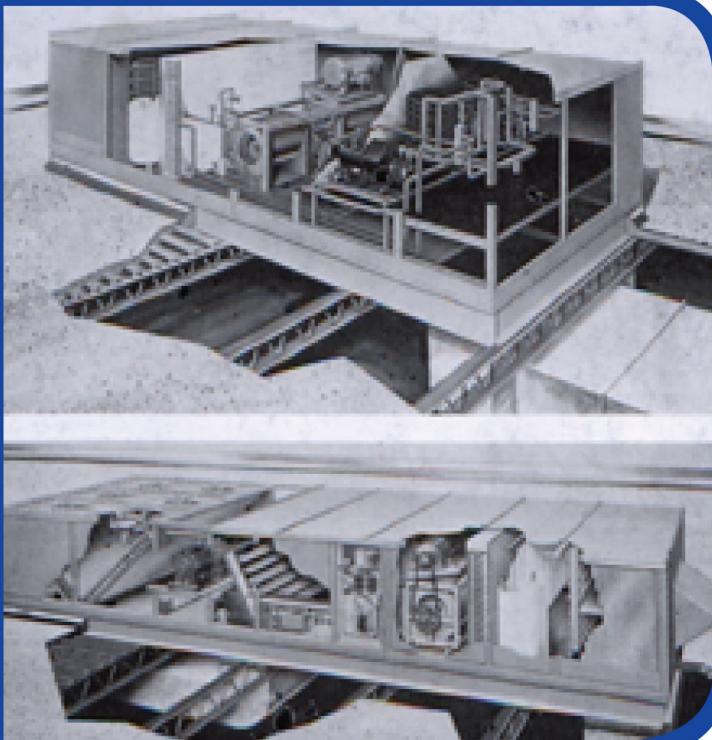




# ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

Δημήτρ. Ι. Ιωαννίδη

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ Ε.Μ.Π.





1954

**ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ  
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς πρόβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγοντας της προόδου του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος που θα είχε σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του κυρία Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη.

Από το 1956 μέχρι σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των τεχνικών σχολών.

Μέχρι σήμερα εκδόθηκαν εκαποντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια τεύχη. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η ποιότητα των βιβλίων, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και από άποψη εμφανίσεως, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους νέους.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική ποιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποθάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε έκδοση.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στην ποιότητα των βιβλίων από γλωσσική άποψη, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα άρτια και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική διαπαιδαγώγηση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που πάρθηκε ήδη από το 1956 όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσεως. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων γίνεται από φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα και η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του ίδρυματος.

Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέσει στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα νέα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι.

#### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του ίδρυματος Κ. Α. Μανάφης, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, Γεώργιος Ανδρεάκος.

#### Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Αγγελος Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, Μιχαήλ Σπετσιέρης (1956-1959), Νικόλαος Βασιώτης (1960-1967), Θεόδωρος Κουζέλης (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Παναγιώτης Χατζηιωάννου (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Αλέξανδρος Ι. Παππάς (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, Χρυσόστομος Καβουνίδης (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Γεώργιος Ρούσσος (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, Δρ. Θεοδόσιος Παπαθεοδοσίου (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Γεώργιος Σταματίου (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Σωτ. Γκλαβάς (1989-1993) Φλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ.



• 1954 •

# ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

ΔΗΜΗΤΡΗ ΙΩΑΝ. ΙΩΑΝΝΙΔΗ

ΜΗΧΑΝΟΥ – ΗΛΕΚΤΡΟΥ Ε.Μ.Π.

M. Eng. Concordia Univ.

π. Καθηγητού Τεχνικού Κολλεγίου Vanier, Καναδά



ΑΘΗΝΑ

1998



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό απευθύνεται στους μαθητές της Γ' τάξεως. Τμήμα Μηχανολόγων, του Τεχνικού Λυκείου. Έχει ως σκοπό την παροχή των απαραίτητων στοιχείων, ώστε να αποκτήσουν γνώσεις για τη λειτουργία, τις δυνατότητες, τη χρησιμότητα, την επιλογή και τη συντήρηση των βασικών εγκαταστάσεων κλιματισμού. Γι' αυτό και το περιεχόμενό του είναι, βασικά, περιγραφικό με πολύ περιορισμένη χρήση μαθηματικών υπολογισμών. Έτσι δεν αποτελεί σε καμιά περίπτωση «εγχειρίδιο όπως είναι τα εγχειρίδια που χρησιμοποιούν οι μελετητές για τον υπολογισμό και την επιλογή των καταλλήλων κλιματιστικών εγκαταστάσεων, παρόλο που σε μερικά κεφάλαια δίνονται αρκετά στοιχεία (πίνακες, τύποι υπολογισμού κλπ.), τα οποία δύναται να καταλληλα μόνο για τον καθηγητή και τους μαθητές του. Σημειώνομε εδώ ότι για την κατανήση του μαθήματος προϋποτίθεται και η προηγούμενη (ή και παράλληλη) διδασκαλία του μαθήματος «Ψυκτικές Μηχανές και Εγκαταστάσεις».

Πριν από την ανάπτυξη των βασικών ενοτήτων του βιβλίου, παρέχονται στοιχεία για τον σκοπό και τη χρησιμότητα του κλιματισμού σε συνδυασμό με την ιστορική του εξέλιξη. Στη συνέχεια περιγράφεται η τυπική κλιματιστική εγκατάσταση (Κεφ. 2) και κατατάσσονται οι εγκαταστάσεις του κλιματισμού (Κεφ. 3) ώστε να προηγηθεί μια συνολική εποπτική εικόνα του αντικειμένου των στοιχείων υπολογισμού και επιλογής που ακολουθούν (Κεφάλαια 4 ως 10). Στο Κεφάλαιο 11 αναπτύσσονται τα σχετικά με τον εξαερισμό των διαφόρων χώρων και περιγράφονται οι μέθοδοι για την ικανοποίηση των αναγκών τους με τη κλιματιστική εγκατάσταση ή με ανεξάρτητα από αυτήν συστήματα. Στη συνέχεια περιγράφονται τα βοηθητικά συστήματα που είναι απαραίτητα για τις κλιματιστικές εγκαταστάσεις, δηλαδή τα συστήματα ελέγχου (Κεφ. 12). Στο επόμενο Κεφάλαιο παρατίθενται στοιχεία για τη συντήρηση των κλιματιστικών εγκαταστάσεων. Για να τονισθεί η σημασία της προληπτικής συντηρήσεως που είναι απαραίτητη σήμερα για τη μείωση της καταναλώσεως ενέργειας, δίνονται περισσότερες λεπτομέρειες για τη μέθοδο οργανώσεως προληπτικής συντηρήσεως. Τέλος, στο Κεφάλαιο 14, αναπτύσσεται η σχέση που έχουν οι κλιματιστικές εγκαταστάσεις με την προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση ενέργειας, έννοιες και προβλήματα που σήμερα, όπως είναι γνωστό, έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία.



LIBRARY  
SYRACUSE  
UNIVERSITY  
1954

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 0.1 Ιστορική εξέλιξη – Εφαρμογή.

Η προσπάθεια του ανθρώπου να ελέγχει το κλιματολογικό περιβάλλον άρχισε από πολύ παλιά. Είναι γνωστό ότι οι προϊστορικοί άνθρωποι είχαν χρησιμοποιήσει τη **φωτιά** για τη θέρμανσή τους και ότι τα **ξύλα** ήταν το αρχαιότερο από τα καύσιμα.

Μετά ανακάλυψαν ότι από τα ξύλα μπορούσαν να φτιάξουν τους **ξυλάνθρακες** και να έχουν έτσι ένα καύσιμο χωρίς καπνό. Η ανακάλυψη αυτή έγινε σε περιοχές με μετριότερες ανάγκες για θέρμανση, όπως οι ακτές της Μεσογείου, η Κίνα και η Ιαπωνία. Η οριστική όμως απαλλαγή του θερμαινόμενου χώρου από τους καπνούς και τα αέρια της καύσεως, έγινε με την ανακάλυψη του **τζακιού** στην Ευρώπη το 13ο αιώνα. Οι προσπάθειες για βελτίωση της αποδόσεως των τζακιών δεν ήταν επιτυχείς γι' αυτό και μέχρι σήμερα ακόμα τα τζάκια έχουν τη μεγαλύτερη σπατάλη καυσίμου, πολύ μεγαλύτερη από τις **σόμπες**, τις οποίες, σημειωτέον, οι Κινέζοι, χρησιμοποιούσαν ήδη από το 600 π.Χ.

Αυτό που λέμε σήμερα **κεντρική θέρμανση**, δηλαδή θέρμανση ενός χώρου από φωτιά που βρίσκεται έξω από το χώρο, πιστεύεται ότι έχει εφευρεθεί από τους Λακεδαιμόνιους οι οποίοι πρώτοι χρησιμοποίησαν τα **θερμαινόμενα δάπεδα**. Το Μεγάλο Τέμπλο στην Έφεσο (350 π.Χ.) πιστεύεται ότι θερμαίνονταν από οριζόντια τρήματα καπνοδόχων μέσα στο δάπεδο. Ως καύσιμο οι Λακεδαιμόνιοι χρησιμοποιούσαν το λιγνίτη. Αυτός ο τύπος κεντρικής θερμάνσεως τελειοποίηθηκε αργότερα από τους Ρωμαίους. Σήμερα υπάρχουν ευρήματα τέτοιων εγκαταστάσεων σε πολλές πόλεις της Ευρώπης στις οποίες αναπτύχθηκε ο Ρωμαϊκός Πολιτισμός. Οι εγκαταστάσεις αυτές στα θερμότερα κλίματα γίνονταν κυρίως στα λουτρά, ενώ στα ψυχρότερα και στο σαλόνι ή μερικές φορές και σε άλλα δωμάτια.

Αυτή η επιστημονική πρόοδος και κατά συνέπεια ο εξευγενισμός της ζωής, σταμάτησαν με την πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. Ο Μεσαίωνας έδειξε μια επιστροφή σε λιγότερο πολιτισμένη μορφή ζωής. Έτσι στα κάστρα και τις κατοικίες βρίσκομε πάλι τους πρωτόγονους τρόπους θερμάνσεως. Δηλαδή μεγάλες αίθουσες (με πολλά ρεύματα αέρα) θερμαίνονταν από μια **φωτιά με ξύλα** στο κέντρο του πέτρινου πατώματος. Οι άνθρωποι για να μην κρυώνουν φορούσαν πολύ βαριά γούνινα παλτά. Πέρασαν 1500 χρόνια για να ανακαλύψει και πάλι ο άνθρωπος το επιδαπέδιο σύστημα θερμάνσεως των Ρωμαίων.

