η κίνηση του αέρα στους χώρους μπορεί να ελαττωθεί τόσο σημαντικά ώστε να παρατηρηθεί άπνοια και ανομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας. Τα συστήματα με ενσωματωμένο ανεμιστήρα στις τερματικές συσκευές ρύθμισης του αέρα (Σχ. 5.13) χρησιμοποιούνται για την αποφυγή αυτών των φαινομένων.



Σχήμα 5.13-Συστήματα κλιματισμού μεταβλητής παροχής αέρα (VAV) με τερματικές μονάδες που έχουν κιβώτιο μίξης και ενσωματωμένο ανεμιστήρα

Σε πλήρες φορτίο το σύστημα λειτουργεί όπως το κλασικό σύστημα VAV. Σε συνθήκες μερικού φορτίου ο τερματικός ανεμιστήρας αναρροφά αέρα από την ψευδοροφή, τον αναμιγνύει με το μεταβαλλόμενο αέρα προσαγωγής και παρέχει στο χώρο σταθερή ποσότητα αέρα. Στην κεντρική μονάδα κλιματισμού είναι εγκατεστημένος ένας ανεμιστήρας προσαγωγής μεταβλητής παροχής αέρα, όπως στο κλασικό σύστημα VAV, ενώ στις τερματικές μονάδες των χώρων υπάρχουν μικροί

ανεμιστήρες σταθερής παροχής. Στις τερματικές μονάδες τοποθετούνται και εναλλάκτες θερμού νερού για τη θέρμανση των χώρων κατά τη χειμερινή περίοδο.

Οι ανεμιστήρες σταθερής παροχής τοποθετούνται είτε σε παράλληλη θέση σε σχέση με το ρεύμα του αέρα προσαγωγής και η λειτουργία τους είναι διακοπτόμενη, είτε σε σειρά και η λειτουργία τους είναι συνεχής (Σχ. 5.10). Στην περίπτωση της παράλληλης τοποθέτησης του ανεμιστήρα, καθώς ελαττώνεται το ψυκτικό φορτίο του χώρου η παροχή του ψυχρού αέρα μειώνεται σταδιακά από τη μέγιστη στην ελάχιστη. Όταν η παροχή του αέρα προσαγωγής γίνει ίση με το ελάχιστο απαιτούμενο όριο ενεργοποιείται ο ανεμιστήρας, ο οποίος ανακυκλοφορεί αέρα του χώρου μέσα από την ψευδοροφή. Η παροχή του αέρα προσαγωγής από την κεντρική μονάδα κλιματισμού εξακολουθεί να ρυθμίζεται από το θερμοστάτη του χώρου (ζώνης). Το θερμικό φορτίο του χώρου μπορεί να καλυφθεί αρχικά από τη θερμότητα των φώτων και εάν δεν επαρκεί, ο εναλλάκτης θερμότητας δίνει το επιπλέον ποσό θερμότητας.

Στην περίπτωση της τοποθέτησης του ανεμιστήρα σε σειρά, η παροχή του αέρα προσαγωγής από την κεντρική μονάδα κλιματισμού ρυθμίζεται από το θερμοστάτη του χώρου (ζώνης) αλλά ο τερματικός ανεμιστήρας λειτουργεί συνεχώς, οπότε η κίνηση του αέρα στους χώρους διατηρείται πάντοτε πάνω από τα απαιτούμενα όρια. Είναι ευνόητο ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη δεύτερη περίπτωση είναι μεγαλύτερη. Εφόσον το σύστημα αυτό απαιτεί λήψη αέρα από την ψευδοροφή, είναι δύσκολο να εγκατασταθεί όταν η ψευδοροφή δε χρησιμοποιείται ως αεραγωγός επιστροφής (ceiling plenum) [7.36], [8.8]

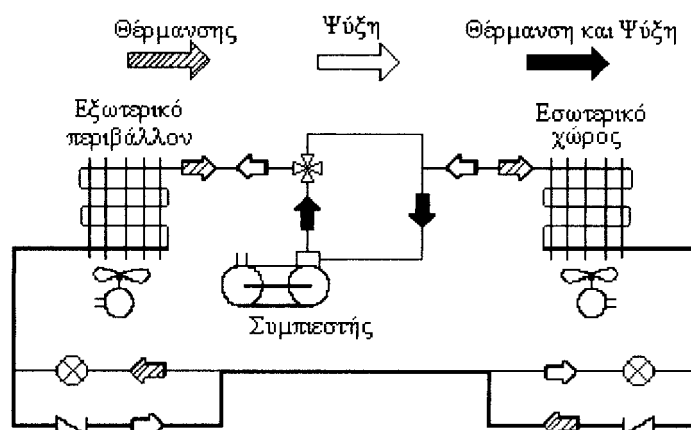
### 5.2.2.2. Συστήματα κλιματισμού με αντλίες θερμότητας

Υπάρχουν αρκετοί τύποι αντλιών θερμότητας ανοικτού ή κλειστού κύκλου. Μερικές αντιστρέφουν τον κύκλο τους για να χρησιμοποιούνται τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση ενώ άλλοι τύποι χρησιμοποιούνται μόνο για θέρμανση ή μόνο για ψύξη. Οι βασικοί τύποι είναι:

Κλειστού κύκλου με συμπίεση ατμών: Χρησιμοποιώντας ένα συμβατικό ξεχωριστό ψυκτικό κύκλο, ο τύπος αυτός είναι πολύ κοινός για κλιματισμό κτιρίων και για βιομηχανική χρήση. Χρησιμοποιεί σύνθετο, πολυβάθμιο ή συζευγμένο ψυκτικό κύκλο.

#### • Αέρα – αέρα:

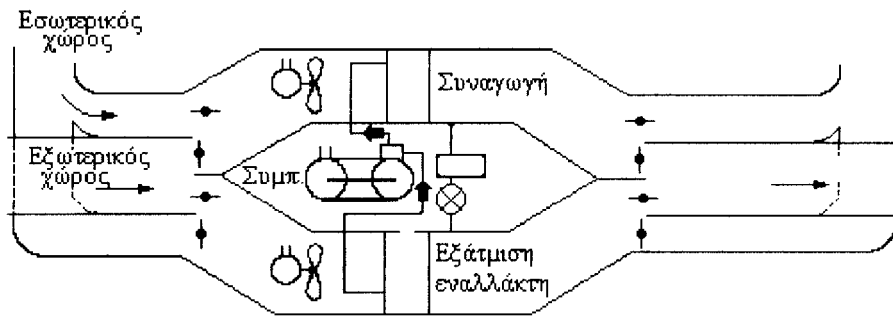
Μεταξύ των ψυχρών πηγών είναι δυνατό να θεωρηθούν ο αέρας του εξωτερικού περιβάλλοντος, ο αέρας που εξέρχεται από ένα κτίριο κτλ. Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται θερμίδες από τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πηγή αυτή έχει πιο χαμηλή θερμοκρασία το χειμώνα παρ'όλο που οι ανάγκες για θέρμανση είναι πιο αυξημένες. Αντίθετα αν ως πηγή απόληψης θερμότητας χρησιμοποιείται ο αέρας που απορρίπτεται από τον εσωτερικό



Σχήμα 5.14-Αντλία θερμότητας αέρα-αέρα με εναλλαγή ροής ψυκτικού κύκλου

χώρο, η θερμοκρασία είναι πιο σταθερή και βελτιώνεται η ωφέλιμη ισχύς της αντλίας θερμότητας.

Η θερμαντική ισχύς της αντλίας γίνεται τόσο μικρότερη όσο ψυχρότερος είναι ο εξωτερικός αέρας, γιατί ο συντελεστής ισχύος εξαρτάται από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ πηγής θερμότητας και θερμαντικού μέσου. Έτσι της ψυχρότερες μέρες πρέπει να υπάρχει μια συμπληρωματική πηγή θερμότητας.



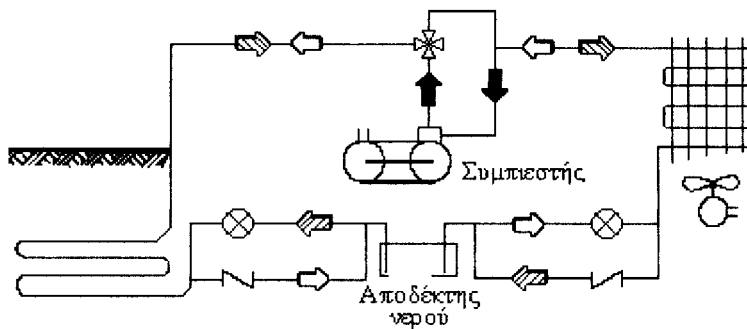
Σχήμα 5.15-Αντλία θερμότητας αέρα-αέρα με εναλλαγή ροής αέρα

σημαντικές βελτιώσεις είναι δυνατές μέσω της ρύθμισης της ισχύος, ενώ με ανερχόμενη εξωτερική θερμοκρασία πέφτει η ισχύς και συγχρόνως ανεβαίνει ο συντελεστής ισχύος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με 2 ή 3 συμπιεστές, είναι όμως ακριβό.

• **Υπεδάφους - αέρα/νερού:**  
Στην περίπτωση αυτή ο εναλλάκτης, που ενταφιάζεται στο υπέδαφος σε βάθος 1 ως 2 μέτρων, αποτελείται από σύνολο σωληνώσεων κατά προτίμηση πλαστικών (Σχ. 5.16). Το βάθος εκσκαφής εξαρτάται από τη φύση του εδάφους και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Η εσωτερική πηγή, που περιλαμβάνει και βρόχο νερού, χρησιμοποιείται στα μεγάλα κτίρια με υψηλά ψυκτικά φορτία είτε άμεσα, είτε με αποθήκευση. Αντλίες θερμότητας συνδέονται με πηγή θερμότητας που παρέχεται από νερό χαμηλής θερμοκρασίας και θερμαίνεται με ηλιακή ενέργεια. Εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας λειτουργούν επίσης με πηγή θερμότητας που σχηματίζεται από νερά που προέρχονται από θερμά λύματα.

• **Υπεδάφους - αέρα/νερού:**

Στην περίπτωση αυτή ο εναλλάκτης, που ενταφιάζεται στο υπέδαφος σε βάθος 1 ως 2 μέτρων, αποτελείται από σύνολο σωληνώσεων κατά προτίμηση πλαστικών (Σχ. 5.16). Το βάθος εκσκαφής εξαρτάται από τη φύση του εδάφους και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Η εσωτερική



Σχήμα 5.16-Αντλία θερμότητας εδάφους-αέρα με εναλλαγή ροής ψυκτικού ρευστού

κή πηγή, που περιλαμβάνει και βρόχο νερού, χρησιμοποιείται στα μεγάλα κτίρια με υψηλά ψυκτικά φορτία είτε άμεσα, είτε με αποθήκευση. Αντλίες θερμότητας συνδέονται με πηγή θερμότητας που παρέχεται από νερό χαμηλής θερμοκρασίας και θερμαίνεται με ηλιακή ενέργεια. Εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας λειτουργούν επίσης με πηγή θερμότητας που σχηματίζεται από νερά που προέρχονται από θερμά λύματα.

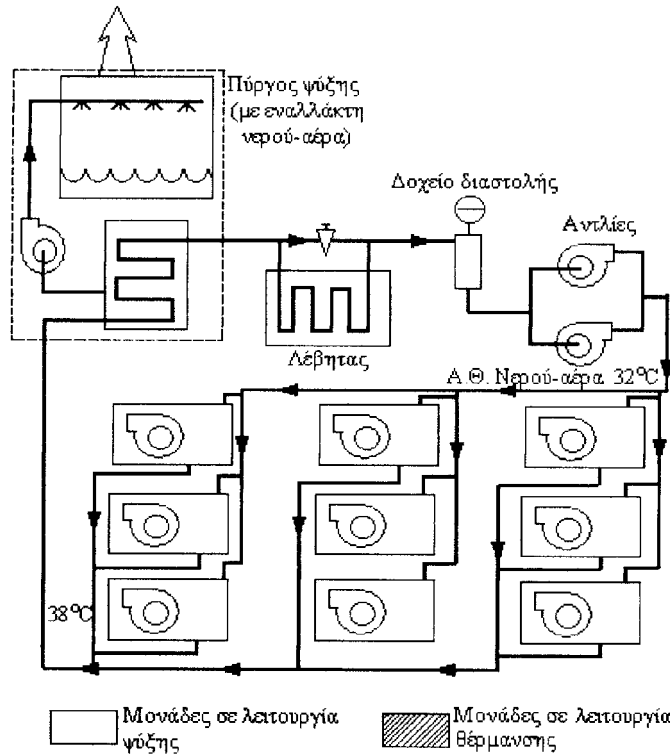
• **Αντλία θερμότητας νερού-αέρα:**

Ψυχρές πηγές στην περίπτωση αυτή μπορεί να είναι λίμνες, πηγάδια, ποταμοί, η θάλασσα, βιομηχανικά υγρά απόβλητα ή από άλλες προελεύσεις. Σε πολλές βιομηχανικές διεργασίες τα υγρά απόβλητα είναι δυνατό να αξιοποιηθούν με αντλίες θερμότητας.

Το σύστημα αυτό συνδυάζει ταυτόχρονη θέρμανση και ψύξη σε όλους τους χώρους ενός κτιρίου ενώ παράλληλα αξιοποιεί ενέργεια, η οποία σε συνηθισμένες περιπτώσεις θα απορριπτόταν στο περιβάλλον. Σε κάθε χώρο υπάρχει μία ή περισσότερες αντλίες θερμότητας νερού-αέρα. Όλες οι αντλίες θερμότητας συνδέονται μεταξύ τους με ένα δισωλήνιο σύστημα νερού, το οποίο δέχεται την απορριπτόμενη θερμότητα από τις μονάδες που λειτουργούν σε ψύξη ή παρέχει την απαραίτητα θερμότητα στις μονάδες που λειτουργούν σε θέρμανση.



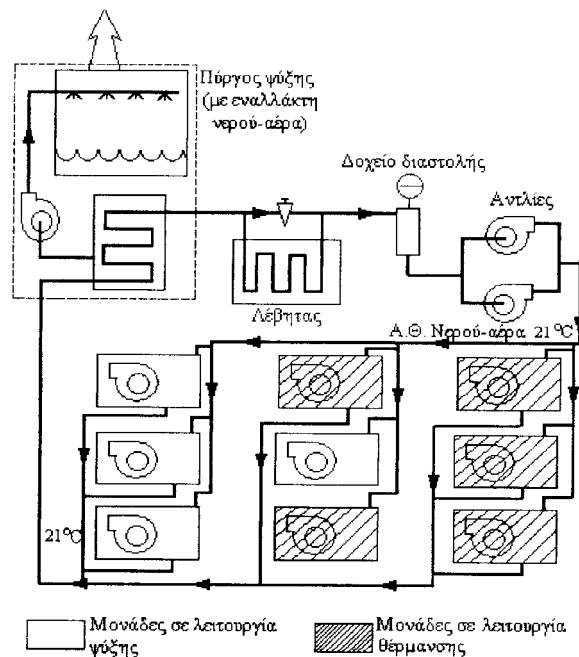
1) **Θερινή λειτουργία (Σχ. 5.17).** Όταν ο καιρός είναι ζεστός όλες οι μονάδες λειτουργούν σε ψύξη. Η θερμότητα που αφαιρείται από τους χώρους μεταφέρεται στο δίκτυο του νερού και απορ-



Σχήμα 5.17- Αντλία θερμότητας νερού-αέρα κατά την θερινή λειτουργία.

ρίπτεται στο περιβάλλον μέσω ενός πύργου ψύξης. Η θερμοκρασία εξόδου του νερού από τον πύργο ψύξης είναι περίπου 32 °C.

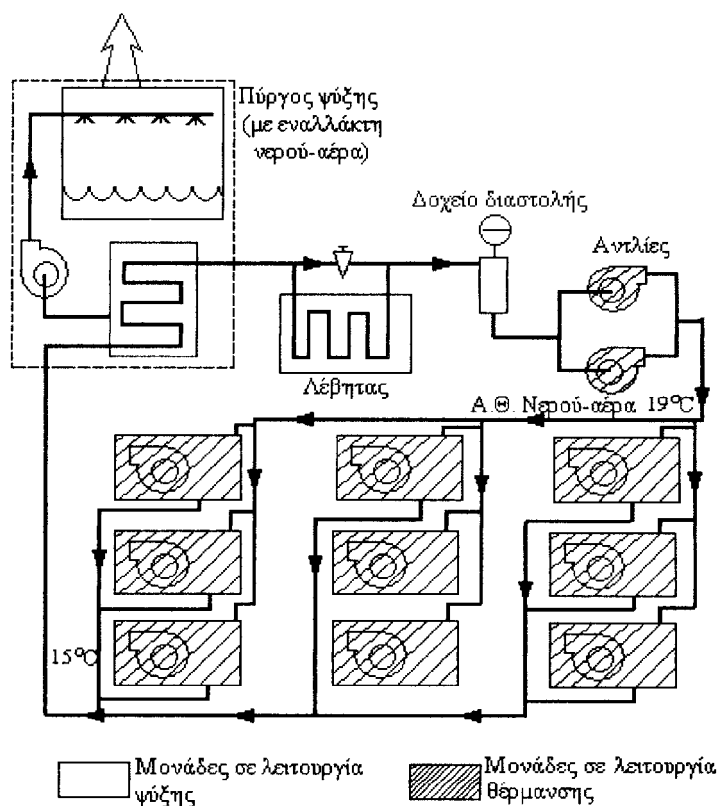
β) **Λειτουργία άνοιξης-φθινοπώρου (Σχ. 5.18).** Στις ενδιάμεσες εποχές, οι μονάδες που βρίσκονται στη σκιερή πλευρά ενός κτιρίου μπορούν να λειτουργούν σε θέρμανση ενώ οι μονάδες της



Σχήμα 5.18- Αντλία θερμότητας νερού-αέρα, κατά την ενδιάμεση εποχή

ηλιαζόμενης πλευράς σε ψύξη. Όταν η αναλογία της λειτουργίας των αντλιών θερμότητας είναι περίπου 40% ψύξη με 60% θέρμανση, τότε η απόρριψη και η απαίτηση θερμότητας στο δίκτυο του νερού βρίσκονται σχεδόν σε ισορροπία. Οι θερμοκρασίες του νερού κυμαίνονται μεταξύ 15 και 32 °C, επομένως δεν απαιτείται λειτουργία του λέβητα ή του πύργου ψύξης.

2) Χειμερινή λειτουργία (Σχ. 5.19). Στη διάρκεια του χειμώνα και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες όλες οι μονάδες συνήθως λειτουργούν σε θέρμανση. Τότε χρειάζεται να προστεθεί θερμότητα στο δίκτυο από ένα λέβητα θερμού νερού. Ο λέβητας μπαίνει σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία του νερού πέσει κάτω από ένα ορισμένο όριο (συνήθως 15 °C)



Σχήμα 5.19- Αντλία θερμότητας νερού-αέρα, κατά την χειμερινή λειτουργία

Κατά τη μελέτη, το βασικό πρόβλημα είναι να υπολογιστεί τέλεια το προβλεπόμενο ενεργειακό ισοζύγιο γιατί σχετίζεται με τις βοηθητικές εγκαταστάσεις που είναι αναγκαίες. Πραγματικά, κατά τη μελέτη της κλιματιστικής εγκατάστασης η ισχύς του κλιματιστικού μηχανήματος προσδιορίζεται κατ αρχή ώστε να ικανοποιεί κατά το θέρος τις ψυκτικές ανάγκες. Αντίστοιχα κατά το χειμώνα η θερμική ισχύς που αποδίδεται από το συμπυκνωτήρα αυτής της ίδιας μηχανής είναι συχνά χαμηλότερη από τις αναγκαίες θερμικές ανάγκες όταν η εγκατάσταση λειτουργεί ως αντλία θερμότητας αποδίδοντας θερμότητα.

Τίθεται έτσι το ερώτημα τι είδους σύστημα απόδοσης της θερμότητας αιχμής θα πρέπει να εγκατασταθεί. Κάθε εγκατάσταση αποτελεί και μια ιδιαίτερη περίπτωση που πρέπει να εξεταστεί με βάση τα στοιχεία που σχετίζονται αποκλειστικά με αυτήν. Από τεχνολογική άποψη είναι αναγκαίο να ληφθούν υπόψη δυο ιδιαίτερες παράμετροι. Από τη μια πλευρά θα πρέπει να επιλεγεί κατάλληλα το μέσο (ρευστό) μεταφοράς της θερμότητας (αέρας ή νερό) που είναι συνάρτηση της εγκατάστασης ενώ από την άλλη πρέπει να εκλεγεί για μια ψυκτική εγκατάσταση που το είδος της θα επιτρέψει να εξέρχεται από το συμπυκνωτήρα ρευστό, για παράδειγμα νερό, που να έχει μια αξιοποιήσιμη θερμοκρασία (40 ως 50 C).

Η λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας είναι τόσο καλύτερη όσο πιο μεγάλο ποσό θερμότητας είναι δυνατό να απομαστεύσει από την ψυχρή πηγή. Οι θερμίδες μπορεί να προέλθουν και από

την αισθητή θερμότητα αλλά και σε πολλές περιπτώσεις από τη λανθάνουσα θερμότητα. Το σημείο αυτό είναι πολύ σημαντικό, ιδιαίτερα στην περίπτωση που πρόκειται για πισίνες, εγκαταστάσεις πατινάζ σε πάγο, μεγάλα ψυγεία και ορισμένες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις η χρήση αντλίας θερμότητας είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη και οικονομική.

Κατά την εκμετάλλευση της εγκατάστασης παρεμβαίνουν επίσης και άλλα κριτήρια. Ιδιαίτερα το πρόβλημα της λειτουργίας της εγκατάστασης ελέγχου έτσι ώστε να πραγματοποιούνται με ακρίβεια οι αναστροφές των κύκλων λειτουργίας, δηλαδή από την ψύξη στη θέρμανση και από τη θέρμανση στην ψύξη.

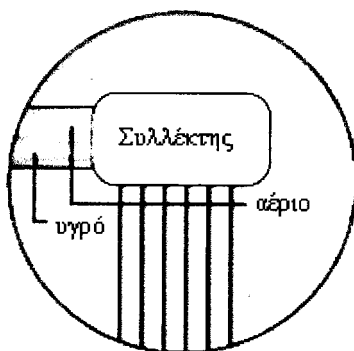
Επιπρόσθετα, όπως αναφέρθηκε, μια αντλία θερμότητας καλύπτει τις πρόσθετες ανάγκες σε θερμότητα με συνδυασμένες πηγές θερμότητας. Το ερώτημα είναι: πότε θα πρέπει αυτές να λειτουργήσουν; Στην περίπτωση αυτή μια έξυπνη εγκατάσταση ρύθμισης πρέπει να εξασφαλίσει την τέλεια βελτιστοποίηση της λειτουργίας της εγκατάστασης.

Η αντλία θερμότητας αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα εξοικονόμησης ενέργειας και για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα ελκυστική η χρήση της σε ορισμένες περιπτώσεις [β.1], [γ.1], [γ.22], [δ.8]

### 5.2.2.3. Συστήματα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού ρευστού VRV

Το πολυζωνικό-πολυδιαιρούμενο σύστημα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου, γνωστό ως VRV, (Σχ. 5.21) έχει επιφέρει επανάσταση στην τεχνολογία κλιματισμού των σύγχρονων αλλά και παραδοσιακών κτιρίων με υψηλές απαιτήσεις. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας σε ένα κτίριο δαπανάται στον κλιματισμό και το υπόλοιπο ποσοστό στο φωτισμό και στις άλλες λειτουργίες. Έγινε έτσι φανερό και επιτακτική η ανάγκη για την ανάπτυξη και εξέλιξη συστημάτων κλιματισμού, που να χαρακτηρίζονται από χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και ταυτόχρονα από ευελιξία, δυνατότητα κεντρικού έλεγχου και ευκολία στην εγκατάσταση.

Στην Ιαπωνία το 1982 αναπτύχθηκε, με βάση τη σχετική για την εξοικονόμηση ενέργειας νομοθεσία του 1979, σε ένα από τα μεγαλύτερα βιομηχανικά συγκροτήματα μηχανημάτων κλιματισμού, ένα νέο καινοτόμο σύστημα κλιματισμού με την ονομασία V.R.V. (Variable Refrigerant Volume). Το νέο αυτό σύστημα αποτέλεσε την αρχή μιας νέας γενιάς πολυδιαιρούμενων πολυζωνικών συστημάτων μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου, VRV, όπου η εξωτερική μονάδα-αντλία θερμότητας μπορεί να συνδεθεί με πολλαπλές εσωτερικές μονάδες μέσω ενός κεντρικού δικτύου ψυκτικών σωληνώσεων.



Σχήμα 5.20 - Τα συστήματα VRV μπορούν να εξυπηρετήσουν 16 μονάδες ταυτόχρονα

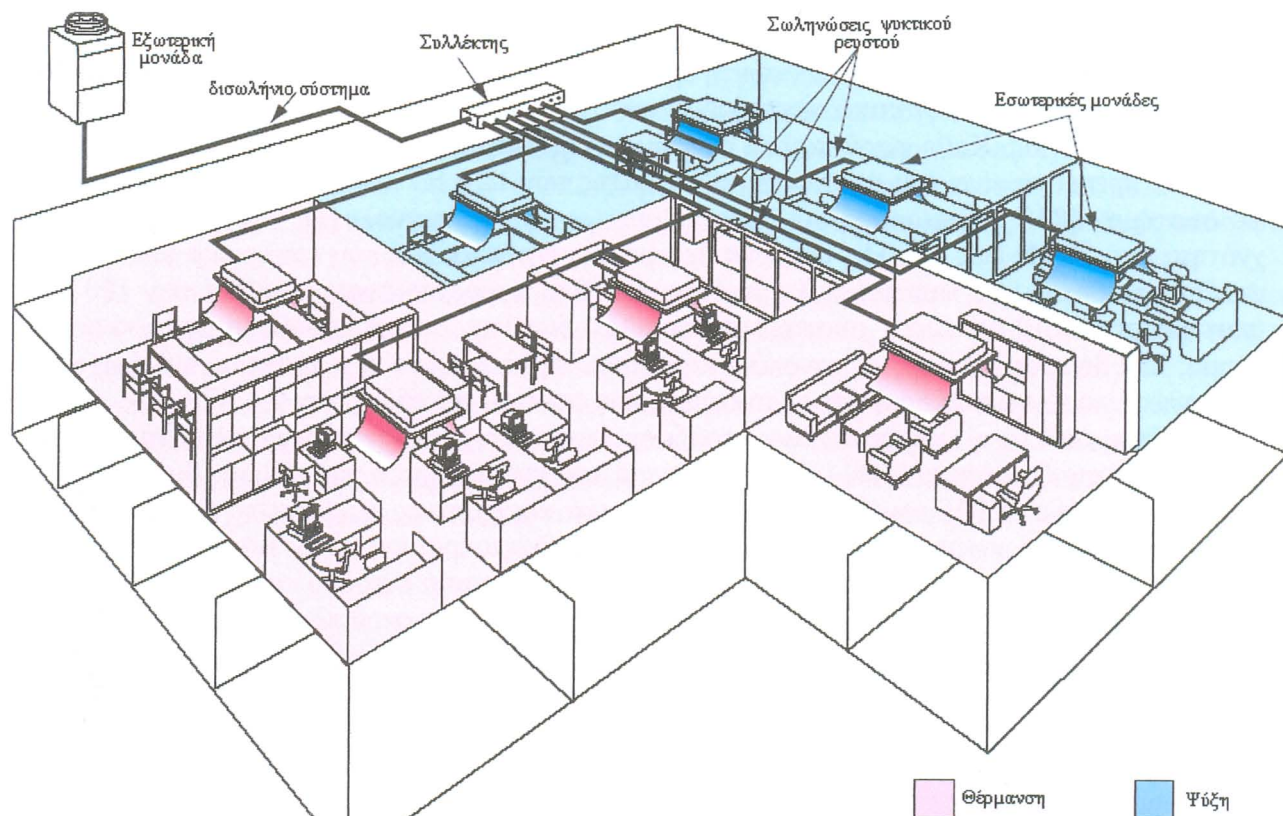
Πρωταρχικός στόχος ήταν, σε αντιδιαστολή με τα ενεργοβόρα παραδοσιακά κεντρικά συστήματα, η εξέλιξη και ανάπτυξη ενός συστήματος κλιματισμού με μεγαλύτερη ευελιξία και δυνατότητα αυτονομίας κάθε ζώνης ή χώρου και με σημαντικά χαμηλότερο κόστος λειτουργίας. Η απλούστευση της εγκατάστασης και η εξοικονόμηση χώρου, καθώς και η βελτίωση της τεχνολογίας ελέγχου των κλιματολογικών συνθηκών κάθε χώρου με σκοπό την αναβάθμιση της ποιότητας των συνθηκών διαβίωσης, ήταν επίσης μερικά από τα χαρακτηριστικά που έπρεπε να παρουσιάζει το νέο σύστημα.

Σε εξελεγμένα συστήματα VRV σημερινής γενιάς εξασφαλίζεται η δυνατότητα σύνδεσης έως και 16 εσωτερικών μονάδων σε μία εξωτερική μονάδα και επιτυγχάνεται γραμμικός έλεγχος της απόδοσης από 10 έως 100%, μέσω της χρήσης συμπιεστών με μεταβαλλόμενη συχνότητα λειτουργίας (inverter). Η δυνατότητα ανάπτυξης του κεντρικού δικτύου σωληνώσεων φτάνει μέχρι και τα 100 μέτρα ανά εσωτερική μονάδα, με μέγιστη υψομετρική διαφορά εξωτερικής-εσωτερικής μονάδας τα 50 μέτρα και μεταξύ εσωτερικών μονάδων τα 15 μέτρα. Μπορούν επίσης να λειτουργούν για παράδειγμα σε ακραίες εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος, από  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  στη θέρμανση έως και  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$  στην ψύξη. Μια σειρά δυνατοτήτων ό-



πως η προσφορά οκτώ διαφορετικών τύπων εσωτερικών μονάδων, ο μεμονωμένος έλεγχος ή έλεγχος ζώνης, η ταχύτατη εγκατάσταση σε τμήματα με μεγάλη ευελιξία, η χαμηλή στάθμη θορύβου και το λογικό κόστος έχουν κάνει τα ημικεντρικά συστήματα VRV ιδιαίτερα δημοφιλή ως λύσεις σε σύγχρονα κτίρια γραφείων, σε ξενοδοχειακά συγκροτήματα, σε νοσοκομεία και σε εμπορικά κέντρα.

Βασικό του χαρακτηριστικό, εκτός από την ευελιξία του, είναι ότι το σύστημα κλιματισμού με αντλίες θερμότητας μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου σχεδιάστηκε με σκοπό τη δραστική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με τα παραδοσιακά συστήματα κλιματισμού με ψύκτες (chillers) και τοπικές μονάδες ανεμιστήρα - στοιχείου (fan-coils). Το σύστημα κλιματισμού



Σχήμα 5.21- Πολυδιαιρούμενο-πολυζωνικό σύστημα κλιματισμού ψυκτικού μέσου μεταβλητού όγκου VRV σε κτίριο γραφείων. Μια εξωτερική μονάδα συνδέεται με μέχρι και 16 εσωτερικές οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν σε ψύξη ή θέρμανση ανάλογα με τις απαιτήσεις του χώρου

VRV εξοικονομεί ενέργεια με πολλούς τρόπους καθώς επιτυγχάνει: 1) μείωση της ενέργειας που απαιτείται για τη μεταφορά θερμότητας 2) αποφυγή της ψύξης ή θέρμανσης που πλεονάζει 3) προηγμένο σύστημα ελέγχου και υψηλό βαθμό απόδοσης, ιδιαίτερα σε λειτουργία με μερικό φορτίο 4) ανανέωση αέρα με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας και 5) κεντρικό έλεγχο και ενεργειακή διαχείριση κλιματιστικής εγκατάστασης.

### 1) Μείωση της ενέργειας που απαιτείται για τη μεταφορά θερμότητας:

Σε εκτεταμένες έρευνες που έγιναν στην Ιαπωνία σχετικά με τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού σε κτίρια γραφείων, απόδειξαν ότι το 48% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται δαπανάται στον κλιματισμό. Από το ποσοστό αυτό το 28% απαιτείται για τη μεταφορά της ενέργειας στους κλιματιζόμενους χώρους και μόνο το 20% αφορά στην πραγματική παραγωγή της απαιτούμενης θέρμανσης ή ψύξης μέσω των μηχανημάτων κλιματισμού.

Είναι γνωστό ότι ένα συμβατικό σύστημα με ψύκτη και τοπικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου που χρησιμοποιεί το νερό ως μέσο μεταφοράς θερμότητας, έχει ικανότητα μεταφοράς

περίπου 5 kcal/kg, ενώ ένα σύστημα κλιματισμού με αέρα έχει ικανότητα μεταφοράς θερμότητας ή ψύξης περίπου 2,4 kcal/kg, καθώς η ειδική θερμότητα του νερού είναι 1 kcal/kg°C και του αέρα 0,24 kcal/kg°C. Αντίθετα, το σύστημα VRV χρησιμοποιώντας το ψυκτικό μέσο HCFC22 (R22) μεταφέρει 49 kcal/kg, μεταφέρει δηλαδή ενέργεια 10 φορές περισσότερη από αυτήν του νερού.

Επίσης, ενώ στο συμβατικό σύστημα χρησιμοποιούνται αντλίες, fan-coils και κλιματιστικές μονάδες για τη μεταφορά ενέργειας, το σύστημα VRV χρησιμοποιεί την ίδια την ενέργεια των συμπιεστών των εξωτερικών μονάδων για τη μεταφορά του ψυκτικού μέσου στις εσωτερικές μονάδες. Έτσι στο σύστημα VRV δε συναντώνται αντλίες ή άλλα παρελκόμενα, ούτε απώλειες λόγω των εκτεταμένων δικτύων σωληνώσεων και αεραγωγών. Κατά αυτόν τον τρόπο εξοικονομείται ενέργεια της τάξης του 15-20% σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού.

## **2) Αποφυγή της ψύξης ή θέρμανσης που πλεονάζει:**

Το παραδοσιακό σύστημα με ψύκτη έχει περιορισμένα βήματα για τον έλεγχο της απόδοσής του. Για παράδειγμα ένα ψυκτικό συγκρότημα των 100 ψυκτικών τόνων (RT) διαθέτει συνήθως 4-8 βήματα λειτουργίας. Κάθε φορά που το σύστημα κλιματισμού απαιτεί αύξηση ή μείωση της απόδοσης θα πρέπει να γίνει ένα μεγάλο βήμα της τάξης των 12,5 RT ψυκτικών τόνων κατά ελάχιστο. Το σύστημα VRV χρησιμοποιεί συμπιεστές Inverter υψηλής τεχνολογίας με μεταβαλλόμενη συχνότητα από 30 Hz έως 116 Hz, ώστε να μεταβάλλει την απόδοσή του αναλογικά και πάντα σύμφωνα με το ζητούμενο ψυκτικό ή θερμικό φορτίο. Ένα παρόμοιο σύστημα VRV των 100 RT που αποτελείται από 12 μονάδες - συστήματα (modules) διαθέτει, σε αντιπαράθεση με το κλασικό σύστημα, 252 βήματα λειτουργίας τα οποία καθιστούν τη λειτουργία του πρακτικά τελείως αναλογική, καθώς μπορεί να ανταποκριθεί σε αυξομειώσεις φορτίου της τάξης των 0,4 RT.

Επιπρόσθετα η λειτουργία των παραδοσιακών εσωτερικών μονάδων ανεμιστήρα-στοιχείου (fan-coils) στηρίζεται στην "ON-OFF" λειτουργία του ανεμιστήρα ή της τριόδης βάνας, σε αντίθεση με τις μονάδες VRV που διαθέτουν ηλεκτρονικά ελεγχόμενες βαλβίδες αναλογικής ρύθμισης της ποσότητας του ψυκτικού μέσου και 3 αισθητήρες θερμοκρασίας (έναν για τον έλεγχο της θερμοκρασίας της επιστροφής του αέρα και δύο για τη θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του ψυκτικού μέσου αντίστοιχα). Ένας μικροεπεξεργαστής υψηλής τεχνολογίας στην πλακέτα της εσωτερικής μονάδας αναλαμβάνει την ακριβή ρύθμιση της απόδοσης σε σχέση με τις διακυμάνσεις του φορτίου. Με τον αναλογικό έλεγχο της απόδοσης που επιτυγχάνεται από το σύστημα VRV, αποφεύγεται η πλεονάζουσα ψύξη ή θέρμανση στους χώρους και εξοικονομείται ενέργεια, ενώ είναι σημαντική η βελτίωση της ποιότητας κλιματισμού με την εξασφάλιση ιδανικών συνθηκών στους κλιματιζόμενους χώρους.

## **3) Προηγμένο σύστημα ελέγχου και υψηλός βαθμός απόδοσης, ιδιαίτερα σε μερικό φορτίο:**

Το σύστημα VRV επιτρέπει σε κάθε ζώνη ή χώρο ενός κτιρίου να κλιματίζεται ανεξάρτητα, καταναλώνοντας ενέργεια μόνο για εκείνους τους χώρους των οποίων οι εσωτερικές μονάδες βρίσκονται σε λειτουργία. Για παράδειγμα, εάν σε ένα κτίριο γραφείων λειτουργεί ένα μόνο γραφείο, με το σύστημα VRV θα λειτουργήσει μόνο η εσωτερική μονάδα αυτού του γραφείου και η αντίστοιχη εξωτερική μονάδα που συνδέεται με αυτήν, προσαρμόζοντας μάλιστα την απόδοσή της αναλογικά σύμφωνα με το φορτίο του συγκεκριμένου χώρου. Σε αντίθεση, ένα συμβατικό σύστημα με ψύκτη και fan-coils θα αποδειχτεί ιδιαίτερα ενεργοβόρο στην περίπτωση αυτή, καθώς θα απαιτηθεί η λειτουργία ολόκληρης της εγκατάστασης του ψύκτη, των αντλιών και των λοιπών παρελκόμενων.

Χάρη στην προηγμένη τεχνολογία συμπιεστών μεταβλητής συχνότητας λειτουργίας inverter και τη χρησιμοποίηση δύο συμπιεστών ανά εξωτερική μονάδα (module), το σύστημα VRV έχει αναδειχτεί ως το σύστημα κλιματισμού με τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Επιτυγχάνει έναν από τους υψηλότερους βαθμούς απόδοσης στην περιοχή λειτουργίας 20%-80% της συνολικής ζήτησης φορτίου, εκεί δηλαδή όπου ένα κτίριο λειτουργεί το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, υπερέχοντας σημαντικά ενός παραδοσιακού συστήματος με ψύκτη.