Η Βιομηχανική Επανάσταση το 18ο και 19ο αιώνα εγκαινίασε ένα νέο τρόπο θερμάνσεως που χρησιμοποιήθηκε πρώτα στα εργοστάσια: Τη θέρμανση με **ατμό**.

Ο τρόπος αυτός θερμάνσεως χρησιμοποιήθηκε μετά και για τη θέρμανση σχολείων, εκκλησιών, δικαστηρίων, ή ακόμα και σπιτιών. Οι πολύ θερμές επιφάνειες δύμως των εγκαταστάσεων ατμού ξεράινουν τον αέρα και προκαλούν συχνά μια α-

νεπιθύμητη μυρωδιά καμένης σκόνης. Στα 1830 άρχισαν να αναγνωρίζουν τα πλεονεκτήματα του **ζεστού νερού** με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφανειών και την πιο «γλυκιά», σε σύγκριση με τον ατμό, θέρμανση. Από τότε το **ζεστό νερό** είναι ένα από τα βασικά μέσα θερμάνσεως. Χρησιμοποιείται στα **καλοριφέρ**, σε **θερμάνσεις δαπέδου** ή **օροφής** και ακόμα για **θέρμανση αέρα** που μοιράζεται στους χώρους με τη βοήθεια **ανεμιστήρων**.

Η ανάγκη για κάποια μορφή **εξαναγκασμένου (μηχανικού) αερισμού** σε κλειστούς χώρους πρωτοπαρουσιάστηκε πιθανόν τον 19ο αιώνα, γιατί τότε άρχισαν να χτίζονται μεγάλες αίθουσες συγκεντρώσεως, θέατρα και εκκλησίες με χωρητικότητα εκατοντάδων ή και χιλιάδων ατόμων. Παράλληλα στη βιομηχανία, οι ιδιοκτητές εργοστασίων με πολύ κακή εσωτερική ατμόσφαιρα, αναγκάστηκαν να καταφύγουν σε βελτίωση του αερισμού για να περιορίσουν τον αυξανόμενο ρυθμό ασθενειών.

Βέβαια ο εξαναγκασμένος μηχανικός αερισμός χρησιμοποιούνταν από ακόμα πιο παλιούς χρόνους στα ορυχεία. Εκεί κάμινοι έκαιγαν συνέχεια στη βάση των **πηγαδιών εξαερισμού** για να δημιουργείται ανοδικό ρεύμα αέρα. Παρόμοιο σύστημα χρησιμοποιήθηκε και σε πολλά παλιά κτίρια, όπως π.χ. το 1837 στα κτίρια της αγγλικής Βουλής, στο Λονδίνο στα οποία ακόμα και σήμερα σώζονται οι άχρηστοι πια γοτθικού ρυθμού κατακόρυφοι αεραγωγοί.

Από τον 18ο αιώνα άρχισε να χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις αερισμού και ο **κινούμενος με ατμό ανεμιστήρας**. Στη συνέχεια αναπτύχθηκε ένα σύστημα σύμφωνα με το οποίο ο αέρας που μετακινούσε ο ατμοκινούμενος αυτός ανεμιστήρας ζεσταίνόταν με ατμό που περνούσε μέσα από σωλήνες τοποθετημένους στο εσωτερικό των αεραγωγών. Με αυτό το σύστημα θερμαίνονταν, εργοστάσια, σχολεία, νοσοκομεία κλπ.

Η **ψύξη** μέσω **εξατμίσεως** φαίνεται ότι άρχισε στην Ινδία· βρεγμένες ψάθες κρεμασμένες πάνω από ανοίγματα προς τη μεριά του ανέμου, κατέβαζαν τη θερμοκρασία από 11 ως 17°C.

Ο όρος **«κλιματισμός» (Air Conditioning)** ανήκει στον Stuart W. Cramer, ο οποίος τον χρησιμοποίησε το 1907 σε μια διάλεξή του για τον έλεγχο της υγρασίας στην υφαντουργία και το 1911 τέθηκαν οι επιστημονικές βάσεις του κλιματισμού όταν ο Willis Carrier δημοσίευσε τα αποτελέσματα σχετικών πολυετών ερευνών του.

Ορόσημο στην ιστορία του κλιματισμού αποτελεί ο Πρώτος Παγκόσμιος πόλεμος. Μετά τη λήξη του η έρευνα στον τομέα αυτό, πήρε σε πολλές χώρες και κυρίως στις ΗΠΑ, τη Μεγάλη Βρετανία, τη Γερμανία, τη Σουηδία και τη Γαλλία μεγάλες διαστάσεις.

Οι πρώτες εφαρμογές του κλιματισμού εξυπηρετούσαν τη βιομηχανία. Ο κλιματισμός για την άνεση του ανθρώπου άρχισε να αναπτύσσεται μετά το 1920 και αφορούσε κυρίως τα μεγάλα καταστήματα, θέατρα και κτίρια γραφείων. Στα χρόνια που ακολούθησαν ο κλιματισμός βοηθούμενος και από την αλματώδη αύξηση της ανοικοδομήσεως γνώρισε μεγάλη εφαρμογή.

## 0.2 Επιδιώξεις του Κλιματισμού.

Με τον κλιματισμό επιδιώκομε τη διατήρηση, μέσα σε επιθυμητά όρια, (απαραί-

τητα για την ανθρώπινη άνεση ή για τη διεξαγωγή κάποιας παραγωγικής διαδικασίας ή για τη διατήρηση κάποιου προϊόντος), των συνθηκών εσωτερικού ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος (εσωτερικού κλίματος). Οι συνθήκες αυτές προσδιορίζονται από τους εξής μεταβλητούς παράγοντες που αφορούν τον αέρα ενός χώρου:

- Θερμοκρασία.
- Υγρασία.
- Κίνηση και διανομή αέρα.
- Καθαρότητα αέρα.
- Ηλεκτρική φόρτιση αέρα.

Για τον έλεγχο των παραπάνω μεταβλητών του περιβάλλοντος εγκαθιστούμε τα κατάλληλα μηχανήματα, τις συσκευές ελέγχου και τα δίκτυα μεταφοράς ενέργειας έτσι ώστε να μην αυξάνονται οι θόρυβοι του περιβάλλοντος. Η **Κλιματιστική Εγκατάσταση** είναι ένας συνδυασμός τέτοιων μηχανημάτων, συσκευών ελέγχου και δικτύων μεταφοράς ενέργειας. Όσο περισσότερες από τις μεταβλητές του αέρα (θερμοκρασία κλπ.) ελέγχονται και όσο πιο αυστηρός είναι αυτός ο έλεγχος για κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή, τόσο πιο πλούσιος και τόσο πιο πολύπλοκος είναι ο συνδυασμός αυτός.

### 0.3 Συστήματα Μονάδων και Πρότυπα Κλιματισμού.

Το βιβλίο βασίζεται στα Αμερικανικά Πρότυπα Κλιματισμού — δεν υπάρχουν ακόμα παρόμοια Ελληνικά — όπως καθορίζονται στις τελευταίες εκδόσεις των Εγχειρίδιων Κλιματισμού και Ψύξεως της Αμερικανικής Ενώσεως Μηχανικών Θερμάνσεως, Ψύξεως και Κλιματισμού (A.S.H.R.A.E — American Society of Heating, Refrigerating and Airconditioning Engineers). Τα πρότυπα αυτά χρησιμοποιούνται κατά κανόνα από τους περισσότερους μελετητές και κατασκευαστές κλιματιστικών εγκαταστάσεων της χώρας μας, κυρίως με τη μορφή ενός συγκεντρωτικού απλοποιημένου Εγχειρίδιου Μελέτης (Design Manual). Το εγχειρίδιο έχει εκδοθεί από μια μεγάλη αμερικανική εταιρία κατασκευής μηχανημάτων και συστημάτων κλιματισμού, την Carrier. Συγκριτικά όμως με τα εγχειρίδια της A.S.H.R.A.E, τα οποία αποτελούν μια σειρά τεσσάρων μεγάλων βιβλίων που το καθένα τους καλύπτει μια ιδιαίτερη περιοχή γνώσεων του κλιματισμού, υστερεῖ σε πληρότητα και ενημέρωση. Τα εγχειρίδια της A.S.H.R.A.E επανεκδίδονται κάθε 4ετία συμπληρωμένα με όλα τα νέα στοιχεία που προκύπτουν από τις ευρύτατες και πολυδάπανες ερευνητικές εργασίες της ενώσεως. Έτσι η σειρά των τεσσάρων αυτών εγχειρίδιων που σήμερα είναι σε ισχύ αποτελείται από τα βιβλία:

- 1979 Equipment (Μηχανήματα και Συσκευές).
- 1978 Applications (Εφαρμογές).
- 1977 Fundamentals (Θεμελιώδεις Γνώσεις).
- 1976 Systems (Συστήματα).

Το Σύστημα Μονάδων που εφαρμόζεται στα παραπάνω βιβλία χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα έκδοση. Το σύστημα αυτό, επειδή ακριβώς η A.S.H.R.A.E βρίσκεται στην εξέλιξη μιας διαδικασίας μεταβάσεως από το **Αγγλικό Σύστημα Μονάδων στο μετρικό Διεθνές Σύστημα Μονάδων** (Système International d' Uni-

tés – SI), αποτελεί συνδυασμό των δυο συστημάτων. Περισσότερο όμως βασίζεται στο Αγγλικό Σύστημα το οποίο κυρίως χρησιμοποιήθηκε στον τόμο του A.S.H.R.A.E που αφορά τις «Θεμελιώδεις Γνώσεις» (1977 Fundamentals) και από τον οποίο αντλήθηκαν οι περισσότερες πληροφορίες για την παρούσα έκδοση. Όταν ο τόμος αυτός (Fundamentals) επανεκδοθεί (το 1981) θα χρησιμοποιεί αποκλειστικά μονάδες SI (μέχρι σήμερα οι τόμοι που έχουν εκδοθεί με χρήση των μονάδων (SI) είναι οι τόμοι 1978 Applications και 1979 Equipment). Επομένως όταν το βιβλίο επανεκδοθεί θα είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε το διεθνές μετρικό σύστημα μονάδων (SI).

Σημειώνομε επίσης ότι στον κλιματισμό χρησιμοποιούνται ευρύτατα, ιδιαίτερα στην Ευρώπη, και μερικές άλλες μετρικές μονάδες οι οποίες δεν περιλαμβάνονται στο Διεθνές Σύστημα μετρικών μονάδων (SI), όπως π.χ. η χιλιοθερμίδα ανά ώρα (kcal/h). Αυτές οι μονάδες μετατρέπονται ως διεθνές μετρικές μονάδες, δηλαδή στη θέση του kcal/h χρησιμοποιείται το Watt (βάπτ.). Στον πίνακα 0.3α δίνονται οι συντελεστές μετατροπής των Αγγλικών Μονάδων και των μη διεθνών μετρικών μονάδων που συνηθίστερα συναντάμε στον κλιματισμό, σε μονάδες του Διεθνούς Συστήματος Μετρικών Μονάδων (SI). Επίσης στον πίνακα 0.3β δίνεται η αντιστοιχία μεταξύ της κλίμακας Θερμοκρασιών Celsius (°C) και της κλίμακας Θερμοκρασιών Fahrenheit (F).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 0.3α.**  
**Συντελεστές μετατροπής σε μονάδες Διεθνούς Συστήματος (SI)**

Φυσικό Μέγεθος	Σύμβολο	Αγγλική Μονάδα		Μη Διεθνής Μετρ. Μονάδα		Μονάδα SI
		Μονάδα	Συντελεστής μετατροπής σε SI	Μονάδα	Συντελεστής μετατροπής σε SI	
Μήκος	L	ft	0.3048	micron	$1 \times 10^{-6}$	m
		in	0.0254	–	–	m
Εμβαδό	A	ft <sup>2</sup>	0.0929	–	–	m <sup>2</sup>
Όγκος	V	ft <sup>3</sup>	0.0283	litre	$1 \times 10^{-3}$	m <sup>3</sup>
Ταχύτητα		ft/min (FPM)	0.00508	–	–	m/s
Διαφορά Θερμοκρασίας*	ΔT	F	1/1.8	–	–	°C
		F	1/1.8	°C	1.0	K
Πίεση**	p	in Hg	3386	–	–	Pa (Pascal)
		psi	6895	atm (κανονική)	101325	Pa
Mάζα	m	lb	0.4536	ton	1000	kg
Mάζα ανά μονάδα επιφάνειας		lb/ft <sup>2</sup>	4.882	–	–	kg/m <sup>2</sup>
Πυκνότητα		lb/ft <sup>3</sup>	16.019	–	–	kg/m <sup>3</sup>
Θερμική διαβατότητα	U ή K	Btu/(h.ft <sup>2</sup> .F)	5,678	kcal/( h.m <sup>2</sup> .°C)	1,163	W/(m <sup>2</sup> .K)
Θερμική μονωτικότητα	M	(h.ft <sup>2</sup> .F)/Btu	0.1761	–	–	(m <sup>2</sup> .K)/W
Ροή Θερμότητας (πυκνώ)	q	Btu/(h.ft <sup>2</sup> )	3.155	–	–	W/m <sup>2</sup>
Θερμική Ισχύς		Btu/h	0.2931	kcal/h	1,163	W(J/s)
Ψυκτική Ισχύς	q <sub>w</sub>	RT (ψυκτικός τόννος)	3,517	–	–	kW
Θερμική Ενέργεια**		Btu	1054.35	kcal	4184	J(Joule)
Ροή Αέρα**		ft <sup>3</sup> /min (CFM)	$4.72 \times 10^{-4}$	m <sup>3</sup> /h	$2.78 \times 10^{-4}$	m <sup>3</sup> /s

**Παραδείγματα χρήσεως του πίνακα:**

$$U = 0.3 \text{ Btu}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}) = 0.3 \times 5,678 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) = 1.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$3500 \text{ Btu/h} = 3500 \times 0,2928 \text{ W} = 1025 \text{ W}$$

$$3500 \text{ kcal/h} = 3500 \times 1,1622 \text{ W} = 4060 \text{ W}$$

\*Για τη **Θερμοκρασία** τ στην οποία βρίσκεται ένα σώμα έχομε τους εξής τύπους μετατροπής από ένα σύστημα μονάδων στο άλλο:

$$\begin{aligned} t_{\circ C} &= (t_F - 32)/1,8 &= t_K - 273,15 \\ t_K &= (t_F + 459,67)/1,8 &= t_{\circ C} + 273,15 \end{aligned}$$

\*\*Για την **πίεση**, τη **Θερμότητα** και τη **ροή αέρα** έχομε συνήθως τους εξής τύπους μετατροπής από μη Διεθνές Μετρικό στο Αγγλικό Σύστημα ή και αντίστροφα (με τη βοήθεια του πίνακα):

a)  $1 \text{ atm (κανονική)} = \frac{101.325 \text{ Pa}}{6895 \text{ Pa/psi}} = 14,7 \text{ psi}$

$$= \frac{101.325 \text{ Pa}}{3386 \text{ Pa/inHg}} = 29,921 \text{ inHg}$$

β)  $1 \text{ kcal} = \frac{4184 \text{ J}}{1054,35 \text{ J/Btu}} = 3,968 \text{ Btu} = 4 \text{ Btu}$

γ)  $1 \text{ CFM} = \frac{4,72 \times 10^{-4}}{2,78 \times 10^{-4}} = 1,7 \text{ m}^3/\text{h}$

**ΠΙΝΑΚΑΣ 0.3β.**  
**Μετατροπής Θερμοκρασιών C, F.**

Θερμοκρασία			Θερμοκρασία		
°C	°C ή F	F	°C	°C ή F	F
-40,0	-40	-40,0	-17,8	0	+32,0
-39,4	-39	-38,2	-17,2	+1	+33,8
-38,9	-38	-36,4	-16,7	+2	+35,6
-38,3	-37	-34,6	-16,1	+3	+37,4
-37,8	-36	-32,8	-15,6	+4	+39,2
-37,2	-35	-31,0	-15,0	+5	+41,0
-36,7	-34	-29,2	-14,4	+6	+42,8
-36,1	-33	-27,4	-13,9	+7	+44,6
-35,6	-32	-25,6	-13,3	+8	+46,4
-35,0	-31	-23,8	-12,8	+9	+48,2
-34,4	-30	-22,0	-12,2	+10	+50,0
-33,9	-29	-20,2	-11,7	+11	+51,8
-33,3	-28	-18,4	-11,1	+12	+53,6
-32,8	-27	-16,6	-10,6	+13	+55,4
-32,2	-26	-14,8	-10,0	+14	+57,2
-31,7	-25	-13,0	-9,4	+15	+59,0
-31,1	-24	-11,2	-8,9	+16	+60,8
-30,6	-23	-9,4	-8,3	+17	+62,6
-30,0	-22	-7,6	-7,8	+18	+64,4
-29,4	-21	-5,8	-7,2	+19	+66,2
-28,9	-20	-4,0	-6,7	+20	+68,0
-28,3	-19	-2,2	-6,1	+21	+69,8
-27,8	-18	-0,4	-5,5	+22	+71,6
-27,2	-17	+1,4	-5,0	+23	+73,4
-26,7	-16	+3,2	-4,4	+24	+75,2
-26,1	-15	+5,0	-3,9	+25	+77,0
-25,6	-14	+6,8	-3,3	+26	+78,8
-25,0	-13	+8,6	-2,8	+27	+80,6
-24,4	-12	+10,4	-2,2	+28	+82,4
-23,9	-11	+12,2	-1,7	+29	+84,2
-23,3	-10	+14,0	-1,1	+30	+86,0
-22,8	-9	+15,8	-0,6	+31	+87,8
-22,2	-8	+17,6	0	+32	+89,6
-21,7	-7	+19,4	+0,6	+33	+91,4
-21,1	-6	+21,2	+1,1	+34	+93,2
-20,6	-5	+23,0	+1,7	+35	+95,0
-20,0	-4	+24,8	+2,2	+36	+96,8
-19,4	-3	+26,6	+2,8	+37	+98,6
-18,9	-2	+28,4	+3,3	+38	+100,4
-18,3	-1	+30,2	+3,9	+39	+102,2

(συνεχίζεται)

(συνέχεια Πίνακα 0.3β)

Θερμοκρασία			Θερμοκρασία		
°C	°C & F	F	°C	°C & F	F
+4,4	+40	+104,0	+26,7	+80	+176,0
+5,0	+41	+105,8	+27,2	+81	+177,8
+5,5	+42	+107,6	+27,8	+82	+179,6
+6,1	+43	+109,4	+28,3	+83	+181,4
+6,7	+44	+111,2	+28,9	+84	+183,2
+7,2	+45	+113,0	+29,4	+85	+185,0
+7,8	+46	+114,8	+30,0	+86	+186,8
+8,3	+47	+116,6	+30,6	+87	+188,6
+8,9	+48	+118,4	+31,1	+88	+190,4
+9,4	+49	+120,2	+31,7	+89	+192,2
+10,0	+50	+122,0	+32,2	+90	+194,0
+10,6	+51	+123,8	+32,8	+91	+195,8
+11,1	+52	+125,6	+33,3	+92	+197,6
+11,7	+53	+127,4	+33,9	+93	+199,4
+12,2	+54	+129,2	+34,4	+94	+201,2
+12,8	+55	+131,0	+35,0	+95	+203,0
+13,3	+56	+132,8	+35,6	+96	+204,8
+13,9	+57	+134,6	+36,1	+97	+206,6
+14,4	+58	+136,4	+36,7	+98	+208,4
+15,0	+59	+138,2	+37,2	+99	+210,2
+15,6	+60	+140,0	+37,8	+100	+212,0
+16,1	+61	+141,8	+38,3	+101	+213,8
+16,7	+62	+143,6	+38,9	+102	+215,6
+17,2	+63	+145,4	+39,4	+103	+217,4
+17,8	+64	+147,2	+40,0	+104	+219,2
+18,3	+65	+149,0	+40,6	+105	+221,0
+18,9	+66	+150,8	+41,1	+106	+222,8
+19,4	+67	+152,6	+41,7	+107	+224,6
+20,0	+68	+154,4	+42,2	+108	+226,4
+20,6	+69	+156,2	+42,8	+109	+228,2
+21,1	+70	+158,0	+43,3	+110	+230,0
+21,7	+71	+159,8	+43,9	+111	+231,8
+22,2	+72	+161,6	+44,4	+112	+233,6
+22,8	+73	+163,4	+45,0	+113	+235,4
+23,3	+74	+165,2	+45,6	+114	+237,2
+23,9	+75	+167,0	+46,1	+115	+239,0
+24,4	+76	+168,8	+46,7	+116	+240,8
+25,0	+77	+170,6	+47,2	+117	+242,6
+25,6	+78	+172,4	+47,8	+118	+244,4
+26,1	+79	+174,2	+48,3	+119	+246,2