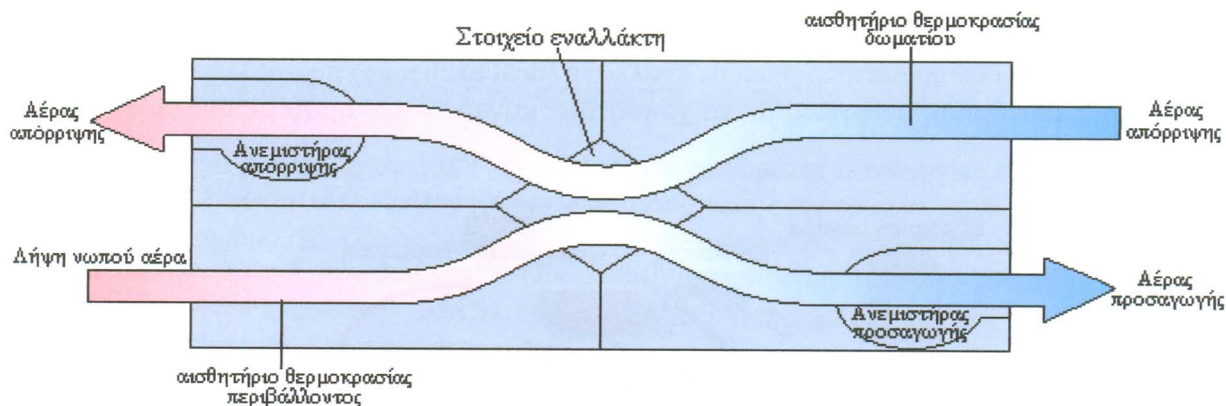
Ένα απλό παράδειγμα σύγκρισης της συμπεριφοράς των δύο συστημάτων σε μερικό φορτίο μπορεί να δοθεί, λαμβάνοντας υπόψη ένα ψυκτικό συγκρότημα απόδοσης 100 RT (352 KW) και 12 συστήματα (modul-es) VRV αντίστοιχης απόδοσης. Αποδεικνύεται ότι για λειτουργία του συστήματος στο 50% του φορτίου, επιτυγχάνεται με το σύστημα VRV σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, της τάξης του 44%, έναντι του παραδοσιακού συστήματος με ψύκτη.

Στην πραγματικότητα, η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με το σύστημα VRV είναι μεγαλύτερη εάν ληφθεί υπόψη η γραμμική απόκριση του συστήματος και η άμεση μεταφορά θερμότητας μόνο στις εσωτερικές μονάδες που λειτουργούν, σε σχέση με το σύστημα με ψύκτη όπου υπάρχουν περιορισμένα βήματα λειτουργίας και μεγαλύτερη αδράνεια του εκτεταμένου υδραυλικού δικτύου και των σωμάτων ανεμιστήρα-στοιχείου (fan-coils).

#### 4) Ανανέωση αέρα με εξοικονόμηση ενέργειας:

Στα συμβατικά κλιματιστικά συστήματα νερού η ανανέωση αέρα και ο εξαερισμός γίνονται μέσω απλών ανεμιστήρων ή σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ογκώδεις εναλλάκτες αέρα-αέρα για τη μερική ανάκτηση αισθητής θερμότητας από τον απορριπτόμενο αέρα για τον προκλιματισμό του εισερχόμενου νωπού αέρα. Οι μονάδες αυτές είναι κεντρικές και κατά συνέπεια λειτουργούν συνεχώς και ανεξάρτητα από τη ζήτηση κάθε ζώνης του κτιρίου. Ο βαθμός απόδοσης του μεταλλικού εναλλάκτη συνήθως δεν υπερβαίνει το 50%.

Σε αντιπαράθεση, το σύστημα VRV χρησιμοποιεί ειδικές μονάδες αερισμού οι οποίες λειτουργούν πλήρως αυτοματοποιημένα και σε απόλυτη συνεργασία. Οι μονάδες αυτές μέσω ενός ολικού εναλλάκτη αέρα-αέρα υψηλής απόδοσης επιτυγχάνουν ανάκτηση θερμότητας έως και 75% από τον απορριπτόμενο αέρα κλιματισμού με σκοπό τον προκλιματισμό του εισερχόμενου νωπού αέρα. Τα δύο ρεύματα αέρα διασταυρώνονται μεταξύ τους στο στοιχείο του εναλλάκτη (Σχ. 5.22) όπου θερμότητα (αισθητή) αλλά και υγρασία (λανθάνουσα θερμότητα) μεταφέρεται από το θερμότερο προς το ψυχρότερο ρεύμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται το καλοκαίρι όχι μόνο το



Σχήμα 5.22-Λειτουργία ολικής εναλλαγής θερμότητας με τη διασταύρωση των δύο ρευμάτων, του νωπού αέρα και του αέρα απαγωγής (ψύξη το καλοκαίρι-θέρμανση το χειμώνα).

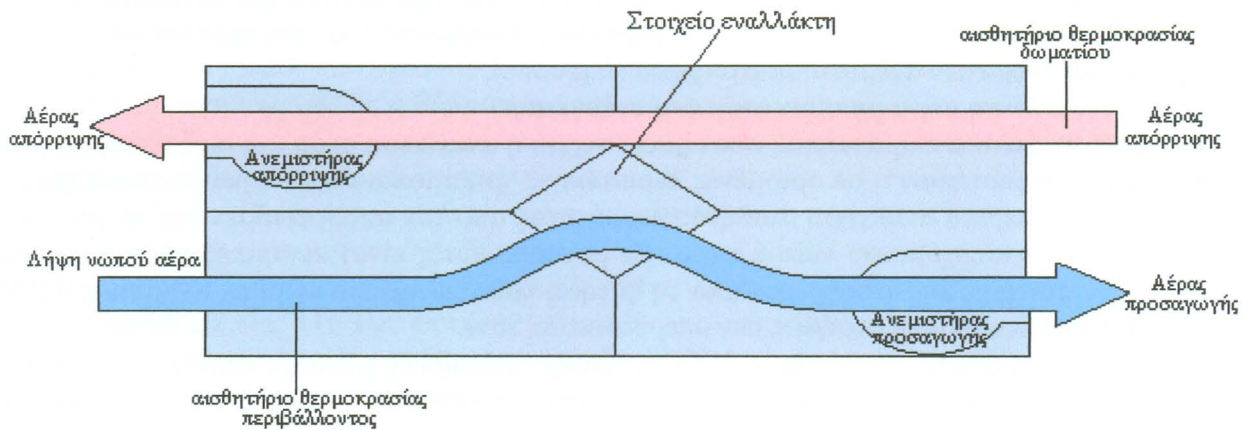
αισθητό αλλά και το λανθάνον φορτίο του νωπού αέρα που προσάγεται στο χώρο, αφού μέρος της υγρασίας του μεταφέρεται στο εισερχόμενο ρεύμα απόρριψης. Αντίθετα το χειμώνα, η συγκράτηση μέρους της υγρασίας του ρεύματος απόρριψης, από το εισερχόμενο ρεύμα νωπού αέρα, συντελεί θετικά στην άμβλυνση του προβλήματος ξήρανσης του αέρα του χώρου που προκαλείται από τη θέρμανση.

Εκτός από τη λειτουργία εναλλαγής θερμότητας με τη διασταύρωση των δύο ρευμάτων του αέρα απαγωγής και του νωπού αέρα, υπάρχει η δυνατότητα παράλληλης ή By-pass λειτουργίας, στην οποία τα δύο ρεύματα δεν έρχονται καθόλου σε επαφή (Σχ. 5.23).

Η επιλογή του τρόπου λειτουργίας του εναλλάκτη αποφασίζεται είτε από το χρήστη μέσω του χειριστηρίου, είτε γίνεται αυτόματα, αφού ληφθούν υπόψη οι θερμοκρασίες χώρου και εξωτε-



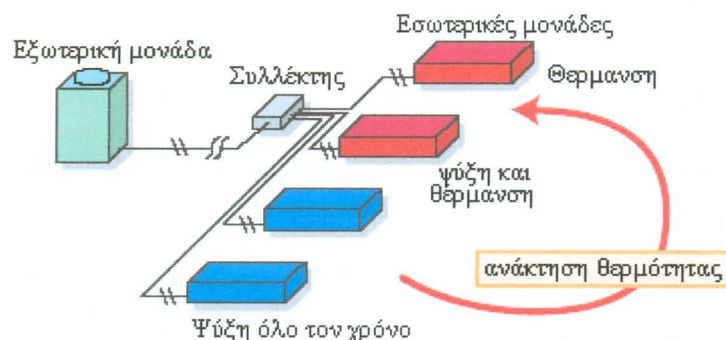
ρικού περιβάλλοντος (μέσω αισθητηρίων θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου) καθώς και η επιθυμητή θερμοκρασία άνεσης. Η περίπτωση αυτή βρίσκει εφαρμογή, για παράδειγμα το χειμώνα ή σε ενδιάμεσες εποχές, όταν εσωτερικοί χώροι με εσωτερικά φορτία σημαντικού μεγέθους (αίθουσες συνεδριάσεων, χώροι γραφείων μεγάλης συγκέντρωσης ατόμων κτλ.) απαιτούν ψύξη. Η ψύξη αυτή τους προσφέρεται δωρεάν με τη λειτουργία δροσισμού (free-cooling) από τη μονάδα που λειτουργεί σε παράλληλη λειτουργία (By-pass mode).



Σχήμα 5.23- Λειτουργία παράκαμψης ή παράλληλη λειτουργία όπου τα δύο ρεύματα δεν έρχονται σε επαφή

Η μονάδα αερισμού έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί σε συνεργασία με τις εσωτερικές μονάδες κλιματισμού VRV. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατή, με καλωδιακή σύνδεση, η μεταφορά στη μονάδα αερισμού πληροφοριών, όπως είναι ο τρόπος λειτουργίας της εσωτερικής μονάδας κλιματισμού (ψύξη ή θέρμανση), καθώς και η επιθυμητή από το χρήστη θερμοκρασία του χώρου (επιλογή με το χειριστήριο). Ο συνδυασμός όλων αυτών των πληροφοριών οδηγεί τη μονάδα αερισμού στο να αποφασίσει αν θα λειτουργήσει σε εναλλαγή (heat exchange) ή παράλληλα (by-pass).

Η εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση των μονάδων αερισμού με ανάκτηση θερμότητας



Σχήμα 5.24-Υπάρχει δυνατότητα εκμετάλλευσης της απορριπτόμενης θερμότητας των χώρων που λειτουργούν σε ψύξη για τον προκλιματισμού των χώρων που λειτουργούν σε θέρμανσης

φτάνει ετησίως το 17% στην περίπτωση της ανεξάρτητης λειτουργίας κλιματισμού και αερισμού ενώ στη συνδυασμένη λειτουργία τους με τον τρόπο που περιγράφηκε ανέρχεται στο 23% της ετήσιας κατανάλωσης ισχύος. Η χρήση εναλλακτών θερμότητας έχει ακόμη ως αποτέλεσμα τη μείωση της εγκατεστημένης ισχύος μηχανημάτων κλιματισμού, που οδηγεί με τη σειρά της σε μείωση του αρχικού κόστους εγκατάστασης.

### 5) Κεντρικός έλεγχος και ενεργειακή διαχείριση:

Τα συστήματα VRV εξελιγμένης γενιάς χρησιμοποιούν συνήθως προηγμένα συστήματα κεντρικού ελέγχου και ενεργειακής διαχείρισης με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, προσφέροντας μεγαλύτερη ευελιξία, πρόσθετες δυνατότητες ελέγχου και ακόμη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Το σύστημα ενεργειακής διαχείρισης και ελέγχου της κλιματιστικής εγκατάστασης δεν προσφέρει μόνο απλές λειτουργίες ελέγχου εσωτερικής θερμοκρασίας ή παρακολούθηση ενεργειακής κατανάλωσης αλλά τοποθετεί και όρια στην ενεργειακή κατανάλωση, ενημερώνει για την αναγκαιότητα και το χρόνο αντικατάστασης των φίλτρων ή υπολογίζει το βέλτιστο χρόνο έναρξης λειτουργίας της εγκατάστασης κλιματισμού.

Ειδικότερα οι λειτουργίες εξοικονόμησης ενέργειας του συστήματος κλιματισμού VRV επιτρέπουν την αυτόματη επιλογή του βέλτιστου χρόνου έναρξης της λειτουργίας της εγκατάστασης, για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας στο κτίριο μία δεδομένη ώρα. Για τη βελτιστοποίηση του χρόνου έναρξης λαμβάνονται υπόψη στοιχεία όπως η θερμική αδράνεια του κτιρίου, η θερμοκρασία εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος κ.ά. Ο συνεχής έλεγχος της κατανάλωσης ενέργειας κάθε χώρου ή ζώνης, καθώς και η επιτήρηση ενός ανώτατου ορίου κατανάλωσης ενέργειας το οποίο εάν ξεπεραστεί τίθενται εκτός λειτουργίας -κατά προτεραιότητα, -κάποιες από τις εσωτερικές μονάδες- αποτελεί μια ακόμη χρήσιμη δυνατότητα που συνεισφέρει αποφασιστικά στην ενεργειακή εξοικονόμηση σε ένα σύγχρονο χώρο εργασίας.

Το σύστημα επίσης σταματά αυτόματα τη λειτουργία της εσωτερικής μονάδας όταν σε λειτουργία θέρμανσης η θερμοκρασία χώρου ξεπεράσει κατά 1 °C την επιθυμητή, εξασφαλίζοντας έτσι τη βελτιστοποίηση και της λειτουργίας της θέρμανσης. Στη λειτουργία της ψύξης το σύστημα κλιματισμού επιτρέπει την «ολίσθηση» θερμοκρασίας ρύθμισης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, προσαρμόζοντας έτσι τη θερμοκρασία ρύθμισης με τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας.

Η αυτόματη εναλλαγή από ψύξη σε θέρμανση περνώντας ενδιάμεσα από τη λειτουργία της απλής ανακυκλοφορίας (Fan only), δίνει τη δυνατότητα στο σύστημα να εξοικονομεί ενέργεια όταν η λειτουργία θέρμανσης ή ψύξης δεν είναι απαραίτητη, προσφέροντας απλώς κυκλοφορία του αέρα στο χώρο.

Το σύστημα κλιματισμού VRV προσφέρει και αυτόματες λειτουργίες εξοικονόμησης ενέργειας όπως: α) Εξίσωση των θερμοκρασιών ρύθμισης των εσωτερικών μονάδων που βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο. β) Εξασφάλιση ελάχιστης θερμοκρασίας χώρου στη διάρκεια της νύχτας και γ) Αυτόματη αλλαγή των θερμοκρασιών ρύθμισης του θερμοστάτη σε οριακές θερμοκρασίες και απαγόρευση (κατά επιλογή) επέμβασης του χρήστη (για παράδειγμα για θερμοκρασίες κάτω από +7 °C στη θέρμανση και πάνω από +35 °C στην ψύξη).

#### Εφαρμογές του συστήματος:

Συγκρινόμενο με τα παραδοσιακά συστήματα, το σύστημα VRV προσφέρει σαφέστατα στον ιδιοκτήτη-χρήστη του, γρήγορη απόσβεση του αρχικού κόστους λόγω του χαμηλότερου κόστους λειτουργίας -κατά 40-50% - σε σχέση με το παραδοσιακό σύστημα κλιματισμού με ψύκτη.

Η μείωση επίσης του κόστους συντήρησης, λόγω της απλούστερης εγκατάστασης και του ηλεκτρονικού συστήματος αυτοδιάγνωσης βλαβών σε συνδυασμό με το γεγονός ότι στις εγκαταστάσεις δεν υπάρχουν εκτεταμένα υδραυλικά δίκτυα, αντλίες, δοχεία και βάνες, προσφέρει ένα σημαντικό οικονομικό πλεονέκτημα στις εφαρμογές του VRV.

Η εξοικονόμηση ωφέλιμων χώρων προς εκμετάλλευση, καθώς δεν απαιτούνται εκτεταμένα μηχανοστάσια, όπως στα συμβατικά συστήματα, είναι ένα πλεονέκτημα με σημαντική βαρύτητα σημασίας σε εφαρμογές κλιματιστικών σε υφιστάμενα κτίρια με σημαντική έλλειψη χώρων.

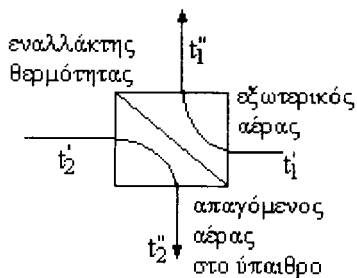
Το σύστημα VRV χρησιμοποιείται επίσης στον ελληνικό χώρο, έχοντας περισσότερα από 1.500 εγκατεστημένα συστήματα, ενώ στην Ευρώπη υπάρχουν περισσότερα από 30.000 συστήματα

και ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Αγγλία, Γαλλία, Ισπανία, Ιταλία, με υψηλές προδιαγραφές και αυστηρούς κανονισμούς εγκαταστάσεων για τις εφαρμογές με ημικεντρικό κλιματισμό.

Αποτελεί μια καλή λύση για όλες τις κτιριακές εφαρμογές, υφιστάμενες ή σε εξέλιξη και δίνει μία νέα διάσταση στην ποιότητα κλιματισμού των χώρων προσφέροντας υψηλότερο επίπεδο άνεσης σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών όπως σε σύγχρονα κτίρια γραφείων, σε διατηρητέα κτίρια, σε εμπορικά κέντρα, συγκροτήματα κατοικιών, ξενοδοχειακά συγκροτήματα, πανεπιστημιακά συγκροτήματα και νοσοκομεία. [7.29], [6.5], [6.8]

#### 5.2.2.4. Συστήματα ανάκτησης ενέργειας

Οι εγκαταστάσεις αερισμού και κλιματισμού απαιτούν σημαντικές ποσότητες θερμότητας και ψύχους για την προπαρασκευή του εξωτερικού αέρα. Μια σημαντική μείωση μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ανάκτησης της ενθαλπίας (ενέργειας) του αέρα που απάγεται στον εξωτερικό χώρο.



Σχήμα 5.25 - Σχηματική παράσταση εναλλάκτη θερμότητας

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι εναλλάκτες θερμότητας.

Ανάκτηση θερμότητας σημαίνει ότι το καλοκαίρι το ρεύμα απόρριψης προψύχει το ζεστό νωπό αέρα, αντί να απορριφθεί στο περιβάλλον και το χειμώνα το ίδιο ρεύμα προθερμαίνει τον κρύο νωπό αέρα αντί να απορριφθεί.

Στην περίπτωση που η ανάκτηση θερμότητας γίνεται με μεταφορά μόνο αισθητής θερμότητας (όχι υγρασίας), ο βαθμός ανάκτησης θερμότητας του εναλλάκτη για την ίδια ροή μάζας μπορεί να εκφραστεί συναρτήσει των θερμοκρασιών εξόδου και εισόδου των δύο ρευστών:

$$n = \frac{t_1'' - t_1'}{t_2' - t_2''}$$

Όπου:  $t_1''$  = η θερμοκρασία εξόδου του εξωτερικού αέρα από τον εναλλάκτη

$t_1'$  = η θερμοκρασία εισόδου του εξωτερικού αέρα στον εναλλάκτη

$t_2''$  = η θερμοκρασία εξόδου του εσωτερικού αέρα από τον εναλλάκτη

$t_2'$  = η θερμοκρασία εισόδου του εσωτερικού αέρα στον εναλλάκτη

Κατά την συμπληρωματική μεταφορά υγρασίας ο βαθμός ανάκτησης εκφράζεται συναρτήσει των αντίστοιχων τιμών ενθαλπίας:

$$n = \frac{h_1'' - h_1'}{h_2'' - h_2'}$$

Όπου:  $h_1''$  = η ενθαλπία εξόδου του εξωτερικού αέρα από τον εναλλάκτη

$h_1'$  = η ενθαλπία εισόδου του εξωτερικού αέρα στον εναλλάκτη

$h_2''$  = η ενθαλπία εξόδου του εσωτερικού αέρα από τον εναλλάκτη

$h_2'$  = η ενθαλπία εισόδου του εσωτερικού αέρα στον εναλλάκτη

Οι σημαντικότεροι μέθοδοι ανάκτησης ενέργειας είναι:

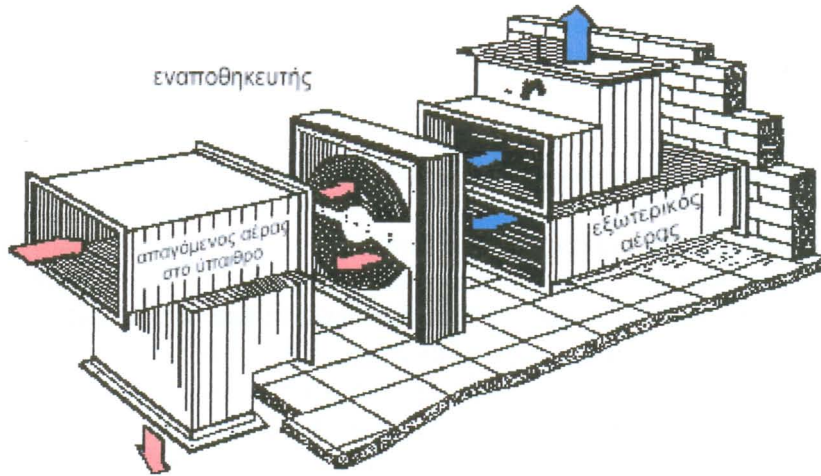
Η ανανεωτική μέθοδος κατά την οποία χρησιμοποιούνται μάζες εναποθήκευσης, που οι εναλλάκτες παίρνουν θερμότητα ή υγρασία και την αποδίδουν πάλι.

Η μέθοδος σταθερής μάζας, που χρησιμοποιούνται στερεές επιφάνειες εναλλαγή, που συνήθως μεταβιβάζεται μόνο αισθητή θερμότητα.



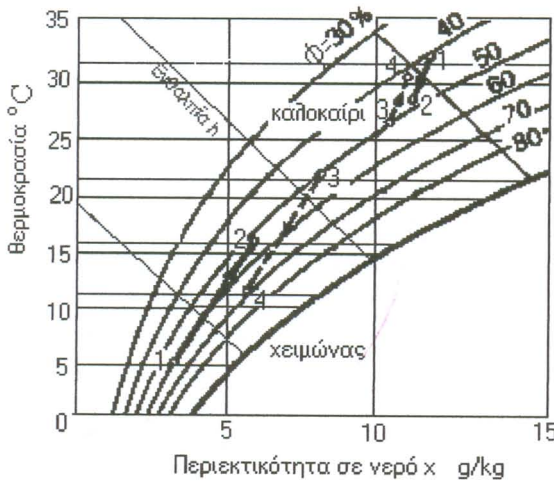
1) Αναγεννητικός εναλλάκτης θερμότητας

Είναι ένας εναλλάκτης που περιστρέφεται αργά (5~10 στροφές/λεπτό) Διαρρέεται στη μία κατεύθυνση από τον επαγόμενο αέρα στο ύπαιθρο και από την άλλη κατεύθυνση από εξωτερικό



Σχήμα 5.26-Εναλλάκτης θερμότητας για εγκαταστάσεις προσαγωγής αέρα και απαγωγής αέρα στο ύπαιθρο

αέρα (Σχ. 5.26). Ο αναγεννητής αυτός είναι ένας περιστρεφόμενος δίσκος από πορώδες υλικό με ικανότητα κατακράτησης θερμότητας, ο οποίος εισέρχεται αρχικά στον αγωγό του ψυχρού αέρα και κατόπιν στον αγωγό του θερμού αέρα και διαρρέεται από τα ρεύματα αυτά αξονικά. Για την κίνηση του δίσκου χρησιμοποιείται κινητήρας και μάντλας και γι' αυτό απαιτείται συντήρηση.

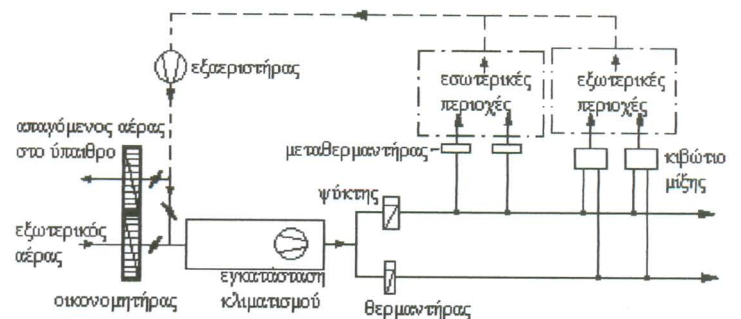


Σχήμα 5.27 - Αλλαγή κατάστασης του προσαγόμενου αέρα και του επαγόμενου αέρα στο ύπαιθρο, κατά στην διέλευση διαμέσου εναλλάκτη θερμότητας στο διάγραμμα h-s

Σχήμα 5.28-Σχηματική παράσταση για αεραγωγούς μιας εγκατάστασης με ανανεωτική ανάκτηση θερμότητας

Οι χαμηλές στροφές περιστροφής του τροχού δικαιολογούνται ως εξής. Ο χρόνος παραμονής των ρευμάτων του αέρα εντός του εναλλάκτη είναι μεγάλος και άρα ο συντελεστής παράκαμψης είναι μικρός με συνέπεια την αυξημένη απόδοση.

Κατά την λειτουργία του εναλλάσσεται τόσο αισθητή θερμότητα όσο και υγρασία (όταν το υλικό είναι υγροσκοπικό). Για να αποφευχθεί η μετάδοση ρύπων πρέπει να ενσωματωθεί στην κεντρική μονάδα κλιματισμού και ένα τμήμα καθαρισμού του αέρα. Ο βαθμός απόδοσης είναι ανάλογος με την ταχύτητα του αέρα και την απώλεια πίεσης (70%~80%). Με τον τρόπο αυτό μειώνονται σημαντικά τα έξοδα για



την εγκατάσταση θέρμανση και ψύξης καθώς και το κόστος λειτουργίας για την θέρμανση και ψύξη του εξωτερικού αέρα. Για την παρεμπόδιση της ανάμιξης του αέρα, χρησιμοποιείται μια περιοχή απόπλυσης.

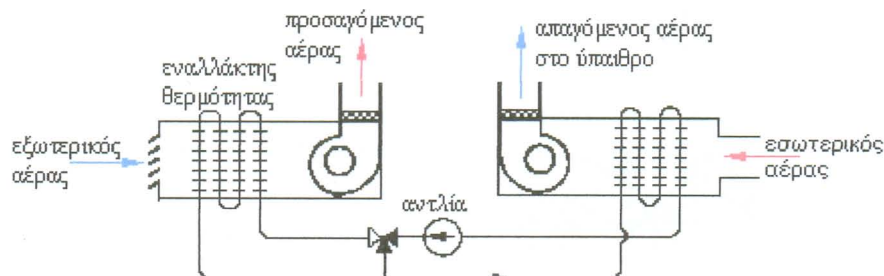
Η αλλαγή κατάστασης του αέρα φαίνεται στο Σχ. 5.27.

Πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξετάζεται με μια οικονομοτεχνική μελέτη εάν η εγκατάσταση του εναλλάκτη είναι ευνοϊκή ή όχι. Πάντως η εμπειρία έχει δείξει ότι ετήσια οικονομία είναι πολύ σημαντική και καλό είναι να χρησιμοποιούνται τέτοιου είδους εναλλάκτες σε εγκαταστάσεις αερισμού και κλιματισμού.

Σημαντικό επίσης είναι να ληφθεί έγκαιρα πρόνοια, ώστε οι αεραγωγοί επαγωγής αέρα στο ύπαιθρο και εξωτερικού αέρα να καταλήγουν στον μηχανοστάσιο της εγκατάστασης. (Σχ. 5.28).

## 2) Εναλλάκτες θερμότητας αέρα-νερού

Ένα άλλο σύστημα επανάκτησης θερμότητας, που μπορεί κανείς να το χαρακτηρίσει και σαν ανανεωτικό είναι ο εναλλάκτης αέρα-νερού (Σχ. 5.29). Εδώ στον αγωγό απαγωγής αέρα στο ύπαιθρο παρεμβάλλεται μία συσκευή μετάβασης θερμότητας που μεταφέρει τη θερμότητα του επαγόμενου αέρα στο ύπαιθρο σε ένα κύκλωμα νερού ανακυκλοφορίας. Η θερμότητα αυτή χρησιμεύει μετά σε έναν αεροθερμαντήρα για την θέρμανση του εξωτερικού αέρα. Το σύστημα αυτό είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για εγκαταστάσεις με λειτουργία εξωτερικού αέρα, (π. χ. νοσοκομεία). Μεταφέρεται μόνο αισθητή θερμότητα.



Σχήμα 5.29- Ανάκτηση θερμότητας σε εγκαταστάσεις αερισμού με το σύστημα ανακυκλοφορίας νερού

Ρεύματα εξωτερικού αέρα και αέρα επαγωγής στο ύπαιθρο μπορούν τοπικά να είναι ξεχωριστό το ένα με το άλλο. Πρέπει όμως να προσέξουμε μήπως στη συσκευή μετάβασης θερμότητας από τον επαγόμενο αέρα στο ύπαιθρο μπορεί να εμφανιστεί ενδεχομένως συμπύκνωμα.

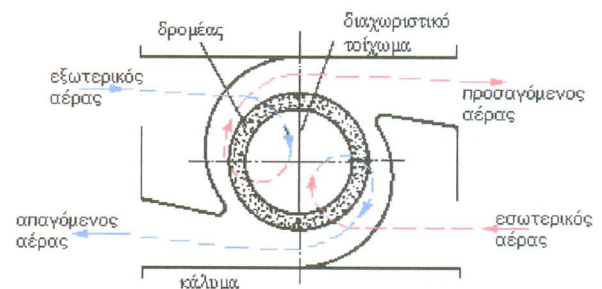
Ο βαθμός απόδοσης της μετάβασης είναι τόσο μεγαλύτερος όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια εναλλαγής F.

Οι εναλλάκτες θερμότητας αντίθετης ροής έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης (0,6~0,7) από τους εναλλάκτες σταυρωτής ροής.

Κατά τον σχεδιασμό του κόστους λειτουργίας πρέπει να προσεχθεί ώστε λόγω της απώλειας πίεσης στους εναλλάκτες θερμότητας και λόγω του κυκλοφορητή, εμφανίζεται μία επιπρόσθετη κατανάλωση ενέργειας εξαιτίας της οποίας και λόγω του κόστους κεφαλαίου για την επένδυση, μειώνονται οι εξοικονομήσεις. Παρόλα αυτά τα έξοδα της εγκατάστασης, αποσβένονται σε λίγα χρόνια.

## 3) Τριχοειδής ανεμιστήρας

Ο τριχοειδής ανεμιστήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σύμφωνα με το Σχ. 5.30 σαν εναλλάκτης θερμότητας ένα εξοπλιστεί με δύο ελικώσεις



Σχήμα 5.30 – Τριχοειδής ανεμιστήρας σαν εναλλάκτης θερμότητας.

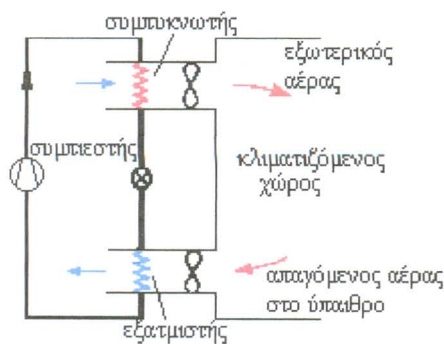


και ε ανοίγματα αναρρόφησης. Η πορώδης μάζα του δρομέα χρησιμεύει συγχρόνως και σαν ανεμιστήρας και σαν εναποθηκευτής. Με αυτό τον τρόπο εκμεταλλευόμαστε τη θερμότητα που χάνεται στις εγκαταστάσεις κλιματισμού και τις διατάξεις καύσης. Ο βαθμός απόδοσης του εναλλάκτη κυμαίνεται (40%~50%).

#### 4) Αντλία θερμότητας

Η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν εναλλάκτης θερμότητας προσφέροντας σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Στις αντλίες θερμότητας παράγεται, με τη βοήθεια ενός συμπιεστή ψυκτικού μέσου, θερμότητα από ένα μέσο και αποδίδεται πάλι με υψηλότερη θερμοκρασία σε μια άλλη θέση.

Σε εγκαταστάσεις αερισμού με ανεμιστήρα απαγωγής αέρα, μπορούν οι αντλίες θερμότητας να συνδεθούν κατά τέτοιον τρόπο, ώστε η περιεχόμενη θερμότητα στον αέρα απαγωγής να μπορεί να επανακτηθεί, και έτσι να μην απαιτείται καμία εξωτερική πηγή θερμότητας. Ο τρόπος λειτουργίας φαίνεται στο Σχ. 5.31.



Σχ. 5.31-Αερισμός με αντλία θερμότητας για την ανάκτηση θερμότητας από τον αέρα που παράγεται στο υπαίθρο

Κατά την χειμερινή λειτουργία θερμαίνεται ο αναρρόφόμενος εξωτερικός αέρας στον συμπυκνωτή, και ο απαγόμενος στο υπαίθρο αέρας ψύχεται στον εξατμιστή. Η θερμαντική ισχύς είναι εξαιτίας της ισχύος του συμπιεστή κατά 25% περίπου μεγαλύτερη από την ψυκτική ισχύ.

Κατά την θερινή λειτουργία εναλλάσσονται οι δρόμοι του ψυκτικού μέσου ή οι αεραγωγοί.

Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις παρεμβάλλονται κυκλώματα νερού, και με αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται η ρύθμιση.

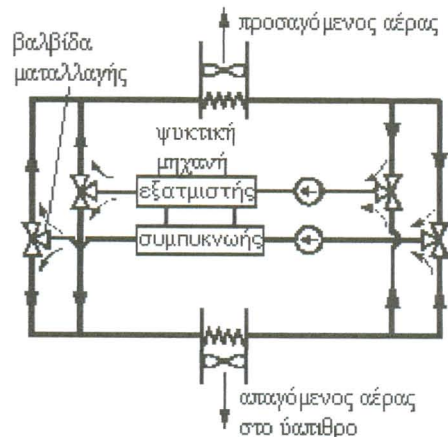
Στο Σχ. 5.32 φαίνεται μια τέτοια εγκατάσταση σχηματικά, με βαλβίδες μεταλλαγής για θερινή και χειμερινή λειτουργία.

Ιδιαίτερα οικονομικά λειτουργούν οι αντλίες θερμότητας, όταν η απαίτηση θερμότητας και ψύξης βρίσκονται περίπου σε ίδια τάξη μεγέθους. Αυτό συμβαίνει σε πολλά κτίρια κατά τον χειμώνα, όταν υπάρχουν μεγάλες εσωτερικές πηγές θερμότητας όπως φωτισμός, μηχανές κ.λ.π. Αυτό όμως δεν συμβαίνει στις περισσότερες περιπτώσεις, και έτσι πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια για προσαγωγή απαγωγή θερμότητας. Με σκοπό την ομοίωση φόρτιση των ψυκτικών μηχανών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εναποθηκευτές ψυχρού και θερμού νερού.

Η επανάκτηση θερμότητας μέσω αντλιών θερμότητας κερδίζει επί του παρόντος μεγάλη σημασία. Κατ' αρχή για κάθε περίπτωση πρέπει να γίνεται μια οικονομοτεχνική μελέτη. Στη μελέτη αυτή πρέπει να βρεθεί η απαίτηση θερμικού φορτίου και ψυκτικού φορτίου κατά τη διάρκεια ενός χρόνου, κατόπιν ή διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ προσαγωγής και επιστροφής καθώς και οι συντελεστές ισχύων των ψυκτικών μηχανών, οι οποίοι συντελεστές κυμαίνονται σε πραγματοποιημένες εγκαταστάσεις μεταξύ 4 και 5.

Οικονομική είναι μια εγκατάσταση όταν υπάρχουν. α) ευνοϊκά τιμολόγια ρεύματος, β) υψηλό κόστος καυσίμου, γ) υψηλός ετήσιος αριθμός ωρών λειτουργίας, δ) ταυτόχρονη ανάγκη θέρμανσης και ψύξης.

Στο ρεύμα του προς το υπαίθρο επαγόμενου αέρα



Σχ. 5.32-Αερισμός με αντλία θερμότητας και κύκλωμα νερού για την ανάκτηση θερμότητας από τον επαγόμενο στο υπαίθρο αέρα

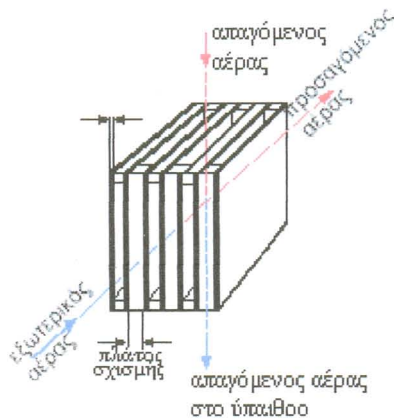


βρίσκεται ένας εναλλάκτης θερμότητας που κατά την ψυκτική λειτουργία, αποδίδει στον επαγόμενο αέρα τη θερμότητα που λαμβάνεται από το ψυκτικό μέρος. Κατά την λειτουργία θέρμανσης ο εναλλάκτης θερμότητας του προς το ύπαιθρο επαγόμενο αέρα σαν ψύκτης, για να επανακτήσει τη θερμότητα που περιέχεται στον επαγόμενο αέρα προς το ύπαιθρο. Η μεταλλαγή γίνεται μέσω μιας τετράοδης βάνας. Συμπληρωματικά υπάρχει και ένας ηλεκτρικός μεταθερμαντήρας.

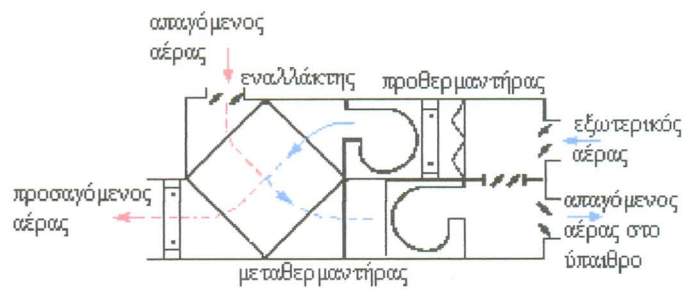
Στο μέλλον μπορεί η ανάκτηση θερμότητας μέσω αντλιών θερμότητας στα πλαίσια εξοικονόμησης ενέργειας θα βρει ένα μεγάλο μερίδιο χρησιμοποίησης.

### 5) Εναλλάκτης θερμότητας γυάλινων πλακών

Στην περίπτωση αυτή έναν υπάρχει ένας αναζωογονητικός εναλλάκτης θερμότητας, όπου τα ρεύματα του αέρα χωρίζονται μεταξύ τους από λεπτές γυάλινες πλάκες. Οι πλάκες αυτές είναι τοποθετημένες παράλληλα σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Η ροή των δύο ρευμάτων μεταξύ των γυάλινων πλακών είναι σταυρωτή. Κατά την ροή δεν υπάρχει ανάμιξη του αέρα, ούτε μετάδοση υγρασίας (Σχ. 5.33). Ο καθαρισμός τους είναι εύκολος με ψεκασμού νερού, αλλά έχουν μεγάλο βάρος. Μεταβάλλοντας τις διαστάσεις των πλακών, τα πλάτη των διακένων και τον αριθμό των πλακών, είναι δυνατοί διάφοροι τύποι κατασκευής. Πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη πρόνοια κατά της δημιουργίας συμπυκνώματος του επαγόμενου αέρα προς το ύπαιθρο σε χαμηλές θερμοκρασίες του εξωτερικού αέρα. Στο Σχ. 5.34 δίνεται ένα παράδειγμα μιας τέτοιας εγκατάστασης.