(συνεχίζεται)

(συνέχεια Πίνακα 0.3β)

Θ ε ρ μ ο κ ρ α σ i a			Θ ε ρ μ ο κ ρ α σ i a		
°C	°C & F	F	°C	°C & F	F
+48,9	+120	+248,0	+71,1	+160	+320,0
+49,4	+121	+249,8	+71,7	+161	+321,8
+50,0	+122	+251,6	+72,2	+162	+323,6
+50,6	+123	+253,4	+72,8	+163	+325,4
+51,1	+124	+255,2	+73,3	+164	+327,2
+51,7	+125	+257,0	+73,9	+165	+329,0
+52,2	+126	+258,8	+74,4	+166	+330,8
+52,8	+127	+260,6	+75,0	+167	+332,6
+53,3	+128	+262,4	+75,6	+168	+334,4
+53,9	+129	+264,2	+76,1	+169	+336,2
+54,4	+130	+266,0	+76,7	+170	+338,0
+55,0	+131	+267,8	+77,2	+171	+339,8
+55,6	+132	+269,6	+77,8	+172	+341,6
+56,1	+133	+271,4	+78,3	+173	+343,4
-56,7	+134	+273,2	+78,9	+174	+345,2
+57,2	+135	+275,0	+79,4	+175	+347,0
+57,8	+136	+276,8	+80,0	+176	+348,8
+58,3	+137	+278,6	+80,6	+177	+350,6
+58,9	+138	+280,4	+81,1	+178	+352,4
+59,4	+139	+282,2	+81,7	+179	+354,2
+60,0	+140	+284,0	+82,2	+180	+356,0
+60,6	+141	+285,8	+82,8	+181	+375,8
+61,1	+142	+287,6	+83,3	+182	+359,6
+61,7	+143	+289,4	+83,9	+183	+361,4
+62,2	+144	+291,2	+84,4	+184	+363,2
+62,8	+145	+293,0	+85,0	+185	+365,0
+63,3	+146	+294,8	+85,6	+186	+366,8
+63,9	+147	+296,6	+86,1	+187	+368,6
+64,4	+148	+298,4	+86,7	+188	+370,4
+65,0	+149	+300,2	+87,2	+189	+372,2
+65,6	+150	+302,0	+87,8	+190	+374,0
+66,1	+151	+303,8	+88,3	+191	+375,8
+66,7	+152	+305,6	+88,9	+192	+377,6
+67,2	+153	+307,4	+89,4	+193	+379,4
+67,8	+154	+309,2	+90,0	+194	+381,2
+68,3	+155	+311,0	+90,6	+195	+383,0
+68,9	+156	+312,8	+91,1	+196	+384,8
+69,4	+157	+314,6	+91,7	+197	+386,6
+70,0	+158	+316,4	+92,2	+198	+388,4
+70,6	+159	+318,2	+92,8	+199	+390,2

(συνεχίζεται)

(συνέχεια Πίνακα 0.38)

Θερμοκρασία			Θερμοκρασία		
°C	°C & F	F	°C	°C & F	F
+93,3	+200	+392,0	+115,6	+240	+464,0
+93,9	+201	+393,8	+116,1	+241	+465,3
+94,4	+202	+395,6	+116,7	+242	+467,6
+95,0	+203	+397,4	+117,2	+243	+469,4
+95,6	+204	+399,2	+117,8	+244	+471,2
+96,1	+205	+401,0	+118,3	+245	+473,0
+96,7	+206	+402,8	+118,9	+246	+474,8
+97,2	+207	+404,6	+119,4	+247	+476,6
+97,8	+208	+406,4	+120,0	+248	+478,4
+98,3	+209	+408,2	+120,6	+249	+480,2
+98,9	+210	+410,0	+121,1	+250	+482,0
+99,4	+211	+411,8	+122,4	+252	+485,6
+100,0	+212	+413,6	+123,3	+254	+489,2
+100,6	+213	+415,4	+124,4	+256	+492,8
+101,1	+214	+417,2	+125,5	+258	+496,4
+101,7	+215	+419,0	+126,7	+260	+500,0
+102,2	+216	+420,8	+127,8	+262	+503,6
+102,8	+217	+422,6	+128,9	+264	+507,2
+103,3	+218	+424,4	+130,0	+266	+510,8
+103,9	+219	+426,2	+131,3	+268	+514,4
+104,4	+220	+428,0	+132,2	+270	+518,0
+105,0	+221	+429,8	+133,3	+272	+521,6
+105,6	+222	+431,6	+134,4	+274	+525,2
+106,1	+223	+433,4	+135,6	+276	+528,8
+106,7	+224	+435,2	+136,7	+278	+532,4
+107,2	+225	+437,0	+137,8	+280	+536,0
+107,8	+226	+438,8	+138,9	+282	+539,6
+108,3	+227	+440,6	+140,0	+284	+543,2
+108,9	+228	+442,4	+141,1	+286	+546,8
+109,4	+229	+444,2	+142,2	+288	+550,4
+110,0	+230	+446,0	+143,3	+290	+554,0
+110,6	+231	+447,8	+144,4	+292	+557,6
+111,1	+232	+449,6	+145,6	+294	+561,2
+111,7	+233	+451,4	+146,7	+296	+564,8
+112,2	+234	+453,2	+147,8	+298	+568,4
+112,8	+235	+455,0			
+113,3	+236	+456,8			
+113,9	+237	+458,6			
+114,4	+238	+460,4			
+115,0	+239	+462,2			

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

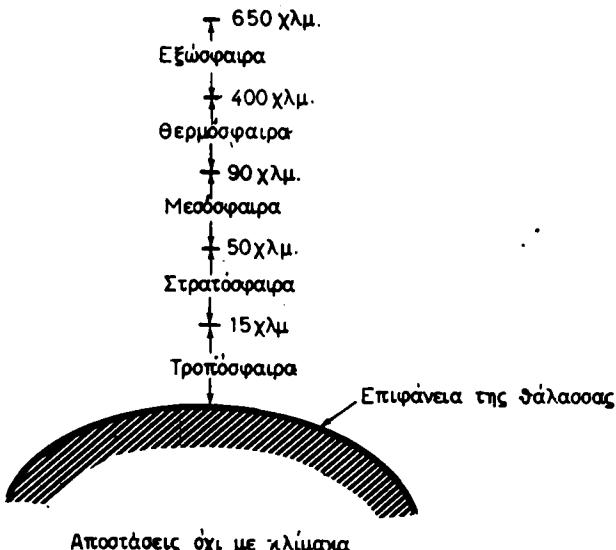
### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ

#### 1.1 Γενικά.

Σύμφωνα με δσα, είπαμε στην εισαγωγή η έννοια του κλιματισμού καθορίζεται ως η επεξεργασία κάποιας μάζας αέρα. Επομένως για να καταλάβομε τον κλιματισμό, πρέπει να γνωρίζομε τη σύνθεση και τις ιδιότητες του αέρα.

#### 1.2 Σύνθεση του αέρα.

Ο αέρας είναι ένα αόρατο, δόσμο και άγευστο μίγμα αερίων, που περιβάλλει τη γη μέχρι το ύψος των 650 περίπου χλιομέτρων, μέχρι το ύψος δηλαδή της **Ατμόσφαιράς της**. Τα στρώματα της ατμόσφαιρας φαίνονται στο σχήμα 1.2. **Η τροπόσφαιρα** που είναι το κατώτερο στρώμα και το ύψος της φθάνει μέχρι 15 περίπου



Σχ. 1.2.  
Ο αέρας που περιβάλλει τη Γη.

χιλιόμετρα, μας ενδιαφέρει άμεσα για τον κλιματισμό. Αποτελείται από ένα περίπου σταθερό μίγμα αερίων από τα οποία το καθένα συμπεριφέρεται ως να καταλάμβανε όλο το χώρο μόνο του (Νόμος του Dalton).

Η σύνθεση του ξηρού στιμοσφαιρικού αέρα σε ποσοστά βάρους και όγκου φαίνεται στον Πίνακα 1.2.1. Ο **πραγματικός αέρας** που αναπνέομε περιέχει και μικρές ποσότητες **υδρατμών** και **μολυσματικών στοιχείων** που μεταβάλλονται ανάλογα με τον χώρο, την εποχή κλπ. Οι ποσότητες αυτές έχουν μεγάλη σημασία για τον κλιματισμό.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2.1.**  
**Σύνθεση ξηρού αέρα.**

<b>ΟΝΟΜΑΣΙΑ</b>	<b>ΧΗΜΙΚΟ ΣΥΜΒΟΛΟ</b>	<b>ΞΗΡΟΣ ΑΕΡΑΣ</b>	
		<b>Βάρος %</b>	<b>Όγκος %</b>
Άζωτο	N <sub>2</sub>	75,47	78,03
Οξυγόνο	O <sub>2</sub>	23,19	20,99
Διοξείδιο Άνθρακος	CO <sub>2</sub>	0,04	0,03
Υδρογόνο	H <sub>2</sub>	0,00	0,01
Σπάνια αέρια		1,30	0,94
<b>Σύνολο</b>		<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Υδρατμοί (H<sub>2</sub>O) υπάρχουν στον αέρα κάτω από όλες τις συνθήκες θερμοκρασίας, αλλά σε μικρό ποσοστό, ακόμα και όταν ο αέρας είναι κορεσμένος, δεν μπορεί δηλαδή να συγκρατήσει άλλους υδρατμούς. Έτσι στους 77°F (25°C) ο κορεσμένος αέρας έχει 2% (σε βάρος) υδρατμούς, ενώ στους 57°F (14°C) έχει 1% μόνο.

Από τα παραπάνω συμπεραίνομε ότι **η ικανότητα του αέρα να συγκρατεί υδρατμούς μειώνεται ανάλογα με τη μείωση της θερμοκρασίας του.**

Τα μολυσματικά στοιχεία του αέρα εμφανίζονται με τις εξής μορφές:

- Με τη μορφή σκόνης ή καπνού (στερεά σωματίδια).
- Με τη μορφή ομίχλης (πολύ μικρά υγρά σωματίδια).
- Με τη μορφή διαφόρων αερίων.

Τα παραπάνω μολυσματικά στοιχεία μπορεί να είναι βλαβερά ή αβλαβή, οργανικά ή ανόργανα, ορατά ή αόρατα. Σε μια συνηθισμένη ατμόσφαιρα το 99% από τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μικρότερα από 1 μμ (1 μικρό, δηλαδή 1 εκατομμυριοστό του μέτρου) το καθένα. Για να συλλάβουμε την έννοια του 1 μμ αναφέρομε ότι μια ανθρώπινη τρίχα έχει συνήθως διάμετρο από 30 μέχρι 120 μμ. Ο αριθμός των αιωρουμένων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, όσο καθαρή και αν είναι, είναι πάρα πολύ μεγάλος, π.χ. σε 1 m<sup>3</sup> καθαρού αέρα της εξοχής, πρέπει κανονικά να μετρήσομε πάνω από 35.000.000 σωματίδια τα οποία έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 0,3 μμ, ενώ σε ένα δωμάτιο στο οποίο καπνίζουν πολλά άτομα ο αριθμός των σωματιδίων αυτών φθάνει τα 106.000.000. Πάντως παρά το τεράστιο πλήθος τους, το συνολικό βάρος τους σπάνια υπερβαίνει τα 0,002 gr/m<sup>3</sup> (2 χλστ, γραμ. ανά κ.μ. αέρα).

Η καλύτερη εφαρμογή του κλιματισμού είναι για τον καθαρισμό του αέρα από τις παραπάνω μολυσματικές ουσίες:

### **1.3 Ιδιότητες του αέρα.**

#### **α) Πυκνότητα - Βάρος - Πίεση.**

Ο αέρας έχει **μάζα** (ειδική πυκνότητα) και **βάρος** (ειδικό βάρος). Επομένως πιέζει με το βάρος του την επιφάνεια της γης. Η **πίεση** αυτή στην «κανονική» ατμόσφαιρα είναι 760mmHg (760 χλστ. στήλης Hg) ή 29,921 in.Hg ή 14,7psi, πάνω στην επιφάνεια της θάλασσας. Όσο ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερα ύψη από την επιφάνεια της θάλασσας τόσο η πυκνότητα και η πίεση του αέρα μικραίνουν.

#### **β) Ειδικός όγκος.**

Είναι ο όγκος του αέρα (μίγματος) ανά μονάδα βάρους ξηρού αέρα ( $\text{ft}^3/\text{lb}$  ή  $\text{m}^3/\text{kg}$ ). Ο ειδικός όγκος αυξάνεται ανάλογα με τη θερμοκρασία του αέρα.

#### **γ) Θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου (Ξ.Θ.).**

Είναι η θερμοκρασία του αέρα που μετράμε με ένα κοινό θερμόμετρο. Αυτή η θερμοκρασία αποτελεί έμμεσα και ένα μέτρο της **αισθητής θερμότητας** που περιέχεται στον αέρα. Δηλαδή της θερμότητας που όταν προστίθεται ή αφαιρείται από τη μάζα ενός σώματος μεταβάλλει τη θερμική του κατάσταση. Η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται καθώς ανεβαίνουμε σε υψηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας.

#### **δ) Θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου (Υ.Θ.).**

Είναι η θερμοκρασία του αέρα που μετράμε με ένα θερμόμετρο του οποίου ο βολβός καλύπτεται με βρεγμένο πανί και είναι εκτεθειμένος σε ρεύμα αέρα που κινείται γρήγορα. Όταν ο αέρας είναι κορεσμένος σε υδρατμούς, η θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου συμπίπτει με τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου. Όταν ο αέρας έχει λιγότερους από το σημείο κορεσμού υδρατμούς η θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου. Άρα η θερμοκρασία Υ.Θ. αποτελεί έμμεσα ένα μέτρο της **λανθάνουσας θερμότητας** που περιέχεται στον αέρα. Δηλαδή της θερμότητας που δαπανήθηκε για την ατμοποίηση της ποσότητας νερού που υπάρχει στον αέρα.

#### **ε) Θερμοκρασία σημείου δρόσου (Σ.Δ.).**

Είναι η θερμοκρασία στην οποία, καθώς ψύχομε βαθμιαία τον αέρα, αρχίζει η συμπύκνωση (υγροποίηση) των υδρατμών. Δηλαδή στο σημείο δρόσου ο αέρας είναι κορεσμένος. Επομένως σε κορεσμένο αέρα έχουμε για τις παραπάνω τρεις θερμοκρασίες:

$$\Xi.\Theta. = \Upsilon.\Theta. = \Sigma.\Delta.$$

Η θερμοκρασία δρόσου είναι ένας καλός δείκτης της **περιεκτικότητας του αέρα σε υδρατμούς**.

### **στή Σχετική υγρασία (Σ.Υ.).**

Είναι ο λόγος του βάρους των υδρατμών που περιέχονται στον αέρα με το βάρος των υδρατμών που θα περιείχε ο αέρας αν ήταν κορεσμένος κάτω από την ίδια θερμοκρασία και την ίδια βαρομετρική πίεση.

$$\Sigma.Y. (\%) = \frac{\text{Πραγματική υγρασία}}{\text{Υγρασία κορεσμένου αέρα}} \times 100.$$

### **δ) Απόλυτη υγρασία.**

Είναι το βάρος των υδρατμών που υπάρχουν στην μονάδα όγκου του αέρα. Μετρείται σε lb/ft<sup>3</sup> ή σε grains/ft<sup>3</sup> (1 lb = 7000 grains) ή σε kg/m<sup>3</sup> ξηρού αέρα.

### **η) Ειδική υγρασία.**

Είναι το βάρος των υδρατμών που υπάρχουν στη μονάδα βάρους του αέρα (lb/lb ή grains/lb ή kg/kg ξηρού αέρα).

### **θ) Ενθαλπία (ή θερμοπεριεκτικότητα).**

Είναι η θερμοδυναμική ιδιότητα που εκφράζει το ποσό θερμότητας *(αισθητής και λανθάνουσας)* που περιέχεται στη μονάδα βάρους του αέρα. Εκφράζεται σε Btu/lb ή kcal/kg.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ

#### 2.1 Γενικά.

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, ο βασικός σκοπός του κλιματισμού είναι να ρυθμίζει μέσα στα επιθυμητά όρια, τις ιδιότητες του αέρα σε ένα χώρο π.χ. σε γραφείο, θέατρο, εστιατόριο, εργοστάσιο κλπ. Για τη ρύθμιση αυτή χρησιμοποιείται ένα **«μέσο»** που μπορεί να είναι **νερό** ή **ψυκτικό υγρό** ή και **αέρας** (ανεξάρτητος από τον αέρα του χώρου ή μίγμα αέρα που περιέχει και αέρα του χώρου). Το «μέσο» υφίσταται πρώτα μια **επεξεργασία** (θέρμανση, ψύξη κλπ.) και στη συνέχεια έρχεται σε επαφή με τον αέρα του χώρου για να προκαλέσει την επιθυμητή ρύθμιση των ιδιοτήτων του αέρα. Η επεξεργασία του «μέσου» γίνεται στην **Κλιματιστική Εγκατάσταση**.

Η Κλιματιστική Εγκατάστασή μπορεί να είναι **τοπική** (μέσα ή δίπλα στον κλιματιζόμενο χώρο) ή **κεντρική**. Στην δεύτερη περίπτωση η εγκατάσταση περιλαμβάνει και **δίκτυα** μεταφοράς του επεξεργασμένου «μέσου» από το **Κεντρικό Μηχανοστάσιο Κλιματισμού** στο χώρο που έχομε να κλιματίσομε. Τα δίκτυα αυτά περιγράφονται στα Κεφάλαια 6 και 7. Επίσης στα Κεφάλαια, 8,9,10 επεξηγούνται διεξοδικά τα στοιχεία των τοπικών και κεντρικών κλιματιστικών εγκαταστάσεων. Στο παρόν κεφάλαιο δίνεται περιγραφικά το **περιεχόμενο μιας πλήρους κλιματιστικής εγκατάστασεως**, στοιχείο άπαραίτητο για την κατανόηση των επομένων κεφαλαίων.

Μία πλήρης κλιματιστική εγκατάσταση περιλαμβάνει:

- Τη μονάδα παραγωγής θερμότητας.
- Τη μονάδα παραγωγής ψύχους.
- Τη μονάδα επεξεργασίας αέρα.
- Το δίκτυο μεταφοράς του κλιματιστικού «μέσου».
- Τις τερματικές μονάδες.
- Το Σύστημα Ελέγχου και Ρυθμίσεως (ή όπως συνήθως λέγεται, Σύστημα Αυτοματισμού).

#### 2.2 Κεντρική κλιματιστική εγκατάσταση.

Στην περίπτωση αυτή τα στοιχεία που αποτελούν το **Κεντρικό Μηχανοστάσιο Κλιματισμού**, το οποίο βρίσκεται μακριά από τους κλιματιζόμενους χώρους, είναι η μονάδα παραγωγής θερμότητας, η μονάδα παραγωγής ψύχους και, συνήθως, η μονάδα επεξεργασίας αέρα. Οι **Κεντρικές Μονάδες Επεξεργασίας Αέρα** μπορεί, σε πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις που έχουν πολλές τέτοιες μονάδες, να βρίσκονται και κοντά στους κλιματιζόμενους χώρους. Οι **Τερματικές Μονάδες** βρίσκονται μέ-

σα στους κλιματιζόμενους χώρους. Τέλος τα διάφορα **δίκτυα ή συστήματα** εκτείνονται σε όλα τα μέρη της Κλιματιστικής Εγκαταστάσεως, δηλαδή στο Κεντρικό Μηχανοστάσιο Κλιματισμού, στους κλιματιζόμενους χώρους, στις τερματικές μονάδες, τα οποία συνδέουν μεταξύ τους. Παραδείγματα Κεντρικών Κλιματιστικών Εγκαταστάσεων βλέπε στα σχήματα 3.2α ως 3.4γ.