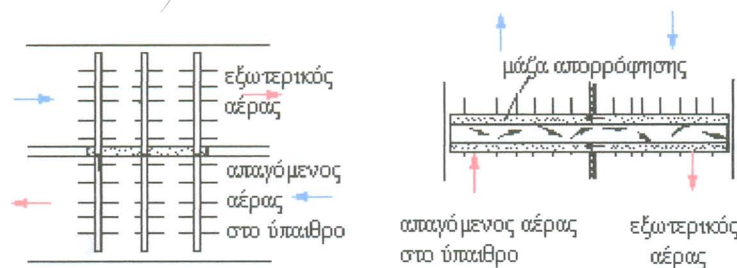
Σχήμα 5.33 - Εναλλάκτης θερμότητας γυάλινων πλακών



Σχήμα 5.34 - Συσκευή αερισμού με εναλλάκτη θερμότητας γυάλινων πλακών

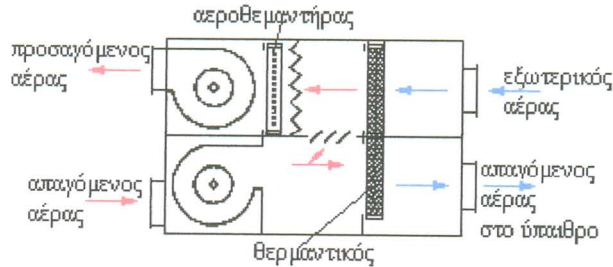
### 6) Σωλήνες εναλλακτών θερμότητας

Σ' αυτό το σύστημα χρησιμοποιούνται εκκενωθέντες περυγιοφόροι σωλήνες του εμπορίου, μέσα στους οποίους εξατμίζεται ένα υγρό (συνήθως ψυκτικό μέσο) σε σταθερή θερμοκρασία και υγροποιείται. Ο τρόπος λειτουργίας φαίνεται στο Σχ. 5.35.



Ο θερμός αέρας ο επαγόμενος στο ύπαιθρο, αφήνει το ψυκτικό μέσο να εξατμιστεί στο κάτω ημιμόριο των σωλήνων, ενώ συγχρόνως συμπυκνώνεται και πέφτει πάλι προς τα κάτω λόγω της βαρύτητας. Στον οριζόντιο τύπο κατασκευής, οι σωλήνες που προορίζονται για την επιστροφή του ψυκτικού μέσου, φέρουν στην εσωτερική πλευρά μια πορώδη επένδυση που επενεργεί με την τριχοειδή δύναμη (Σχ. 5.36). Στην περίπτωση αυτή η ισχύς είναι σημαντικά μικρή.

Υγρό και ατμός βρίσκονται σε κάθε θερμοκρασία σε ισορροπία μεταξύ τους. Κάθε μεμονωμένος σωλήνας ή κάθε σερπαντίνα σωλήνων είναι μια αυτόνομη μονάδα. Περισσότεροι σωλήνες ή σερπαντίνες σωληνώσεων συναρμολογούνται σε έναν εναλλάκτη θερμότητας, ενώ κάθε δίκτυο σωληνώσεων που συνδέεται το ένα μετά το άλλο λειτουργεί σε μια διαφορετική στάθμη θερμοκρασίας. Αυτός ο τύπος κατασκευής είναι κατάλληλος για συσκευές αερισμού τύπου ντουλάπας με μέρος προσαγωγής αέρα και απαγωγής αέρα στο ύπαιθρο (Σχ. 5.35). Βασικό προτέρημα του εναλλά-



Σχήμα 5.36- Κλιματιστική συσκευή με εναλλάκτη θερμότητας για επανάκτηση θερμότητας

κτη αυτού είναι ότι δεν υπάρχει κίνδυνος παγώματος, δεν έχει κινητά μέρη, και θέλει μικρή συντήρηση.

Ο βαθμός απόδοσης του εν λόγω εναλλάκτη κυμαίνεται από (50%~60%).

Όλα τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας εξοικονομούν βέβαια σημαντικές ποσότητες ενέργειας, αλλά από την άλλη πλευρά πάλι ανεβάζουν λίγο ή πολύ τα έξοδα εγκατάστασης έτσι που κάθε μεμονωμένη περίπτωση πρέπει να εξετάζεται οικονομοτεχνικά.

Τέλος αναφέρουμε ότι για την διαστασιολόγηση των εναλλακτών θερμότητας καθώς και για τον υπολογισμό των παραμέτρων της λειτουργίας τους υπάρχουν δύο μέθοδοι:

- Η μέθοδος της μέσης λογαριθμικής θερμοκρασιακής διαφοράς (Log Mean Temperature Difference – LMTD) , κατά την οποία πρέπει να είναι γνωστή η θερμοκρασιακή διαφορά των δύο ρευστών μεταξύ των οποίων ανταλλάσσεται ενέργεια, και

- Η μέθοδος απόδοσης των μονάδων μεταφοράς της θερμότητας (effectiveness –NTU) η οποία είναι πιο απλή διότι απαιτεί γνώση των θερμοκρασιών μόνο ενός από τα ρευστά. [β.2],[6.5],[6.6]

### 5.2.3. Νέα συστήματα κλιματισμού

Παράλληλα με τη ραγδαία ανάπτυξη του κλιματισμού αυξήθηκε και η ζήτηση ενέργειας κυρίως ηλεκτρικής με αποτέλεσμα τη δημιουργία αιχμών ζήτησης οι οποίες πολλές φορές είναι δύσκολο να αντιμετωπιστούν . Είναι γνωστό ότι η λειτουργία των κλιματιστικών μηχανημάτων εμφανίζεται ιδιαίτερα αυξημένη κατά τις μεσημβρινές ώρες. Το μεσημβρινό μέγιστο ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως συνέπεια να υποχρεώνονται οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις να εξασφαλίζουν πρόσθετες, δαπανηρές εγκαταστάσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να καλύπτουν την αυξημένη ζήτηση. Ιδιαίτερα οι χρήστες εμπορικών κτιρίων, που συμβάλλουν με τα μεγάλα φορτία κλιματισμού στις σημαντικές αυτές απαιτήσεις ενέργειας υποχρεώνονται σε πρόσθετες επιβαρύνσεις και αυξημένες δαπάνες για τον κλιματισμό μια και το επιβάλλει η αιχμή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, που σε ορισμένες κατηγορίες τιμολόγησης παίζει σημαντικό ρόλο.

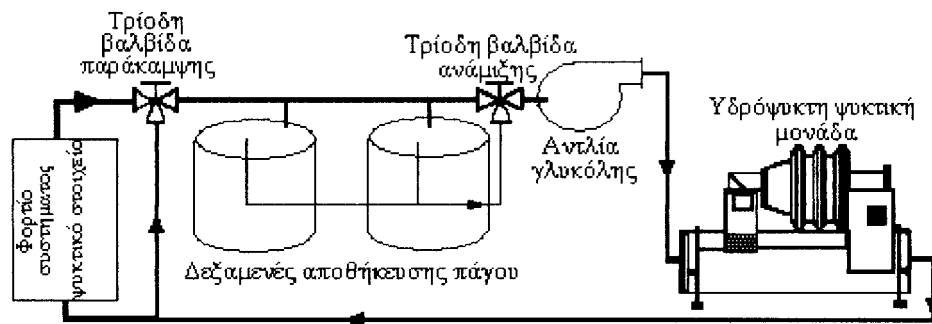


Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος εμφανίζονται νέα συστήματα κλιματισμού που διαφέρουν λίγο από τα συμβατικά. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη αναφορά σε ορισμένα από τα συστήματα αυτά,:

### 5.2.3.1. Αποθήκευση θερμότητας με πάγο

Είναι γνωστό ότι η λειτουργία των κλιματιστικών μηχανημάτων εμφανίζεται ιδιαίτερα αυξημένη κατά τις μεσημβρινές ώρες. Το μεσημβρινό μέγιστο ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως συνέπεια να υποχρεώνονται οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις να εξασφαλίζουν πρόσθετες, δαπανηρές εγκαταστάσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να καλύπτουν την αυξημένη ζήτηση. Ιδιαίτερα οι χρήστες εμπορικών κτιρίων, που συμβάλλουν με τα μεγάλα φορτία κλιματισμού στις σημαντικές αυτές απαιτήσεις ενέργειας υποχρεώνονται σε πρόσθετες επιβαρύνσεις και αυξημένες δαπάνες για τον κλιματισμό μια και το επιβάλλει η αιχμή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, που σε ορισμένες κατηγορίες τιμολόγησης παίζει σημαντικό ρόλο.

Είναι όμως δυνατό με τη χρήση ενός συστήματος αποθήκευσης ψύξης με πάγο (Σχ. 5.37) με χρήση της ενθαλπίας τήξης του να γίνεται μεταφορά της ώρας φόρτισης είτε περιορισμός της αιχμής. Συνέπεια αυτής της διαδικασίας είναι η εξασφάλιση χαμηλότερης αιχμής και ο περιορισμός του κόστους λειτουργίας μια και συνήθως τα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας είναι φτηνότερα σε περιόδους «κοιλιάδας» ηλεκτρικού φορτίου.



Σχ. 5.37-Σύστημα αποθήκευσης με πάγο

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται επίσης σε μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις που έχουν ως στόχο με την παραγωγή πάγου κατά τις νυκτερινές ώρες ή κατά τις αργίες, να κλιματίζουν κατά το θέρος κτίρια σε τμήματα πόλεων. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το σύστημα αποθήκευσης με πάγο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ιδιαίτερα σε περιπτώσεις προσθηκών σε υφιστάμενα κτίρια που διαθέτουν ήδη κλιματιστικές εγκαταστάσεις.

Το σύστημα αποθήκευσης ψύξης με πάγο χρησιμοποιεί μια τυποποιημένη εγκατάσταση παραγωγής ψύχους που λειτουργεί σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία έτσι ώστε να μπορεί να σχηματίσει πάγο σε μια ή περισσότερες δεξαμενές. Αυτό γίνεται ουσιαστικά κατά τις ώρες «κοιλιάδων» του φορτίου και ειδικά όταν οι ανάγκες των κτιρίων σε ηλεκτρική ενέργεια είναι εξαιρετικά περιορισμένες είτε φτάνουν στο ελάχιστο. Ο πάγος που παράγεται αποθηκεύεται σε τυποποιημένα πλαστικά ή μεταλλικά δομικά στοιχεία που αποδίδουν την αποθηκευμένη ψύξη για την ικανοποίηση των ψυκτικών αναγκών του κτιρίου κατά τη διάρκεια της επόμενης ημέρας.

Η παραγωγή πάγου κατά τη νύκτα και η χρήση της ψυκτικής του ενέργειας στη διάρκεια της ημέρας δεν αποτελεί νέα ή πειραματική ιδέα. Το ενδιαφέρον που εμφανίστηκε κατά τα τελευταία χρόνια για τη χρήση ψυκτικής αποθήκευσης με πάγο οφείλεται στο κοινό συμφέρον τόσο των ηλεκτρικών επιχειρήσεων που περιορίζουν την αιχμή ηλεκτρικού φορτίου όσο και στους χρήστες που μειώνουν τις δαπάνες λειτουργίας.

Επίσης σε πολλές μοντέρνες εφαρμογές υψηλής τεχνολογίας, όπως δίκτυα υπολογιστών, τηλεφωνικά κέντρα κτλ. επιβάλλεται η εξασφάλιση συνεχούς ψύξης ακόμη και σε περιόδους δια-



κοπής της ηλεκτρικής ενέργειας. Με τη χρήση πάγου, η ψύξη εξασφαλίζεται ακόμη και με τα συστήματα αδιάλειπτης ηλεκτρικής τροφοδότησης που χρησιμοποιούνται για τους υπολογιστές.

Η εγκατάσταση του συστήματος αποθήκευσης ψύξης είναι απλή και δε διαφέρει από μια απλή εγκατάσταση κλιματισμού με εξαίρεση την ιδιαίτερη προσοχή που απαιτεί η παραγωγή πάγου με τα σχετικά πρακτικά προβλήματα της εγκατάστασης αποθήκευσης.

Για παράδειγμα, αν με βάση τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου του κτιρίου έχει εγκατασταθεί συγκεκριμένο μηχάνημα ψυκτικού συστήματος ισχύος 100 kW είναι φανερό ότι αυτό με συνεχή λειτουργία στην πλήρη ισχύ του θα μπορούσε να καλύψει τις ψυκτικές ανάγκες αν αυτές ήταν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Στην πραγματικότητα όμως σε κανένα κτίριο δεν είναι ανάγκη να λειτουργεί το ψυκτικό μηχάνημα συνέχεια στην πλήρη ισχύ του επί 24 ώρες.

Προσδιορίζεται λοιπόν ένας ψυκτικός κύκλος με περιορισμένη χρονική διάρκεια. Αλλά και στη διάρκεια του ψυκτικού κύκλου η καμπύλη εξωτερικών θερμοκρασιών δεν επιβάλλει συνέχεια την κάλυψη του μέγιστου φορτίου. Το μέγιστο ψυκτικό φορτίο απαιτείται συνήθως κατά το διάστημα μεταξύ των ωρών 2 ως 4 το απόγευμα. Έτσι η ενέργεια που απαιτείται περιορίζεται πρώτα για ορισμένες ώρες όσο διαρκεί ο ψυκτικός κύκλος - και δεύτερο έχει διαφορετικό μέγιστο για κάθε ώρα του ψυκτικού κύκλου που εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της κάθε ώρας, ημέρας και εποχής.

Η καμπύλη αυτή του ψυκτικού κύκλου αποτελεί βασικό στοιχείο για τον υπολογισμό και την προδιαγραφή της ψυκτικής εγκατάστασης παραγωγής πάγου. Αυτό σημαίνει ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας θα πρέπει απλώς να καλύπτει το σύνολο των αναγκών στη διάρκεια του ψυκτικού κύκλου. Αποτέλεσμα αυτού είναι το μέγεθος των αναγκών σε ψύξη να είναι πολύ μικρότερο του 100% της ικανότητας της ψυκτικής εγκατάστασης. Αν χρησιμοποιηθεί σύστημα αποθήκευσης ψύξης αυτό θα πρέπει να μπορεί να εξασφαλίσει ψύξη ίση με το μέγιστο της ανάγκης για ψύξη κατά τη διάρκεια του ψυκτικού κύκλου με αποτέλεσμα ορισμένες ώρες αναγκαστικά να υπολειπεται.

Στην περίπτωση εφαρμογής συστήματος αποθήκευσης ψύξης παρέχονται δυο τουλάχιστο πρόσθετες δυνατότητες.

1) Στην πρώτη η αποθηκευμένη ψύξη μπορεί να αποδίδει το ψυκτικό φορτίο που είναι απαραίτητο κατά το χρόνο του ψυκτικού κύκλου χωρίς να λειτουργεί ταυτόχρονα κατά το διάστημα αυτού το ψυκτικό μηχάνημα. Το μέγεθος της μηχανής παραγωγής ψύχους πρέπει να είναι επαρκές ώστε η ψύξη που παράγεται και αποθηκεύεται να είναι όση απαιτείται ώστε να εξασφαλίζεται η ψύξη που χρειάζεται το κτίριο κατά τη λειτουργία του κλιματισμού.

2) Στη δεύτερη περίπτωση το ψυκτικό φορτίο που είναι απαραίτητο κατά τον ψυκτικό κύκλο καλύπτεται με 24ωρη συνεχή λειτουργία του ψυκτικού μηχανήματος. Στην περίπτωση αυτή το μέγεθος της απαιτούμενης μονάδας παραγωγής ψύχους είναι μικρότερο από την προηγούμενη δυνατότητα.

Ο πάγος απαιτεί μικρότερο όγκο αποθήκευσης από αυτόν που θα απαιτούσε η αποθήκευση κάποιου ψυκτικού ρευστού ενώ ταυτόχρονα έχει το πλεονέκτημα της συσσώρευσης και απόδοσης θερμότητας με βάση την ενθαλπία ψύξης. Έτσι οι πιο πολλοί μηχανικοί συνιστούν σύστημα αποθήκευσης με παραγωγή πάγου παρά τις ορισμένες πρακτικές ιδιομορφίες της εγκατάστασης. Πρέπει να σημειωθεί ότι το ίδιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται όταν αντί για πάγο χρησιμοποιηθούν άλλα υλικά αλλαγής φάσης όπως είναι τα ευτηκτικά άλατα (Glauber's salt).

Γενικά η λειτουργία του συστήματος αποθήκευσης με αλλαγή φάσης όπως με τη χρήση πάγου πραγματοποιείται κατά τις ακόλουθες διαδικασίες:

1) Κατά τη νύκτα με τη λειτουργία της ψυκτικής μονάδας κυκλοφορεί διάλυμα νερού με αιθυλική γλυκόλη (συνήθως διάλυμα που μπορεί να περιέχει 25% σε βάρος αιθυλικής γλυκόλης) που περνώντας από τον εναλλάκτη του δοχείου πάγου παρακάμπτει το ψυκτικό στοιχείο που ψύχει τον αέρα των χώρων. Το ρευστό ρυθμίζεται ώστε να έχει θερμοκρασία 3 °C (συνήθως όχι κάτω από -

5,5 °C) με αποτέλεσμα να παγώνει το νερό γύρω από τον εναλλάκτη θερμότητας και να σχηματίζει πάγο.

2) Κατά τη διάρκεια της ημέρας για την ψύξη των χώρων το ρευστό διάλυμα ψύχεται από τον πάγο του δοχείου πάγου από 11 °C σε 1 °C. Με χρήση μιας τρίοδης βάνας που συνδέεται με τη σωλήνωση επιστροφής του ρευστού που έχει θερμοκρασία 11 °C και με το ρευστό με θερμοκρασία 1 °C αποδίδεται στο δίκτυο ψύξης ρευστό θερμοκρασίας 7 °C κατάλληλο για να περάσει από το ψυκτικό στοιχείο που θα δώσει ψυχρό αέρα στο χώρο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια παραγωγής πάγου τη νύκτα, περιορίζεται η ονομαστική τιμή της απόδοσης του ψυκτικού μηχανήματος επειδή η θερμοκρασία εξάτμισης είναι χαμηλή. Αλλά και η απόδοση του συμπιεστή περιορίζεται ελαφρά γιατί οι χαμηλότερες νυκτερινές θερμοκρασίες βοηθούν τη μονάδα να λειτουργήσει αποδοτικά.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η απόδοση των ψυκτικών μονάδων στη διάρκεια της ημερήσιας παράλληλης λειτουργίας με το τμήμα αποθήκευσης πάγου είναι σημαντικά αυξημένη επειδή το ρευστό πρέπει να ψύχεται σε μια θερμοκρασία που είναι αρκετά υψηλότερη σε σύγκριση με τη θερμοκρασία σχεδιασμού π.χ. 15/11 °C αντί των κανονικών τιμών 12/7 °C.

Η τρίοδη βάνα με βάση τη θερμοκρασία του ρευστού στην παρακαμπτήρια δίοδο παρέχει το πρόσθετο πλεονέκτημα της εξασφάλισης απεριόριστου έλεγχου της απόδοσης.

Κατά τις περιόδους της άνοιξης και του φθινοπώρου που δεν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, το ψυκτικό μηχάνημα θα είναι σε θέση να εξασφαλίσει την απαιτούμενη ψύξη στο κτίριο χωρίς βοήθεια από την αποθηκευμένη ψύξη.

Οποσδήποτε είναι δυνατό να ρυθμιστεί το σύστημα ελέγχου ώστε να διατηρείται το σύστημα αποθήκευσης πάγου σε λειτουργία και να λειτουργεί το ψυκτικό μηχάνημα μόνο σε περιπτώσεις αιχμών φορτίου. Η λειτουργία του συστήματος μπορεί να συνδυαστεί και με τη χρήση ηλιακής ενέργειας.

Είναι ακόμη δυνατό η εγκατάσταση να γίνει κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται και θερμότητα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το νερό που περιέχεται στο δοχείο πάγου όταν μετατρέπεται σε πάγο παρέχει στο ρευστό του ψυκτικού μηχανήματος 93W/χλγ. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα αποθήκευσης πάγου εγκατεστημένο σε ένα σύστημα ανάληψης της θερμότητας είναι σε θέση να μετασχηματίσει το ψυκτικό μηχάνημα που θα λειτουργεί πλέον ως αντλία θερμότητας με πηγή του σε χαμηλή θερμοκρασία το νερό που περιέχεται στο δοχείο πάγου με αποτέλεσμα να παράγεται θερμότητα κατά την περίοδο του χειμώνα.

Ο πάγος παράγεται το πρωί κατά τη φάση θέρμανσης του χώρου και αν είναι αναγκαίο παρέχει δωρεάν ψύξη το απόγευμα με το λιώσιμο του πάγου και τον προγραμματισμό θέρμανσης για το επόμενο πρωινό. Ακόμη και στις κρύες ημέρες, η θερμότητα που παράγεται από τον ήλιο, τους υπολογιστές και τα άτομα που είναι στο χώρο μπορεί να χρησιμοποιηθούν από το σύστημα για να λιώσουν τον πάγο. Όταν η θερμική ισορροπία επιτρέπει αυτόν τον τύπο εγκατάστασης, δεν είναι πια αναγκαίο να χρησιμοποιούνται κλασικές πηγές θερμότητας όπως πετρέλαιο ή αέριο.

Τα δοχεία πάγου κατασκευάζονται από τυποποιημένα, μονωμένα δοχεία από πολυαιθυλένιο ή από χάλυβα ή από άλλα υλικά. Στο εσωτερικό τους είναι εμβαπτισμένος εναλλάκτης συνήθως από πλαστικό ή μεταλλικό σωλήνα που μπορεί να είναι και σπειροειδούς μορφής. Ανάλογος με την ισχύ του ψυκτικού συγκροτήματος είναι και ο αριθμός των τυποποιημένων δοχείων πάγου ή το μέγεθος του μεταλλικού ή σκυροδετημένου δοχείου.

Κατά τη νύκτα, από το ψυκτικό συγκρότημα δια του εναλλάκτη θερμότητας κυκλοφορεί μίγμα νερού και γλυκόλης και απομακρύνει τη θερμότητα μέχρις ότου παγώσει το νερό που περιλαμβάνεται στο διάλυμα που περιέχεται στο δοχείο. Ο πάγος σχηματίζεται ομοιόμορφα κατά μήκος όλου του δοχείου σε κυλινδρικά στρώματα γύρω από τον εναλλάκτη θερμότητας που ορίζουν οι σωλήνες.

Με το δοχείο πάγου αξιοποιείται η λανθάνουσα θερμότητα που περιέχεται στον πάγο και αποδίδεται κατά την τήξη του. Ένα (1) χιλιόγραμμα πάγου μπορεί να αποθηκεύσει κατά τη στερεο-

ποίησή του 93W ενέργειας ενώ ένα (1) χιλιόγραμμα στρωματοποιημένου νερού 6 ως 9W ενέργειας. Συνέπεια αυτού είναι όπως ένα σύστημα με αποθήκευση πάγου να απαιτείται να έχει μόνο το 1/10 περίπου του όγκου για αποθήκευση ενέργειας, σημαντικό πλεονέκτημα σε εφαρμογές ανακαίνισης.

Ο πάγος αποτελεί καλό μονωτικό και κατά συνέπεια τα δοχεία πάγου αυτομονώνονται και οι απώλειες ψύξης είναι πολύ περιορισμένες στις περιόδους αναμονής. Ο πάγος δεν απαιτεί ελέγχους πάχους και δεν είναι επικίνδυνος ακόμη και όταν το περιεχόμενο του δοχείου είναι πλήρως παγωμένο.

Το διάλυμα νερού-γλυκόλης που κυκλοφορεί στο σύστημα σωληνώσεων είναι σε ένα μη αεριζόμενο, συμπιεσμένο σύστημα κυκλοφορίας, με χαμηλές πτώσεις πίεσης και δεν απαιτείται επεξεργασία του νερού ή φίλτρανση. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με κλασικά τυποποιημένα ψυκτικά μηχανήματα νερού και είναι δυνατό να αυξηθεί το φορτίο της μονάδας χωρίς πρόσθετες δαπάνες ως μια πρόσθετη εγκατάσταση ψυκτικού μηχανήματος νερού.

Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων αποθήκευσης ψύξης είναι:

1) Περιορισμένο κεφάλαιο εγκατάστασης: Το σύστημα αποθήκευσης πάγου απαιτεί περιορισμένο χώρο και όταν σχεδιάζεται σε συνδυασμό με σύστημα διανομής αέρα και εγκαθίσταται στη φάση της κατασκευής του κτιρίου, απαιτεί μικρότερους αεραγωγούς και κινητήρες ανεμιστήρων.

2) Αποδοτική λειτουργία μηχανημάτων: Τα κλασικά συστήματα λειτουργούν επί μεγάλο διάστημα σε συνθήκες περιορισμένης ισχύος. Σε αντίθεση οι συμπιεστές που χρησιμοποιούνται σε συστήματα αποθήκευσης λειτουργούν σε συνθήκες πλήρους λειτουργίας και φόρτισης για μικρότερο διάστημα. Το γεγονός επίσης της νυκτερινής λειτουργίας του συστήματος διευκολύνει την απόρριψη θερμότητας γιατί οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες.

3) Λειτουργική ευκαμψία: Το σύστημα αποθήκευσης παρέχει τη βέλτιστη ευκαμψία δαπάνης λειτουργίας γιατί επιτρέπει την απόδοση ψυκτικής ενέργειας σε περιόδους ηλεκτρικής κοιλιάδας ή χαμηλής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

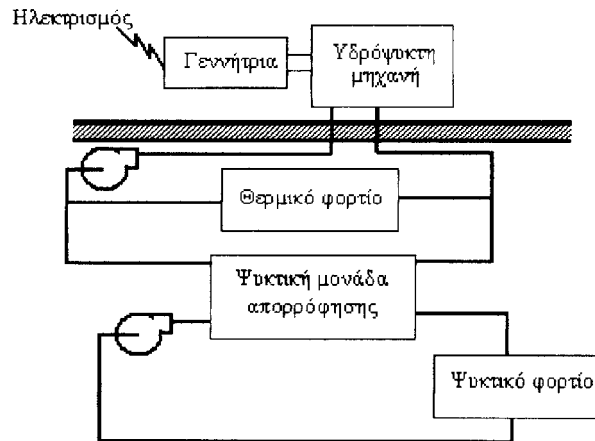
4) Αυξημένη αξία στο κτίριο και προσόντα ευκολίας για πώληση: Το σύστημα αποθήκευσης παρέχει στα κτίρια αυξημένη αξία και προσόντα που διευκολύνουν την πώλησή τους. Η χρήση του συστήματος αποθήκευσης με πάγο δρα θετικά μια και περιορίζει τις δαπάνες λειτουργίας του κτιρίου.

Στους βασικούς παράγοντες αξιολόγησης περιλαμβάνονται η ευκολία ελέγχου και οι δυνατότητες που παρέχονται για συντήρηση. Όσο πιο εύκολα λειτουργεί το σύστημα τόσο καλύτερα συμπεριφέρεται. Απλοί έλεγχοι βοηθούν στην ελαχιστοποίηση των προβλημάτων που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία και δίνεται η ευκαιρία στους χρήστες να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία του συστήματος. Τέλος οι ανάγκες σε συντήρηση πρέπει να καθορίζονται από τους κατασκευαστές των μηχανημάτων. Είναι υποχρέωσή τους να εξασφαλίζουν τις αναγκαίες πληροφορίες, τα σχέδια, το εκπαιδευτικό προσωπικό, τα εγχειρίδια κατασκευής και λειτουργίας. Η συνεργασία με τους κατασκευαστές παρέχει πολλά πλεονεκτήματα και διευκολύνει τη συντήρηση, τη λειτουργία και τις πιθανές επισκευές. [7,12]

### 5.2.3.2. Συστήματα συμπαραγωγής ενέργειας με εκμετάλλευση της απόβλητης θερμότητας.

Τα συστήματα συμπαραγωγής ενέργειας (Σχ. 5.38) χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με παράλληλη εκμετάλλευση της αποβαλλόμενης θερμότητας για θέρμανση ή για ψύξη. Επειδή το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι συνήθως μεγαλύτερο από αυτό της Δ.Ε.Η., το οικονομικό όφελος μπορεί να προκύψει από την κατάλληλη εκμετάλλευση της αποβαλλόμενης θερμότητας για παραγωγή θερμού νερού χρήσης, για θέρμανση και για ψύξη με την εγκατάσταση μιας ψυκτικής μονάδας απορρόφησης.





Σχήμα 5.38 –Σύστημα συμπαραγωγής ενέργειας με εκμετάλλευση της αποβαλλόμενης θερμότητας για θέρμανση και κλιματισμό .

### 5.2.3.3. Συνδυασμένα συστήματα με αποθήκευση ενέργειας και ψυκτικές μονάδες απορρόφησης.

Τα συνδυασμένα συστήματα (Σχ. 5.39) αποτελούνται από ψυκτικές μονάδες απορρόφησης, από ηλεκτρικές ψυκτικές μονάδες και από δεξαμενές αποθήκευσης θερμότητας. Οι ψύκτες απορρόφησης λειτουργούν στη διάρκεια αιχμών του ψυκτικού φορτίου είτε αυτόνομα για την κάλυψη των φορτίων, είτε σε συνδυασμό με ηλεκτρικές ψυκτικές μονάδες για πρόψυξη του νερού, το οποίο στη συνέχεια ψύχεται από τους ηλεκτροκίνητους ψύκτες στην κατάλληλη θερμοκρασία.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του κύκλου απορρόφησης είναι ότι για τη δημιουργία ψύξης απαιτείται ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια αλλά πρέπει να προσδοθεί θερμότητα. Στον κύκλο απορρόφησης χρησιμοποιείται θερμότητα αντί για μηχανική συμπίεση και ηλεκτρική ενέργεια. Τα υπόλοιπα στοιχεία του ψυκτικού κύκλου, δηλαδή ο εξατμιστής, ο συμπυκνωτής και η βαλβίδα εκτόνωσης παραμένουν.

Στον κύκλο απορρόφησης παίρνει μέρος ένα ζεύγος ουσιών που αποτελείται από το ψυκτικό μέσο και το μέσο απορρόφησης. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στην ιδιότητα ορισμένων ουσιών να απορροφούν ικανές ποσότητες ενός ψυκτικού μέσου σε χαμηλές πιέσεις και θερμοκρασίες και να αποδίδουν το ψυκτικό μέσο σε υψηλές θερμοκρασίες. Ο απορροφητήρας αντιστοιχεί στην είσοδο αναρρόφησης του συμπιεστή. Στον απορροφητήρα το λεγόμενο «πτωχό διάλυμα» (αραιό διάλυμα) απορροφά τους αμούς του ψυκτικού μέσου οι οποίοι προέρχονται από τον εξατμιστή και έτσι γίνεται «εμπλουτισμένο διάλυμα» (πυκνό διάλυμα). Κατά την απορρόφηση αυτή απελευθερώνεται θερμότητα η οποία πρέπει να απομακρυνθεί. Η αντλία ανακυκλοφορεί το διάλυμα μεταξύ απορροφητήρα και εξατμιστήρα. Στον εκροφητήρα προσδίδεται θερμότητα έτσι ώστε να ανέλθει η θερμοκρασία του πυκνού διαλύματος και το ψυκτικό υγρό να διαχωριστεί από το διάλυμα. Ο εκροφητήρας αντιστοιχεί στην έξοδο του συμπιεστή. Στη συνέχεια, το ψυκτικό υγρό το οποίο βρίσκεται σε κατάσταση ατμών οδεύει προς το συμπιεστή όπου υγροποιείται αποβάλλοντας θερμότητα προς κάποιο μέσο (περιβάλλον αέρας, νερό κτλ.). Στη συνέχεια το υγρό ψυκτικό μέσο αφού εκτονωθεί στην βαλβίδα εκτόνωσης οδεύει προς τον εξατμιστή για να συνεχιστεί έτσι ο κύκλος.

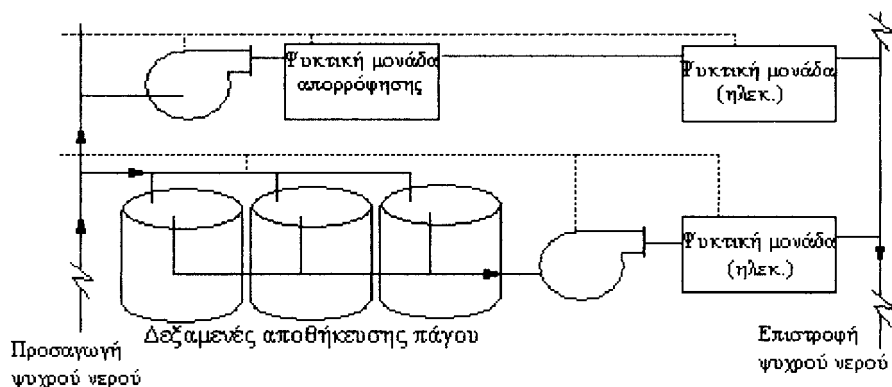
Ο βαθμός απόδοσης του ψυκτικού κύκλου απορρόφησης ορίζεται ως το πηλίκο της ψυκτικής ενέργειας (θερμότητα) εξατμιστήρα, προς τη θερμική ενέργεια που προσδίδεται στον εκροφητήρα. Στις συνηθισμένες εφαρμογές αυτό το πηλίκο είναι μεταξύ 0,7-0,9 για βρωμιούχο λίθιο-νερό και 0,5-0,80 για νερό-αμμωνία. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε kWh θερμότητας που δαπανάται, επιτυγχάνεται ωφέλιμη ψυκτική ενέργεια 0,7-0,9 kWh. Παρατηρείται ότι ο βαθμός απόδοσης του ψυκτικού κύκλου με απορρόφηση είναι 4-7 φορές μικρότερος του συμβατικού κύκλου με συμπίεση. Είναι λοιπόν προφανές ότι η επιλογή προς μία ψυκτική μονάδα βασισμένη στον κύκλο απορρόφησης

σης θα γίνει μόνο στην περίπτωση που η θερμότητα που πρέπει να δαπανηθεί είναι σημαντικά φθηνότερη από το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του συμβατικού κύκλου συμπίεσης.

Τέτοιες περιπτώσεις είναι: α) Ξενοδοχεία τα οποία έχουν διαθέσιμη θερμική ενέργεια από ηλιακούς συλλέκτες. β) Βιομηχανικές εγκαταστάσεις στις οποίες απαιτείται ταυτόχρονα ψύξη και θέρμανση στις διάφορες διεργασίες.

Με τους ψύκτες απορρόφησης αυξάνεται η χρονική διάρκεια λειτουργίας και το μέγεθος των μονάδων συμπαραγωγής με αποτέλεσμα τη μείωση του ειδικού κόστους λειτουργίας τους. Είναι φανερό ότι η επιλογή ή όχι μιας ψυκτικής εγκατάστασης βασισμένης στον κύκλο απορρόφησης πρέπει να βασιστεί σε λεπτομερή οικονομική και ενεργειακή ανάλυση, διότι εκτός από το χαμηλότερο βαθμό απόδοσης οι ψύκτες απορρόφησης έχουν και σημαντικά μεγαλύτερο κόστος αγοράς για την ίδια ψυκτική ισχύ σε σχέση με τους ψύκτες συμπίεστων. Εκτός από τον προαναφερθέντα κύκλο απορρόφησης ο οποίος χαρακτηρίζεται ως μιας βαθμίδας υπάρχει και ο κύκλος απορρόφησης δύο βαθμίδων. Με τις μονάδες δύο βαθμίδων μπορεί να γίνει εκμετάλλευση της απόβλητης θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας η οποία διαφορετικά θα ήταν ανεκμετάλλευτη.

Οι ψύκτες απορρόφησης είναι όπως και οι ψύκτες συμπίεστων εξοπλισμένοι με ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου για τον έλεγχο του ψύκτη ανάλογα με τη διακύμανση του ψυκτικού φορτίου αλλά και για την τήρηση των λειτουργικών ορίων που ορίζει ο κατασκευαστής.



Σχήμα 5.39-Σύστημα συμπαραγωγής ενέργειας με εκμετάλλευση της αποβαλλόμενης θερμότητας για κλιματισμό

Σε μια άλλη παραλλαγή του συστήματος, τις ώρες που υπάρχει μικρή ή μηδενική απαίτηση φορτίου, οι ηλεκτρικοί ψύκτες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πάγου στις δεξαμενές. Τα φορτία αιχμής καλύπτονται από τους ψύκτες απορρόφησης σε συνδυασμό με την αποφόρτιση των δεξαμενών. Οι ψύκτες απορρόφησης στην εφαρμογή αυτή συνήθως χρησιμοποιούν φυσικό αέριο.

Τα ποσοστά συμμετοχής ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου και το μέγεθος των δεξαμενών αποθήκευσης είναι συνάρτηση της κάθε εφαρμογής και προκύπτουν από τεχνοοικονομική ανάλυση. Οι παράγοντες που καθορίζουν τη βέλτιστη λύση είναι τα χαρακτηριστικά του φορτίου, οι ώρες λειτουργίας του κτιρίου και το κόστος απόκτησης, λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού.

Σήμερα, στα τέλη της δεκαετίας του 90, οι παράγοντες αυτοί αντιμετωπίζονται με την αλλαγή των παραδοσιακών ψυκτικών μέσων, την εξοικονόμηση ενέργειας, το σεβασμό του εξωτερικού περιβάλλοντος και τη δημιουργία υγιεινού εσωκλίματος στα κτίρια.

Άλλα συστήματα είναι ο κλιματισμός με ηλιακή ενέργεια, ψύξη με θαλασσινό νερό και άλλα. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται όλο και νέα συστήματα εμφανίζονται με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Σε κάθε περίπτωση πάντως ο μελετητής έχει την ευθύνη να αποφασίσει για το ποίο είναι το πιο κατάλληλο σύστημα κλιματισμού που πρέπει να εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση σε συνδυασμό με τις απόψεις του αρχιτέκτονα και του ιδιοκτήτη του κτιρίου.

Κάθε κτίριο έχει την δική του ενεργειακή συμπεριφορά. Ένα σύστημα κλιματισμού μπορεί να είναι κατάλληλο για ένα κτίριο και ακατάλληλο για ένα άλλο. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή ενός συστήματος είναι πολλοί (κλίμα περιοχής, χρήση κτιρίου, κόστος εγκατάστασης κ.α.). Παρακάτω αναλύονται οι σημαντικότεροι παράγοντες που πρέπει ένας μελετητής να λάβει υπόψη προκειμένου να καταλήξει στο σωστό σύστημα κλιματισμού. [7.33], [7.28], [7.55], [8.5]



### 5.3. Επιλογή του συστήματος κλιματισμού

Η επιλογή ενός συστήματος κλιματισμού κατάλληλου για ένα κτίριο απαιτεί λεπτομερή ανάλυση ήδη από τα αρχικά ακόμη στάδια σχεδιασμού του κτιρίου. Οι επιλογές και οι αποφάσεις πρέπει πάντοτε να λαμβάνονται σε συνάρτηση με το κόστος απόκτησης και το λειτουργικό κόστος ενός συστήματος. Η γνώση και η εμπειρία στην τεχνολογία του κλιματισμού αποτελούν ανεκτίμητη βοήθεια τόσο για τον ιδιοκτήτη του κτιρίου όσο και για την ομάδα μελέτης. Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και ο σχεδιασμός του μηχανολογικού εξοπλισμού πρέπει να γίνονται παράλληλα.

Πολλές φορές ορισμένοι λειτουργικοί παράγοντες (όπως το μέγεθος του χώρου εγκατάστασης, ο χώρος που θα καταλαμβάνουν οι αγωγοί, τα αρχιτεκτονικά γνωρίσματα κ.α.) αποκλείουν κάποιες ενεργειακά αποδοτικές επιλογές, που σε διαφορετική περίπτωση θα ήταν ενεργειακά πολύ κατάλληλες.

Σε κάθε περίπτωση πάντως η διαδικασία επιλογής πρέπει να ξεκινά από μερικά βασικά κριτήρια.