Το Κεντρικό Μηχανοστάσιο Κλιματισμού είναι η καρδιά της Κεντρικής Κλιματιστικής Εγκαταστάσεως. Εκεί γίνεται η παραγωγή της θερμότητας και του ψύχους που με τα διάφορα δίκτυα μεταφέρονται στους κλιματιζόμενους χώρους. Τα κύρια μηχανήματα του Κεντρικού Μηχανοστασίου Κλιματισμού είναι ο **Λέβητας** (μονάδα παραγωγής θερμότητας) και το **Ψυκτικό Συγκρότημα** (μονάδα παραγωγής ψύχους). Το Ψυκτικό Συγκρότημα περιλαμβάνει και τη **Μονάδα Απορρίψεως Θερμότητάς** που συνήθως είναι ένας **Πύργος Ψύξεως** τοποθετημένος στό υψηλότερο σημείο (ταράτσα) του κτιρίου. Στις Κεντρικές Κλιματιστικές Εγκαταστάσεις που έχουν και **Κεντρικές Μονάδες Επεξεργασίας Αέρα**, οι μονάδες αυτές βρίσκονται στο Κεντρικό Μηχανοστάσιο Κλιματισμού η και έξω από αυτό κοντά στους κλιματιζόμενους χώρους.

### 2.3 Τοπική κλιματιστική εγκατάσταση.

Στην περίπτωση αυτή όλα τα στοιχεία που αποτελούν την εγκατάσταση είναι συγκεντρωμένα σε μια **Αυτοδύναμη Τοπική Κλιματιστική Μονάδα** που βρίσκεται μέσα ή δίπλα στον κλιματιζόμενο χώρο. Παραδείγματα τοπικών εγκαταστάσεων βλέπε στα σχήματα 3.5α ως 3.5γ. Μέσα στην αυτοδύναμη μονάδα, στα παραπάνω παραδείγματα, υπάρχουν, σε μικρότερη κλίμακα, όλα τα μέρη μιας Κεντρικής Κλιματιστικής Εγκαταστάσεως. Δηλαδή υπάρχουν η παραγωγή θερμότητας, η παραγωγή ψύχους, η επεξεργασία του αέρα, το δίκτυο κυκλοφορίας του «μέσου» και το δίκτυο ελέγχου της εγκαταστάσεως. Σε μερικές μόνο περιπτώσεις, όπως αυτή του σχήματος 3.5γ, η απόρριψη της θερμότητας γίνεται από μονάδα που βρίσκεται μακριά από τον κλιματιζόμενο χώρο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

#### 3.1 Γενικά.

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο κλιματισμός ενός χώρου γίνεται με τη βοήθεια κάποιου «μέσου», το οποίο επεξεργαζόμαστε στην Κλιματιστική Εγκατάσταση. Με βάση το είδος του ρυθμιζόμενου μέσου, αν δηλαδή είναι **αέρας, νερό ή ψυκτικό υγρό** ή συνδυασμός τους, μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα διάφορα κλιματιστικά συστήματα στις παρακάτω κατηγορίες:

- Συστήματα Αέρα (με μοναδικό μέσο τον αέρα).
- Συστήματα Νερού (με μοναδικό μέσο το νερό).
- Συστήματα Αέρα - Νερού.
- Συστήματα Ψυκτικού Υγρού (ή συστήματα με αυτοδύναμες τοπικές μονάδες).

Τα συστήματα αυτά αναλύονται περιγραφικά στις επόμενες παραγράφους.

#### 3.2 Συστήματα Αέρα.

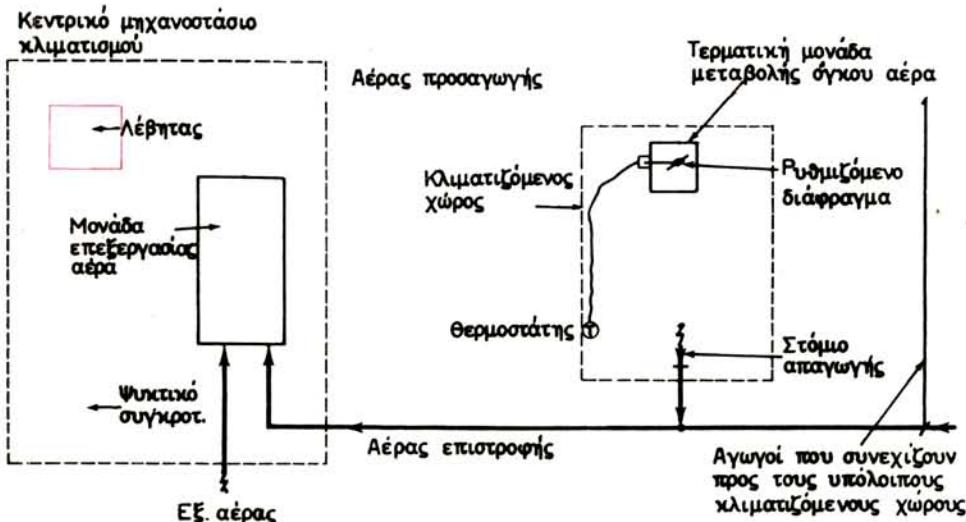
Σε αυτόν τον τύπο συστημάτων, όπως αναφέραμε, το μέσο που χρησιμοποιούμε για τον κλιματισμό ενός χώρου είναι αέρας. Ο αέρας μεταφέρεται στον κλιματιζόμενο χώρο με αγωγούς (τους λεγόμενους **αεραγωγούς**) και διανέμεται μέσα στον χώρο με **στόμια ή τερματικές μονάδες αναμίξεως ή μεταβολής όγκου αέρα**. Ο αέρας έχει προηγουμένως καθαριστεί, θερμανθεί (ή ψυχθεί) και υγρανθεί (ή αφυγρανθεί) σε Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας Αέρα, η οποία μπορεί να είναι τοποθετημένη σε κάποια απόσταση από τον κλιματιζόμενο χώρο.

Οι πιο κοινές παραλλαγές Συστημάτων Αέρα είναι οι ακόλουθες:

##### 3.2.1 Σύστημα με Ένα Αγωγό και Μεταβαλλόμενη Παροχή Αέρα (σχ. 3.2a).

Μόνο ψυχρός ή μόνο θερμός αέρας μεταφέρεται με έναν αγωγό στον κλιματιζόμενο χώρο όπου ο όγκος του ρυθμίζεται αυτόματα ώστε να ικανοποιηθούν οι ψυκτικές ή θερμικές ανάγκες του χώρου. Όταν λειτουργεί η ψύξη, τότε στον αγωγό προσαγωγής του σχήματος 3.2a κυκλοφορεί ψυχρός αέρας. Αυτός ο αέρας φθάνει στην μονάδα μεταβολής όγκου αέρα που είναι τοποθετημένη στον χώρο που θέλομε να κλιματίσουμε και εκεί η ποσότητα του ψυχρού αέρα ρυθμίζεται ανάλογα με τις ψυκτικές ανάγκες του χώρου. Αν αυτές οι ανάγκες είναι μέγιστες, τότε ο θερμοστάτης του χώρου δίνει εντολή στο διάφραγμα της μονάδας να ανοίξει τελείως. Αν οι ψυκτικές ανάγκες είναι στο 0, τότε το διάφραγμα κλείνει στην ελάχι-

στη θέση του, επιτρέποντας μόνο μια μικρή ποσότητα αέρα (π.χ. 15%) να βγαίνει από την τερματική μονάδα για να υπάρχει κάποια κίνηση αέρα μέσα στον χώρο.

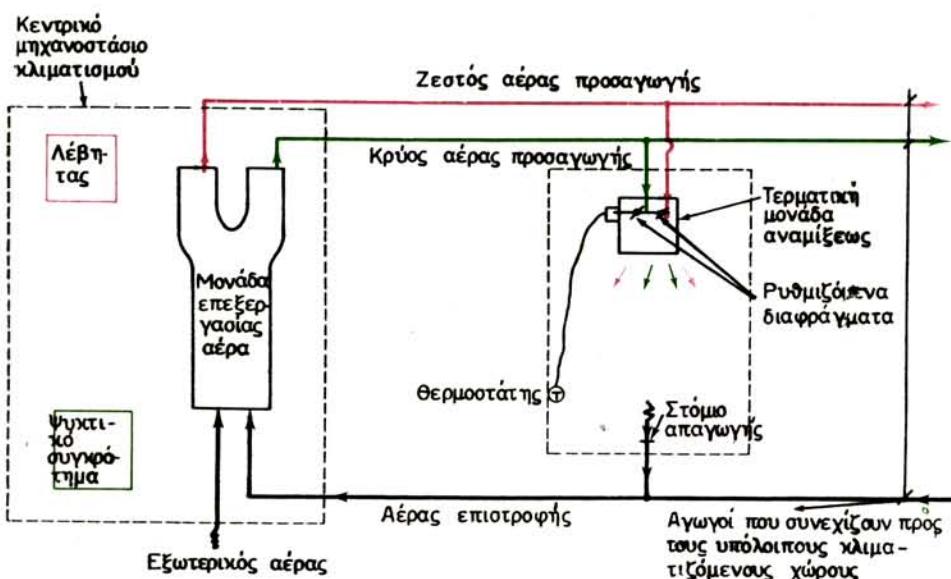


Σχ. 3.2α.

Σχηματικό διάγραμμα για το κλιματιστικό σύστημα με ένα αγωγό και μεταβαλλόμενη παροχή αέρα.

### 3.2.2 Σύστημα με Ζεύγος Αγωγών και Σταθερή Παροχή Αέρα (σχ. 3.2β).

Ψυχρός και θερμός αέρας μεταφέρονται με ένα ζεύγος αγωγών προς τερματι-



Σχ. 3.2β.

Σχηματικό διάγραμμα για το κλιματιστικό σύστημα με ζεύγος αγωγών και σταθερή παροχή αέρα.

κές μονάδες αναμίξεως τοποθετημένες στους διάφορους χώρους που θέλομε να κλιματίσουμε. Σε κάθε τέτοια μονάδα, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2β, φτάνει ένας αγωγός που μεταφέρει ψυχρό αέρα και ένας άλλος που μεταφέρει θερμό αέρα. Μέσα στη μονάδα ο ψυχρός αέρας αναμιγνύεται με τον θερμό αέρα στην αναλογία που χρειάζεται κάθε φορά ώστε ο κλιματιζόμενος χώρος να διατηρήσει τη θερμοκρασία του στους βαθμούς που έχει ρυθμιστεί ο θερμοστάτης του. Κάθε φορά πάντως έχουμε σταθερή ποσότητα του μίγματος αέρα που προσφέρεται στον χώρο από την έξοδο της μονάδας.