Η χρήση του κτιρίου είναι καθοριστική για την επιλογή του συστήματος κλιματισμού. Ο μελετητής πρέπει να εξετάζει τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στο κτίριο, τις ώρες που αυτό χρησιμοποιείται και άλλα προκειμένου να διαλέξει το σύστημα εκείνο που θα έχει τις μικρότερες λειτουργικές δαπάνες. Ανάλογα λοιπόν με την χρήση του κτιρίου εξετάζεται εάν το σύστημα που θα εγκατασταθεί θα είναι τοπικό ή κεντρικό και στην περίπτωση του κεντρικού εξετάζεται πιο θα είναι το μέσω μεταφοράς θερμότητας.

Νοσοκομεία, βιβλιοθήκες, κτίρια γραφείων, κατοικίες έχουν όλα συγκεκριμένες απαιτήσεις διαφορετικές μεταξύ τους. Υπάρχουν διάφορα συστήματα, τα οποία είναι κατάλληλα για ορισμένους τύπους κτιρίων και άλλα τα οποία είναι εντελώς ακατάλληλα. Για παράδειγμα σε κτίρια κατοικιών χρησιμοποιούνται κυρίως τοπικά συστήματα σε κάθε χώρο ή σε κάθε διαμέρισμα. Σε κτίρια γραφείων και σε εμπορικά κτίρια χρησιμοποιούνται κυρίως κεντρικά συστήματα για όλο το κτίριο ή για κάθε ζώνη. Σε πολλές περιπτώσεις η επιλογή ενός συστήματος κλιματισμού εξαρτάται και από την απαίτηση για αυτονομία σε κάθε χώρο, όπως σε κτίρια ξενοδοχείων.

Σε δεύτερη φάση πρέπει να εξετάζεται αν το κτίριο χρειάζεται θέρμανση ή ψύξη ή και τα δύο. Σε πολλές περιπτώσεις ο αερισμός μόνο επαρκεί και η εγκατάσταση ενός συστήματος ελέγχου του αέρα είναι περιττή και οικονομικά ασύμφορη.

Επίσης σημαντικό είναι να εξετάζεται αν απαιτείται 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. 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 υπερβολικά ξηρός αέρας μπορεί να προκαλέσει προβλήματα με το στατικό ηλεκτρισμό και την αναπνοή. Σε μερικές περιπτώσεις, υπάρχει ανάγκη να αυξηθεί η σχετική υγρασία με τη βοήθεια μηχανικών μέσων. Η εφύγραση 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”

Οι απαιτήσεις ενός κτιρίου σε φρέσκο αέρα διαφέρουν και φυσικά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή του συστήματος κλιματισμού. Σε ορισμένες συγκεκριμένες εφαρμογές, ο χώρος που πρέπει να κλιματιστεί απαιτεί μεγάλες ποσότητες (όγκους) φρέσκου αέρα, δηλαδή αέρα του περιβάλλοντος.

Μετέπειτα εξετάζεται ποιο θα είναι το μέσω μεταφοράς της ενέργειας. Στα συστήματα κλιματισμού είναι συνήθως το νερό, ο αέρας ή ένα ψυκτικό μέσο. Τα συστήματα με αέρα εξασφαλίζουν καλύτερο έλεγχο της σχετικής υγρασίας του αέρα του χώρου. Έτσι τα συστήματα αυτά ενδείκνυνται για κτίρια, στα οποία ο έλεγχος της υγρασίας είναι καθοριστικός παράγοντας όπως αίθουσες συγκεντρώσεων, θέατρα, μουσεία, βιβλιοθήκες κτλ. Τα συστήματα με νερό (fan-coils) ή με ψυκτικό μέσο (VRV) έχουν συνήθως μικρότερο κόστος μεταφοράς του μέσου μεταφοράς ενέργειας, αλλά δεν εξασφαλίζουν ικανοποιητικό έλεγχο της υγρασίας των χώρων. Τα συστήματα αυτά όμως συνήθως ικανοποιούν την απαίτηση για αυτονομία στους χώρους. Φυσικά υπάρχουν και συστήματα μόνο με αέρα τα οποία εξασφαλίζουν αυτονομία στους χώρους όπως τα συστήματα μεταβλητής παροχής όγκου αέρα.

Στον πίνακα (2) δύνονται τα χαρακτηριστικά των κυριότερων συστημάτων κλιματισμού.

Επίσης εξετάζεται η δυνατότητα εγκατάστασης συστήματος ανάκτησης θερμότητας. Τα συστήματα αυτά αυξάνουν το αρχικό κόστος του εξοπλισμού αλλά αποφέρουν μεγάλα οικονομικά οφέλη κατά την λειτουργία του συστήματος.

Είναι απαραίτητο να εξετάζονται διάφορες εναλλακτικές λύσεις, οι οποίες πληρούν τις βασικές προϋποθέσεις σχεδιασμού και τις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη του κτιρίου 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.

Σωστή επιλογή ενός συστήματος κλιματισμού ιδιαίτερο ρόλο παίζει και ο χωρισμός του κτιρίου σε ζώνες, ο οποίος ενδείκνυται για την αποφυγή σπατάλης ενέργειας.

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 κλιματιστεί 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.

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.

Ο χωρισμός των κτιρίων σε θερμικές ζώνες βοηθά και στην επιλογή του συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί για τον κλιματισμό τους. Στις προσόψεις του κτιρίου ο χωρισμός σε ζώνες γίνεται συνήθως ανάλογα με τον προσανατολισμό των χώρων, για να αντιμετωπίζονται τα διαφορετικά ηλιακά φορτία. Κάθε ζώνη κλιματίζεται από αέρα διαφορετικής ποιότητας. Σε μεγάλα κτίρια συνιστάται ο πυρήνας του κτιρίου να αντιμετωπίζεται ως διαφορετική ζώνη. Επίσης χώροι όπως αίθουσες ηλεκτρονικών υπολογιστών, χώροι συνεδριάσεων ή συναθροίσεων (εστιατόρια, καφέ), συνήθως αντιμετωπίζονται ως διαφορετικές ζώνες. Οι χώροι κάθε ζώνης μπορεί και πολλές φορές πρέπει να κλιματίζονται από διαφορετικό σύστημα κλιματισμού, κατάλληλο για τη χρήση τους και έχουν συνήθως ιδιαίτερο θερμοστάτη.

Η αναζήτηση της βέλτιστης λύσης επιτυγχάνεται κυρίως με δύο μορφές ανάλυσης: τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής και τον υπολογισμό του κόστους λειτουργίας και συντήρησης κάθε συστήματος. Πάντως σε καμιά περίπτωση ο περιορισμός του κόστους δεν πρέπει να γίνεται σε βάρος των συνθηκών άνεσης του κτιρίου.

Όπως παρουσιάστηκε 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 κλιματιστούν. 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.

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.

Όταν γίνεται μελέτη για την εγκατάσταση νέου συστήματος κλιματισμού, είναι σκόπιμο να εξετάζεται και η περίπτωση εξοπλισμού, ο οποίος μπορεί μεν να κοστίζει περισσότερο για να εγκατασταθεί, αλλά έχει πολύ χαμηλότερο λειτουργικό κόστος.

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, με δυσμενείς επιπτώσεις στην άνεση των ενοίκων.

Τέλος, πρέπει να γίνεται προσπάθεια ώστε να χρησιμοποιείται κατά ωφέλιμο τρόπο η πλεονάζουσα θερμότητα που παράγεται είτε από τις μονάδες του κλιματισμού είτε από άλλα συστήματα. Στις μονάδες που λειτουργούν με βάση τον κύκλο συμπύεσης 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 έλεγχος

Συνοψίζοντας λοιπόν τα κριτήρια για την διαδικασία επιλογής είναι:

1) Απαιτήσεις απόδοσης και ισχύος: Εδώ πρέπει να εξετάζεται αν είναι το σύστημα ικανό να εξασφαλίζει την επιθυμητή ομοιόμορφη θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ποσότητα και ποιότητα αέρα κατά την διάρκεια λειτουργίας του. Πρέπει να εξετάζεται πως επηρεάζεται η λειτουργία του συστήματος όταν μεταβάλλονται οι κλιματικές συνθήκες και η δραστηριότητα των ενοίκων. Τέλος πρέπει να προβλεφθούν και οι αναμενόμενες αποκλίσεις από τις συνθήκες σχεδιασμού.

2) Απαιτήσεις χώρου: Σε αυτό το στάδιο ελέγχεται αν το σύστημα προσαρμόζεται στο διαθέσιμο χώρο η αν απαιτούνται κάποιες τροποποιήσεις στο κτίριο. Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης αν απαιτείται η κατασκευή ιδιαίτερων χώρων για τις συσκευές του συστήματος.

3) Αρχικό κόστος: Ένα άλλος παράγοντας που επιδρά στην επιλογή του συστήματος είναι το αρχικό κόστος και το κόστος εγκατάστασης. Πρέπει να γίνεται σύγκριση με άλλα συστήματα. Καλό είναι να εξετάζεται και το μελλοντικό κόστος αντικατάστασης του εξοπλισμού.

4) Κόστος λειτουργίας: Φυσικά το κόστος λειτουργίας μιας εγκατάστασης αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο στην επιλογή ενός συστήματος, ειδικότερα όσο αναφορά το θέμα της εξοικονόμησης. Εδώ εξετάζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις του συστήματος και γίνεται σύγκριση με άλλα συστήματα. Στο κόστος λειτουργίας επιδρά και η απαιτήσεις για συντήρηση και επισκευή του εξοπλισμού.

5) Αξιοπιστία: Το σύστημα κλιματισμού πρέπει να είναι αξιόπιστο ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες του χώρου κάθε στιγμή. Εδώ η ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται και ο σωστός σχεδιασμός επιδρούν στην αξιοπιστία.



6) Ευελιξία: Καλό είναι να υπάρχει η δυνατότητα το σύστημα να μπορεί να ανταποκριθεί σε κάποια ενδεχόμενη αύξηση της ισχύος λόγω π.χ. επέκτασης του κτιρίου.

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες πρέπει να εξετάζονται από τη μεριά του μηχανικού, ο οποίος έχει ευθύνη να ενημερώσει τον αγοραστή για όλα αυτά. Η τελική επιλογή πάντως εξαρτάται από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου. [α.1], [α.2], [δ.3], [δ.5]

**Πίνακας (5.1) – Χαρακτηριστικά των συστημάτων κλιματισμού**

Συστήματα	Επίπεδο ελέγχου	Φιλτράρισμα	Επίπεδο θορύβου	Αραιωμένοι χώροι				Συντήρηση				Μικτή λειτουργία	Διαμονή αέρα
				Δωμάτιο εγκαταστάσεων	Γραφείων	Αγρών	Έλεγχος υγρασίας	Τοπική ή κεντρική	Βελβός ελεγχής	Λειτουργία			
Εξοπλισμός και Θέρμανση	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 καλό	Καλό	Χαμηλό	Μεγάλος	Ουδείς	Μεγάλος	Καλός	Και τα δύο	Υψηλός	Ναι	Πολύ καλή		
Διπλού στρού	Καλό	Καλό	Χαμηλό	Μεγάλος	Ουδείς	Πολύ Μεγάλος	Καλός	Και τα δύο	Υψηλός	Ναι	Καλή		
Συγκεκριμένου αέρα με αναθέριμωση	Καλό	Καλό	Χαμηλό	Μεγάλος	Ουδείς	Μεγάλος	Καλό	Και τα δύο	Υψηλός	Ναι	Καλή		
Μονάδες εναγώγις	Πρωτό	Πρωτό	Πιθανώς Υψηλό	Μικρός	Ουδείς ή μέτριος	Μέτριος	Περιορισμένος	Και τα δύο	Υψηλός	Ναι	Πρωτή		
Μονάδες Fan Coil	Καλό	Πρωτό	Πιθανώς Υψηλό	Μικρός	Ουδείς ή μέτριος	Μέτριος	Περιορισμένος	Και τα δύο	Υψηλός	Ναι	Μέτρια ως Καλή		
Αντλία θερμότητας	Καλό	Πρωτό	Πιθανώς Υψηλό	Μικρός	Ουδείς ή μέτριος	Μέτριος	Ουδείς	Και τα δύο	Υψηλός	Ναι	Πρωτή		
Θέρμανση και τοπικός εξερισμός	Πιθανώς Καλό	Πιθανώς Καλό	Πιθανώς Υψηλό	Ουδείς	Μικρός	Ουδείς ή μικρός	Ουδείς	Τοπικός	Χαμηλός	Ναι	Πιθανώς Καλή		
Διαμέσου τοίχου μονάδες	Μόνο τυπικά	Πρωτό	Υψηλό	Ουδείς	Μέτριος	Ουδείς	Ουδείς	Τοπικός	Υψηλός	Ναι	Πρωτή		
Διασπαρμένα συστήματα	Μόνο τυπικά	Πρωτό	Υψηλό	Μικρός	Ουδείς ή μέτριος	Ουδείς	Ουδείς	Τοπικός	Υψηλός	Ναι	Πρωτή		
Μειονομιμένες Αντιστρεπτές αντλίες θερμότητας	Μόνο τυπικά	Πρωτό	Υψηλό	Μικρός	Μέτριος	Ουδείς	Ουδείς	Και τα δύο	Υψηλός	Ναι	Πρωτή		
Μεταβλητού όγκου υφικτού μέσου	Καλό	Πρωτό	Πιθανώς Υψηλό	Μικρός	Ουδείς ή μέτριος	Ουδείς	Ουδείς	Και τα δύο	Υψηλός	Ναι	Πρωτή		

## 5.4. Σχεδιασμός και επιλογή του εξοπλισμού

Ο σωστός σχεδιασμός και η κατάλληλη, για κάθε περίπτωση, επιλογή του εξοπλισμού του συστήματος κλιματισμού αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες στην τελική κατανάλωση ενέργειας. Ο μηχανικός μέσω της μελέτης του συστήματος και τον σωστό σχεδιασμό πρέπει να καταλήγει στην αποδοτικότερη λύση μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τα έξοδα για την λειτουργία του συστήματος.

### 5.4.1. Δίκτυο αεραγωγών και στόμια προσαγωγής-επιστροφής

Σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας επιφέρει επίσης και ο σωστός σχεδιασμός του δικτύου αεραγωγών, η σωστή μόνωσή του και η κατάλληλη επιλογή και εγκατάσταση των στομιών προσαγωγής-επιστροφής.

#### •Δίκτυο αεραγωγών

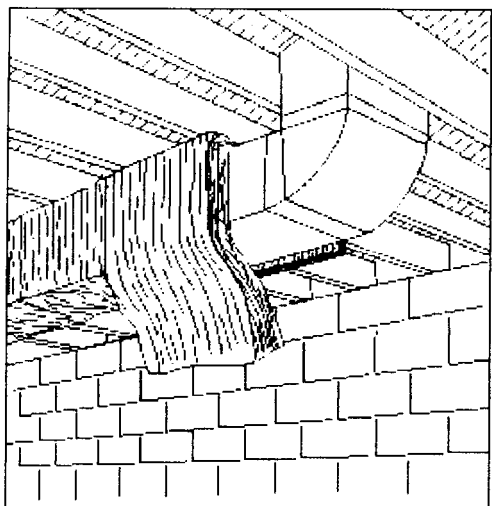
Η ισορροπία μεταξύ κατασκευής και κόστους λειτουργίας ενός δικτύου αεραγωγών, πρέπει να εξετάζεται με προσοχή, πάντοτε βέβαια σε συνδυασμό με τον διαθέσιμο χώρο, τις πιθανές τεχνικές και κατασκευαστικές λύσεις, τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης των απωλειών τριβής και το πρόβλημα της στάθμης του θορύβου.

Κατά την μεταφορά του μέσα από το δίκτυο των αεραγωγών ο αέρας χάνει ένα μέρος της ενέργειας (ψυκτική ή θερμική). Η ενέργεια αυτή είναι σημαντικού μεγέθους όταν το μήκος των αεραγωγών είναι μεγάλο. Για αυτό ο περιορισμός των απωλειών αυτών πρέπει να ελαχιστοποιείται στα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι απώλειες αυτές είναι ανάλογες της ποσότητας του αέρα, της ειδικής θερμότητας του, της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του αέρα του χώρου και του αέρα που κυκλοφορεί στο δίκτυο και της ταχύτητας του.

Έτσι λοιπόν σημαντικό είναι στο σχεδιασμό των αεραγωγών πρέπει να γίνεται προσπάθεια ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες πίεσης και ενέργειας.

Ο αέρας πρέπει να μεταφέρεται, κατά το δυνατόν απ' ευθείας (χωρίς να παρεμβάλλονται περιττές διακλαδώσεις) και με τις επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα με την μέγιστη δυνατή οικονομία σε κατανάλωση ισχύος.



Σχήμα 5.27- Τα τμήματα του αεραγωγού που περνάν από εξωτερικούς μη κλιματιζόμενος χώρους πρέπει οπωσδήποτε να μονώνονται

Απότομες μεταβολές της διεύθυνσης της ροής του αέρα στους αεραγωγούς, συνεπάγονται αυξημένες τριβές και επομένως μεγαλύτερης ισχύος εξοπλισμό και αυξημένο λειτουργικό κόστος. Καλό είναι όπου υπάρχουν απότομες αλλαγές στη διεύθυνση της ροής να χρησιμοποιούνται κατάλληλα οδηγητικά πτερύγια ή ελάσματα.

Τα τμήματα μεταβολής της διατομής του αεραγωγού πρέπει να κατασκευάζονται με προσοχή ώστε να γίνεται όσο το δυνατόν πιο ομαλή η μετάβαση του αέρα από τη μια διατομή στην άλλη.

Ορθογωνικοί αεραγωγοί με σημαντική διαφορά διαστάσεων παρουσιάζουν αυξημένο ποσοστό θερμικών απωλειών (ή θερμικού κέρδους το καλοκαίρι).

Αεραγωγοί οι οποίοι μεταφέρουν μικρές ποσότητες αέρα, με χαμηλή ταχύτητα παρουσιάζουν αυξημένο ποσοστό απωλειών θερμότητας

Σημαντικό είναι οι αεραγωγοί να μονώνονται θερμικά (Σχ. 5.27). Η θερμομόνωση τους μπορεί να μειώσει τις θερμικές απώλειες μέχρι 90% και περισσότερο



Επίσης η εσωτερική της επιφάνεια πρέπει να είναι όσο το δυνατόν λεία για να μειώνονται οι απώλειες πίεσης λόγω τριβής.

Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι η επιδίωξη οικονομικών πλεονεκτημάτων στο δίκτυο των αεραγωγών οδηγεί σε αεραγωγούς κυκλικής διατομής ή τετραγωνικής ή έστω μικρής αναλογίας διαστάσεων και μικρές διαστάσεις διατομών σε συνδυασμό με υψηλές ταχύτητες ροής και πίεσεως. Σε τμήματα αεραγωγών που διέρχονται από μη κλιματιζόμενους χώρους είναι απαραίτητη η θερμομόωση.

Τέλος πρέπει να πούμε ότι η διατομή του αεραγωγού επηρεάζει και το μέγεθός του ανεμιστήρα. Μεγαλύτερη διάμετρος δίνει μικρότερες απώλειες πίεσης και άρα μικρότερο ανεμιστήρα που συνεπάγεται μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, για την κάλυψη απωλειών τριβής. Φυσικά και εδώ πρέπει να εξετάζεται κατά πόσο συμφέρει η επιλογή κάπως μεγαλύτερων διαμέτρων αεραγωγών (αυξημένο κόστος σε πρώτη ύλη).

#### •Στόμια προσαγωγής-επαγωγής

Στην επιλογή και εγκατάσταση των στομιών ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην αποφυγή περιοχών στασιμότητας του αέρα. Τα στόμια εξόδου του αέρα πρέπει να επιτυγχάνουν την ομοιόμορφη κατανομή του προσαγόμενου αέρα και κατά συνέπεια και την ομοιομορφία στην κατανομή της θερμοκρασίας σε όλες τις περιοχές του χώρου.

Πρέπει όπως λέγεται να αποφεύγονται οι περιοχές όπου ο αέρας παραμένει στάσιμος “νεκρές ζώνες” διότι εμφανίζονται υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες. Ο κίνδυνος στασιμότητας του αέρα αυξάνεται σημαντικά σε χώρους με μεγάλο ύψος όταν δε χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα στόμια προσαγωγής. Οι ένοικοι του κτιρίου σε τέτοιες περιπτώσεις προσπαθούν να εξασφαλίσουν συνθήκες άνεσης ρυθμίζοντας το θερμοστάτη του χώρου σε υψηλότερες θερμοκρασίες το χειμώνα ή σε χαμηλότερες το καλοκαίρι, με αποτέλεσμα να δαπανάται ενέργεια.

Σημαντικό είναι τα στόμια προσαγωγής να μην δημιουργούν ενοχλητικά ρεύματα αέρα

Τα στόμια απαγωγής του αέρα πρέπει να είναι ρυθμισμένα ώστε να απάγουν την κατάλληλη ποσότητα του αέρα. Αν απάγουν μεγαλύτερη ποσότητα τότε χάνεται ενέργεια που πρέπει να αναπληρωθεί καταναλώνοντας περισσότερη ενέργεια. [α.1], [α.2], [γ.4], [γ.42], [γ.44]

#### 5.4.2. Επιλογή κεντρικού εξοπλισμού

Η επιλογή του κεντρικού εξοπλισμού ενός συστήματος κλιματισμού (ψυκτικής μηχανής, λέβητα) πρέπει να γίνεται με κριτήριο το βαθμό απόδοσής τους και τη δυνατότητα ρύθμισης της ισχύος για περιπτώσεις μερικού φορτίου.

Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η περισσότερη ενέργεια σε ένα κτίριο καταναλώνεται όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι ούτε μέγιστη ούτε ελάχιστη, δηλαδή όταν η εγκατάσταση κλιματισμού λειτουργεί σε μερικό φορτίο. Οι ακραίες τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας παρατηρούνται μόνο λίγες ώρες το χρόνο, ενώ οι μέσες τιμές είναι ο κανόνας. Επομένως μόνο ένα μικρό ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας παρατηρείται στις ακραίες τιμές θερμοκρασίας, το οποίο δεν είναι καθοριστικό για τη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Σε πολλές περιπτώσεις επίσης η μερική κατοίκηση του κτιρίου αναγκάζει τις κεντρικές συσκευές να λειτουργούν σε μερικό φορτίο ανεξάρτητα από τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό πρέπει να οδηγεί τους μελετητές των εγκαταστάσεων κλιματισμού στην επιλογή κεντρικών συσκευών με μεγάλους βαθμούς απόδοσης σε περιπτώσεις μερικού και όχι μέγιστου φορτίου.

Πάντοτε πρέπει να εξετάζεται η δυνατότητα εγκατάστασης αντλιών θερμότητας τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη. Στην περίπτωση των αντλιών θερμότητας με πηγή θερμότητας τον αέρα, ο βαθμός απόδοσης και η αποδιδόμενη θερμική ισχύς μειώνονται αισθητά όταν η θερμοκρασία πέφτει σε πολύ χαμηλές τιμές, δηλαδή όταν υπάρχει και η μεγαλύτερη απαίτηση θερμότητας. Συνιστάται η εγκατάσταση αντλιών θερμότητας αυτού του τύπου σε γεωγραφικά πλάτη μικρότερα των 40°. Η περίπτωση πάντως των αντλιών θερμότητας με πηγή το έδαφος αποτελεί μια καλή λύση τό-

σο για θέρμανση όσο και για ψύξη, γιατί σε ετήσια βάση διατηρείται το έδαφος σε μία θερμοκρασιακή ισορροπία.

### 5.4.3. Επιλογή συσκευών διαμονής του μέσου μεταφοράς ενέργειας

Όσο αφορά στην επιλογή των συσκευών διανομής του μέσου μεταφοράς ενέργειας (ανεμιστήρων, αντλιών) και εδώ το κριτήριο επιλογής είναι ο βαθμός απόδοσης και η κατανάλωση ενέργειας.

Η ενέργεια διανομής του μέσου μεταφοράς ενέργειας είναι αυτή που καταναλίσκεται για να μεταφερθεί η θερμική ή η ψυκτική ενέργεια από την κεντρική συσκευή παραγωγής ενέργειας στις διάφορες τερματικές συσκευές, οι οποίες συνήθως βρίσκονται στους κατοικήσιμους χώρους του κτιρίου. Ο μηχανικός με τους νόμους της μηχανικής των ρευστών υπολογίζει την ενέργεια που απαιτείται για να κινηθεί το ρευστό μέσα στο δίκτυο των αγωγών ή των σωληνώσεων για συγκεκριμένη παροχή. Έπειτα από τους πίνακες των διαφόρων εταιριών διαλέγει τον κατάλληλο ανεμιστήρα ή αντλία.

Η ενέργεια που χάνεται κατά την μεταφορά είναι ιδιαίτερα σημαντική σε συστήματα κλιματισμού, διότι αν και είναι μικρή σε μέγεθος είναι μεγάλη σε διάρκεια. Αυτό συμβαίνει γιατί όλες οι συσκευές μεταφοράς του νερού ή του αέρα λειτουργούν συνήθως σε πλήρες φορτίο (με εξαίρεση τα συστήματα μεταβλητής παροχής όγκου αέρα και τον πύργο ψύξης). Ενώ η ψυκτική μονάδα και ο λέβητας παρακολουθούν το ψυκτικό και θερμικό φορτίο και λειτουργούν ανάλογα σε πλήρες ή μερικό φορτίο. Αντίθετα οι ανεμιστήρες και οι αντλίες των εγκαταστάσεων κλιματισμού λειτουργούν τις περισσότερες ώρες χρήσης του κτιρίου σε πλήρες φορτίο. Αυτός είναι ο λόγος που σε πολλές περιπτώσεις καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια και από τις κεντρικές συσκευές του συστήματος κλιματισμού δηλαδή την ψυκτική μονάδα και το λέβητα.

Η διαπίστωση αυτή αν και ηχεί περίεργα, συχνά αγνοείται σε μελέτες για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης σε κτίρια. Επομένως η επιλογή συσκευών με χαμηλή κατανάλωση, υψηλό βαθμό απόδοσης και δυνατότητα ρύθμισης της παροχής για περιπτώσεις μερικού φορτίου είναι καθοριστική για την κατανάλωση ενέργειας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι η χρήση ανεμιστήρων και αντλιών με μεταβλητή παροχή εξασφαλίζει τη λειτουργία αυτών των συσκευών με υψηλό βαθμό απόδοσης και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας στις περιπτώσεις μερικού φορτίου.

Γενικά η διαδικασία επιλογής του μεγέθους ενός ανεμιστήρα δεν οδηγεί ποτέ σε μονοσήμαντη λύση. Συνήθως προκύπτουν τουλάχιστον δύο μεγέθη ανεμιστήρων, τα οποία πληρούν τις βασικές απαιτήσεις της εγκατάστασης (παροχή - στατική πίεση), έχουν όμως διαφορετικό βαθμό απόδοσης και απορροφούμενη ισχύ. Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή του μεγέθους πρέπει να δίνει τη βέλτιστη δυνατή λύση, τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική άποψη και να αποτελεί τη χρυσή τομή μεταξύ του αρχικού κόστους και του κόστους λειτουργίας. Θεωρητικά, το ιδανικό μέγεθος ανεμιστήρα είναι εκείνο με τη μεγαλύτερη απόδοση και το χαμηλότερο δυνατό επίπεδο θορύβου, για τον τύπο ανεμιστήρα που επιλέγεται. Το βέλτιστο όμως μέγεθος στην πράξη είναι συνήθως ένα ή δύο μεγέθη μικρότερο του ιδανικού, γιατί η επιλογή επηρεάζεται από τη δαπάνη αγοράς και το διαθέσιμο χώρο.

Για τη στάθμη του παραγόμενου θορύβου από έναν ανεμιστήρα πρέπει να τονιστεί ότι ελαττώνεται με την αύξηση του βαθμού απόδοσης. Κατά συνέπεια η επιλογή ενός μεγέθους ανεμιστήρα με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης, εκτός του ότι μειώνει την απορροφούμενη ισχύ και το κόστος λειτουργίας του ανεμιστήρα, έχει ως συνέπεια και τη μείωση της στάθμης του παραγόμενου θορύβου.

Οι ανεμιστήρες που χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό είναι κυρίως φυγοκεντρικοί, και σπάνια (σε ειδικές εφαρμογές) αξονικοί. Οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες χωρίζονται ανάλογα με την κλίση και το σχήμα των πτερυγίων τους σε τρεις κατηγορίες.

- 1) Ανεμιστήρες με πτερυγία με κλίση εμπρός

Οι ανεμιστήρες αυτού του τύπου λειτουργούν σε χαμηλό αριθμό στροφών και χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ανάγκη μεγάλων παροχών σε χαμηλές στατικές πίεσης. Η αποδοτικότερη λειτουργία τους είναι στο 40%-85% της ελεύθερης παροχής τους. Λειτουργία με παροχή λιγότερη του 45% φέρει τον ανεμιστήρα στην περιοχή της αστάθειας, ενώ μεγαλύτερη του 80% παράγει θόρυβο και έχει μεγάλη απορρόφηση ενέργειας

Η ισχύς που απορροφάται αλλάζει με τη μείωση της στατικής πίεσης για τις ίδιες στροφές. Συγκεκριμένα αν η αντίσταση του συστήματος πέσει η ισχύς που απορροφάται μεγαλώνει, με αποτέλεσμα να έχουμε υπερφόρτιση του κινητήρα που κινεί τον ανεμιστήρα.

Κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, αυτού του τύπου οι ανεμιστήρες μπορούν να λειτουργήσουν στην περιοχή αστάθειας χωρίς σοβαρό πρόβλημα

#### 2) Ανεμιστήρας με πτερύγια με κλίση πίσω

Ο τύπος αυτός του ανεμιστήρα έχει πτερύγια με κλίση προς τα πίσω ως προς την φορά περιστροφής. Η λειτουργία του χαρακτηρίζεται από υψηλή απόδοση και δυνατότητα μεγάλων παροχών σε μεγάλες στατικές πιέσεις.

Η αποδοτικότερη λειτουργία επιτυγχάνεται στο 40%-85% της ελεύθερης παροχής. Λειτουργία σε μικρότερο ή μεγαλύτερο ποσοστό αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας.

Μείωση της στατικής πίεσης δεν συνεπάγεται αύξηση της ισχύος.

#### 3) Αεροδυναμικοί ανεμιστήρες

Οι αεροδυναμικοί ανεμιστήρες έχουν πτερύγια με κλίση προς τα πίσω. Το σχήμα των πτερυγίων είναι αεροδυναμικό και η ροή ομαλότερη χωρίς δινορεύματα που παράγουν στροβιλισμό και θόρυβο.

Η αποδοτικότερη λειτουργία επιτυγχάνεται στο 50%-85% της ελεύθερης παροχής. [a.1],[a.2],[γ.49]



## 5.5. Συστήματα αυτοματισμού

Καθοριστικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας ενός συστήματος κλιματισμού έχει και το σύστημα αυτοματισμού της εγκατάστασης.

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος κλιματισμού γίνεται με τις λεγόμενες συνθήκες σχεδιασμού οι οποίες συνήθως αναφέρονται στις πιθανότερες ακραίες συνθήκες. Οι συνθήκες αυτές όμως συναντώνται για περιορισμένο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα το σύστημα να λειτουργεί σε μερικό φορτίο κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Με διάφορα συστήματα αυτοματισμού ελέγχεται η λειτουργία του συστήματος ώστε να προσαρμόζεται, κάθε φορά, στις εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος, αλλά και στις εσωτερικές συνθήκες του χώρου (όταν αυτές μεταβάλλονται, π.χ. αίθουσες θεάτρων).

Τα συστήματα αυτοματισμού «συμβουλευόνται» κατάλληλα αισθητήρια (θερμοστάτες, υγροστάτες, αισθητήρια καθαρότητας του αέρα κ.α.), και ενεργούν στο σύστημα, μέσω κατάλληλων διατάξεων. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται οι συνθήκες άνεσης με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση. Έτσι για παράδειγμα ελέγχοντας την καθαρότητα του εσωτερικού αέρα μειώνεται στο ελάχιστο η ποσότητα του εξωτερικού αέρα που απαιτείται.

Τα συστήματα αυτοματισμού διακρίνονται σε συστήματα άμεσου ελέγχου και σε συστήματα έμμεσου ελέγχου.

Ο άμεσος έλεγχος προϋποθέτει ότι η παρεχόμενη θερμική ή ψυκτική ενέργεια στους χώρους καλύπτει με μεγάλη ακρίβεια τα εμφανιζόμενα θερμικά ή ψυκτικά φορτία. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται με συσκευές ελέγχου σε κάθε χώρο του κτιρίου με διαφορετική συμπεριφορά φορτίου (θερμική ζώνη), η ακόμη καλύτερα σε κάθε χώρο του κτιρίου ξεχωριστά. Οι συσκευές ελέγχου συνήθως παρακολουθούν τη θερμοκρασία των χώρων αλλά σε πολλές περιπτώσεις και τη σχετική υγρασία ή την ποιότητα αέρα.

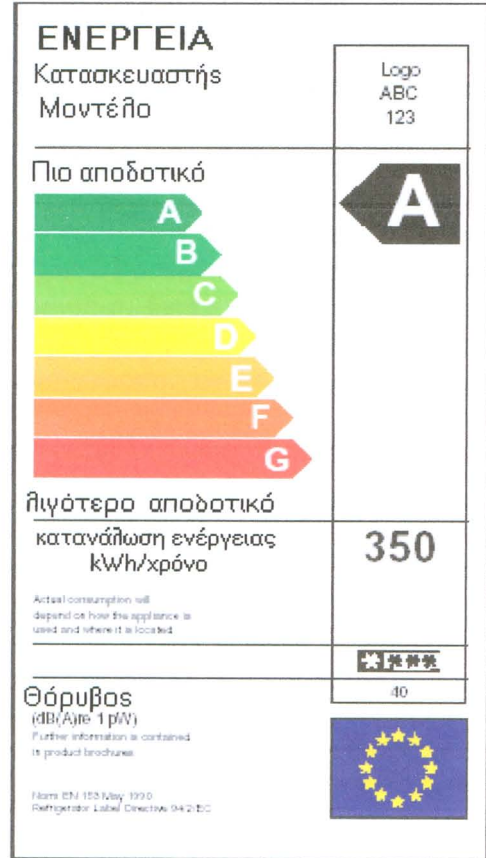
Στον έμμεσο έλεγχο η παρεχόμενη θερμική ή ψυκτική ενέργεια στους χώρους καθορίζεται συνήθως από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του κτιρίου σε κάποιο κεντρικό σημείο. Ο τρόπος αυτός συνήθως οδηγεί στην παροχή περισσότερης θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας από αυτή που απαιτείται με επακόλουθο τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.

Φυσικά, το σύστημα αυτοματισμού το οποίο εγκαθίσταται σε ένα κτίριο εξαρτάται και από τον τύπο και το μέγεθος του συστήματος κλιματισμού. Υπάρχουν συστήματα κλιματισμού στα οποία μπορεί να εγκατασταθεί σύστημα άμεσου ελέγχου και άλλα στα οποία δεν είναι εφικτό.

Η λειτουργία των συστημάτων αυτοματισμού αφορά την ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων και θα αναλυθεί περισσότερο στο κεφάλαιο 6. [7.23], [7.18]

### 5.6. Περιορισμός των θερμικών φορτίων από ηλεκτρικές συσκευές

Στο εσωτερικό κάθε κτιρίου λειτουργεί ένα σύνολο συσκευών και μηχανισμών που εξυπηρετούν τους χρήστες. Τα περισσότερα από αυτά καταναλώνουν ενέργεια και φορτίζουν θερμικά το χώρο.



Σχήμα 5.28-Ενδεικτικό έντυπο απόδοσης μιας ηλεκτρικής μηχανής. Η εταιρία υποχρεούται να δίνει πληροφορίες για την αποδοτικότητα του προϊόντος.

Η φόρτιση αυτή τον χειμώνα δεν επιβαρύνει το σύστημα θερμάνσεως-αερισμού. Το καλοκαίρι όμως, οι ηλεκτρικές αντιστάσεις των συστημάτων που λειτουργούν στο εσωτερικό των κλιματιζόμενων κτιρίων, δημιουργούν σοβαρή ενεργειακή επιβάρυνση.

Πρέπει λοιπόν ο προμηθευτής των συσκευών αυτών να ενημερώνει με κατάλληλα έντυπα για τον βαθμό απόδοσης, και την κατανάλωση ενέργειας αυτών. Και επίσης ο χρήστης να μάθει να απαιτεί παρόμοιες πληροφορίες και να μπορεί να της αξιολογεί να τις συγκρίνει με άλλες παρόμοιες συσκευές. Η σύγχρονη τεχνολογία αυξάνει συνέχεια την απόδοση των ηλεκτρικών συσκευών και σε πολλές περιπτώσεις προσφέρει ενδιαφέρουσες εναλλακτικές λύσεις.

Στο θέμα του φωτισμού π.χ. οι λαμπτήρες φθορισμού, και κυρίως οι σύγχρονοι λαμπτήρες υψηλής απόδοσης είναι λογικό να αντικαταστήσουν βαθμιαία όλους τους λαμπτήρες πυρακτώσεως πολύωρης λειτουργίας.

Ανάλογη προσοχή χρειάζεται και στην επιλογή οποιασδήποτε συσκευής μειωμένης κατανάλωσης ενέργειας. Αν και η δαπάνη αγοράς είναι σημαντικά υψηλότερη, είναι πιθανό να γίνει γρήγορα απόσβεση λόγω του χαμηλότερου κόστους λειτουργίας.

Η χρησιμοποίηση συσκευής χαμηλής κατανάλωσης σε ενέργεια, μπορεί να μειώσει σημαντικά το λειτουργικό κόστος μια εγκατάστασης δροσισμού. [α.1], [α.2]

## 5.7. Συντήρηση

Καθώς οι συσκευές κλιματισμού 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 έλεγχοι, οι οποίοι μπορούν να γίνονται εύκολα από τον ίδιο το χειριστή του συστήματος, όπως π.χ. ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας των αντλιών, των fan-coils και των συμπιεστών, των ιμάντων, 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.

Τα συστήματα που δε συντηρούνται κατάλληλα, καταναλώνουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για να επιτύχουν τα ίδια επίπεδα άνεσης.

Η συντήρηση στα συστήματα κλιματισμού μπορεί να γίνει από τον χρήστη ή και από κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό.

Τα βασικά είδη συντήρησης είναι:

1) Η προγραμματισμένη συντήρηση

Είναι η συντήρηση εκείνη που εκτελείται με βάση ένα προκαθορισμένο πρόγραμμα, π.χ. η εγκατάσταση σταματάει και γίνεται αντικατάσταση κάποιου στοιχείου της, ανεξάρτητα αν έχει έρθει η ώρα να υπάρχει αντικατάσταση του, γιατί έχει προγραμματιστεί ότι οι ώρες λειτουργίας του στοιχείου είναι αυτές που ήδη λειτούργησε.

2) Η προληπτική συντήρηση

Είναι η συντήρηση εκείνη που εκτελείται ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα ή ανά διαστήματα σύμφωνα με άλλα προκαθορισμένα κριτήρια. Η προληπτική συντήρηση στηρίζεται κυρίως στην επιθυμία να γίνει η μεγαλύτερη δυνατή εκμετάλλευση της διάρκειας ζωής των στοιχείων μιας εγκατάστασης με ταυτόχρονα αποφυγή σοβαρών βλαβών

3) Η συντήρηση με βάση τις τοπικές συνθήκες

Είναι η προληπτική συντήρηση εκείνη που προκύπτει σαν αποτέλεσμα της εμπειρίας και των συνεχών ελέγχων της λειτουργίας ενός τμήματος της εγκατάστασης.