#### **Παράδειγμα:**

Ας υποθέσουμε στην απλούστερη περίπτωση, ότι χρειαζόμαστε την ίδια ποσότητα ψυχρού ή θερμού αέρα για την κάλυψη αντιστοίχως των ψυκτικών ή θερμικών αναγκών του χώρου και ας πούμε ότι η ποσότητα αυτή είναι 600 CFM (1020 m<sup>3</sup>/h). Αν ο θερμοστάτης του χώρου ζητά ψύξη, τότε το διάφραγμα του ψυχρού αέρα θα ανοίξει περισσότερο, ας πούμε στα 400 CFM (680 m<sup>3</sup>/h) ενώ το διάφραγμα του θερμού αέρα θα κλείσει αντίστοιχα στα 200 CFM (340 m<sup>3</sup>/h) ώστε το μίγμα ψυχρού - θερμού να είναι στα 600 CFM (1020 m<sup>3</sup>/h) και η θερμοκρασία του τόσο χαμηλή ώστε να ικανοποιηθούν οι ψυκτικές ανάγκες του χώρου. Αν οι ψυκτικές ανάγκες είναι στο μέγιστο, τότε το διάφραγμα του ψυχρού αέρα θα ανοίξει τελείως ενώ αντίστοιχα θα κλείσει τελείως το διάφραγμα του θερμού, δηλαδή τα 600 CFM που θα παρέχονται στο χώρο θα είναι μόνο ψυχρός αέρας. Τα αντίθετα θα συμβούν αν ο χώρος έχει μικρές ή μεγάλες θερμικές ανάγκες.

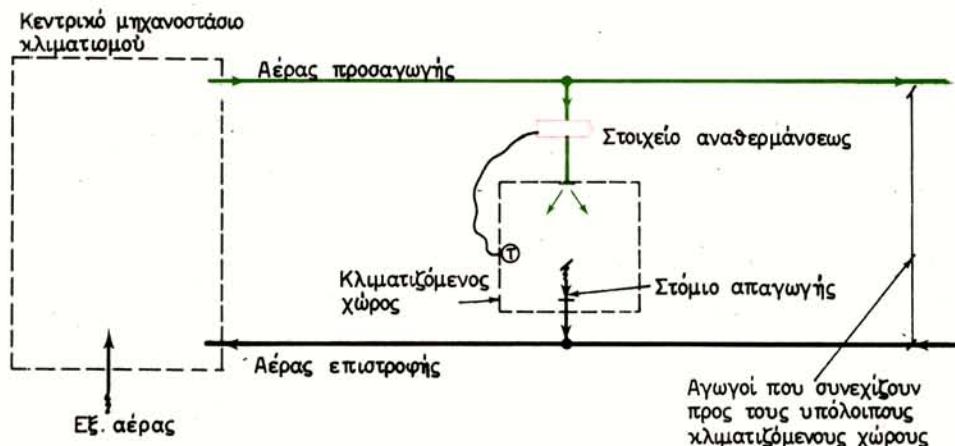
#### **3.2.3 Σύστημα με Ένα Αγωγό και Αναθέρμανση (σχ. 3.2γ).**

Προκλιματισμένος αέρας σταθερού όγκου μεταφέρεται με έναν αγωγό στον κλιματιζόμενο χώρο όπου, με τη βοήθεια ενός θερμαντικού στοιχείου, αναθέρμανεται άναλογα με τις ανάγκες (σε θερμότητα) του χώρου. Αν είναι καλοκαίρι, ο προκλιματισμένος αέρας είναι συνήθως πολύ ψυχρός και το αναθερμαντικό στοιχείο του ανεβάζει λίγο τη θερμοκρασία, όταν ο χώρος δεν χρειάζεται πολύ ψύξη. Αν είναι χειμώνας, ο προκλιματισμένος αέρας είναι λίγο θερμός και το αναθερμαντικό στοιχείο του προσθέτει τόση θερμότητα, όση χρειάζεται ο χώρος. Το αναθερμαντικό στοιχείο ρυθμίζεται από το θερμοστάτη του χώρου και είναι το μόνο από τα βασικά μηχανήματα του συστήματος που δεν βρίσκεται στο κεντρικό μηχανοστάσιο κλιματισμού. Τοποθετείται πολύ κοντά στον κλιματιζόμενο χώρο και λειτουργεί με ζεστό νερό, ατμό ή ηλεκτρισμό.

#### **3.2.4 Σύστημα με Δύο Αγωγούς. – Ένα Σταθερής Παροχής Αέρα και Ένα Μεταβαλλόμενης (σχ. 3.2δ).**

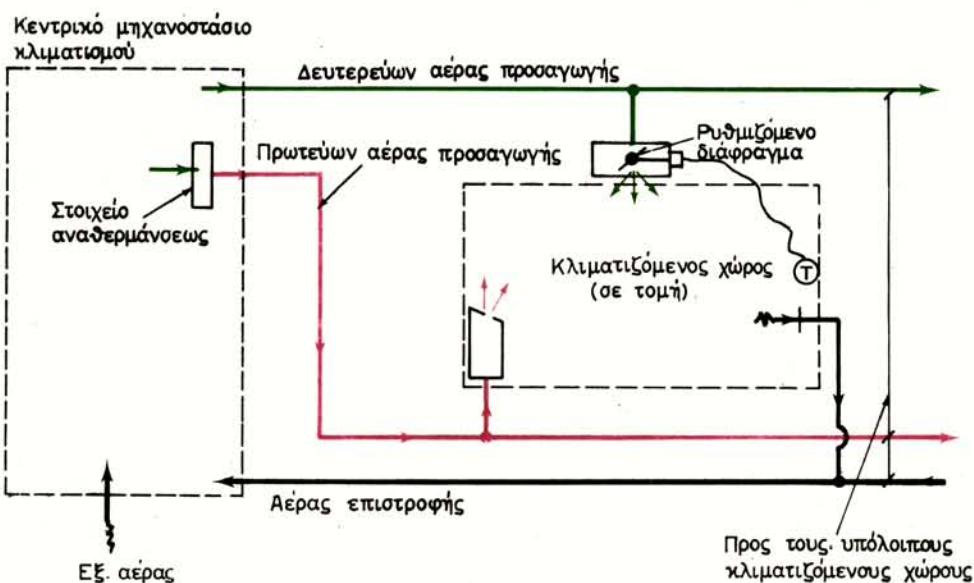
Δύο ρεύματα αέρα μεταφέρονται με δύο ξεχωριστούς αγωγούς μέσα στον κάθε κλιματιζόμενο χώρο. Το «**πρωτέυον**» ρεύμα έχει σταθερό όγκο και μεταβλητή θερμοκρασία (που ρυθμίζεται κεντρικά) και εξουδετερώνει τα θερμικά κέρδη ή τις απώλειες από τη περίμετρο του χώρου. Το «**δευτερεύον**» ρεύμα αέρα έχει σταθερή θερμοκρασία και μεταβλητό όγκο (που ρυθμίζεται από τον θερμοστάτη του χώρου) και εξουδετερώνει τα θερμικά κέρδη από άτομα, φώτα κλπ., στο εσωτερικό

του χώρου. Συνήθως και τα δύο ρεύματα αέρα προκλιματίζονται στην ίδια κεντρική μονάδα επεξεργασίας αέρα. Για το «πρωτεύον» ρεύμα χρησιμοποιείται και αναθέρμανση (σχ. 3.2δ).



Σχ. 3.2γ.

Σχηματικό διάγραμμα για το κλιματιστικό σύστημα με ένα αγωγό και αναθέρμανση.

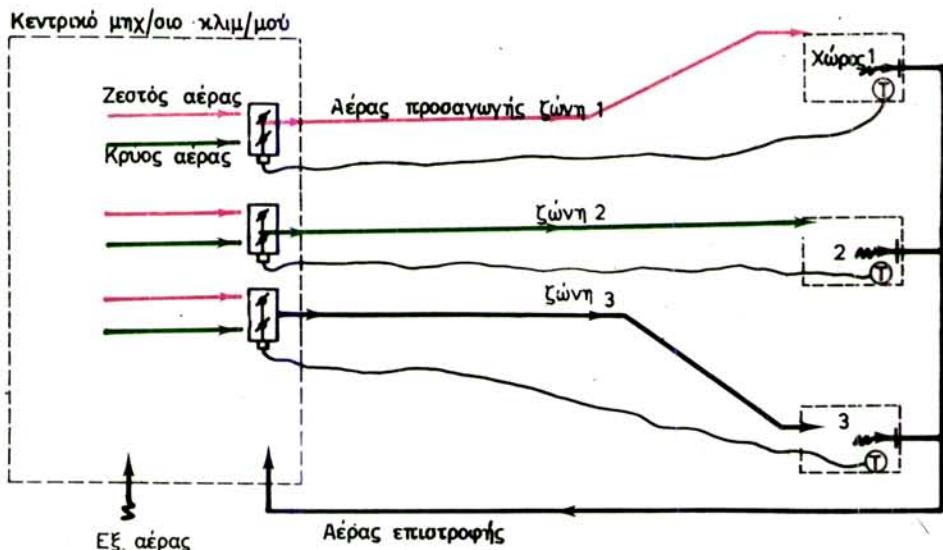


Σχ. 3.2δ.

Σχηματικό διάγραμμα για το κλιματιστικό σύστημα με δύο αγωγούς – ένα σταθερής και ένα μεταβαλλόμενης παροχής αέρα.

### 3.2.5 Σύστημα με πολλούς αγωγούς – ή Πολυζωνικό Σύστημα (σχ. 3.2ε).

Σε κάθε κλιματιζόμενο από το σύστημα χώρο φτάνει ένας αποκλειστικός γι' αυτόν τον χώρο αγωγός. Ο αέρας που παρέχεται στον χώρο έχει σταθερό όγκο και μεταβλητή θερμοκρασία. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του αέρα που προορίζεται για κάθε χώρο (**ζώνη**) γίνεται στήν κεντρική μονάδα επεξεργασίας αέρα με ανάμικη κρύων και ζεστού αέρα. Το μίγμα που δημιουργείται διοχετεύεται στον αγωγό της αντίστοιχης ζώνης. Τα διαφράγματα αναμίξεως ρυθμίζονται από τον θερμοστάτη αυτής της ζώνης. Στο σχήμα 3.2ε παριστάνεται ένα 3-ζωνικό σύστημα.