4) Η συντήρηση κατά την λειτουργία.

Είναι η συντήρηση εκείνη που μπορεί να γίνει ενώ η εγκατάσταση βρίσκεται σε λειτουργία

5) Η συντήρηση κατά την διακοπή της λειτουργίας

Είναι η συντήρηση εκείνη που γίνεται μόνο όταν η εγκατάσταση βρίσκεται εκτός λειτουργίας

6) Η διορθωτική συντήρηση

Είναι εκείνη που γίνεται μόνο για αποκατάσταση ( συμπεριλαμβανομένων των ρυθμίσεων ή και της επισκευής) της καλής λειτουργίας ενός τμήματος της εγκατάστασης.

7) Η επείγουσα συντήρηση ανάγκης.

Είναι η συντήρηση εκείνη που πρέπει να γίνει αμέσως προς αποφυγή δυσάρεστων και σημαντικών επιπτώσεων ή βλαβών της εγκατάστασης



Είναι προφανές ότι κάθε είδος συντήρησης από τα παραπάνω έχει διαφορετικό κόστος σ' ένα κάποιο σημαντικό χρονικό διάστημα και η επιλογή του είδους συντήρησης που θα γίνει, μπορεί να διαφοροποιείται με την παλαίωση της εγκατάστασης.

Το προσωπικό συντήρησης θα πρέπει να έχει την κατάλληλη εξειδίκευση. Επίσης ο συντηρητής θα πρέπει να έχει στην διάθεση του σημαντικές πληροφορίες όπως τις προδιαγραφές της εγκατάστασης, τις χαρακτηριστικές καμπύλες απόδοσης μηχανημάτων και συσκευών, τα σχέδια της εγκατάστασης, τα λειτουργικά διαγράμματα των διαφόρων συστημάτων και άλλα.

Μαζί με την αγορά του συστήματος κλιματισμού θα πρέπει η αντίστοιχη εταιρία να προμηθεύει τον πελάτη με τα κατάλληλα εγχειρίδια συντήρησης.

Η συχνότητα των επιθεωρήσεων και των ελέγχων μιας εγκατάστασης καθορίζεται εμπειρικά και εξαρτάτε από τις ιδιαιτερότητες κάθε έργου. Φυσικά όσο πιο πολύ χρησιμοποιείται μια εγκατάσταση τόσο πιο συχνά θα πρέπει να γίνεται συντήρησης. Επίσης η συχνότητα συντήρησης εξαρτώνται από τις συνθήκες λειτουργίας και την ηλικία και κατάσταση των μηχανημάτων (όσο πιο παλιά είναι η κατασκευή τόσο μεγαλύτερες ανάγκες για συντήρηση έχει).

Παρακάτω γίνεται μια αναφορά στο είδος της συντήρησης που πρέπει να γίνεται στα διάφορα συστήματα επεξεργασίας και διαμονής του αέρα.

#### 1) Ανεμιστήρες:

Οι ανεμιστήρες απαιτούν συχνή συντήρηση. Τουλάχιστον μια φορά τον μήνα πρέπει να γίνεται έλεγχος του συστήματος μετάδοσης της κίνησης για πιθανή φθορά, κακή ευθυγράμμιση, ανάγκη λίπανσης κ.α.. Επιπλέον μια φορά τον χρόνο πρέπει να γίνεται ένας σχολαστικός έλεγχος και καθαρισμός του κελύφους και της πτερωτής του ανεμιστήρα.

#### 2) Φίλτρα:

Τα φίλτρα πρέπει να διατηρούνται καθαρά ώστε η παροχή της μονάδας να βρίσκεται μέσα στα επιθυμητά όρια. Η συντήρηση των φίλτρων θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, ιδίως στην περίπτωση των αυτόματων φίλτρων η ηλεκτροστατικών φίλτρων.

Στα φίλτρα αέρα στο δίκτυο των αεραγωγών μπορεί να τοποθετηθεί και αλατιμ πτώσης πίεσης που να καλεί τον τεχνίτη συντήρησης.

Σημαντικός είναι και ο τακτικός καθαρισμός των φίλτρων νερού στα δίκτυα νερού. Ένα φίλτρο νερού με ρύπους μπορεί να προκαλέσει και καταστροφή του τσίλερ με πάγωμα της εγκατάστασης (αν ο θερμοστάτης ασφαλείας δεν λειτουργήσει).

#### 3) Στοιχεία:

Η επιφάνεια των θερμαντικών και ψυκτικών στοιχείων πρέπει να καθαρίζεται τακτικά, ώστε να μην υπάρχει μείωση της απόδοσης τους. Επίσης η επιφάνεια πρέπει να ελέγχεται για πιθανές οξειδώσεις ή ενδεχόμενες διαρροές. Άμα φυσικά παρέλθει η διάρκεια ζωής τους θα πρέπει να αντικατασταθούν.

#### 4) Υγραντήρες:

Οι υγραντήρες πρέπει να ελέγχονται κάθε βδομάδα. Θα πρέπει να λειτουργούν με ακρίβεια όλα τα εξαρτήματα του υγραντήρα (ακροφύσια , φίλτρα κ.α.)

#### 5) Δίκτυα αεραγωγών :

Τα δίκτυα αεραγωγών πρέπει να ελέγχονται μια φορά το χρόνο για ενδεχόμενη ρύπανση, για καταστροφή μονώσεων, για χαλάρωση στηριγμάτων , για καταστροφή μονώσεων, για διαρροές στα εύκαμπτα τεμάχια σύνδεσης, για γήρανση παρεμβυσμάτων στεγανότητας κλπ. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα στόμια λήψης νωπού αέρα και στα στόμια απόρριψης και στα ρυθμιστικά διαφράγματα.

#### 7) Δίκτυα σωληνώσεων:

Τα δίκτυα σωληνώσεων θα πρέπει να ελέγχονται για διαρροές και για εξωτερικές οξειδώσεις ή άλλες διαβρώσεις, ιδίως στα σημεία που είναι κοντά σε μηχανήματα που έχουν κραδασμούς. Επίσης πρέπει να ελέγχονται περιοδικά τα φίλτρα, και οι βαλβίδες των αντλιών.

#### 8) Όργανα αυτοματισμού και ηλεκτρικά όργανα:

Οι κινητήρες και τα διάφορα ηλεκτρικά όργανα διακοπής και προστασίας πρέπει να ελέγχονται και να καθαρίζονται περιοδικά. Τα όργανα αυτοματισμού πρέπει να ελέγχονται κάθε χρόνο κάνοντας μια σειρά δοκιμών λειτουργίας, κατά τις οποίες θα ελέγχονται η καλή λειτουργία όλων των ρυθμιστικών διαφραγμάτων, των βαλβίδων κ.α.

9) Ψυκτικά μηχανήματα:

Πολλά προβλήματα στα συστήματα κλιματισμού οφείλονται σε βλάβες στα ψυκτικά συγκροτήματα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη λίπανση του συμπιεστή. Επίσης πρέπει να γίνεται τακτική συντήρηση στις βαλβίδες εκτόνωσης, στους ρυθμιστές πίεσης και σε άλλα εξαρτήματα ελέγχου.

10) Συμπυκνωτές και εναλλάκτες θερμότητας:

Η συντήρηση των στοιχείων αυτών θα πρέπει να γίνεται τακτικά. Τα διάφορα τμήματά τους θα πρέπει να καθαρίζονται τακτικά από τις ακαθαρσίες. Επίσης θα πρέπει να γίνεται έλεγχος του βαθμού απόδοσής τους με βάση τις θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου.

11) Έλεγχος της σωστής ποσότητας ψυκτικού ρευστού στα ψυκτικά συγκροτήματα.:

Κατά την λειτουργία του κλιματιστικού μικρές ποσότητες ψυκτικού ρευστού διαρρέουν από το δίκτυο. Όταν το κλιματιστικό έχει πολλές ώρες λειτουργίας ή κάποια βλάβη στο δίκτυο σωληνώσεων του ψυκτικού οι απώλειες αυτές είναι αρκετά σημαντικές. Αποτέλεσμα είναι η συσκευή να λειτουργεί με μειωμένη απόδοση άρα να υπέρ-καταναλώνει ενέργεια. Συνεπώς πρέπει να γίνεται έλεγχος ώστε η ποσότητα του ψυκτικού ρευστού να είναι η επιθυμητή. [6.5], [α.4]

## 5.8. Συμπεριφορά του χρήστη

Σημαντικός παράγοντας, σε κάθε προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας σ' ένα κτίριο, είναι η συμπεριφορά του χρήστη.

Η «οικονομική» συμπεριφορά κάθε χρήστη, πρέπει να βασίζεται στη γνώση και τη συνειδητή συμμετοχή σε μια προσπάθεια που έχει σαν στόχο να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας. Η συμπεριφορά αυτή είναι χαρακτηριστικό κοινωνικά ευαισθητοποιημένου ατόμου.

Φυσικά δεν πρέπει ο χρήστης να φθάνει και σε ακρότητες εις βάρος των συνθηκών άνεσης. Παρακάτω φαίνονται ορισμένες ενέργειες με τις οποίες ο χρήστης του κτιρίου μπορεί να συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας.

1) Όπως έχει αναφερθεί η καλή λειτουργία του συστήματος κλιματισμού βασίζεται σε ρυθμίσεις, προληπτική συντήρηση και άμεση επισκευή ή αντικατάσταση φθαρμένων ή ελαττωματικών τμημάτων. Είναι αυτονόητο ότι η υλοποίηση αυτών των αρχών βασίζεται στη βούληση των χρηστών και την ανάληψη των σχετικών δαπανών.

Η παρατήρηση αυτή, όσο και αν φαίνεται αυτονόητη, συνδέεται με μια απαράδεκτη πραγματικότητα. Οι χρήστες γενικά δυστροπούν σε κάθε προσπάθεια έγκαιρης αντικατάστασης φθαρμένων εξαρτημάτων και μηχανισμών, με τη βεβαιότητα ότι ο συντηρητής αποβλέπει σε αθέμιτο κέρδος. Έτσι στις περισσότερες εγκαταστάσεις, γίνονται αντικαταστάσεις συσκευών και εξαρτημάτων, μόνο όταν διακοπεί λόγω βλάβης η λειτουργία τους.

2) Η γνώση των χρονικών ορίων μέσα στα οποία εμφανίζονται τα μέγιστα φορτία, είναι αναγκαία για τον χρήστη. Πρέπει η πολιτεία να περάσουν στον κόσμο μερικές βασικές αρχές εξοικονόμησης ενέργειας. Για παράδειγμα πρέπει ο χρήστης να ξέρει ότι ο αερισμός της κλιματιζόμενης κατοικίας το καλοκαίρι γίνεται νωρίς το πρωί ή αργά το βράδυ και όχι το μεσημέρι με τις μέγιστες εξωτερικές θερμοκρασίες. Αντίθετα το χειμώνα πρέπει να γίνεται τις μεσημβρινές ώρες.

3) Πρέπει να ενημερώνεται ο χρήστης για τις θερμοκρασίες ανέσεως το χειμώνα (20-21°C) και το καλοκαίρι (26-28°C) και να προσπαθεί να μην υπερβαίνει κατά πολύ αυτά τα όρια. Κάθε απόκλιση από αυτά τα όρια συνιστάται υπερκατανάλωση ενέργεια, αλλά και εκθέτει τους χρήστες σε επικίνδυνες διακυμάνσεις θερμοκρασίας κατά την είσοδο και έξοδο τους στο χώρο.

4) Τα προστατευτικά πετάσματα ή παραθυρόφυλλα των ανοιγμάτων, είναι εργαλεία ρυθμίσεως του ηλιασμού και εν μέρει της αντιδράσεως του ανέμου στους χώρους. Η σωστή χρησιμοποίηση τους επιτρέπει σημαντική εξοικονόμησης ενέργειας.

Γενικότερα πρέπει ο απλός πολίτης να καταλάβει το ενεργειακό πρόβλημα που υπάρχει και υιοθετήσει μια «ενεργειακή συμπεριφορά» στον τρόπο που διαχειρίζεται την ενέργεια. Μόνο έτσι όλα τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνει ο μελετητής θα αποφέρουν καρπούς. [α.1]



## 5.9. Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας στον κλιματισμό

Οι Τρόποι Εξοικονόμησης Ενέργειας (Τ.Ε.Ε.) αφορούν επεμβάσεις στο κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις ενός κτιρίου και μπορούν να επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτό. Τους τρόπους αυτούς μπορούμε ανάλογα με το κόστος εφαρμογής τους να τους κατατάσσουμε στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Τ.Ε.Ε. χαμηλού κόστους. Περιλαμβάνουν μέτρα χωρίς ειδική χρηματοδότηση ή επένδυση κεφαλαίου. Τα μέτρα αυτά μπορούν και πρέπει να εφαρμόζονται σε τακτική βάση και αφορούν την συνήθη λειτουργία και συντήρηση του κτιρίου. Σχετίζονται άμεσα με την συμπεριφορά του χρήστη του κτιρίου.
- Τ.Ε.Ε. μεσαίου κόστους . Πρόκειται περί επεμβάσεων που μπορούν να χρηματοδοτηθούν από τον υπάρχοντα ετήσιο προϋπολογισμό της διαχείρισης του κτιρίου. Το κόστος των επεμβάσεων αυτών αποπληρώνεται συχνά μέσα στο χρόνο ή το πολύ σε δύο χρόνια.
- Τ.Ε.Ε. υψηλού κόστους. Είναι εκείνοι οι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας που απαιτούν επεμβάσεις μεγάλου κεφαλαίου λόγω του σημαντικού αρχικού κόστους για την εφαρμογή τους και της μέσης ή μακράς περιόδου αποπληρωμή τους. Απαιτούν ειδική τεχνοοικονομική μελέτη αξιολόγησης.

Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά οι συνηθέστεροι και οι πιο ενδεδειγμένοι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας στον κλιματισμό και αφορούν τόσο το κέλυφος του κτιρίου όσο και το ψυκτικό συγκρότημα και τα δίκτυα διαμονής των ρευστών.

### 5.9.1. Κτιριακό κέλυφος

- Τρόποι εξοικονόμησης χαμηλού κόστους:

- 1) Έλεγχος της χρήσης και του εξοπλισμού επαναφοράς (παραθύρων και θυρών) μεταξύ χώρων που βρίσκονται σε διαφορετικές θερμικές συνθήκες.
- 2) Ορθολογική λειτουργία υφιστάμενων διατάξεων σκίασης σε σχέση με την αποχή και τον προσανατολισμό του εκτεθειμένου, στην ηλιακή ακτινοβολία, ανοίγματος.
- 3) Έλεγχος και επισκευή ρωγμών πλαισίων ανοιγμάτων , ρηγμάτων τοιχοποιίας, χαλασμένων μηχανισμών ανοιγμάτων , φθαρμένων στοιχείων θερμομόνωσης και σφραγίσματος αρμών.
- 4) Κλείσιμο διόδων θερμικής ροής σε φρεάτια και κλιμακοστάσια
- 5) Συστηματική χρήση θερμικής των ανοιγμάτων, ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας, για ενίσχυση του φυσικού αερισμού-δρυσισμού στις θερμές περιόδους του χρόνου

- Τρόποι εξοικονόμησης μεσαίου κόστους:

- 1) Σφράγισμα αρμών πλαισίων με ειδικές θερμομονωτικές ταινίες για αεροστεγάνωση των ανοιγμάτων.
- 2) Κατάργηση περιττών ανοιγμάτων με ταυτόχρονη θερμική προστασία των επιφανειών που καλύπτουν για αποφυγή των περιττών θερμικών απωλειών και της θάμβωσης.
- 3) Κάλυψη άχρηστων θυρών με ταυτόχρονη θερμική προστασία των επιφανειών που καλύπτουν.
- 4) Αντικατάσταση ραγισμένων ή σπασμένων υαλοπινάκων με νέους πιθανά διπλούς.
- 5) Εφαρμογή έγχρωμων και ανακλαστικών φιλμ ή τοπικών διατάξεων εσωτερικής σκίασης (περσίδες, κουρτίνες) σε ανοίγματα με ανεπιθύμητα υψηλό ηλιακό κέρδος

- 6) Εφαρμογή μηχανισμών αυτόματης επαναφοράς θυρών.
- 7) Αντικατάσταση κούφιων μεταλλικών θυρών με σημαντικές θερμογέφυρες, με άλλες νέου σχεδιασμού από υλικά με ειδική προστασία και μικρότερη θερμοπερατότητα.
- 8) Προσθήκη θερμομονωτικού στρώματος σε τμήματα της εξωτερικής τοιχοποιίας που βρίσκονται πίσω από θερμαντικά σώματα κεντρικής θέρμανσης.

•Τρόποι εξοικονόμησης υψηλού κόστους:

- 1) Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, οροφής, δαπέδων , pilotis.
- 2) Θερμομόνωση θερμογεφυρών (υποστυλώματα. Δοκοί , τοίχοι κ.λ.π.)
- 3) Αντικατάσταση υφιστάμενων ανοιγμάτων (πλαίσια, υαλοπίνακες) με νέα βελτιωμένων θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων.
- 4) Μείωση του θερμαινόμενου-κλιματιζόμενου όγκου σε χώρους με υπερβολικό ύψος (ένταξη ψευδοροφών)
- 5) Εφαρμογή εξωτερικών σταθερών ή κινητών διατάξεων σκίασης (τέντες, παντζούρια, κατακόρυφα ή οριζόντια σκιάστρα κ.λ.π.).
- 6) Προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και φωτισμού (τοίχοι μάζας Trombe, θερμοσιφωνικά πανέλα, ηλιακοί χώροι-θερμοκήπια, ράφια ανοιγμάτων για φυσικό φωτισμό, αγωγοί φυσικού φωτός κ.λ.π.)

### 5.9.2. Ψυκτικό συγκρότημα κλιματισμού

•Τρόποι εξοικονόμησης χαμηλού κόστους:

- 1) Περιοδική συνήθης συντήρηση συγκροτήματος. Καθαρισμός και επισκευή της πλήρωσης του πύργου ψύξης, των επιφανειών εναλλακτών θερμότητας, των περσίδων αέρα κ.α. Αποκατάσταση διαρροών ψυκτικού υγρού.
- 2) Αύξηση του θερμοκρασιακού ορίου ψύξης του νερού στον ψύκτη και της πίεσης αναρρόφησης του αερίου ψυκτικού μέσου (σε συγκρότημα απευθείας εκτόνωσης), ως τις τιμές επαρκούς , για την άνεση στους χώρους ψύξης και αφύγρανσης του αέρα.
- 3) Μείωση του θερμοκρασιακού ορίου του νερού συμπύκνωσης στον συμπυκνωτή και της πίεσης συμπύκνωσης (σε συγκρότημα απευθείας εκτόνωσης), μέσω α) αύξησης της παροχής αέρα των ανεμιστήρων στον αερόψυκτο συμπυκνωτή ή στον πύργο ψύξης υδρόψυκτου συγκροτήματος. β) αύξηση της παροχής νερού στον πύργο ψύξης, γ) τροποποίηση των ρυθμίσεων των διατάξεων ελέγχου για πιο συνεχή λειτουργία του ψύκτη-συμπυκνωτή και δ) της μετακίνησης του συμπυκνωτή πλησιέστερα στο σημείο του συμπιεστή (μείωση ενεργειακών αναγκών για άντληση)
- 4) Παύση λειτουργίας βοηθητικού εξοπλισμού, συγκροτημάτων διακοπτόμενης λειτουργίας, σε στιγμές όπου αυτός δεν απαιτείται (κυκλοφορητές νερού ψύκτη και συμπυκνωτή, θερμαντικές αντιστάσεις κ.λ.π.)
- 5) Κυκλική εναλλαγή στη λειτουργία πολλαπλών συγκροτημάτων σε σχέση με τη μεταβολή των ψυκτικών φορτίων.
- 6) Έλεγχος και συντήρηση διατάξεων απόψυξης και βαλβίδας εκτόνωσης αντλιών θερμότητας.

•Τρόποι εξοικονόμησης μεσαίου κόστους:

- 1) Καθαρισμός αυλών συμπυκνωτή σε υδρόψυκτα συγκροτήματα
- 2) Αναδιάταξη υδραυλικής συνδεσμολογίας (παράλληλα ή σε σειρά) μερών συγκροτημάτων μεταξύ τους (ψύκτες, συμπιεστές, εξατμιστές/συμπυκνωτές) ώστε να εξισορροπούνται τα

κέρδη κατανάλωσης ισχύος συμπίεστή με το ενεργειακό κόστος για άντληση, σε κεντρικά συστήματα με πολλές μονάδες.

•Τρόποι εξοικονόμησης υψηλού κόστους.

1) Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στο κύκλωμα του νερού ψύξης του συμπυκνωτή ή της θερμής γραμμής ψυκτικού μέσου για ανάκτηση θερμότητας

3) Ατμοσφαιρική ψύξη νερού κλιματισμού (μόνο από τον εξωτερικό ψυχρό αέρα), μέσω εξωτερικού εναλλάκτη ή εσωτερικών στοιχείων στην κεντρική κλιματιστική μονάδα αέρα, σε κτίρια με απαιτήσεις χειμερινού κλιματισμού σε περιοχές με πολύ ψυχρούς χειμώνες.

4) Εγκατάσταση κεντρικού αυτόματου συστήματος βελτιστοποίησης της συνολικής λειτουργίας του συγκροτήματος

5) Χρήση φυσικών πηγών νερού για τον κύκλο συμπύκνωσης (ποταμοί, λίμνες)

6) Χρήση ξηραντικού υλικού από χαλαζία για την μείωση της υγρασίας των ρευμάτων αέρα. Αυτό συνεπάγεται μείωση του λανθάνοντος ψυκτικού φορτίου άρα και την αύξηση της απαιτούμενης θερμοκρασίας του μέσου που χειρίζεται αυτό το φορτίο.

7) Εγκατάσταση συστήματος βραχυχρόνιας ή μεσοχρόνιας αποθήκευσης ψυχρού νερού ή πάγου για εκμετάλλευση νυχτερινών ηλεκτρικών τιμολογίων μειωμένης χρέωσης

8) Παραγωγή ψυχρού νερού σε ψύκτες απορροφητικού κύκλου με χρήση ανακτόμενης θερμότητας, φυσικού αερίου ή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή ενέργεια, βιομάζα).

9) Ενσωμάτωση αποδοτικότερων διατάξεων ελέγχου για την βελτίωση της αποδιδόμενης από το συγκρότημα ψυκτικής ισχύος στη λειτουργία του σε μερικά φορτία . (έλεγχος μεταβολής ταχύτητας, αποφόρτιση κυλίνδρου, έλεγχος γωνίας βαλβίδων, έλεγχος λειτουργίας κυκλοφορητών και ανεμιστήρων)

10) Αντικατάσταση βοηθητικής πηγής ενέργειας (π.χ. πετρέλαιο σε λέβητα, ηλεκτρική αντίσταση), σε εγκαταστάσεις με αντλίες θερμότητας και άλλο σύστημα , με οικονομικότερη και/ή αποδοτικότερη πηγή και ταυτόχρονα τροποποίηση α) του καθεστώτος λειτουργίας των αντλιών ώστε να καλύπτουν αυτές το φορτίο βάσης και β) του συστήματος ελέγχου έναυσης-παύσης του βοηθητικού συστήματος.

### 5.9.3 Δίκτυα διαμονής ρευστών κλιματισμού.

#### 5.9.3.1. Συστήματα ελέγχου περιβαλλοντικών συνθηκών κλιματιζόμενων χώρων.

•Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας χαμηλού κόστους.

1) Διατήρηση των κατάλληλων ρυθμίσεων όλων των θερμοστατών και υγροστατών χώρου

2) Προσαρμογή ρυθμίσεων ελεγκτών θερμοκρασίας για εξοικονόμηση ενέργειας κατά την διάρκεια περιόδων μη κατοίκησης κύριων χώρων και σε ακατοίκητους χώρους.

3) Παύση εξοπλισμού αερισμού και αφύγρανσης σε περιόδους μη κατοίκησης χώρων (Κλείσιμο διαφραγμάτων )

4) Προσαρμογή ιμάντων ανεμιστήρων αερισμού

•Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας μεσαίου κόστους

1) Προθέρμανση ή πρόψυξη χωρίς την εισαγωγή νωπού αέρα με επιπλέον θερμικό φορτίο σε συστήματα με economizers ή χωριστό σύστημα εξαερισμού

2) Μεταβολή της παροχής αερισμού, σε κτίρια με έντονα μεταβαλλόμενο προφίλ κατοίκησης, μέσω α) ρύθμισης των διαφραγμάτων, β) στραγγαλισμού της παροχής του ανεμιστήρα, γ)



ελέγχου των στροφών του κινητήρα, δ) μηχανικού ελέγχου στροφών, ε) ένταξης περυγίων ανεμιστήρων με μεταβλητό βήμα κ.λ.π.

3) Αντικατάσταση συνδέσμων, μηχανισμών ή συνόλου ρυθμιστικών διαφραγμάτων αέρα (mixing dampers) για την αποφυγή διαρροών αέρα.

4) Εγκατάσταση θερμοστατικών βαλβίδων σε σώματα

5) Εγκατάσταση κύκλου economizer σε κεντρικές κλιματιστικές μονάδες με ικανότητα διαμονής 100% νωπού αέρα.

6) Εγκατάσταση ακριβέστερων θερμοστατών χώρου

7) Απομάκρυνση ή ανατοποθέτηση μετά το κιβώτιο μίξης, του στοιχείου προθέρμανσης κεντρικής κλιματιστικής μονάδας σε περιπτώσεις αναβάθμισης του συστήματος για να χρειάζεται μεγαλύτερες ποσότητες αέρα επιστροφής.

•Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας υψηλού κόστους

1) Μετατροπή συστημάτων διαμονής με τελική αναθέρμανση (terminal reheat) με διπλό αγωγό θερμού-ψυχρού αέρα (dual duct) σε συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα (VAV). Αντικατάσταση στοιχείων αναθέρμανσης (ή νέα προσθήκη) με κιβώτια VAV ελέγχου, μετατροπή κιβωτίων dual duct σε λειτουργία με δύο κινητήρες ή απενεργοποίηση θερμού αγωγού με τροποποίηση του ψυχρού αγωγού.

2) Εγκατάσταση ανεμιστήρων και αεραγωγών για ενίσχυση της κίνησης και μίξης αέρα μεταξύ διαφορετικών θερμικών ζωνών (π.χ. μεταξύ θερμοκηπίου και δωματίου)

3) Εγκατάσταση σύγχρονου κεντρικού συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS) με ολοκληρωμένες δυνατότητες άμεσου ψηφιακού ελέγχου μέσω περιφερειακών ηλεκτρονικών μονάδων συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων. (πιθανά σε συνδυασμό με τη λειτουργία και άλλων ενεργειακών συστημάτων π.χ. φωτισμού)

### 5.9.3.2. Δίκτυο σωληνώσεων

•Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας χαμηλού κόστους

1) Έλεγχος και συντήρηση για αποφυγή εισόδου αέρα στο δίκτυο και διαρροών σε σωλήνες, δεξαμενές, βαλβίδες και αντλίες

2) Παύση κυκλοφορητών όταν δεν απαιτείται η λειτουργία τους.

3) Καθαρισμός και αντικατάσταση φίλτρων

•Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας μεσαίου κόστους

1) Υδραυλική εξισορρόπηση δικτύου μέσω α) της ρύθμισης ή αντικατάστασης βαλβίδων σε κύριους συλλέκτες και κλάδους και της προσαρμογής των βαλβίδων των σωμάτων και β) της εγκατάστασης ρυθμιστικών βαλβίδων αυτομάτου ελέγχου της παροχής.

2) Επισκευή ή αναβάθμιση θερμομόνωσης σωλήνων και δεξαμενών

3) Μείωση της παροχής σε περιπτώσεις α) υπερδιαστασιοποιημένων συστημάτων, β)μείωσης φορτίων, γ)αυξημένης θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ των γραμμών προσαγωγής και επιστροφής (στραγγαλισμός ροής, αυτόματες ρυθμιστικές βαλβίδες, μείωση στροφών ή αντικατάσταση κυκλοφορητή)

4) Υδραυλικός διαχωρισμός δικτύου

• Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας υψηλού κόστους

- 1) Εγκαταστάσεις ξεχωριστών κυκλοφορητών σε κυκλώματα με σημαντικές διαφορές πτώσης πίεσης ή σε ζώνες με πολύ διαφορετικές απαιτήσεις.
- 2) Εγκατάσταση πολλών κυκλοφορητών ελεγχόμενων εν παραλλήλω ή ένας κυκλοφορητής με έλεγχο στροφών για άντληση σε βαθμίδες ανάλογα με το φορτίο
- 3) Υδραυλικός διαχωρισμός για εξισορρόπηση του δικτύου μέσω συλλέκτη υδραυλικού διαχωρισμού έτσι ώστε ρυθμίσεις σε έναν κλάδο να μην επιφέρουν αλλαγές στο υπόλοιπο δίκτυο.
- 3) Αφαίρεση άχρηστων τμημάτων δικτύου σε τροποποιημένα στο παρελθόν δίκτυα.

### 5.9.3.3. Δίκτυο αεραγωγών

• Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας χαμηλού κόστους

- 1) Καθαρισμός πτερυγίων μεγάλων φυγοκεντρικών ανεμιστήρων
- 2) Συντήρηση κινητηρίων μερών (συγχρονισμός φορτίου κινητήρα με τη μετάδοση, προσαρμογή και αντικατάσταση μάντων κίνησης)
- 3) Καθαρισμός και αντικατάσταση φίλτρων αέρα

• Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας μεσαίου κόστους

- 1) Εξισορρόπηση δικτύου για την επίτευξη της ορθής παροχής αέρα στους χώρους
- 2) Μείωση της παροχής σε περιπτώσεις α) υπερδιαστασιοποιημένων συστημάτων, β) μείωσης φορτίων, γ) αυξημένης θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ των γραμμών προσαγωγής και επιστροφής (στραγγαλισμός ροής αέρα, προσαγωγή νέων ράουλων σε κινητήρες ανεμιστήρων, μείωση στροφών ή κυκλική λειτουργία ανεμιστήρων)
- 3) Μείωση πτώσεων πίεσης σε εγκαταστάσεις με πιέσεις λειτουργίας πάνω από 200 Pa , μέσω α) της αφαίρεσης βρώμικων μπλοκαρισμένων φίλτρων και κατεστραμμένων, από φερτά κομμάτια, πτερυγίων στοιχείων, β) του ανοίγματος διαφραγμάτων στη διεύθυνση της ροής, γ) της εγκατάστασης βαλβίδων σε δύσκολες καμπές δ) της διαστολής στενών περασμάτων και ε) της αντικατάστασης μεγάλων εύκαμπτων τμημάτων με σταθερά
- 4) Επισκευή σημείων διαρροών αέρα
- 5) Μείωση ισχύος κινητήρων ανεμιστήρων σε υπερδιαστασιοποιημένα συστήματα (εγκατάσταση μικρότερων)
- 6) Επισκευή ή αναβάθμιση θερμομόνωσης αεραγωγών
- 7) Εγκατάσταση διαφραγμάτων αποτροπής της εξαγωγής στο περιβάλλον ωφέλιμου σε θερμική ισχύ ρεύματος αέρα κατά τη διάρκεια της μη λειτουργίας των ανεμιστήρων. [8.1]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

### 6.1. Ενεργειακή διαχείριση κτιρίων (BEMS)

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται ραγδαία μια νέα τεχνολογία, που αποσκοπεί στον ολοκληρωτικό έλεγχο των διαδικασιών λειτουργίας και των εγκαταστάσεων των κτιρίων, με σκοπό την καλύτερη εξυπηρέτηση, την άνεση, την ασφάλεια και τη μείωση του λειτουργικού κόστους.

Η εφαρμογή ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης σε ένα μεγάλο κτίριο ή κτιριακό συγκρότημα (building energy management system-BEMS), αποτελεί μια από τις δυνατότητες-μέτρα που μπορούν να επιφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτό.

Η ιδέα ξεκίνησε από την επέκταση του αυτοματισμού στις διάφορες λειτουργίες και εγκαταστάσεις και την ανάπτυξη κώδικα συστημάτων οδηγιών για τον τρόπο και τον χρόνο έναρξης και διακοπής διαφόρων λειτουργιών.

Η πρώτη μορφή των συστημάτων ήταν προσανατολισμένη στην παρακολούθηση και έλεγχο των κεντρικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξεως και κλιματισμού. Τα συστήματα αυτά, χρησιμοποιούσαν κοινά αισθητήρια θερμοκρασίας, υγρασίας κ.α., και σε συνδυασμό με εξειδικευμένα συστήματα ελέγχου (τοπικοί ελεγκτές ειδικών λειτουργιών), εξασφάλιζαν τις κατάλληλες θερμοκρασιακές συνθήκες, απαιτώντας την ελάχιστη δυνατή ενέργεια. Τα πρώτα συστήματα ήταν αναλογικά ή υβριδικά και χρησιμοποιούνταν σε συνδυασμό με πνευματικούς κινητήρες.

Η ραγδαία ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, είχε σαν άμεσο αποτέλεσμα τη σταδιακή αντικατάσταση των υβριδικών και πνευματικών συστημάτων ελέγχου με ψηφιακά, τα οποία προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες, υψηλότερη αξιοπιστία και μικρότερο κόστος. Αναπτύχθηκε έτσι μια σειρά προϊόντων υψηλών προδιαγραφών, κατάλληλων τόσο για τον έλεγχο των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, όσο και για την παρακολούθηση οποιασδήποτε άλλης κτιριακής εγκατάστασης.

Επιτυχείς εφαρμογές τέτοιων συστημάτων έχουν επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως 20%-50%. Επιπλέον η μείωση στις τιμές των συστημάτων αυτών, κάνει ελκυστική τη χρήση τους σε κτίρια μεσαίου και μικρού μεγέθους. [12]

Η κεντρική φιλοσοφία των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης είναι:

1) Εποπτεία όλων η μερικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, ώστε κάθε στιγμή να είναι γνωστή η κατάσταση τους.

2) Έλεγχος ώστε κάθε στιγμή να είναι δυνατή η άμεση λήψη αποφάσεων και ενεργειών, για όλο το κτίριο. Οι ενέργειες αυτές μπορεί να είναι προκαθορισμένες στο κεντρικό σύστημα ελέγχου ή να λαμβάνονται στιγμιαία από τον χειριστή του συστήματος, μετά από κατάλληλες ενδείξεις από το κομμάτι της εποπτείας (π.χ. περίπτωση βλάβης).

Μέσω των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης ελέγχονται όλοι οι παράγοντες που μπορούν να συμβάλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας που δαπανάται για την διατήρηση κατάλληλων συνθηκών εσωκλίματος. Πιο συγκεκριμένα:

Έλεγχος του συστήματος θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού. Με τη σύγκριση της διαφοράς εξωτερικής θερμοκρασίας με την απαιτούμενη θερμοκρασία χώρου λαμβάνονται αποφάσεις για την λειτουργία λεβήτων, ψυκτών, κλιματιστικών μονάδων, αεραγωγών, ανεμιστήρων, αντλιών και οποιασδήποτε άλλης συσκευής εμπλέκεται στο σύστημα κλιματισμού. Υπάρχει και η δυνατότητα προγραμματισμού του συστήματος σε ημερησία, εβδομαδιαία και ετησία βάση, με διαφορετικά προγράμματα λειτουργίας. Ειδικά προγράμματα αναλαμβάνουν την ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης ενέργειας, την κυκλική εναλλαγή της λειτουργίας των εγκαταστάσεων, τη βέλτιστη εκκίνηση, σταμάτημα της εγκατάστασης προκειμένου να διατηρηθούν οι απαιτούμενες θερμοκρασιακές συνθήκες.

Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου του συστήματος φωτισμού, ηλεκτρικών συσκευών, κινητών διατάξεων σκίασης, θυρών και παραθύρων και άλλων παραγόντων με στόχο την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Τέλος υπάρχει και η δυνατότητα ελέγχου της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου κατά τέτοιο τρόπο ώστε αν μην ξεπερνάει κάποιο καθορισμένο όριο.

3) Συγκέντρωση και καταγραφή πληροφοριών, σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα (ημέρα, εβδομάδα, χρόνο), ώστε να ληφθούν οι βέλτιστες αποφάσεις για τη λειτουργία του κτιρίου.

4) Ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας του κτιρίου, που επιτυγχάνεται με τη συνεχή παρακολούθηση όλων των εγκαταστάσεων. Βελτιστοποιείται έτσι λειτουργία των εγκαταστάσεων, εξασφαλίζοντας την ελάχιστη κατανάλωση σε ενεργειακούς πόρους (ηλεκτρική ενέργεια, καύσιμα), χωρίς ταυτόχρονα να επηρεάζεται η άνεση των ανθρώπων που στεγάζονται στο κτίριο. Από στατιστικές μελέτες έχει υπολογιστεί ότι το κόστος του συστήματος αποσβένεται σε ένα-δύο χρόνια.

5) Βελτιστοποίηση των συνθηκών διαβίωσης στο κτίριο, που επιτυγχάνεται με τη συνεχή παρακολούθηση και σύγκριση των εσωτερικών θερμοκρασιών συνθηκών με τις εξωτερικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Λαμβάνονται έτσι οι βέλτιστες αποφάσεις για την εσωτερική θερμοκρασία των χώρων, την απαραίτητη υγρασία και για το βέλτιστο αερισμό του κτιρίου.

6) Χρονικός προγραμματισμός της λειτουργίας των εγκαταστάσεων, ώστε αυτές να λειτουργούν όταν απαιτείται και για όσο χρόνο απαιτείται, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας. Με τον χρονικό προγραμματισμό των εγκαταστάσεων, εξασφαλίζεται η αυτόνομη λειτουργία τους, ακόμα και όταν δεν παρευρίσκεται το απαραίτητο προσωπικό.

7) Βελτιστοποίηση του προγράμματος συντηρήσεως των εγκαταστάσεων, αφού κάθε πληροφορία για πιθανή βλάβη, παρέχεται σε πραγματικό χρόνο, από το σύστημα εποπτείας. Το σύστημα εποπτείας παρέχει την ακριβή πληροφορία για τον χώρο και τον χρόνο καταγραφής της βλάβης.

## 6.2. Κύριες λειτουργίες BEMS

- Λειτουργία αυτομάτου ελέγχου:

Αυτή η λειτουργία επιτρέπει την επισκόπηση της κατάστασης και τη ρύθμιση της απόδοσης κάθε ελεγχόμενου ενεργειακού συστήματος καθώς και τη διαχείριση των ενεργειακών των ενεργειακών φορτίων των κτιρίων. Ο έλεγχος εκτελείται από προγραμματισμένες μονάδες πολλών δράσεων και πολλαπλού σκοπού οι οποίες συνδέονται με πλήθος αισθητηρίων και στοιχείων ρύθμισης και διακοπής μέσω ενός δικτύου επικοινωνιών υψηλής απόδοσης.

- Λειτουργία συλλογής και επίδειξης δεδομένων:

Αυτή η λειτουργία επιτρέπει τη μέτρηση και την αναφορά διαφόρων παραμέτρων που σχετίζονται με την ενεργειακή απόδοση και την κατάσταση των ελεγχόμενων συστημάτων. Επίσης επιτρέπει την πρόβλεψη της ενεργειακής ζήτησης ενός κτιρίου με βάση ιστορικά μετρημένα δεδομένα. Όλα τα συλλεχθέντα δεδομένα μεταφέρονται και επιδεικνύονται σε τερματικές μονάδες υπολογιστών.

- Λειτουργία ασφαλείας:

Αυτή η λειτουργία αποσκοπεί στον εντοπισμό των προβλημάτων δυσλειτουργίας των ελεγχόμενων συστημάτων, ώστε να ενεργοποιηθούν άμεσα διορθωτικές δράσεις για την αποφυγή ατυχημάτων και να απενεργοποιηθούν κύρια μηχανήματα.

Οι λειτουργίες αυτές εκτελούνται με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1) Παρακολούθηση με σήματα ψηφιακού τύπου εισόδου (DI) για την ανίχνευση καταστάσεων on/off (π.χ. λειτουργία κινητήρων, άνοιγμα παραθύρων κ.λ.π.)

2) Έλεγχος με σήματα ψηφιακού τύπου εξόδου (DO) για την έναρξη-στάση λειτουργίας εξοπλισμού (φωτιστικά, ανεμιστήρες, κυκλοφορητές κ.λ.π.).



3) Παρακολούθηση σε σήματα αναλογικού τύπου εισόδου (ΑΙ) για την λήψη των τιμών μιας ελεγχόμενης μεταβλητής (θερμοκρασία, υγρασία, μέγιστη ηλεκτρική ζήτηση, θέση διαφράγματος, βαλβίδας, σκίαστρου κ.α.).

4) Έλεγχος με σήματα αναλογικού τύπου εξόδου (ΑΟ) για την προσαρμογή απομακρυσμένων διατάξεων (θέση διαφράγματος, βαλβίδας, σκίαστρου, διαβαθμιστών φωτισμού κ.α.) και σημείων ρύθμισης.

5) Καταμέτρηση μεγεθών με σήματα παλμικού τύπου (PI),(κατανάλωση πετρελαίου, ηλεκτρισμού κ.α.).

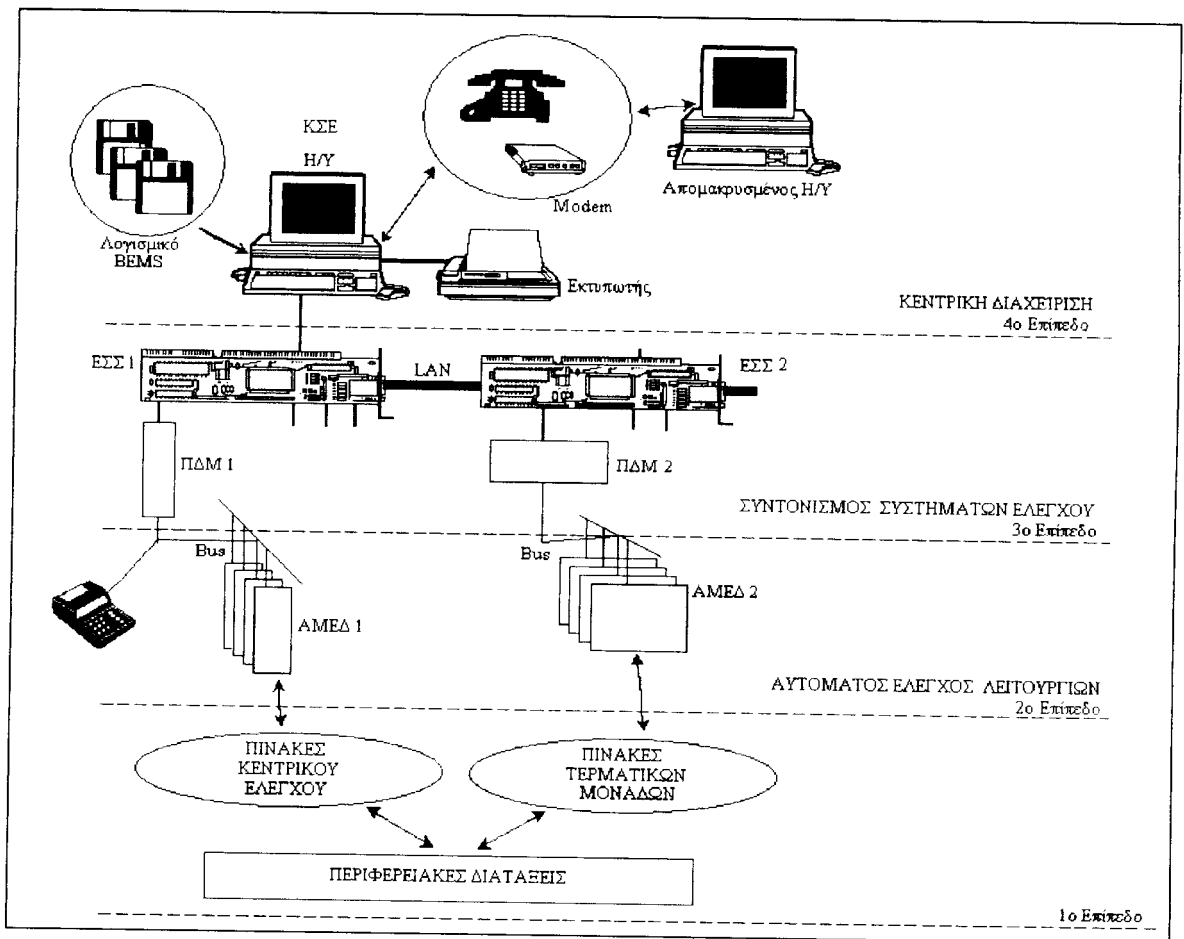
6) Ενεργοποίηση οπτικών και ακουστικών συναγερμών στην περίπτωση παρέκκλισης από προκαθορισμένα όρια φυσιολογικής λειτουργίας.

7) Αυτόματη διασύνδεση λειτουργίας σημείων ελέγχου σε σχέση με άλλα.

8) Χρονικός προγραμματισμός για την καταγραφή ειδικών δραστηριοτήτων σε χρονική βάση λεπτού, ώρας ή ημέρας. [8.4]

### 6.3. Στοιχεία και δομή BEMS

Ένα σύγχρονο BEMS αποτελείται από έναν Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου (ΚΣΕ) ο οποίος συνδέεται μέσω αυτοδύναμων Ελεγκτών Συντονισμού Συστημάτων (ΕΣΣ), Προσαρμογέων Μεταφοράς Δεδομένων (ΠΜΔ) και ενός δικτύου επικοινωνιών υψηλών ταχυτήτων, με ένα σύνολο Αποκεντρωτικών Μονάδων Επεξεργασίας Δεδομένων (ΑΜΕΔ) και μέσω αυτών με όλες τις τελικές



Σχήμα 6.1-Επίπεδα διαχείρισης και ελέγχου ενός σύγχρονου BEMS

διατάξεις ελέγχου, όπως αισθητήρια θερμοκρασίας, υγρασίας, ροής, στάθμης, φωτός, θερμοστάτες, χρονοδιακόπτες, διακόπτες ροής και διαφορικής πίεσης, ωθητήρες βαλβίδων και διαφράγματα αέ-

ρα, ηλεκτρονόμους τηλεχειρισμού κινητήρων και τέλος μετατροπείς μέτρησης ηλεκτρικών μεγεθών. Οι αποκεντρωτικές μονάδες επεξεργασίας δεδομένων (ΑΜΕΔ) περιλαμβάνουν προγραμματιζόμενους ελεγκτές (PLC), ανεξάρτητους ελεγκτές χώρων (IRC), μονάδες άμεσου ψηφιακού ελέγχου (DDC) και προσαρμόζονται στους πίνακες αυτοματισμού των διαφόρων ενεργειακών υποσυστημάτων. Το BEMS έχει την δυνατότητα απομακρυσμένης επικοινωνίας και λειτουργίας μέσω υποδομής modem.

Η στρατηγική ενεργειακής διαχείρισης ενός σύγχρονου BEMS περιλαμβάνει 4 επίπεδα όπως φαίνεται στο σήμα 6.1 [6.4]

### 6.3.1. Συσκευές, αισθητήρια και όργανα ρυθμίσεων και ελέγχου σε εγκαταστάσεις κλιματισμού.

Στο πρώτο επίπεδο ενός συστήματος BEMS, περιλαμβάνονται όλες οι αναγκαίες συσκευές και αισθητήρια για την επικοινωνία του συστήματος ελέγχου με τον περιβάλλοντα χώρο ή με συσκευές που ελέγχει (κλιματιστικές μονάδες, ψύκτες κ.α.). Η σωστή επιλογή και των περιφερειακών συσκευών και αισθητηρίων, είναι αυτή που άμεσα καθορίζει και τον βαθμό ολοκλήρωσης του συστήματός κτιριακού αυτοματισμού, σε όλες τις εγκαταστάσεις ενός κτιρίου.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι περιφερειακές συσκευές ελέγχου μιας εγκατάστασης, είναι παρόμοιες με αυτές που απαιτούνται για τον έλεγχο της, ακόμα και χωρίς την εγκατάσταση ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης.

Η βασική διαφορά στην επιλογή των περιφερειακών συσκευών ελέγχου μιας εγκατάστασης αυτοματισμού, σε σχέση με μια συμβατική εγκατάσταση ελέγχου, είναι η ανάγκη για καθοδήγηση όλων των περιφερειακών συσκευών μέσω ψηφιακών ή αναλογικών ηλεκτρικών σημάτων. Όλες οι επιλεγμένες περιφερειακές συσκευές, πρέπει να ελέγχονται από τις κατηγορίες σημάτων (DI, DO, AO, κ.α.) που αναφέρονται στην παράγραφο 6.3.

Παρακάτω αναφέρονται μερικά βασικά εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις αυτοματισμού κλιματιστικών μονάδων.

#### 1) Αισθητήρια θερμοκρασίας:

Τα αισθητήρια θερμοκρασίας είναι αισθητήρια όργανα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της θερμοκρασίας. Αποτελούνται από ένα στοιχείο ευαίσθητο στη θερμοκρασία το οποίο στέλνει ένα ηλεκτρονικό ή πνευματικό παλμό.

#### 2) Αισθητήρια υγρασίας:

Χρησιμοποιούν σαν αισθητήριο υγρασίας υγροσκοπικά σώματα, τα οποία διαστέλλονται κατά την αύξηση σχετικής υγρασίας του αέρα. Είναι απαραίτητη η κανονική εξέταση και συντήρηση, γιατί διαφορετικά είναι ανακριβή.

#### 3) Κινητήριои μηχανισμοί:

Στους ηλεκτρικούς κινητήριους μηχανισμούς χρησιμεύει για την μετάδοση της κίνησης γενικά ένας κινητήρας πυκνωτού, ο οποίος ανάλογα με τον ρυθμιστικό παλμό στρέφεται δεξιά ή αριστερά και διαμέσου ενός κιβωτίου τροχών ή διαμέσου ενός συστήματος μοχλών βάζει σε κίνηση το ρυθμιζόμενο μέλος (βαλβίδα ή δικλείδα)

Στους πνευματικού κινητήριους μηχανισμούς χρησιμεύει γενικά για την μετάδοση της κίνησης μια μεμβράνη ή ένα ελαστικό σώμα, των οποίων η κίνηση μεταδίδεται στη δικλείδα ή τη βαλβίδα διαμέσου ενός συστήματος μοχλών.

#### 4) Ρυθμιστικές βαλβίδες:

Οι ρυθμιστικές βαλβίδες ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής διακρίνονται σε βαλβίδες διέλευσης, τρίοδες βαλβίδες, τετράοδες βαλβίδες. Μέσω των βαλβίδων μπορεί να ρυθμιστεί η ποσότητα του όγκου, η ποσότητα της θερμότητας, η πτώση πίεσης του ρευστού που διαρρέει μέσω αυτής. Μέσω της τρίοδης ή τετράοδης βαλβίδας γίνεται κατάλληλη ανάμιξη θερμού και ψυχρού ρευστού.

#### 5) Ρυθμιστική δικλίδα:

Οι ρυθμιστικές δικλίδες χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις αερισμού χρησιμοποιούνται για να μεταβάλουν ποσότητες αέρα ή πιέσεις αέρα σε εξάρτηση από δεδομένα μεγέθη π.χ. θερμοκρασία.

Οι δικλίδες εξωτερικού αέρα και του επαγόμενου αέρα στο ύπαιθρο στην αρχή και στο τέλος της εγκατάστασης αερισμού χρησιμεύουν συχνά μόνο για κλείσιμο και συνεπώς έχουν μια θέση ανοικτό-κλειστό.

Οι δικλίδες στραγγαλισμού χρησιμοποιούνται για την αλλαγή της ποσότητας του αέρα.

Οι δικλίδες ανάμιξης χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις κλιματισμού για την ανάμιξη του αέρα ανακυκλοφορίας με εξωτερικό αέρα.

Φυσικά υπάρχουν και άλλα πολλά ακόμα ρυθμιστικά εξαρτήματα. Η εκλογή του κατάλληλου οργάνου και η σωστή επιλογή της θέσης στην οποία θα τοποθετηθεί αποτελεί σημαντικό παράγοντα εύρυθμης λειτουργίας. Η τοποθέτηση του εξωτερικού αισθητηρίου πρέπει να προσδιοριστεί με προσοχή. Συνήθως τοποθετείται στο βορειοανατολικό τμήμα της κατοικίας, όπου όμως δεν προσβάλλεται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, το χιόνι ή τη βροχή και είναι μακριά από στόμια εισαγωγής-εξαγωγής αέρος ή καπνού. Επίσης δεν πρέπει να καλύπτεται από χρώμα, επίστρωμα ή οποιαδήποτε βλάστηση.

### 6.3.2. Αυτόματος έλεγχος λειτουργιών.

Ο αυτόματος έλεγχος λειτουργιών, περιλαμβάνει τη συγκέντρωση όλων των σημάτων εισόδου-εξόδου από και προς τις συσκευές ή τα αισθητήρια του πρώτου επιπέδου σε τοπικούς αυτόνομους ελεγκτές.

Οι μονάδες αυτομάτου ελέγχου λειτουργιών (ΑΜΕΔ), παρέχοντας ένα συγκεκριμένο αριθμό εισόδων-εξόδων, αποτελούν το θεμέλιο για ένα σύστημα κτιριακού αυτοματισμού, δίνοντας τα κανάλια επικοινωνίας του κεντρικού συστήματος ελέγχου με τα απαραίτητα αισθητήρια ή/και κινητήρες.

Κάθε μονάδα αυτομάτου ελέγχου λειτουργιών, συγκεντρώνει ένα συγκεκριμένο αριθμό ομοειδών σημάτων (σημάτων δηλαδή που προέρχονται από την ίδια ή παρόμοιες συσκευές). Με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίζεται τόσο η ανεξαρτησία και αυτονομία κάθε συσκευής που ελέγχεται, όσο και η εύκολη συντήρηση του συστήματος ελέγχου. Οι μονάδες αυτομάτου ελέγχου λειτουργιών επιλέγονται κατάλληλα, ανάλογα με το πλήθος και το είδος των προς έλεγχο σημάτων.

Κάθε μονάδα αυτομάτου ελέγχου λειτουργιών, παρέχοντας πλήρη αυτονομία (ειδικό κύκλωμα επαναφορτιζόμενης μπαταρίας), εγγυάται για την αδιάκοπη λειτουργία της συσκευής που ελέγχει, ακόμη και σε περιπτώσεις πτώσεως τάσεως, ενώ ταυτόχρονα, τοποθετημένα κοντά σ' αυτήν, ελαχιστοποιεί το κόστος καλωδίωσης.

Πολλές μονάδες αυτομάτου ελέγχου λειτουργιών συνδέονται μεταξύ τους σε ένα τοπικό δίκτυο υψηλής ταχύτητας, ανταλλάσσοντας πληροφορίες για τις συσκευές που ελέγχουν μέσω ενός απλού δισύρματος καλωδίου.

Η ανοικτή αρχιτεκτονική των μονάδων αυτομάτου ελέγχου λειτουργιών (συγκεκριμένος αριθμός και τύπος εισόδων/εξόδων), επιτρέπει την επικοινωνία τους με οποιαδήποτε συσκευή, είναι ικανή να ελεγχθεί ή παρακολουθηθεί μέσω ηλεκτρικών ψηφιακών ή αναλογικών σημάτων. Έτσι,

κάθε μονάδα αυτομάτου ελέγχου λειτουργιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και για τον έλεγχο εγκαταστάσεων για τις οποίες δεν είχε αρχικά προδιαγραφεί. [8.4]

### 6.3.2.1. Η διαδικασία του αυτομάτου ελέγχου.

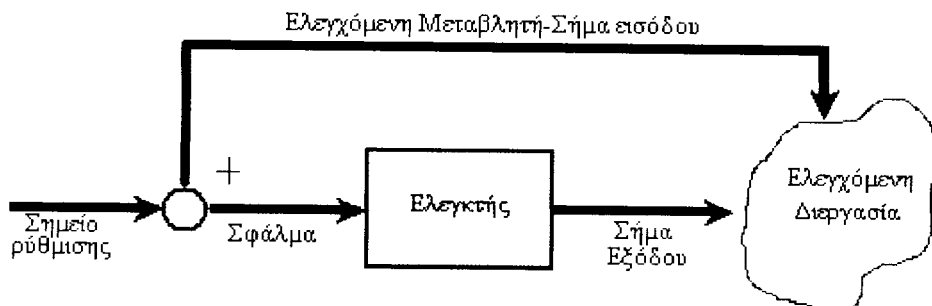
#### 1) Γενικά.

Ο αυτόματος έλεγχος των ενεργειακών συστημάτων ενός κτιρίου, θεωρείται ο ακρογωνιαίος λίθος για την συντονισμένη και ορθολογική λειτουργία των σύγχρονων εγκαταστάσεων ειδικά σε μεσαία και μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα. Συγκεκριμένα είναι το μέσο της προσαρμογής και βελτιστοποίησης της λειτουργίας των συστημάτων σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες και της ασφάλειας ενός κτιρίου.

Ένα τυπικό σύστημα αυτομάτου ελέγχου σε ένα κτίριο περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Την ελεγχόμενη μεταβλητή μιας διεργασίας, δηλαδή τη παράμετρο που μετράται και ελέγχεται (π.χ. η θερμοκρασία του αέρα προσαγωγής σε ένα κτίριο).
- Το αισθητήριο που μετράει την ελεγχόμενη μεταβλητή ( π.χ. θερμοστοιχείο).
- Το ελεγχόμενο μέσο, δηλαδή το φορέα αλλαγής της τιμής της ελεγχόμενης μεταβλητής (π.χ. ρεύμα νερού ψυκτικού στοιχείου).
- Την ελεγχόμενη συσκευή, δηλαδή το στοιχείο ενεργοποίησης της εντολής ελέγχου (π.χ. ωθητήρας βαλβίδας) για τη ρύθμιση του ελεγχόμενου μέσου.
- Τον αυτόματο ελεγκτή, που είναι το “μυαλό” του συστήματος και ενεργοποιεί το σήμα αλλαγής της ελεγχόμενης μεταβλητής, αφού συγκρίνει το σήμα από το αισθητήριο με μια επιθυμητή τιμή.

Το Σχ. 6.2 περιγράφει τη λογική ενός τοπικού συστήματος ελέγχου μιας διεργασίας σε ένα κτίριο. [8.4]



Σχήμα 6.2-Λογικό διάγραμμα αυτομάτου ελέγχου διεργασίας σε ένα κτίριο

#### 2) Είδη αυτομάτου ελέγχου.

Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου διαχωρίζονται σε δύο είδη:

- Συστήματα αυτομάτου ελέγχου ανοικτού βρόχου, όπου το σήμα εξόδου από τον ελεγκτή προς την ελεγχόμενη συσκευή δεν είναι συνάρτηση της τιμής κάποιας μεταβλητής της ελεγχόμενης διεργασίας.
- Συστήματα αυτομάτου ελέγχου κλειστού βρόχου, όπου το σήμα εξόδου από τον ελεγκτή προς την ελεγχόμενη συσκευή είναι συνάρτηση της τιμής κάποιας ελεγχόμενης μεταβλητής της διεργασίας.

Για παράδειγμα, ένα σύστημα ανοικτού βρόχου υποθέτει μια σταθερή σχέση μεταξύ των συνθηκών ενός κλιματιζόμενου χώρου και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά την λειτουργία ενός συστήματος παροχής ενέργειας, χωρίς να λαμβάνει υπόψη μεταβολές εσωτερικών θερμικών



φορτίων. Αντίθετα ένα σύστημα κλειστού βρόχου αντικατοπτρίζει τις αλλαγές της θερμοκρασίας του κλιματιζόμενου χώρου στα σήματα εξόδου από τον ελεγκτή και επομένως στην παρεχόμενη από το σύστημα ενέργεια.

Συχνά τα δύο αυτά είδη αυτομάτου ελέγχου συνδυάζονται ώστε να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία του ελεγκτή (σύστημα αντισταθμισμένου ελέγχου). Για παράδειγμα, καθώς η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλάζει, ο ελεγκτής μπορεί να μεταβάλει τη θερμοκρασία του προσαγόμενου αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο. [6.4]

### 3) Μέθοδοι αυτομάτου ελέγχου:

Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου έχουν ιστορικά διαφοροποιηθεί ανάλογα με τη μέθοδο τροφοδοσίας τους, δηλαδή με τη μέθοδο που ενεργοποίησης των σημάτων τους. Έτσι έχουμε αυτοματισμούς που χρησιμοποιούν σαν πηγή ενεργοποίησής τους είτε με ηλεκτρισμό, είτε με ρευστά υπό πίεση (π.χ. πεπιεσμένο αέρα-πνευματικοί, νερό ή λάδι-υδραυλικοί), είτε με την ίδια τους κατασκευή μέσω μεταβολών πίεσης των περιεχομένων σε αυτούς ρευστό. Οι αυτοματισμοί που ενεργοποιούνται με ηλεκτρισμό διακρίνονται σε ηλεκτρομαγνητικούς, ηλεκτρονικούς και ψηφιακούς με μικροεπεξεργαστή. Τέλος υπάρχουν και υβριδικές μορφές αυτοματισμός που συνδυάζουν τα παραπάνω.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας της πληροφορικής και των αυτοματισμών και οι σύγχρονες απαιτήσεις για πολύπλοκες στρατηγικές διαχείρισης της λειτουργίας των κτιριακών εγκαταστάσεων κατέληξαν στην προώθηση των ψηφιακών αυτοματισμών που βασίζονται στη λογική μικροεπεξεργαστών άμεσου ψηφιακού ελέγχου (Direct Digital Control-DDC). Αυτή η βασική μέθοδος αυτομάτου ελέγχου αποτελεί και την καρδιά ενός σύγχρονου BEMS.

Με τη σύνδεση των αισθητηρίων στον πίνακα συλλογής πληροφοριών, γίνεται μετατροπή του αναλογικού σήματος εισόδου σε ψηφιακό, με ανάλυση 12bit. Στη συνέχεια συγκρίνεται με την επιθυμητή τιμή σε ηλεκτρονικό επεξεργαστή, με βάση τα στοιχεία ελέγχου που απαρτίζουν ένα πρόγραμμα άμεσου ψηφιακού ελέγχου (DDC). Τελικά επεξεργαστής δίνει ένα ψηφιακό σήμα εξόδου, που μετατρέπεται σε αναλογικό της μορφής 0-10V<sub>DC</sub> ή 4-20mA. Το σήμα μεταφέρεται μέσω ηλεκτρονικών καλωδίων στον ηλεκτρονικό ωθητήρα για να κινήσει π.χ. μια βαλβίδα ή ένα διάφραγμα.

Στο βιβλίο Θέρμανση και Κλιματισμός τόμος 2<sup>ος</sup> του Recknagel (σελ.209-224) αναλύονται οι ηλεκτρονικοί και οι πνευματικοί ρυθμιστές καθώς και ο τρόπος λειτουργίας αυτών. Σε όλες τις περιπτώσεις πάντως τα αισθητήρια όργανα και οι συσκευές παραμένουν τα ίδια. Αυτό που αλλάζει είναι ο τρόπος μεταφοράς του σήματος για την εκτέλεση της εντολής.

Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων άμεσου ψηφιακού ελέγχου είναι πολλά και προβλέπεται η αποκλειστική χρησιμοποίησή τους στο μέλλον. Μερικά από τα πλεονεκτήματα αυτά είναι:

- Μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν οι διεργασίες ελέγχου, χωρίς την ανάγκη για νέα σύνδεση καλωδίων ή εγκατάσταση πνευματικών σωλήνων και εξαρτημάτων.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερη ποικιλία και πολυπλοκότητα στη διεργασία ελέγχου, χωρίς να προστίθεται ακριβώς εξαρτήματα και εργασία.
- Η ρύθμιση, το ξεκίνημα και η παρακολούθηση της αποδόσεως του συστήματος είναι πολύ ευκολότερα με τον άμεσο ψηφιακό έλεγχο, επειδή η εργασία γίνεται σε μια τοποθεσία. Δεν υπάρχει ανάγκη για ανεύρεση και έλεγχο μανομέτρων η ανεύρεση διαρροών αέρα.
- Δεν υπάρχουν υπερβάσεις ή πτώσεις στο σημείο ρύθμισης. Αντίθετα οι πνευματικοί ρυθμιστές έχουν μόνιμα μειονεκτήματα, όπως: στόμια, μηχανική ανάδραση, μοχλισμοί, κ.λ.π., τα οποία κατά καιρούς προξενούν απώλεια ρυθμίσεως και εμφανίζουν υπερβάσεις ή πτώσεις.
- Εκτός από την εξοικονόμηση κόστους, υπάρχει και οικονομία χρόνου, ειδικά σε μεγάλες εγκαταστάσεις και πολύπλοκες εφαρμογές ελέγχου. [6.4]

#### 4) Τύποι αυτομάτου ελέγχου.

Οι αυτόματοι ελεγκτές των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου συνήθως επιλέγονται μέσω του τύπου του διορθωτικού σήματος που παράγουν, όταν ανταποκρίνονται στις αλλαγές παραμέτρων της ελεγχόμενης διεργασίας. Στα κτιριακά συστήματα αυτομάτου ελέγχου παρατηρούνται οι ακόλουθοι τύποι ελεγκτών ή αντίστοιχα τρόποι ελέγχου:

- Δύο θέσεων (On-Off), όπου ο ελεγκτής αλλάζει τη θέση της ελεγχόμενης συσκευής από ένα ακραίο σημείο (on) σε άλλο (off). Αυτό συμβαίνει όταν η μετρούμενη τιμή της ελεγχόμενης μεταβλητής υπερβαίνει ένα σημείο ρύθμισης ή υπολείπεται αυτού. Για να αποφεύγεται ο κίνδυνος των συχνών εναλλαγών από τη μια θέση στην άλλη, πράγμα που επηρεάζει την λειτουργία και αξιοπιστία των ελεγχόμενων συστημάτων, σε αυτούς τους ελεγκτές χρησιμοποιείται και ένα διαφορικό εύρος περί το σημείο ρύθμισης. Για παράδειγμα μια on/off βαλβίδα ανοίγει ή κλείνει εντελώς και άμεσα όταν η θερμοκρασία του χώρου ξεπεράσει τα όρια αυτού του διαφορικού εύρους και όχι απλά το σημείο ρύθμισης.

Αυτός ο τρόπος ελέγχου χρησιμοποιείται για απλά συστήματα κλιματισμού, ξεκινώντας και σταματώντας κινητήρες, ελέγχοντας τον ψεκαστήρα νερού για την ύγρανση κ.α.

- Σταθεροποίηση θέσης (Floating), μια παραλλαγή του προηγούμενου τρόπου, όπου υπάρχει μια επιπλέον θέση ρύθμισης της ελεγχόμενης συσκευής: αυτή της αναμονής πριν τη διορθωτική θέση on ή off. Δηλαδή ο ελεγκτής αυτός ενεργοποιεί μια συσκευή όταν η απόκλιση είναι υπερβεί μια «νεκρή ζώνη» και διατηρεί τον έλεγχο έως ότου η απόκλιση είναι εντός της ζώνης. Και αυτός ο έλεγχος αντισταθμίζει τον κίνδυνο των συχνών εναλλαγών από τη μία τελική θέση στην άλλη, χρησιμοποιώντας ένα επιπλέον μικρό διαφορικό εύρος διακοπής.

- Αναλογικός (Proportional-P), όπου το σήμα εξόδου από τον ελεγκτή είναι ανάλογο της διαφοράς-σφάλματος μεταξύ του σημείου ρύθμισης και του σήματος εισόδου από το αισθητήριο. Η επακόλουθη θέση της ελεγχόμενης συσκευής είναι γραμμική συνάρτηση της παρέκκλισης της τιμής της ελεγχόμενης μεταβλητής από το σημείο ρύθμισης.

Το μέγεθος μεταβολής της ελεγχόμενης μεταβολής ώστε να λειτουργεί σε τελική θέση η ελεγχόμενη συσκευή, καλείται εύρος στραγγαλισμού ή αναλογική περιοχή εάν εκφράζει το εύρος στραγγαλισμού ως ποσοστό του εύρους λειτουργίας του ελεγκτή.

Για παράδειγμα εάν η θερμοκρασία του χώρου αποκλίνει από την επιθυμητή κατά  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ο αναλογικός έλεγχος θα προκαλούσε μια βαλβίδα ελέγχου ψυχρού νερού να ανοίξει κατά 20% της διαδρομής. Μια απόκλιση  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , θα προκαλούσε τη βαλβίδα να ανοίξει στο 30% της διαδρομής.

Αντίθετα από τη δράση ελέγχου δύο θέσεων, που δημιουργεί μια ταλάντωση στην ελεγχόμενη μεταβλητή γύρω από την επιθυμητή τιμή, ο αναλογικός έλεγχος επιφέρει στην ελεγχόμενη μεταβλητή μια «ευθυγράμμιση» σε κάποια τιμή κοντά στην επιθυμητή.

Το μειονέκτημα του αναλογικού τρόπου ελέγχου είναι το χαρακτηριστικό offset, δηλαδή η διαφορά μεταξύ της μετρημένης τιμής της μεταβλητής και του σημείου ρύθμισης, γιατί ακριβώς το σήμα διόρθωσης του ελεγκτή είναι κάθε φορά ανάλογο αυτού.

- Αναλογικός-Ολοκληρωτικός (Proportional-Integral-PI). Είναι ένας χαρακτηριστικός τρόπος αυτοματισμού ελέγχου στους ψηφιακούς ελεγκτές με μικροεπεξεργαστή (DDC).

Εδώ εξισορροπείται το μειονέκτημα του offset του αναλογικού ελέγχου (P), μέσω της προοδευτικής σταθεροποίησης του σήματος εξόδου του ελεγκτή προς μια θέση ρύθμισης με βάση την θέση του σήματος εισόδου περί του σημείου ρύθμισης. Δηλαδή ο ολοκληρωτικός έλεγχος σταθερά τροποποιεί το διορθωτικό σήμα ώστε να οδηγήσει την ελεγχόμενη μεταβλητή προς το σημείο ρύθμισης. Στη συνέχεια επαναδρά ο αναλογικός έλεγχος ως τρόπος γρήγορης απόκρισης στις αποκλίσεις, της ελεγχόμενης μεταβλητής από το σημείο ρύθμισης.

Η τιμή της εξόδου του ελεγκτή λόγω του ολοκληρωτικού ελέγχου, εξαρτάται από το μέγεθος της απόκλισης και το χρονικό διάστημα που υπάρχει η απόκλιση.

Στο προηγούμενο παράδειγμα θερμοκρασίας χώρου, όσο η απόκλιση παρέμενε στους  $0,5^{\circ}\text{C}$ , ο αναλογικός έλεγχος θα διατηρούσε τη βαλβίδα ανοικτή στο 20%. Όμως, ο ολοκληρωτικός έλεγχος, θα συνέχιζε να ανοίγει τη βαλβίδα με μια καθορισμένη ταχύτητα, π.χ. 1% ανά λεπτό, μέχρι να εξασθενήσει η απόκλιση.

Όσο περισσότερο παραμένει η απόκλιση από την επιθυμητή τιμή τόσο εντονότερα προσπαθεί ο ολοκληρωτικός έλεγχος να εξαφανίσει την απόκλιση.

- Αναλογικός-Ολοκληρωτικός-Διαφορικός (Proportional-Integral-Derivative-PID). Είναι ένας πλήρης έλεγχος, που και αυτός είναι αποκλειστικό προνόμιο της ψηφιακής λογικής των DDC ελεγκτών.

Εδώ προστίθεται η δράση του διαφορικού ελέγχου ο οποίος προκαλεί διόρθωση του σήματος εξόδου μόνο κατά τη διάρκεια της μεταβολής της τιμής της ελεγχόμενης μεταβλητής, με αποτέλεσμα μια πολύ γρήγορη εξισορρόπηση η οποία μειώνει άμεσα την απόκλιση από το σημείο ρύθμισης, κάτι που είναι πολύ σημαντικό σε συστήματα με ταχείες αλλαγές καταστάσεων.

Ο διαφορικός έλεγχος εξαρτάται από την ταχύτητα της μεταβολής της ελεγχόμενης μεταβλητής. Οποτεδήποτε η επιθυμητή τιμή μεταβληθεί, ο διαφορικός έλεγχος δρα σαν φρένο για να σταματήσει την αλλαγή.

Για παράδειγμα, εάν αρχίζει αν συμβαίνει μια απόκλιση από την επιθυμητή τιμή, η δράση ταχύτητας αλλαγής μαζί με την αναλογική και τη ολοκληρωτική δράση, εργάζονται να σταματήσει η απόκλιση. Από τη στιγμή που η απόκλιση αρχίζει να ελαττώνεται, ο αναλογικός και ο ολοκληρωτικός έλεγχος συνεχίζει να οδηγεί την ελεγχόμενη μεταβλητή προς την επιθυμητή τιμή, ενώ ο διαφορικός έλεγχος τότε δρα εναντίον του ελέγχου PI, και εμποδίζει την ελεγχόμενη μεταβλητή να υπερβεί την επιθυμητή.

Αν και ο έλεγχος PID δεν είναι πάντα αναγκαίος, η χρήση του συντελεί σε ακριβέστερο έλεγχο με μικρότερες διακυμάνσεις.

- Επιλογέας επαναρρυθμίσεως, Η επαναρρύθμιση χρησιμεύει για να αναπτύξει μια έξοδο επιθυμητού σημείου ελέγχου σε μια σχέση αντίστροφη η ευθέως ανάλογη με ένα ή δύο σήματα εισόδου αναλογικά και ένα η δύο καθορισμένα προγράμματα από τον χειριστή.

Αυτό το “στοιχείο” χρησιμεύει για να καθορίσει ένα μεταβαλλόμενο επιθυμητό σημείο ελέγχου για τα “στοιχεία” PID, δύο θέσεων, σταθεροποίηση θέσης, σε σχέση με μεταβολές εξωτερικής θερμοκρασίας, θερμοκρασίας δωματίου, κ.α.

- Επιλογέας υψηλότερου/χαμηλότερου σήματος. Αυτό το “στοιχείο” χρησιμεύει για να παρέχει την υψηλότερη ή την χαμηλότερη τιμή από δύο ή περισσότερες μετρούμενες μεταβλητές και συνηθέστερα σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον.

- Μεταγωγέας δύο θέσεων, Αυτό το “στοιχείο” παρέχει ένα μηχανισμό για την επιλογή μιας από δύο τιμές η καταστάσεις, με βάση τις συνθήκες μέσα σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον.

Επίσης μπορεί να εκτελέσει λειτουργίες χρονικής καθυστέρησης, που είναι συχνά απαραίτητες στα συστήματα ελέγχου. [6.4]

### 6.3.2.2. Στοιχεία μονάδων και τυποποιημένες εφαρμογές.

Στο επίπεδο του αυτομάτου ελέγχου των λειτουργιών, ένα σύγχρονο BEMS, όπως ήδη έχει αναφερθεί, περιλαμβάνει ένα σύνολο αποκεντρωμένων μονάδων επεξεργασίας δεδομένων (ΑΜΕΔ) με στοιχεία προγραμματιζόμενου λογικού ελέγχου – άμεσου ψηφιακού ελέγχου – ανεξάρτητου ελέγχου χώρων, δηλαδή αυτομάτου ελέγχου με μικροεπεξεργαστές. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες τέτοιων στοιχείων όπως:

### 1) Στοιχεία ελέγχου εξοπλισμού κεντρικών εγκαταστάσεων.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται:

- Κάρτες για ελεγχόμενες κεντρικές εγκαταστάσεις με δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης. Οι περιφερειακές διατάξεις (αισθητήρες, ωθητήρες, διακόπτες κ.α.) συνδέονται σε αυτές τις κάρτες μέσω μεταφορέων-καλωδιώσεων και τερματικών στοιχείων.

- Συμπαγή στοιχεία για τυποποιημένες εφαρμογές ελέγχου όπως σε τοπικές μονάδες κλιματισμού ειδικών χώρων, σε κεντρικές κλιματιστικές μονάδες οροφής, κ.α.

Τα στοιχεία αυτά συνδέονται μεταξύ τους αλλά και με τους προσαρμογείς μεταφοράς δεδομένων καθώς και με διάφορα τερματικά χειρισμού και εισροής λογισμικού και εντολών στο σύστημα με ένα σειριακό καλώδιο.

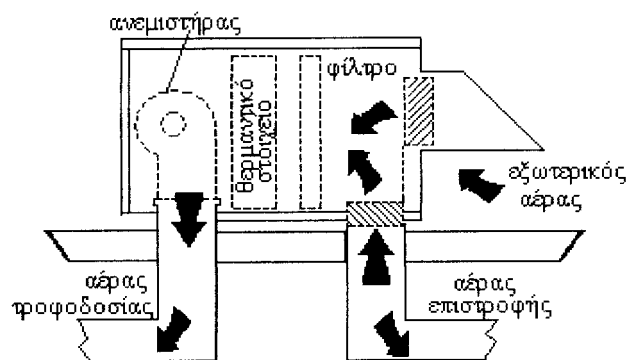
### 2) Στοιχεία ελέγχου τοπικών μονάδων-χώρων.

Εδώ υπάρχουν συνήθως ολοκληρωμένα υποσυστήματα αυτομάτου ελέγχου που περιλαμβάνουν πολλές λειτουργίες (έλεγχος, interlock, επικοινωνία) για διάφορες τυπικές εφαρμογές (π.χ. συστήματα διαμονής θέρμανσης-κλιματισμού, μονάδες συλλογής-διαμονής αναλογικών ή ψηφιακών σημάτων μεταξύ τους και με τα ανώτερα επίπεδα BEMS).

### 3) Τυπικές εφαρμογές στα συστήματα κλιματισμού.

Ο αυτόματος έλεγχος των BEMS εφαρμόζεται χαρακτηριστικά στα ακόλουθα:

- Έλεγχος ενthalπίας(Σχ. 6.3): Μέτρηση θερμοκρασιών ξηρού και υγρού βολβού του ρεύματος νωπού αέρα και αέρα επιστροφής από ένα κλιματιζόμενο χώρο, υπολογισμός ροών θερμότητας και σύγκριση τους με τιμές αναφοράς και κίνηση διαφραγμάτων αέρα ώστε να παρέχεται, στα ψυκτικά στοιχεία μιας κλιματιστικής μονάδας η μέγιστη δυνατή ποσότητα εξωτερικού αέρα με τη χαμηλότερη δυνατή ολική θερμότητα για ψύξη. (κύκλος economizer στο δίκτυο αέρα).



Σχήμα 6.3-Έλεγχος ενthalπίας.

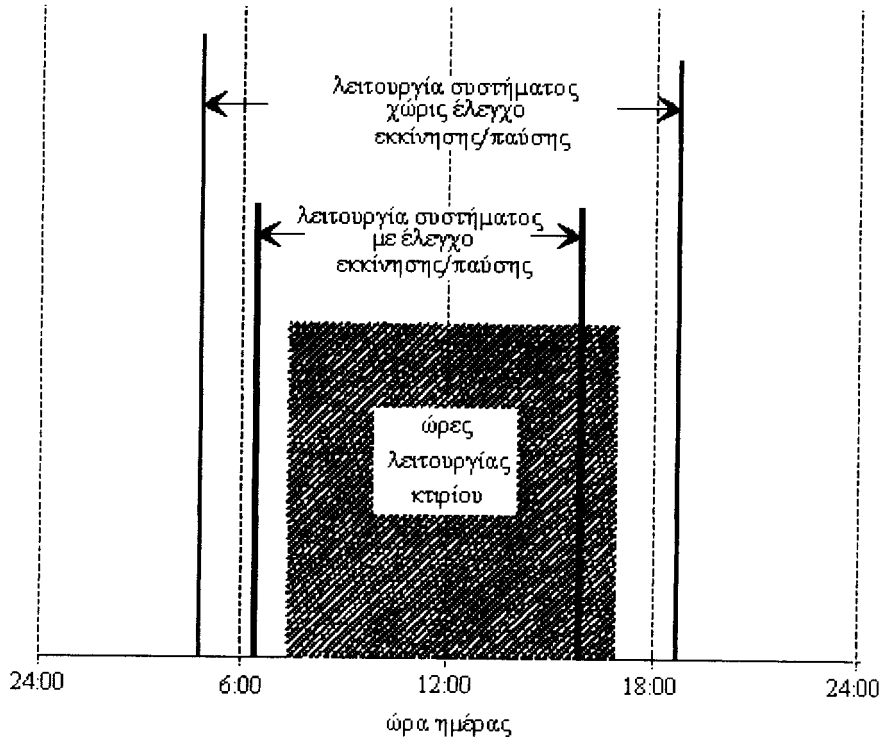
- Επαναρρύθμιση θερμοκρασίας αέρα προσαγωγής: Μέτρηση ψυκτικού φορτίου ζώνης κλιματισμού και προσαρμογή της θερμοκρασίας του προσαγόμενου στο χώρο αέρα, με σκοπό τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και της πιθανότητας αναθέρμανσης.

- Αντιστάθμιση θερμοκρασίας περιβάλλοντος: Διασφάλιση επαρκούς ροής θερμότητας στο κτίριο κατά τη διάρκεια της κατοίκησης του, στάση εγκατάστασης κλιματισμού όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος τείνει να φτάσει ή να ξεπεράσει τη θερμοκρασία χώρου. Ως παράμετροι για τον ρύθμιση αυτή, λαμβάνονται η θερμοκρασία του χώρου και τα άνω και κάτω όρια ανέσεως που θα έχουν τεθεί για τον χώρο



- Έλεγχος συχνότητας εκκίνησης πολλών μονάδων παραγωγής θερμότητας-ψύξης. Αλληλουχία και τμηματική εκκίνηση-στάση κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, αντλιών θερμότητας κ.α., έλεγχος φορτίου συστήματος, μέτρηση θερμοκρασίας νερού επιστροφής και προσαρμογή λειτουργίας εγκατάστασης, πρόταξη συγκεκριμένης μονάδας με βάση χρονικό προγραμματισμό.

- Βέλτιστη εκκίνηση-στάση(Σχ. 6.4): Αντικείμενο της εφαρμογής αυτής είναι η ελαχιστοποίηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, υπολογίζοντας τη χρονική στιγμή εκκίνησης για ένα σύστημα κλιματισμού, ώστε οι χώροι να έχουν αποκτήσει τις επιθυμητές συνθήκες άνεσης, ακριβώς στον χρόνο έναρξης της λειτουργίας του.



Σχήμα 6.4-Βέλτιστη εκκίνηση-στάση

Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα διακοπής του συστήματος κλιματισμού πριν το τέλος του χρόνου χρήσεως του κτιρίου για να εξοικονομήσει ενέργεια, χωρίς υπέρβαση των ορίων ανέσεως μέχρι το τέλος του χρόνου χρήσεως.

Για τον σκοπό αυτό εκτελούνται οι ακόλουθες ενέργειες: Μέτρηση εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας χώρου, εκτίμηση θερμικών χαρακτηριστικών κελύφους (π.χ. θερμοχωρητικότητας), και έλεγχος των βοηθητικών συσκευών.

- Χρονική καταγραφή γεγονότων: Περιοδική καταγραφή με σκοπό την ορθολογική λειτουργία και τη διενέργεια προγραμματισμένης συντήρησης εγκαταστάσεων και την αναφορά γεγονότων.

Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να λαμβάνει από τον εκτυπωτή, όποτε θελήσει, μια ανάλυση των μεταβαλλόμενων μεγεθών που προέρχονται από τα αναλογικά αισθητήρια ρύθμισης.

Κάθε φορά που συμπληρώνεται ο χρόνος για την συντήρηση μιας εγκατάστασης, υπάρχει η δυνατότητα εκτύπωσης ενημέρωσης και πιθανών οδηγιών για την συντήρηση των εγκαταστάσεων. Η ενημέρωση αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να επιβεβαιωθεί ότι η συντήρηση έγινε.

- Κυκλική εναλλαγή εξοπλισμού κλιματισμού: Προσαρμογή της σύγχρονης πρόσδοσης ισχύος χωρίς διαφοροποίηση των εσωτερικών συνθηκών χώρου για μείωση της ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος αιχμής.

- Έλεγχος φωτιστικών κυκλωμάτων: Ο τεχνικός φωτισμός, μπορεί να επιβαρύνει σημαντικά την λειτουργία του συστήματος κατά την καλοκαιρινή περίοδο, όταν λειτουργεί άσκοπα. Με

χρονοδιακόπτες αισθητήρες παρουσίας, αισθητήρες φυσικού φωτός ή και ανεξάρτητη τηλεδιακοπή, υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου του τεχνικού φωτισμού.

- Βελτιστοποίηση λειτουργίας ψύκτη: Ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού του συμπυκνωτή με βάση τον έλεγχο διαφορικής πίεσης του ψυκτικού υγρού μεταξύ εξατμιστή και συμπυκνωτή του ψύκτη, ώστε να ελαχιστοποιείται η ενεργειακή απαίτηση στον πύργο ψύξης και στον συμπιεστή. [8.4]

### 6.3.3. Συντονισμός Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου.

#### 1) Μονάδες και επικοινωνία.

Στο επίπεδο αυτό ένα BEMS περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους, διασυνδεδεμένους μεταξύ τους, αυτομάτους ελεγκτές συντονισμού των συστημάτων (ΕΣΣ) και διαφόρων τύπων προσαρμογείς μεταφοράς δεδομένων (ΠΙΜΔ).

Οι ελεγκτές συντονισμού συστημάτων είναι προγραμματιζόμενες μονάδες με δυνατότητα αυτοδύναμης λειτουργίας ανεξάρτητα από τον κεντρικό σταθμό ελέγχου. Όλες οι διαδικασίες αυτομάτου ελέγχου του BEMS ελέγχονται από τους ελεγκτές συντονισμού συστημάτων. Εδώ γίνεται η συλλογή και αποθήκευση όλων των συσσωρευμένων δεδομένων, μέσω των προσαρμογέων μεταφοράς δεδομένων από το επίπεδο του αυτομάτου ελέγχου (2<sup>ο</sup> επίπεδο), ώστε να είναι αυτά διαθέσιμα στην πρόσβαση από το επίπεδο της κεντρικής διαχείρισης (4<sup>ο</sup> επίπεδο), ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες.

Ταυτόχρονα οι ελεγκτές συντονισμού συστημάτων ελέγχουν την εκτύπωση των δεδομένων λειτουργίας και των μηνυμάτων συναγερμού και συντήρησης των ελεγχόμενων εγκαταστάσεων, σε εκτυπωτές που μπορεί να συνδέονται με αυτούς άμεσα ή έμμεσα μέσω modem.

Η επικοινωνία μεταξύ πολλών ελεγκτών συστημάτων ελέγχου γίνεται με διπλό τοπικό δίκτυο μεταφοράς και ανταλλαγής δεδομένων (LAN). Συνήθως οι ελεγκτές συντονισμού συστημάτων προσαρμόζονται κατάλληλα στον πίνακα αυτοματισμού ή σε κατάλληλο μεταλλικό περίβλημα.

#### 2) Ομάδες συναρτήσεων συντονισμού.

Κάθε ελεγκτής συντονισμού συστημάτων περιλαμβάνει μια βιβλιοθήκη βασικών προγραμματιζόμενων ομάδων συναρτήσεων, παρέχοντας έτσι έναν απλό τρόπο εφαρμογής συγκεκριμένων λύσεων προσαρμοσμένων στις εκάστοτε απαιτήσεις περίπλοκου ελέγχου και διαχείρισης. Ο προγραμματισμός αυτός γίνεται από τον κεντρικό σταθμό ελέγχου μέσω της επιλογής, διαρρύθμισης και διασύνδεσης αυτών των βασικών ομάδων συναρτήσεων. Χαρακτηριστικές ομάδες προγραμμάτων συναρτήσεων είναι οι ακόλουθες.

- Συναρτήσεις χρονικής λειτουργίας για την ενεργοποίηση γεγονότων, όπως ο χρονικός προγραμματισμός (24ωρο, 7ημερο, μήνας, έτος), η υστέρηση και ο έλεγχος βελτιστοποίησης της έναρξης-παύσης λειτουργίας εξοπλισμού, η αλλαγή του ωραρίου ανά εποχή.

- Συναρτήσεις για τον καθορισμό παραμέτρων ή σημείων ρύθμισης.
- Μαθηματικές συναρτήσεις για υπολογισμούς.
- Λογικές συναρτήσεις για τη σύνδεση εντολών και λειτουργιών
- Συναρτήσεις για την αποθήκευση δεδομένων μέτρησης και λειτουργίας.
- Συναρτήσεις για την αποθήκευση κειμένων προς μεταφορά
- Συναρτήσεις καθορισμού κριτηρίων προγραμμάτων παρακολούθησης (π.χ. για αλλαγές κατάστασης, τιμών υπέρβασης ορίων, σημάτων ανάδρασης, λαθών επικοινωνίας, κ.λ.π.)

- Ειδικές συναρτήσεις (π.χ. για τον υπολογισμό ενθαλπίας, ψαλιδισμού φορτίων, επιλογή αναλογικών σημάτων κ.λ.π.). [8.4]

### 6.3.4. Κεντρική διαχείριση.

#### 6.3.4.1. Κεντρικές τερματικές μονάδες.

Στο επίπεδο της κεντρικής διαχείρισης (ΚΣΕ), το οποίο χρησιμεύει για την επιτόπου ή τηλε- παρακολούθηση των ελεγχόμενων κτιριακών ενεργειακών συστημάτων, το BEMS περιλαμβάνει μια ή περισσότερες από τις ακόλουθες τερματικές μονάδες (hardware) που συνδέονται μεταξύ τους με κατάλληλο δίκτυο (Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, Εκτυπωτή, Διατάξεις τηλεπικοινωνίας-modem)

Τα δεδομένα και οι εντολές μεταφέρονται μεταξύ αυτού του επιπέδου και των κατωτέρων του μέσου του δικτύου επικοινωνιών δεδομένων.

#### 6.3.4.2. Λογισμικό ενεργειακής διαχείρισης και αυτομάτου ελέγχου.

Το λογισμικό ενεργειακής διαχείρισης και αυτομάτου ελέγχου είναι η καρδιά ενός σύγχρονου BEMS. Ένα τέτοιο λογισμικό περιλαμβάνει προγράμματα για την πρόσβαση στο σύστημα και τη διαχείριση της επικοινωνίας μεταξύ των στοιχείων του, αλλά και την συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης και της συντήρησης των ελεγχόμενων κτιριακών εγκαταστάσεων και χώρων καθώς και για την ενεργειακή ανάλυση όλων των σχετικών δεδομένων.

##### 1) Προγράμματα διαχείρισης συστήματος

Τα προγράμματα αυτά περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Διαχείριση όλων των αλγορίθμων ελέγχου που εφαρμόζονται στο περιβάλλον πολλαπλών δράσεων του BEMS.
- Διαχείριση απομακρυσμένων περιοχών εποπτείας.
- Διαχείριση κωδικών πρόσβασης για την επιλεκτική είσοδο σε ελεγχόμενα συστήματα, λειτουργίας και δεδομένα από συγκεκριμένους χειριστές.
- Ταξινόμηση δεδομένων και διαχείριση επικοινωνιών.

##### 2) Προγράμματα συνεχούς παρακολούθησης και ανάλυσης

Τα προγράμματα αυτά περιλαμβάνουν τα ακόλουθα.

- Διάγνωση και επίδειξη μεταφερόμενων δεδομένων και μηνυμάτων κατάστασης, γεγονότος, βλάβης, συναγερμού και συντήρησης σε περιβάλλον κυλιόμενων παραθύρων.
- Επίδειξη προδιαγεγραμμένων ειδικών, σχεδιασμένων από το χρήστη, μηχανογραφικών αναφορών σε συγκεκριμένη χρονική βάση.
- Επίδειξη διαγραμμάτων τάσεων δεδομένων σε συγκεκριμένη χρονική βάση.
- Δυνατότητα σχεδιασμού και επίδειξη διαγραμμάτων ροής.
- Χρονικό προγραμματισμό ωραρίων λειτουργίας ελέγχου εξοπλισμού.
- Στατιστική ανάλυση σημαντικών δεδομένων.
- Προγραμματισμό και διαχείριση προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης.

Το λογισμικό ενεργειακής διαχείρισης και αυτομάτου ελέγχου προσαρμόζει συνεχώς τις περιόδους εκκίνησης και τους τρόπους λειτουργίας των ελεγχόμενων εγκαταστάσεων, ώστε να προσαρμόζονται σε αλλαγές που διασφαλίζουν την αποδοτική χρήση της ενέργειας.

Ο ενεργειακός έλεγχος πραγματοποιείται μέσα από την ακριβή γνώση και τη συστηματική καταγραφή των παραμέτρων ενεργειακής κατανάλωσης (ποσότητα καυσίμων και ηλεκτρισμού) και των παραμέτρων που τις επηρεάζουν (δείκτες απόδοσης εξοπλισμού, προφίλ κατοίκησης, θερμο-

κρασίες, υγρασίες, ποιότητα αέρα και επίδραση ανέμου). Τα συλλεχθέντα στοιχεία συγκρίνονται με τιμές-στόχους και διάφοροι τύποι ενεργειακών αναφορών παρουσιάζονται, όπως:

- Εβδομαδιαίες αναφορές όπου παρουσιάζουν οι πλέον σημαντικές πληροφορίες όπως οι τιμές της ενεργειακής κατανάλωσης ανά καύσιμο και χρήση ενέργειας, η απόκλιση των τιμών αυτών από καθορισμένες τιμές στόχους, τα ωράρια λειτουργίας του βασικού ενεργειακού εξοπλισμού, το προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης και βασικά κλιματιστικά στοιχεία.

- Ετήσιες αναφορές που περιλαμβάνουν ανοιγμένες τιμές ενεργειακών καταναλώσεων (π.χ. kWh/m<sup>2</sup> κ.λ.π.) και συνολικά στοιχεία κλιματολογικών και λειτουργικών παραμέτρων. [8.4]

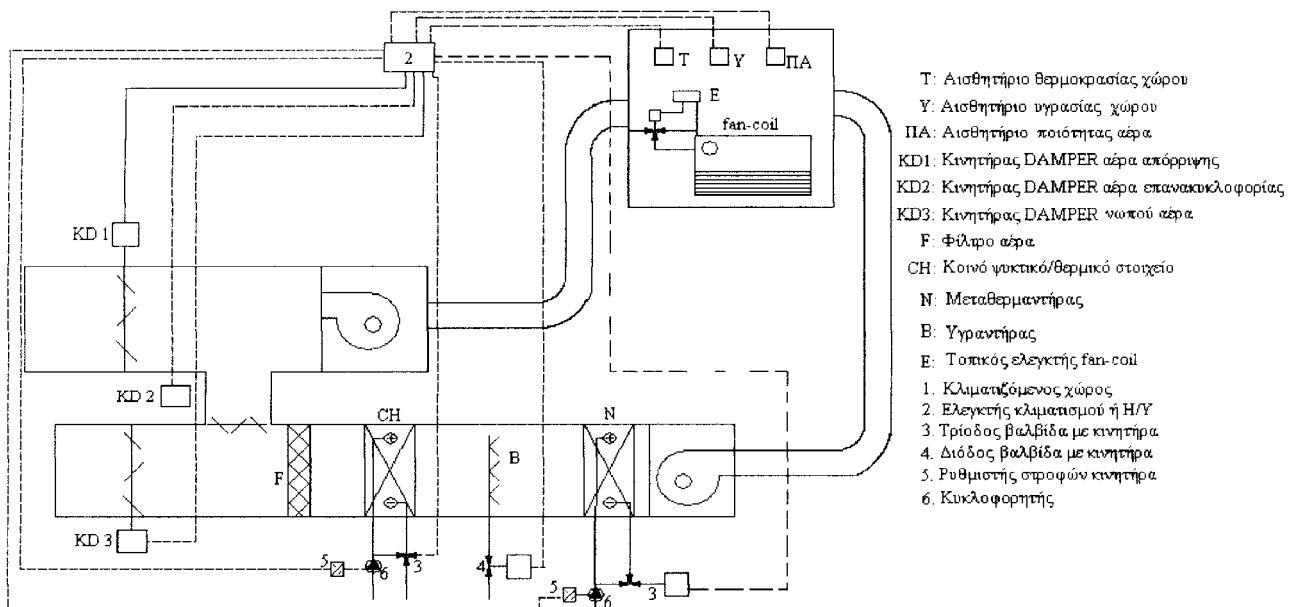
#### 6.3.4.3. Η επίδραση του χειριστή (ενεργειακός διαχειριστής)

Η εμπλοκή του εκάστοτε χειριστή ενός BEMS γίνεται κυρίως στο επίπεδο της κεντρικής διαχείρισης μέσω της χρήσης του λογισμικού. Η ορθή χρήση του λογισμικού αυτού είναι κρίσιμος παράγοντας για την αξιοποίηση των δυνατοτήτων του BEMS προς όφελος της διαδικασίας Ενεργειακής διαχείρισης ενός μεγάλου κτιρίου ή κτιριακού συγκροτήματος.

Είναι επομένως φανερό ότι ο κάθε χειριστής, οφείλει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένος στη χρήση του λογισμικού και να το λειτουργεί σε αυστηρά προδιαγεγραμμένη χρονική βάση ή και συνεχώς. Πρέπει επίσης να αξιοποιεί όσο το δυνατό περισσότερο τα αποτελέσματα των ενεργειακών αναφορών προς όφελος του οργανισμού και της αξιοπιστίας των ελεγχόμενων συστημάτων.

#### 6.4. Αυτοματισμός βασικών Κλιματιστικών συστημάτων.

Η μεταβολή των παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη στον έλεγχο των συστημάτων κλιματισμού στη διάρκεια της ημέρας μπορεί να είναι προβλέψιμη σε κάποιο βαθμό αλλά κατά κύριο λόγο είναι στοχαστική. Η πρόβλεψη των παραμέτρων χρησιμοποιείται για τη διαστασιολόγηση των συστημάτων κλιματισμού. Ο έλεγχος που θα εφαρμοστεί είναι συνάρτηση του είδους και του μεγέθους του συστήματος κλιματισμού.



Σχήμα 6.5-Ενδεικτικό σύστημα ελέγχου εγκατάστασης κλιματισμού με αέρα και νερό

Τα συστήματα κλιματισμού μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω γενικές κατηγορίες:  
 1) Κλιματισμός με διανομή κλιματισμένου αέρα. 2) Κλιματισμός με εγκατάσταση fan-coils και



διανομή προκλιματισμένου αέρα. 3) Κλιματισμός με εγκατάσταση μόνο fan-coils. Για την επίτευξη των συνθηκών άνεσης πρέπει να ελέγχεται η θερμοκρασία και η υγρασία. Ο έλεγχος μόνο της μίας από τις παραπάνω παραμέτρους δεν επαρκεί για την επίτευξη συνθηκών άνεσης. [6.4]

#### 6.4.1. Κλιματισμός με διανομή κλιματισμένου αέρα:

Το σύστημα αυτό αποτελεί το πιο πλήρες και το πιο ελεγχόμενο σύστημα κλιματισμού.

**1) Έλεγχος της θερμοκρασίας:** Μια μέθοδος για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του κλιματιζόμενου χώρου είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας του προσαγόμενου αέρα. Για την υλοποίηση αυτού του συστήματος ελέγχου απαιτείται ένα αισθητήριο θερμοκρασίας το οποίο τοποθετείται σε κατάλληλο σημείο στο χώρο. Το αισθητήριο θερμοκρασίας μεταβιβάζει την τιμή της θερμοκρασίας του χώρου σε έναν κεντρικό ελεγκτή ο οποίος επεξεργάζεται αυτή την τιμή και επηρεάζει τη θερμοκρασία του αέρα που προσάγεται στο χώρο.

Ο αέρας που προσάγεται στο χώρο θερμαίνεται ή ψύχεται στην κεντρική κλιματιστική μονάδα της εγκατάστασης. Η θέρμανση ή ψύξη του αέρα γίνεται μέσω εναλλακτών νερού/αέρα οι οποίοι ονομάζονται και θερμικά/ψυκτικά στοιχεία. Η αυξομείωση της θερμοκρασίας του αέρα γίνεται μέσω ελέγχου της θερμοκρασίας του νερού που κυκλοφορεί στο στοιχείο. Η θερμοκρασία του νερού ελέγχεται συνήθως μέσω τριόδου ή τετραόδου βαλβίδας ανάμιξης. Με αυτόν τον τρόπο η παροχή του νερού στο στοιχείο παραμένει σταθερή με αποτέλεσμα η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας να παραμένει επίσης σταθερή.

Σε μεγάλες εγκαταστάσεις είναι ενεργειακά αποδοτικότερο ο έλεγχος της θερμοκρασίας του νερού να γίνεται όχι με ανάμιξη αλλά με μεταβολή της παροχής του νερού στο στοιχείο. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της χρήσης ρυθμιστή στροφών στον κινητήρα του κυκλοφορητή (συμπιεστή Inverter).

Όπως ήδη αναφέρθηκε η μέθοδος αυτή ελέγχου της θερμοκρασίας του χώρου βασίζεται στην αυξομείωση της θερμοκρασίας του προσαγόμενου αέρα ενώ η παροχή του αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο παραμένει σταθερή. Σε χώρους με έντονη αυξομείωση του αριθμού των ατόμων που βρίσκονται στον κλιματιζόμενο χώρο όπως για παράδειγμα σε αεροδρόμια, θέατρα κτλ., η μέθοδος αυτή δεν είναι αποδοτική. Σε τέτοιες περιπτώσεις ενδείκνυται η αυξομείωση και της παροχής του αέρα (συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα) στον κλιματιζόμενο χώρο. Τα συστήματα αυτά έχουν συνήθως μεγαλύτερη δαπάνη εγκατάστασης αλλά μικρότερο λειτουργικό κόστος. Ο έλεγχος της παροχής του αέρα μπορεί να γίνεται είτε τοπικά μέσω ελέγχου των αντίστοιχων στομιών προσαγωγής και επιστροφής του αέρα είτε κεντρικά -εάν η σχεδίαση του συστήματος κλιματισμού το επιτρέπει- μέσω ελέγχου των στροφών των ανεμιστήρων προσαγωγής και επιστροφής του αέρα.

**2) Έλεγχος της υγρασίας:** Ο έλεγχος της υγρασίας επιτυγχάνεται μέσω του υγραντήρα της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας. Ο υγραντήρας ψεκάζει ποσότητα νερού στο διερχόμενο αέρα με αποτέλεσμα την αυξομείωση της υγρασίας του. Ο έλεγχος της ποσότητας νερού που ψεκάζεται γίνεται μέσω διόδου βαλβίδας η οποία στις απλές περιπτώσεις έχει λειτουργία on/off (τελείως ανοικτή ή τελείως κλειστή) ενώ στις πιο εξελιγμένες περιπτώσεις έχει προοδευτική λειτουργία.

Για τη λειτουργία της, η δίοδος βαλβίδα όπως και η τριόδος ή τετραόδος φέρουν ένα μικρό ηλεκτρικό κινητήρα ο οποίος δέχεται εντολή είτε από το κεντρικό σύστημα ελέγχου του συστήματος κλιματισμού είτε απευθείας από ένα αισθητήριο υγρασίας. Στην πρώτη περίπτωση το σήμα του αισθητηρίου υγρασίας μεταβιβάζεται στο κεντρικό σύστημα ελέγχου κλιματισμού.

Στην περίπτωση που λόγω των συνθηκών, απαιτείται αφύγρανση, τότε αυτή επιτυγχάνεται κυρίως με ψύξη σε θερμοκρασίες κάτω του σημείου δρόσου του αέρα. Έτσι, γίνεται φανερό ότι για τον πλήρη έλεγχο της υγρασίας, η κεντρική κλιματιστική μονάδα θα πρέπει να λειτουργεί με δύο ανεξάρτητα στοιχεία, ένα θερμικό και ένα ψυκτικό αυξάνοντας έτσι το κόστος επένδυσης.

Για τη ρύθμιση της υγρασίας το καλοκαίρι απαιτείται και ένα τρίτο στοιχείο το οποίο θα κάνει μεταθέρμανση. Αυτό το στοιχείο μπορεί να τροφοδοτείται από ηλεκτρικές αντιστάσεις ή από ένα μικρό λέβητα.

Ο κεντρικός ελεγκτής λοιπόν επενεργεί για τον έλεγχο της υγρασίας όχι μόνο στον υγραντήρα αλλά και στο ψυκτικό και στο μεταθερμαντικό στοιχείο. Το επιπλέον κόστος επένδυσης και λειτουργίας αυτών των διατάξεων δικαιολογείται από το πόσο αυστηρός είναι ο χρήστης του χώρου στην τήρηση των προδιαγραφών άνεσης.

Τα παραπάνω μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία σε εγκαταστάσεις όπου κλιματίζεται ένας μόνο χώρος (π.χ. η αίθουσα ενός θεάτρου), ή πολλοί χώροι με ομοειδή ψυκτικά ή θερμικά φορτία.

Στις περιπτώσεις όπου μια κεντρική κλιματιστική μονάδα τροφοδοτεί πολλούς χώρους με ανόμοια θερμικά ή ψυκτικά φορτία (αυτό μπορεί να συμβεί σε ένα κτίριο κατά τις μεταβατικές περιόδους του έτους όπου το βόρειο τμήμα να χρειάζεται θέρμανση και το νότιο τμήμα ψύξη), η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται είτε περισσότερες κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, μια για κάθε ζώνη του κτιρίου με ομοειδή φορτία είτε μια πολυζωνική κεντρική κλιματιστική μονάδα. Στις πολυζωνικές κλιματιστικές μονάδες σε κάθε ζώνη εγκαθίσταται ένας μεταθερμαντήρας ο οποίος ελέγχεται από το αισθητήριο θερμοκρασίας της κάθε ζώνης.

**3) Έλεγχος ποιότητας αέρα:** Ένας επιπλέον έλεγχος ο οποίος έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα του κλιματιζόμενου χώρου αλλά και εξοικονόμηση ενέργειας είναι μέσω της χρήσης αισθητηρίου ποιότητας αέρα.

Το αισθητήριο ποιότητας αέρα μετρά τη στάθμη διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και πτητικών οργανικών ουσιών (VOC, volatile organic compounds) στο χώρο και δίνει μια έξοδο η οποία επιδρά στους ρυθμιστές διαφραγμάτων νωπού και απορριπτόμενου αέρα. Όταν η στάθμη CO<sub>2</sub> ή VOC αυξηθεί τότε προστίθεται περισσότερος νωπός αέρας. Στην αντίθετη περίπτωση μειώνεται η ποσότητα του νωπού αέρα. Στατιστικά η δεύτερη περίπτωση συμβαίνει συχνότερα με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας. [7,18]

#### **6.4.2. Κλιματισμός με εγκατάσταση fan-coils & διανομή προκλιματισμένου αέρα:**

Σε τέτοιου είδους εγκαταστάσεις τα fan-coils ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του χώρου, ενώ η υγρασία του ρυθμίζεται από τον προκλιματισμένο αέρα.

Σε ένα fan-coil είναι δυνατό να επέμβει κανείς τόσο στη θερμοκρασία του νερού που κυκλοφορεί σε αυτό όσο και στην ταχύτητα του ανεμιστήρα του. Το αισθητήριο θερμοκρασίας του χώρου επενεργεί στην τριόδο βαλβίδα του fan-coil και ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού καθώς και στην ταχύτητα του ανεμιστήρα του επιλέγοντας μια από τις τρεις διαθέσιμες τιμές (χαμηλή-μέση-μεγάλη).

Σε φθηνές εγκαταστάσεις δεν εγκαθίσταται τριόδος βαλβίδα σε κάθε fan-coil με αποτέλεσμα ο έλεγχος της θερμοκρασίας του χώρου να γίνεται μόνο από τον ανεμιστήρα του fan-coil. Είναι προφανές ότι η επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας στο χώρο με αυτή τη μέθοδο δεν είναι τόσο αποτελεσματική.

Για τον έλεγχο της υγρασίας μέσω του προκλιματισμένου αέρα ισχύουν τα προαναφερθέντα για το σύστημα του κλιματισμένου αέρα. [7,18]

#### **6.4.3. Κλιματισμός με εγκατάσταση fan-coils:**

Είναι φανερό από τα προηγούμενα ότι σε τέτοιου είδους εγκαταστάσεις υπάρχει μόνο η δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας.

Η υγρασία και η ποιότητα του κλιματιζόμενου χώρου, μπορούν μερικώς να ρυθμιστούν (όχι να ελεγχθούν) μέσω ανοιγμάτων στα παράθυρα. Όσον αφορά την υγρασία, αυτή μπορεί να ρυθμιστεί σε κάθε χώρο και με τοπικούς υγραντές.

Αντίστοιχη με την περίπτωση των fan-coils είναι η χρήση τοπικών διαιρούμενων μονάδων ψύξης-θέρμανσης. Και εδώ δεν είναι δυνατός ο έλεγχος της υγρασίας του χώρου. Η ποιότητα του αέρα μπορεί να ρυθμιστεί με το άνοιγμα-κλείσιμο παραθύρων. [7.18]

## 6.5. Μειονεκτήματα των BEMS

Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των BEMS σχετίζεται με τα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Οι κατασκευάστριες εταιρίες έχουν αναπτύξει διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η σύνδεση επιμέρους συστημάτων μεταξύ τους. Αυτό έχει σαν συνέπεια οι χρήστες να δεσμεύονται με τα προϊόντα μιας εταιρίας.

Η διασύνδεση διαφορετικών συστημάτων είναι δυνατή με τη χρήση gateways. Η χρήση gateways είναι επιτυχής εφόσον οι κατασκευάστριες εταιρίες είναι διατεθειμένες να παραχωρήσουν τις πληροφορίες για τα πρωτόκολλα επικοινωνίας τους. Αυτό εκτός του ότι είναι αντιοικονομική δεν είναι πάντα πραγματοποιήσιμη.

Για τον λόγω αυτό δημιουργήθηκε η ανάγκη ενός εναλλακτικού συστήματος BEMS το οποίο να μπορεί να συνδεθεί σε οποιοδήποτε κτίριο, ικανοποιώντας παράλληλα τις απαιτήσεις των χρηστών και εξοικονόμηση ενέργειας. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στο “Έξυπνο Σύστημα Ελέγχου και Διαχείρισης Ενέργειας σε κτίρια” (Intelligent Building Energy Management System-IBEMS).

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ένα «έξυπνο δίκτυο» για την ανταλλαγή πληροφοριών στα διάφορα σημεία του κτιρίου. Τα χαρακτηριστικά του δικτύου αυτού είναι:

- Αποτελείται από έξυπνους κόμβους που, ανεξάρτητα από το μέσο επικοινωνίας, χρησιμοποιούν κοινό πρωτόκολλο. Οι κόμβοι είναι προγραμματισμένοι να δέχονται μηνύματα (inputs) και να ενεργούν ανάλογα με τα μηνύματα που λαμβάνουν (outputs). Η αλληλεπίδραση μεταξύ των κόμβων δίνει τη δυνατότητα στο δίκτυο να διεκπεραιώνει πολύπλοκες διαδικασίες. Έτσι ένας μικρός αριθμός παρόμοιων κόμβων μπορεί να εκτελεί ένα πλήθος εφαρμογών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο κόμβος περιλαμβάνει μέρος του λογισμικού του κτιρίου.

- Προσφέρουν αυξημένη αξιοπιστία λόγω της λειτουργίας αναγνώρισης (acknowledge) σήματος από κόμβο σε κόμβο.

Συνεπώς το βέλτιστο σύστημα διαχείρισης πρέπει εκτός των άλλων να έχει και τα εξής χαρακτηριστικά: Να είναι ανοικτό σύστημα με κοινά standards, να μπορεί να εγκατασταθεί εύκολα σε νέα αλλά και σε ήδη υπάρχοντα κτίρια, να έχει τη δυνατότητα να συνδυάζει τμήματα από διαφορετικούς κατασκευαστές και να περιλαμβάνει τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης και να είναι χαμηλού κόστους.

## 6.6. Γενικές παρατηρήσεις:

Σημαντικό στοιχείο για τον επιτυχή έλεγχο του συστήματος κλιματισμού είναι τόσο η αξιοπιστία των οργάνων μέτρησης όσο και των οργάνων εκτέλεσης εντολών όπως οι τριόδοι βαλβίδες, τα ρυθμιστικά διαφράγματα κτλ.

Τα στοιχεία που συμμετέχουν στον έλεγχο χαρακτηρίζονται από την ακρίβειά τους η οποία επηρεάζει μη αναλογικά την τιμή τους. Η απαιτούμενη ακρίβεια είναι συνάρτηση του είδους του κλιματιζόμενου χώρου π.χ. η απαιτούμενη ακρίβεια για κλιματισμό εργαστηρίων είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή για κλιματισμό γραφείων.

Η εμπειρία έχει δείξει ότι η λογική του ελέγχου μπορεί να συμβάλλει τόσο πολύ στο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης έτσι ώστε να αποσβεσθούν πολύ γρήγορα ακόμη και μεγάλες αρχικές δαπάνες για την υλοποίηση του συστήματος ελέγχου

Η μέχρι σήμερα εμπειρία από την εφαρμογή και λειτουργία πολλών BEMS σε ελληνικά κτίρια, καταδεικνύει, ότι σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, δεν γίνεται ακόμα πλήρης εκμετάλλευση των δυνατοτήτων που προσφέρουν. Έτσι ενώ αρκετά έργα εφαρμογής BEMS ξεκίνησαν με καλές προδιαγραφές, σχεδόν κανένα δεν έχει αποδώσει στο φορέα-χρήστη τα αναμενόμενα λειτουργικά αποτελέσματα σε σχέση με την ενεργειακή διαχείριση, αφού η εκπαίδευση των χειριστών εκτεινόταν μόνο στη χρήση του συστήματος για βασικές λειτουργίες εποπτείας και ελέγχου και σε κατώτερο συνήθως επίπεδο (τεχνικής ή μηχανικής συντήρησης), χωρίς ποτέ να μεταδίδονται οι σωστές πληροφορίες στα ανωτέρω όργανα διοίκησης. Φυσικά σε αυτό συμβάλλει και η μέχρι σήμερα απουσία συνολικού πλαισίου ενεργειακής διαχείρισης στον κτιριακό τομέα της χώρας, παρά τις πιλοτικές προσπάθειες που έχουν ξεκινήσει για τα δημόσια κτίρια.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΥΠΟΨΗ ΣΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ.

### 7.1. Παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στον έλεγχο των συστημάτων κλιματισμού

Όπως αναφέρθηκε ιδιαίτερα σημαντικός για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση του λειτουργικού κόστους μιας εγκατάστασης είναι ο έλεγχος των συστημάτων κλιματισμού στις σύγχρονες κτιριακές μονάδες.

Σκοπός των συστημάτων κλιματισμού είναι η παροχή και διατήρηση των επιθυμητών συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας στους κλιματιζόμενους χώρους, ανεξάρτητα από τις μεταβολές των παραμέτρων που τις επηρεάζουν.

Οι παράμετροι αυτοί είναι:

- Η θερμοκρασία περιβάλλοντος
- και η υγρασία. περιβάλλοντος

Η μεταβολή των παραμέτρων αυτών στη διάρκεια της ημέρας μπορεί να είναι προβλέψιμη σε κάποιο βαθμό αλλά κατά κύριο λόγο είναι στοχαστική. Η πρόβλεψη των παραμέτρων χρησιμοποιείται για τη διαστασιολόγηση των συστημάτων κλιματισμού. Η διαστασιολόγηση γίνεται με τις λεγόμενες συνθήκες σχεδιασμού οι οποίες συνήθως αναφέρονται στις πιθανότερες ακραίες συνθήκες. Επειδή οι συνθήκες αυτές συναντώνται για περιορισμένο χρονικό διάστημα, είναι απαραίτητος ο έλεγχος έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι αναγκαίες εσωτερικές συνθήκες και κατά τα άλλα χρονικά διαστήματα, αλλά και για την ορθολογιστική εκτίμηση του λειτουργικού κόστους.

Ο έλεγχος που θα εφαρμοστεί είναι συνάρτηση του είδους και του μεγέθους του συστήματος κλιματισμού. Κατά τον έλεγχο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η μεταβολή των παραμέτρων που επηρεάζουν τις συνθήκες εσωκλίματος ενός κτιρίου κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνονται συνθήκες άνεσης με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. [7.23]

### 7.2. Συνθήκες άνεσης.

Η άνεση αποτελεί μια υποκειμενική αίσθηση που βασίζεται σ' ένα σύνολο παραγόντων μεταξύ των οποίων είναι η θερμοκρασία, τα ρεύματα αέρα, η υγρασία και η ποιότητα του αέρα, ο φωτισμός, ο θόρυβος, καθώς και τα στοιχεία που αφορούν κυρίως το άτομο, όπως είναι το ντύσιμο σε συνδυασμό με τις δραστηριότητές του, η κατάσταση της υγείας του ή η ιδιοσυγκρασία του.

Ιδανικές συνθήκες ανέσεως είναι εκείνες που ικανοποιούν κατά άριστο τρόπο το σύνολο των κλιματικών παραγόντων ενός χώρου και προσαρμόζεται κατά ιδανικό τρόπο στις απαιτήσεις ή στους στόχους των χρηστών.

Επιθυμητές είναι οι συνθήκες άνεσης που επιλέγονται για ένα χώρο και προσεγγίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό τις ιδανικές συνθήκες ανέσεως, χωρίς όμως να παραγνωρίζουν λογικούς παράγοντες κόστους και τεχνολογικών δυνατοτήτων.

Εφικτές είναι οι τελικές συνθήκες περιβάλλοντος που επιτυγχάνονται από μια συγκεκριμένη εγκατάσταση που λειτουργεί με αποδεκτά τεχνοοικονομικά δεδομένα, σε συγκεκριμένες (πραγματικές) συνθήκες εξωκλίματος.

Με το σύστημα κλιματισμού προσπαθούμε να προσεγγίσουμε τις ιδανικές συνθήκες κλιματικής ανέσεως ρυθμίζοντας κυρίως την θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα. Οι συνθήκες αυτές δεν αντιστοιχούν σε κάποιες απόλυτες τιμές, προκαθορισμένες για κάθε παράγοντα, αλλά βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση και συσχετίζονται σε κάποια όρια. Άλλωστε οι υποκειμενικές προτιμήσεις των ανθρώπων δεν ταυτίζονται.

Στα συστήματα κλιματισμού ο χρήστης έχει την δυνατότητα αυτόνομης ρύθμισης του εσωκλίματος προκειμένου να επιτύχει τις συνθήκες εκείνες (θερμοκρασία και υγρασία) που αυτός αι-

σθάνεται άνετα. Είναι λογικό λοιπόν η ενέργεια που καταναλώνεται για την διαμόρφωση του εσωκλίματος να σχετίζεται άμεσα με τις συνθήκες άνεσης.

Παρόλο που όπως είπαμε ο κάθε άνθρωπος αντιλαμβάνεται διαφορετικά το αίσθημα της άνεσης, έχει αποδειχθεί από έρευνες πως υπάρχουν κάποια στενά όρια θερμοκρασίας και υγρασίας στα οποία οι περισσότεροι άνθρωποι αισθάνονται ευεξία. Φυσικά ο απλός χρήστης δεν είναι υποχρεωμένος να γνωρίζει τα όρια αυτά και επιπλέον δεν είναι δυνατόν να σπαταλάει τον χρόνο του ρυθμίζοντας κατάλληλα το σύστημα κλιματισμού.

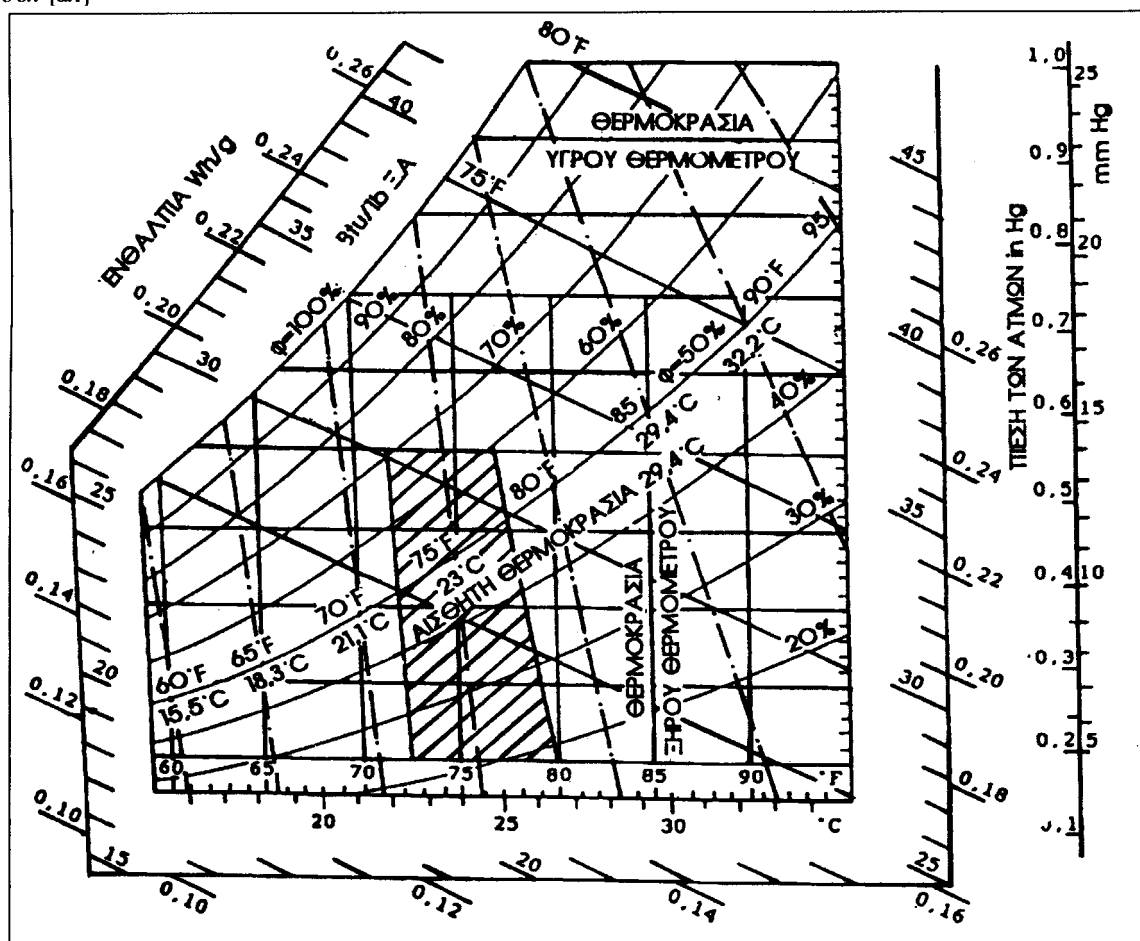
Στο σημείο αυτό ο έλεγχος του συστήματος είναι απαραίτητος προκειμένου να συνδυαστούν συνθήκες άνεσης και εξοικονόμηση ενέργειας. [α.1], [β.1], [γ.13], [γ.20], [γ.47], [α4]

### 7.3. Ιδανικές συνθήκες άνεσης για χειμώνα και καλοκαίρι

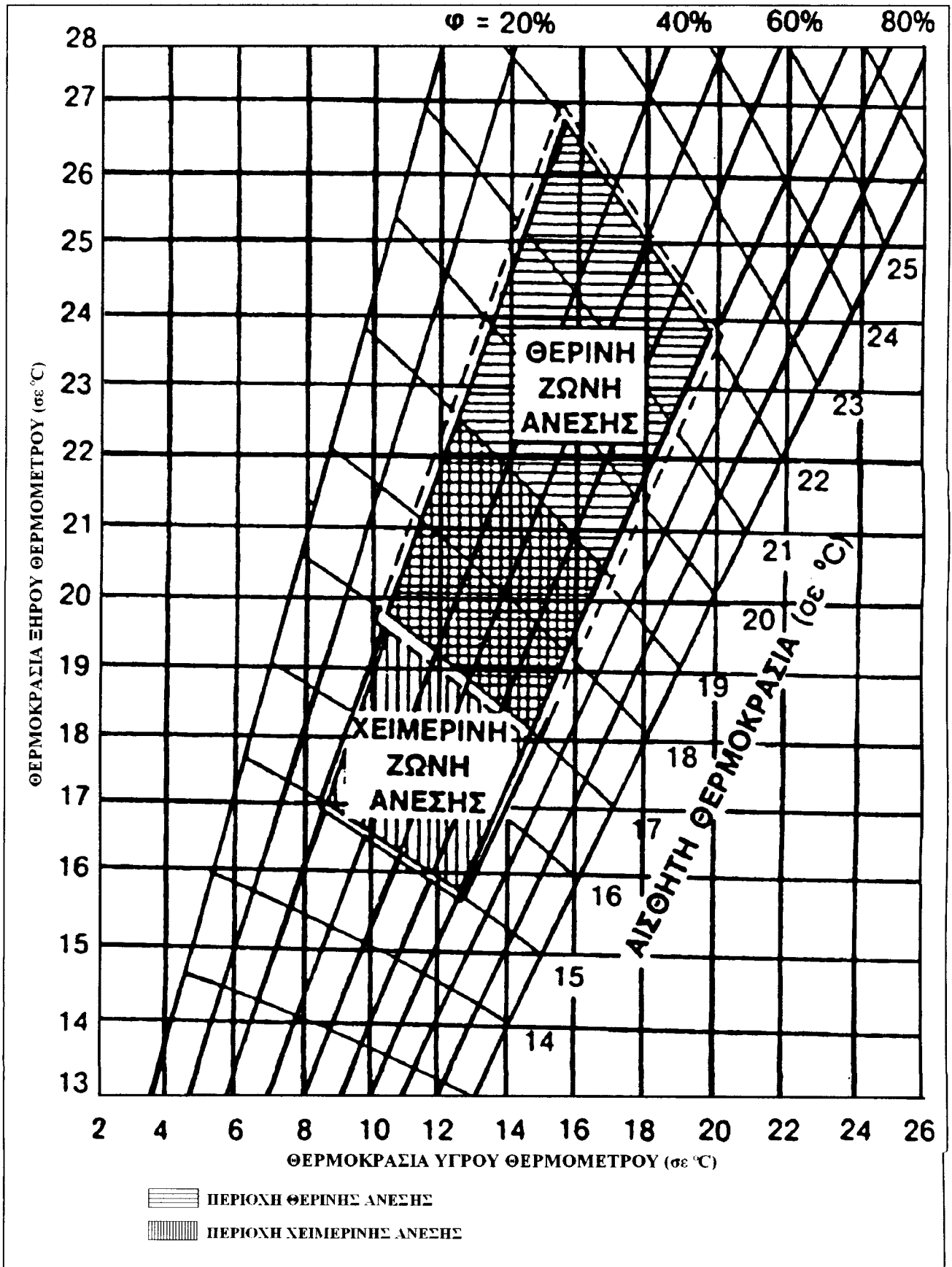
Ύστερα από εκτεταμένες μελέτες και στατιστικές έρευνες καθορίστηκαν συγκεκριμένα όρια θερμοκρασίας και υγρασίας για την διαμόρφωση συνθηκών άνεσης. Τα όρια αυτά αποτυπώθηκαν σε κατάλληλα επεξεργασμένα διαγράμματα (Σχ. 7.1 & 7.2). Από τα διαγράμματα αυτά διαπιστώνουμε ότι αίσθηση ανέσεως εξασφαλίζεται π.χ. σε θερμοκρασία 25 °C όταν έχουμε σχετική υγρασία 60% ή σε θερμοκρασία 26,5 °C και σχετική υγρασία 30%.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω παράδειγμα, η επίδραση της υγρασίας δεν φαίνεται να είναι σημαντική. Όμως οι έρευνες έδειξαν πως σχετική υγρασία, για λόγους υγιεινής, δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να είναι χαμηλότερη από 30% ενώ οι επιθυμητές τιμές κοινής αποδοχής κυμαίνονται από 40-50%, με ακραία όρια 30 και 70%.

Για την εξασφάλιση ανέσεως, πρέπει η σχετική υγρασία να κυμαίνεται σε προκαθορισμένα επίπεδα. [α.1]



Σχήμα 7.1-Περιοχή ανέσεως κατά ASHRAE



Σχήμα 7.2.- Διάγραμμα επιλογής θερμοκρασιών «ανέσεως» για χειμώνα και καλοκαίρι. Με οριζόντια διαγράμμιση καθορίζεται η περιοχή της θερινής «ανέσεως» και με κατακόρυφη η περιοχή της χειμερινής «ανέσεως». Ενδιαφέρον παρουσιάζει η κοινή περιοχή (θερμοκρασία 17-10 °C υγρασία 30-40%)

#### 7.4. Εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος

Το κλίμα των εσωτερικών χώρων (εσώκλιμα) διαμορφώνεται με αφετηρία τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος την αποτελεσματικότητα της προστασίας που εξασφαλίζει το κέλυφος του χώρου και την επίδραση εσωτερικών παραγόντων και δράσεων.

Το εξωτερικό περιβάλλον παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές, τόσο εποχιακά όσο και κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου, σε παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία κ.α. Η κατανάλωση ενέργειας για την διαμόρφωση του εσωκλίματος καθορίζεται από τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες ενός τόπου εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως (το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, το υψόμετρο, τη μορφολογία του εδάφους, την εποχή και άλλα).

Για την πρόβλεψη των παραμέτρων αυτών υπάρχουν μετεωρολογικοί σταθμοί σε κάθε μέρος που με συχνές μετρήσεις που κάνουν μπορούν δώσουν κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (πίεση, θερμοκρασία, υγρασία, υδατόπτωση, ηλιοφάνεια, ανεμόπτωση και άλλα) για το κλίμα ενός τόπου για κάθε εποχή. Φυσικά οι τιμές αυτές είναι προσεγγιστικές και μερικές φορές μπορεί να διαφέρουν από την πραγματικότητα. Αποτελούν όμως στοιχεία για την μελέτη του συστήματος κλιματισμού και είναι αρκετά αντιπροσωπευτικές.

Από τις συχνές μετρήσεις που γίνονται στους σταθμούς προκύπτουν κάποια μεγέθη που χρησιμοποιούνται στην μελέτη κλιματισμού όπως είναι:

1) Η μέση απολύτως μέγιστη/ελάχιστη θερμοκρασία μηνός που αναφέρεται στην μέση τιμή, για μια σειρά ετών των μέγιστων/ελάχιστων θερμοκρασιών που παρατηρήθηκαν κάθε χρόνο, κατά την διάρκεια συγκεκριμένου μήνα.

2) Η μέση μέγιστη/ελάχιστη θερμοκρασία μηνός, που είναι η μέση τιμή, για μια σειρά ετών, των μέσων τιμών των μεγίστων/ελαχίστων θερμοκρασιών κάθε μέρας του συγκεκριμένου μήνα.

Τα μεγέθη αυτά μαζί με άλλα (θερμοκρασία υγρού και ξηρού θερμομέτρου, θερμότερος/ψυχρότερος μήνας και άλλα) καταγράφονται σε πίνακες για κάθε μέρος και συνθέτουν τις συνθήκες σχεδιασμού για χειμώνα και καλοκαίρι.

Το σύστημα ελέγχου είναι απαραίτητο να λαμβάνει υπόψη του τις μεταβολές των εξωτερικών συνθηκών (θερμοκρασίας και υγρασίας) με την βοήθεια ειδικών αισθητηρίων και να ρυθμίζει κατάλληλα το σύστημα κλιματισμού ώστε να παρέχει συνθήκες άνεσης με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. [α.1], [α5]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 8.1. Σημαντικότερες απώλειες στα συστήματα κλιματισμού

Απαραίτητη προϋπόθεση για την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απωλειών στον κλιματισμό είναι η γνώση των αιτιών που τις προκαλούν.

Όσο αναφορά την ψύξη ενός χώρου (θερινός κλιματισμός) οι απώλειες οφείλονται κυρίως στα ηλιακά και εσωτερικά κέρδη. Αντίθετα κατά την θέρμανση ενός χώρου (χειμερινός κλιματισμός) οι απώλειες οφείλονται περισσότερο στην μεταφορά θερμότητας μέσω αγωγής και ακτινοβολίας και λιγότερο στον αερισμό.

Εκτός όμως από αυτές τις απώλειες που υφίστανται κατά την διατήρηση της ενέργειας σε ένα χώρο υπάρχουν και απώλειες στα δίκτυα διανομής ρευστών. Οι απώλειες αυτές οφείλονται σε διαρροές στα δίκτυα, σε ανεπαρκή θερμική προστασία των σωληνώσεων και αεραγωγών και σε άσκοπη λειτουργία κυκλοφορητών και ανεμιστήρων.

Οι απώλειες αυτές διαφέρουν ποσοτικά κάθε φορά ανάλογα με την περίπτωση. Ο μελετητής πρέπει να μελετήσει το σύστημα και να είναι σε θέση να προτείνει την λύση που θα ελαχιστοποιεί τις απώλειες.

### 8.2. Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα κλιματισμού αναπτύχθηκαν λεπτομερώς στο πέμπτο κεφάλαιο. Παρακάτω γίνεται μια συνοπτική αναφορά.

• **Βιοκλιματικός σχεδιασμός:** Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός μπορεί να προσφέρει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Λαμβάνοντας υπόψη ορισμένες βασικές αρχές κατά τον αρχικό σχεδιασμό ενός κτιρίου μπορεί να ελαττωθεί το ψυκτικό ή θερμικό φορτίο σημαντικά.

Μέσω του ενεργειακού σχεδιασμού ενός κτιρίου υπάρχει δυνατότητα «ελέγχου» εκείνων των παραγόντων που δρουν αρνητικά ή θετικά στην διαμόρφωση του εσωκλίματος. Οι παράγοντες αυτοί είναι: ανεμόπτωση, ηλιακά κέρδη, συντελεστής θερμοπερατότητας, ρυθμός ανανέωσης του αέρα, θερμική μάζα κτιρίου, ηλιακά κέρδη, φυσικός φωτισμός.

Γενικά ότι δρα αρνητικά στην διατήρηση της ενέργειας (π.χ. στον θερινό κλιματισμό, τα ηλιακά κέρδη) πρέπει να περιορίζεται και ότι δρα θετικά (π.χ. στον θερινό κλιματισμό, η σκίαση) πρέπει να επιδιώκεται.

Όποια τεχνική μπορεί να συνδυάσει την παραπάνω αρχή χωρίς να χαλάει την αισθητική του χώρου είναι αποδεκτή. Στον βιοκλιματικό σχεδιασμό δεν υπάρχουν προκαθορισμένοι κανόνες. Η κάθε περίπτωση είναι μοναδική και πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά από τον αρχιτέκτονα, με την βοήθεια πολιτικού μηχανικού και μηχανολόγου.

• **Επιλογή του συστήματος κλιματισμού:** Φυσικά όπως αναφέρθηκε υπάρχουν πολλά συστήματα κλιματισμού. Το πιο σύστημα είναι κατάλληλο (ενεργειακά) για κάθε περίπτωση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Τα συστήματα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας είναι:

1) Μεταβλητής παροχής αέρα (VAV): Τα συστήματα αυτά εξοικονομούν ενέργεια σε σχέση με τα συμβατικά, καθώς μπορούν και προσαρμόζουν την λειτουργία τους ανάλογα με το φορτίο. Με ανεμιστήρες μεταβλητής ταχύτητας (inverter) μεταβάλλεται η παροχή του αέρα κατά τέτοιο ώστε να καλύψει της ανάγκες του χώρου σε θέρμανση ή ψύξη.

Τα συστήματα αυτά εξοικονομούν ενέργεια όταν λειτουργούν σε μερικό φορτίο για αυτό και είναι κατάλληλα για χώρους όπου παρουσιάζουν έντονη μεταβολή του φορτίου και για χώρους με πολλαπλές θερμικές ζώνες. Αυτό γιατί κάθε χρονική στιγμή παρέχουν μόνο την ποσότητα αέρα, η οποία είναι απαραίτητη για το φορτίο.

κατάλληλα για βιβλιοθήκες, μουσεία κ.α.. Τα συστήματα με νερό ή με ψυκτικό μέσω δεν εξασφαλίζουν ικανοποιητικό έλεγχο της υγρασίας αλλά ικανοποιούν την απαίτηση για αυτονομία στους χώρους.

Τέλος πρέπει να εξετάζεται και η δυνατότητα εγκατάστασης συστήματος ανάκτησης ενέργειας ή και άλλες εναλλακτικές λύσεις

Η αναζήτηση της βέλτιστης λύσης επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής και τον υπολογισμό του κόστους λειτουργίας και συντήρησης. Σε καμία περίπτωση πάντως ο περιορισμός του κόστους δεν πρέπει να γίνεται σε βάρος των συνθηκών άνεσης.

Συνοψίζοντας λοιπόν τα κριτήρια για την διαδικασία επιλογής είναι: Απαιτήσεις απόδοσης και ισχύος, απαιτήσεις χώρου, αρχικό κόστος, κόστος λειτουργίας, αξιοπιστία και ευελιξία.

•**Σχεδιασμό και επιλογή του εξοπλισμού:** Ο σωστός σχεδιασμός και η κατάλληλη επιλογή του αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες στην τελική κατανάλωση ενέργειας.

Πρέπει να αποφεύγονται απότομες μεταβολές της διεύθυνσης της ροής του αέρα στους αεραγωγούς. Για αυτό οι αεραγωγοί πρέπει να κατασκευάζονται όσο το δυνατόν ευθύγραμμοι χωρίς διακυμάνσεις στην διατομή τους και με λεία επιφάνεια. Η θερμομόνωση τους μπορεί να μειώσει τις θερμικές απώλειες μέχρι και 90%. Καλό είναι να προτιμούνται αεραγωγοί με μικρές διαστάσεις διατομών σε συνδυασμό με υψηλές ταχύτητες ροής και πίεσης.

Τα στόμια προσαγωγής πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να επιτυγχάνουν ομοιόμορφη κατανομή του αέρα και άρα της θερμοκρασίας σε όλους τους χώρους. Τα στόμια απαγωγής πρέπει να απάγουν την σωστή ποσότητα αέρα (άμα απάγουν περισσότερη χάνεται ενέργεια).

Η επιλογή του κεντρικού εξοπλισμού (λέβητας, ψύκτη) πρέπει να είναι τέτοια ώστε να παρουσιάζει μέγιστη απόδοση σε μερικό φορτίο και όχι σε πλήρες. Το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί σε μερικό φορτίο και οι ακραίες συνθήκες παρατηρούνται μόνο λίγες μέρες τον χρόνο.

Οι συσκευές διαμονής του μέσου μεταφοράς ενέργειας (αντλίες, ανεμιστήρες) καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας διότι λειτουργούν συνέχεια σε πλήρες φορτίο (εξαιρούνται τα inverter). Συμφέρει λοιπόν η επιλογή συσκευών με χαμηλή κατανάλωση, υψηλό βαθμό απόδοσης και δυνατότητα ρύθμισης της παροχής για περιπτώσεις μερικού φορτίου.

•**Περιορισμός των θερμικών απωλειών από ηλεκτρικές συσκευές:** Σε ορισμένες περιπτώσεις οι ηλεκτρικές συσκευές μπορεί να αυξήσουν δραματικά το ψυκτικό φορτίο κατά τον θερινό κλιματισμό.

Η επιλογή ηλεκτρικών συσκευών χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και ο περιορισμός της άσκοπης χρήσης τους μπορεί να μειώσει σημαντικά το φορτίο και να επιφέρει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.

•**Συντήρηση:** Τα συστήματα κλιματισμού αποτελούνται από πολλά μηχανικά στοιχεία και η συντήρησή τους πρέπει να γίνεται με αυστηρό προγραμματισμό. Πρέπει πάντα να ακολουθούνται πιστά οι χρόνοι στους οποίους συνιστάται από τον κατασκευαστή να γίνεται συντήρηση.

Εάν ακολουθηθούν πιστά οι πρακτικές της συντήρησης μπορεί να εξοικονομηθεί έως και το 30% της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε αυτά τα συστήματα.

### 8.3. Τεχνικές διαχείρισης συστημάτων κλιματισμού.

Η εφαρμογή ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης σε ένα μεγάλο κτίριο ή κτιριακό συγκρότημα, αποτελεί μια από τις δυνατότητες-μέτρα που μπορούν να επιφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (μέχρι και 50%).

Μέσω ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης ελέγχονται ηλεκτρονικά όλοι οι παράγοντες που σχετίζονται με την παραγωγή, μεταφορά και διατήρηση της ενέργειας σε ένα κτίριο. Συνεπώς τα συστήματα αυτά παρέχουν συνθήκες άνεσης με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.

Σκοπός των BEMS είναι: εποπτεία των εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, έλεγχος των παραγόμενων που σχετίζονται με την ενέργεια, ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας, συγκέντρωση και καταγραφή πληροφοριών, βελτιστοποίηση των συνθηκών εργασίας, χρονικός προγραμματισμός της λειτουργίας των εγκαταστάσεων και βελτιστοποίηση του προγράμματος συντηρήσεως.

Στα σύγχρονα συστήματα η ενεργοποίηση των αυτοματισμών γίνεται ψηφιακά και με μικροεπεξεργαστές άμεσου ψηφιακού ελέγχου. Ο άμεσος ψηφιακός έλεγχος παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα και προβλέπεται η αποκλειστική χρησιμοποίηση του στο μέλλον. Μερικά από αυτά είναι: εύκολη τροποποίηση των διεργασιών ελέγχου, περισσότερη πολυπλοκότητα στη διεργασία, ευκολότερη ρύθμιση και παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος, δεν υπάρχουν υπερβάσεις ή πτώσεις στο σημείο ρύθμισης, εξοικονόμηση κόστους και χρόνου.

Οι τρόποι ελέγχου όπως αναπτύχθηκε διακρίνονται σε: δύο θέσεων (on-off), σταθεροποίηση θέσεων (floating), αναλογικός (P), αναλογικός ολοκληρωτικός (PI), αναλογικός-ολοκληρωτικός-διαφορικός (PID). Ο έλεγχος PID είναι ο πιο ακριβής καθώς οποτεδήποτε η επιθυμητή τιμή μεταβληθεί, δρα σαν φρένο για να σταματήσει η αλλαγή. Ενεργεί κατά την διάρκεια της μεταβολής με αποτέλεσμα μια πολύ γρήγορη εξισορρόπηση. Παρόλα αυτά δεν είναι πάντα αναγκαίος.

Τυπικές εφαρμογές του αυτομάτου ελέγχου που αφορούν και τον κλιματισμό είναι: ο έλεγχος της ενθάλπιας, επαναρύθμιση θερμοκρασίας αέρα προσαγωγής, αντιστάθμιση θερμοκρασίας περιβάλλοντος, έλεγχος συχνότητας εκκίνησης πολλών μονάδων παραγωγής θερμότητας-ψύξης, βέλτιστη εκκίνηση-στάση, χρονική καταγραφή γεγονότων, κυκλική εναλλαγή εξοπλισμού κλιματισμού, έλεγχος φωτιστικών κυκλωμάτων, βελτιστοποίηση λειτουργίας ψύκτη.

Η εμπειρία έχει δείξει ότι η λογική του ελέγχου μπορεί να συμβάλει τόσο πολύ στο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης έτσι ώστε να αποσβεστούν πολύ γρήγορα ακόμη και μεγάλες αρχικές δαπάνες για την υλοποίηση του συστήματος ελέγχου.

#### **8.4. Παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στον έλεγχο των συστημάτων κλιματισμού.**

Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στον έλεγχο των συστημάτων κλιματισμού είναι η θερμοκρασία και υγρασία. Σκοπός του κλιματισμού είναι παρέχει σταθερές συνθήκες άνεσης καθόλη την διάρκεια του έτους.

Η ενέργεια που απαιτείται όμως για την διατήρηση του εσωκλίματος εξαρτάται από τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία και υγρασία). Οι συνθήκες αυτές μεταβάλλονται για ένα συγκεκριμένο τόπο ανάλογα με την εποχή και την ώρα της ημέρας.

Έτσι το σύστημα ελέγχου των συστημάτων κλιματισμού πρέπει να παρακολουθεί τις μεταβολές αυτές και ανάλογα να ρυθμίζει την λειτουργία του ώστε να παρέχει συνθήκες άνεσης καταναλώνοντας ελάχιστη ενέργεια.

#### **8.5. Επίλογος**

Φαίνεται ότι τα συστήματα μεταβλητής παροχής είναι αυτά που προσφέρουν την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Ιδιαίτερα σε χώρους με μεγάλη διακύμανση φορτίου το σύστημα μεταβλητής παροχής αέρα και ψυκτικού ρευστού μπορούν να προσαρμόσουν την λειτουργία τους κατάλληλα ώστε να παρέχουν συνθήκες άνεσης με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.

Επίσης τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας μπορούν να προσφέρουν μεγάλη εξοικονόμηση σε περιπτώσεις που υπάρχει εξαερισμός και ανάγκη για μεγάλες ποσότητες φρέσκου αέρα. Καλό είναι λοιπόν να γίνεται πάντα έλεγχος για εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης ενέργειας.

Σημαντική είναι και λειτουργία ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης ιδιαίτερα σε μεγάλα κτίρια. Τα συστήματα αυτά είναι κατάλληλα ρυθμισμένα ώστε να ρυθμίζουν την λειτουργία των συσκευών στο κτίριο αυτόματα με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και την ασφάλεια.

Προβλέπεται ότι στο μέλλον τα VRV, τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας και τα BEMS θα κυριαρχήσουν στην αγορά. Φυσικά λόγω του κόστους τους τα συστήματα αυτά είναι κατάλληλα μόνο για μεγάλες εγκαταστάσεις. Αυτό οφείλεται στο ότι η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρουν είναι αρκετά μεγάλη ώστε να γίνεται γρήγορα απόσβεση του κόστους τους. Με την ανάπτυξη όμως της τεχνολογίας προβλέπεται να γίνουν κατάλληλα και για μικρότερες εγκαταστάσεις.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### α) Ελληνική βιβλιογραφία:

- 1.Β.Η. Σελλούντος ,Θέρμανση Και Κλιματισμός, Τόμος Α, Αθήνα:Εκδόσεις Δορυφόρος.
- 2.Β.Η. Σελλούντος ,Θέρμανση Και Κλιματισμός, Τόμος Β, Αθήνα: Εκδόσεις Δορυφόρος.
3. Πάνος Λιβέρης, Δημήτρης Αραβαντινός, Αγίς Παπαδόπουλος, Νίκος Τσακίρης, 1996. Ευρωπαϊκή Επιτροπή-Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, “ΟΔΗΓΟΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΔΗΜΟΣΙΑ ΚΤΙΡΙΑ”, Θεσσαλονίκη 1996.
- 4.Τ.Ε.Ε. (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας).2001. Αφιέρωμα: “Θέρμανση, Κλιματισμός, Εξοικονόμηση Ενέργειας, «Εξυπνα» κτίρια”.
- 5.Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος) 2423/86. 1993. Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Κλιματισμός κτιριακών χώρων.
- 6.Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος) 2425/86. 1993. Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτιριακών χώρων.

### β) Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία:

- 1.Recknagel-Ing. E. Sprenger. (1977). Taschenbuch fur Heizung und Klimatechnik. Τόμος 1<sup>ος</sup>, Θέρμανση, Μετάφραση Ν. Μ. Δημάκος. Αθήνα: Εκδόσεις Μόσχος Γκιούρδας, 59<sup>η</sup> Έκδοση.
- 2.Recknagel-Ing. E. Sprenger. (1977). Taschenbuch fur Heizung und Klimatechnik. Τόμος 2<sup>ος</sup>, Κλιματισμός, Μετάφραση Ν. Μ. Δημάκος. Αθήνα: Εκδόσεις Μόσχος Γκιούρδας, 59<sup>η</sup> Έκδοση.
3. Keith J. Moss (1997).Energy Management and Operating Cost in Buildings.
4. INTEL, “Inverter Motor Control Using Microcontroller”. Design Guide. August 2000

### γ) Άρθρα περιοδικών

- 1.“ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΕΣ-ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ”,1989.Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 20/σελ. 34.
- 2.“ΦΥΣΙΚΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 26/σελ. 17.
- 3.“ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΡΟΦΗ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 87/σελ. 47.
- 4.“ΔΙΑΜΟΝΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 128/σελ. 51.
- 5.“ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 37/σελ. 41.
- 6.“ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 04/σελ. 18.
- 7.“ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΤΙΡΙΩΝ”, Περιοδικό κτίριο: τευχ. 12/σελ. 20.
- 8.“ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ: ΚΛΙΜΑ-ΕΝΕΡΓΕΙΑ”, Περιοδικό κτίριο: τευχ.19/σελ. 51.

9. “ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ”. Περιοδικό κτίριο: τευχ. 162/σελ. 42.
10. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 1990. “ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 98/σελ. 29
11. “Ο ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ”, 1993. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 50/σελ. 35.
12. Ερωτόκριτος Τσίγκας, Μηχ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 1993. “ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΑΓΟΥ ”. Περιοδικό Κτίριο: τεύχ. 56/σελ. 77.
13. “ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ: Η ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ”. 1993. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 57/σελ. 29.
14. Ερωτόκριτος Τσίγκας, Μηχ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 1993. “ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ: ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 62/σελ. 29.
15. Ερωτόκριτος Τσίγκας, Μηχ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 1993. “ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΡΟΦΗ ”. Περιοδικό Κτίριο: τεύχ. 87/σελ. 46.
16. “Ο ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΓΡΑΦΕΙΩΝ”, 1994. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 70/σελ. 42.
17. “Ο ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ FAN-COILS”, 1994. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 71/σελ. 31.
18. Χ. Δημουλιά, Δρα Ηλεκτρολόγος Μηχ., 1996. “ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 56/σελ. 77.
19. “ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ”, 1996. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 88/σελ. 58.
20. “Η ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ”, 1996. Περιοδικό Κτίριο: τεύχ. 81/σελ. 39.
21. Ερωτόκριτος Τσίγκας, Μηχ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 1997. “ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 97/σελ. 44.
22. Ερωτόκριτος Τσίγκας, Μηχ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 1997. “ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ”. Περιοδικό Κτίριο: τεύχ. 101/σελ. 35.
23. Χάρη Δημουλιά, Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 1997. “ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ”, Περιοδικό κτίριο: τευχ. 101/σελ. 44
24. Νικόλαος Παπαμανώλης, Δρ. Αρχιτέκτονας, 1997. “ΜΙΚΡΟΡΡΕΥΜΑΤΑ ΑΕΡΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 101/σελ. 59.
25. “Η ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ”, 1998. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 16/σελ. 30.
26. Χ. Δημουλιάς, Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 1998. “ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΦΩΤΙΣΜΟ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 103/σελ. 48.
27. Αγι Μ. Παπαδόπουλο, Μηχανολόγος Μηχ., Επίκουρου Καθηγητή ΑΠΘ, 1998. “ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 105/σελ. 29.
28. Κ. Πασπαλα, Ηλεκτρολόγος Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικού Συνεργάτη Τμήματος Μηχανολόγων Μηχ. Α.Π.Θ., 1998. “ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ”, Περιοδικό Κτίριο: τεύχ. 106/σελ. 37
29. Τ. Παυλεά, Μηχανολόγος Μηχ., 1998. “ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ VRV & ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 106/σελ. 61.
30. Ν. Παπαμανώλη, Δρα Αρχιτέκτονα Μηχ., 1998. “ΑΝΕΜΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ”. Περιοδικό κτίριο: τευχ. 108/σελ. 39.

31. Κατερίνα Τριανταφύλλου, Πολιτικός Μηχ., 1998. “ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 110/σελ. 67
32. Α.Μ. Παπαδοπούλου, Μηχανολόγος Μηχ., 1999. “ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 113/σελ. 43.
33. Χ. Δημουλία, Δρα Ηλεκτρολόγου Μηχ., 1999. “ΨΥΞΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ” Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 116/σελ. 45.
34. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 1999. “ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ” Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 117/σελ. 27.
35. Ερωτόκριτος Τσίγκας, Μηχ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 1999. “ΗΛΙΑΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ & ΠΑΡΑΘΥΡΑ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 118/σελ. 27.
36. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 1999. “ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΑ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 118/σελ. 33.
37. Δήμητρα Τσιώρα, Αρχιτέκτονας μηχανικός, 1999. “ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 119/σελ. 61.
38. Κατερίνα Τριανταφύλλου, Πολιτικός Μηχ., 1999. “ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΓΙΑ ΟΠΤΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 121/σελ. 65.
39. Δήμητρα Τσιώρα, Αρχιτέκτονας μηχανικός, 2000. “ΣΤΕΓΑΝΩΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 119/σελ. 61.
40. Χ. Ι. Κορρέ, Χημικού Μηχ., 2000 “ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΟΛΕΩΝ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 122/σελ. 57.
41. Δρα Χρίστου Ι. Κορρε, Χημικού Μηχ. & Ευστρατίου Μπαρδάκα, Χημικού Μηχ., 2000 “ΨΥΞΗ ΜΕ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ” Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 124/σελ. 42.
42. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 2000 “ΔΙΑΝΟΜΗ & ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 128/σελ. 51.
43. Αγ. Μ. Παπαδόπουλο, Μηχανολόγου Μηχ., Επίκουρου Καθηγητή ΑΠΘ, 2001. “ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 131/σελ. 41.
44. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 2001. “ΣΤΟΜΙΑ ΑΕΡΑ-ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΥ” Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 133/σελ. 27.
45. Αναστασιος Κοκκινάκης-Δανιηλ, Δρ. Πολιτικός Μηχ., 2001. “ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ”, Περιοδικό Κτίριο τευχ. 135/σελ. 41.
46. Νιόβη Ν. Χρυσομαλλίδου, Αρχιτέκτονας Μηχ., Αναπληρώτριας Καθηγήτριας, του Τομέα Επιστήμης & Τεχνολογίας των Κατασκευών στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ, 2001. “ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 136/σελ. 31.
47. Ερωτόκριτος Τσίγκας, Μηχ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 2002. “ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 114/σελ. 31

48. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 2002. “ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 142/σελ. 37.
49. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 2002. “ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ: ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 142/σελ. 77.
50. Ερωτόκριτος Τσίγκας, Μηχ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 2002. “ΑΦΙΕΡΩΜΑ-ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΨΥΞΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 146/σελ. 35.
51. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 2003. “ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΘΑΡΩΝ ΧΩΡΩΝ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 124/σελ. 55.
52. Ερωτόκριτος Τσίγκας, Μηχ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 2003. “ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 149/σελ. 35.
53. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 2003. “ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 149/σελ. 51.
54. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 2003. “ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 151/σελ. 35.
55. Δρα Χρίστου Ι. Κορρε, Χημικού Μηχ. & Ευστρατίου Μπαρδάκα, Χημικού Μηχ., 2003. “ΨΥΞΗ ΧΩΡΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 153/σελ. 29.
56. Ερωτόκριτος Τσίγκας, Μηχ. Ηλεκτρολόγος Μηχ., 2003. “ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ ΨΥΞΗ ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 156/σελ. 39.
57. Κωνσταντίνος Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχ., Επιστημονικός Συνεργάτης Α.Π.Θ., 2004. “ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ”. Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 162/σελ. 33.
58. “ΑΦΙΕΡΩΜΑ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ”, Περιοδικό Κτίριο: τευχ. 125.σελ. 71.
59. Δημήτριος Σμέρος, Διπλ. Μηχα/γος-Ηλ/γος Ε.Μ.Π., Δεκέμβριος 2003. “ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ-ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ”. Περιοδικό Τεχνικά: τευχ. 199/σελ. 49.
60. Αριστείδης Αφεντουλίδης, Διπλ. Ναυπηγός, Μηχανολόγος Μηχανικός, Δεκέμβριος 2000. “ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΙΣΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ”. Περιοδικό Τεχνικά: τευχ. 166.
61. Δελτίο Π.Σ.Δ.Μ.Η., (Πανελλήνιος Σύλλογος Διπλωματούχων Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων) , 1992-1998, “Εξοικονόμηση ενέργειας και προστασία περιβάλλοντος

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν άρθρα των περιοδικών «Δομές», «Ύλη και Κτίριο», και «Τεχνικά».

#### δ) Εκδόσεις Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας)

1. Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας). 2000. “Οδηγός ενεργειακής διαχείρισης στα κτίρια”.



- 2.Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).1999. “Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας στη βιομηχανία της ψύξης”.
- 3.Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).2000. “Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα HVAC (Heating, Ventilation, Air Condition)”.
- 4.Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).1999. “Οδηγός συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων”.
- 5.Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).1997. “Εξοικονόμησης ενέργειας στις εγκαταστάσεις κλιματισμού”.
- 6.Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).2000. “Οδηγός εξοικονόμησης με συστήματα ανάκτησης ενέργειας”.
- 7.Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).1999. “Οδηγός εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας”.

ε) Σχετικοί δικτυακοί χώροι:

1. <http://www.ktirio.gr>
2. <http://www.spiti.gr>
3. <http://www.cosmothem.com>
4. <http://www.eviawind.gr>
5. <http://www.aerogrammi.gr>
6. <http://doc.texnikoi.gr>
7. <http://www.energia.gr>
8. <http://www.cres.gr>
9. <http://www.kepka.org>
10. <http://www.mte.gr>
11. <http://www.noemon.netm/>
12. <http://www.ntua.gr/>
13. <http://www.ashrae.org>
15. <http://www.airconditioning.com>
16. <http://www.fluorocarbons.org>