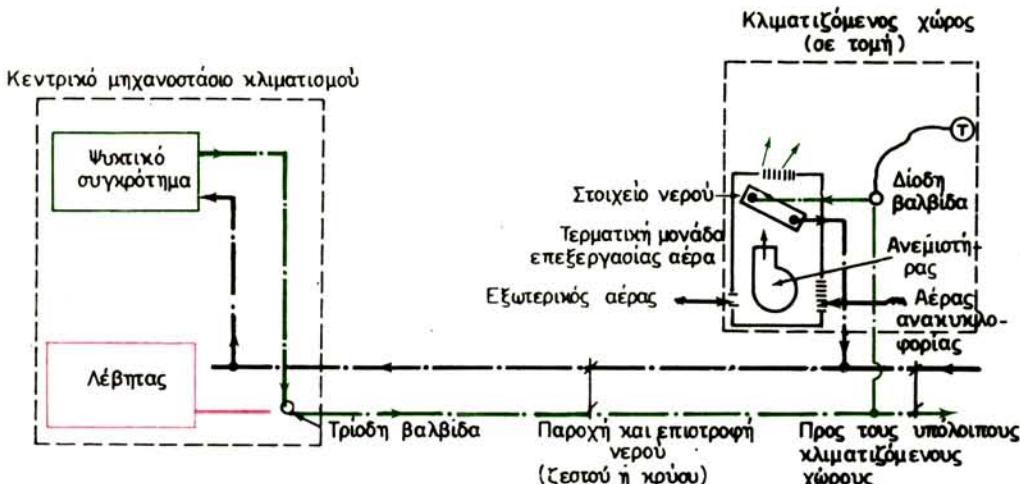
Σχ. 3.2ε.  
Σχηματικό διάγραμμα για το πολυζωνικό κλιματιστικό σύστημα (3 ζώνες)

### 3.3 Συστήματα Νερού.

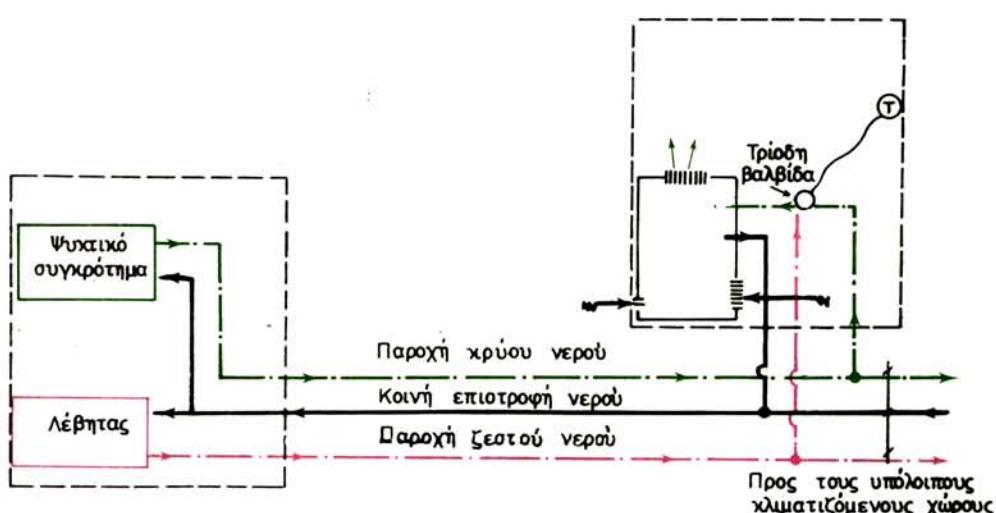
Σε αυτόν τον τύπο συστημάτων το μέσο που χρησιμοποιούμε για τον κλιματισμό ενός χώρου είναι το νερό. Το νερό ψύχεται ή θερμαίνεται στο κεντρικό μηχανοστάσιο κλιματισμού, το οποίο περιλαμβάνει μόνο τον λέβητα και το ψυκτικό συγκρότημα. Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας αέρα που είχαμε στα Συστήματα Αέρα δεν υπάρχει. Αντίθετα στους διάφορους χώρους που κλιμαντίζονται από το σύστημα υπάρχουν **τερματικές μονάδες επεξεργασίας αέρα** οι οποίες τροφοδοτούνται από ένα ή δύο δίκτυα νερού. Οι μονάδες αυτές θερμαίνουν, ψύχουν και καθαρίζουν τοπικά τον αέρα του χώρου, παρέχοντας συγρόνως και κάποια ποσότητα έξωτερικού αέρα μέσω ενός ανοιγμάτος στον τοίχο. Σε άλλες περιπτώσεις, για την αποφυγή των ανοιγμάτων στον τοίχο, ο έξωτερικός αέρας διανέμεται στις μονάδες μέσω δικτύου αεραγωγών ή εισέρχεται μόνο από τις χαραμάδες των κουφωμάτων με τη βοήθεια κάποιου ανεμιστήρα απαγωγής. Η ρύθμιση του νερού σε μια τερματική μονάδα γίνεται μέσω του θερμοστάτη του χώρου που κλιματίζεται από τη μονάδα αυτή.

### 3.3.1 Σύστημα με 2 σωλήνες νερού (σχ. 3.3α).

Ζεστό ή κρύο νερό μπορεί να κυκλοφορεί προς τις τερματικές μονάδες επεξεργασίας αέρα. Στο σχήμα 3.3α φαίνεται (με τα τόξα ροής και το πράσινο χρώμα) η περίπτωση κυκλοφορίας κρύου νερού σε όλες τις μονάδες του συστήματος.



Σχ. 3.3α.  
Σχηματικό διάγραμμα συστήματος νερού με 2 σωλήνες.



Σχ. 3.3β.  
Σχηματικό διάγραμμα συστήματος νερού με 3 σωλήνες.

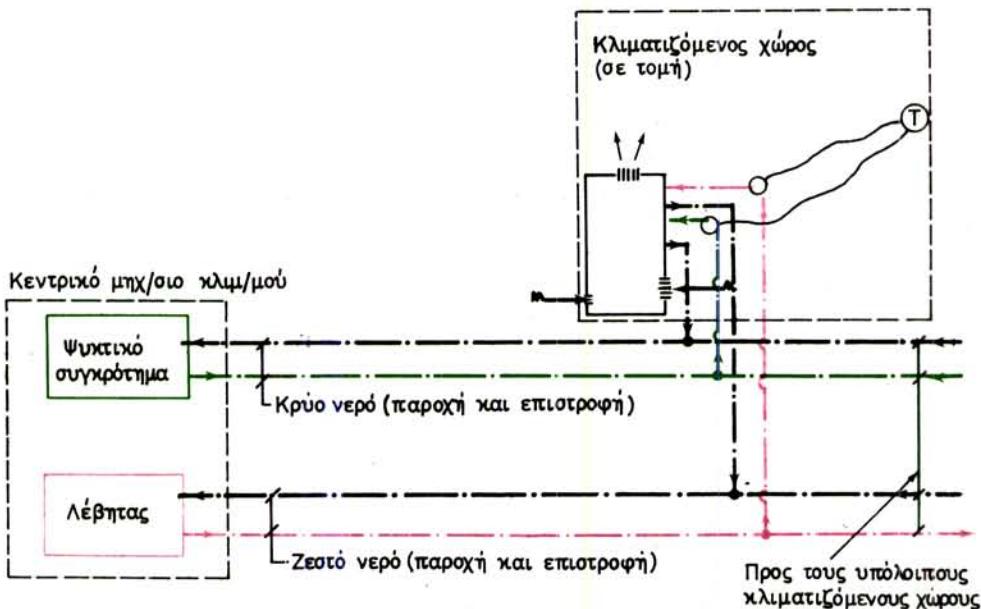
### 3.3.2 Σύστημα με 3 σωλήνες νερού (σχ. 3.3β).

Από τους δύο σωλήνες παροχής νερού, ένας για ζεστό και ένας για κρύο νερό,

παρέχεται θέρμανση ή ψύξη σε κάθε μονάδα χωριστά, ανάλογα βέβαια με τις ανάγκες του χώρου που εξυπηρετεί αυτή η μονάδα. Ο σωλήνας επιστροφής είναι κοινός και για το ζεστό και για το κρύο νερό.

### 3.3.3 Σύστημα με 4 σωλήνες νερού (σχ. 3.3γ).

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται δύο ξεχωριστά κυκλώματα σωλήνων, ένα για το ζεστό και ένα για το κρύο νερό. Η τερματική μονάδα έχει δύο στοιχεία. Το ένα τροφοδοτείται από το κύκλωμα ζεστού νερού και το άλλο από το κύκλωμα κρύου. Έτσι, σε οποιαδήποτε στιγμή είναι διαθέσιμες για κάθε τερματική μονάδα συγχρόνως και η θέρμανση και η ψύξη.



Σχ. 3.3γ.  
Σχηματικό διάγραμμα συστήματος νερού με 4 σωλήνες.

### 3.4 Συστήματα Αέρα - Νερού.

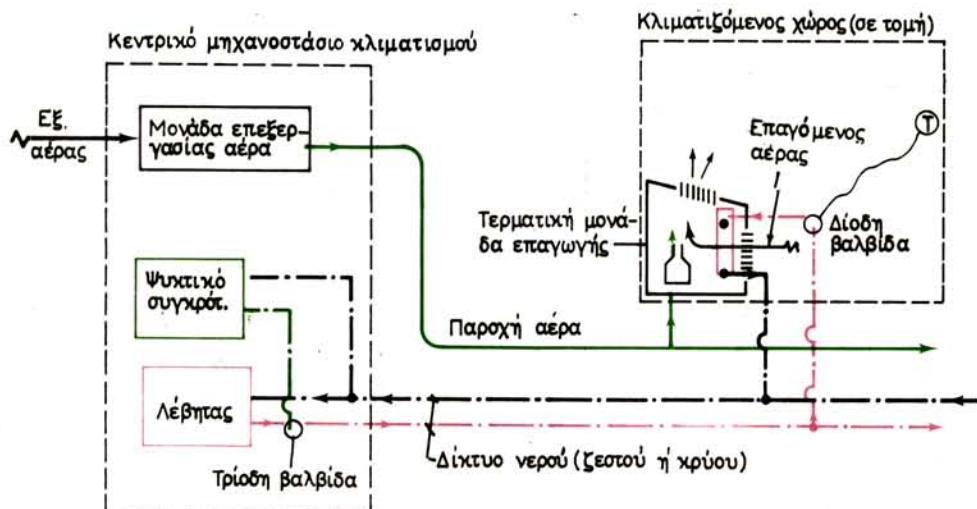
Σε αυτόν τον τύπο συστημάτων συνδυάζονται ο αέρας και το νερό για να κλιματισθεί ένας χώρος. Ο αέρας κλιματίζεται στο Κεντρικό Μηχανοστάσιο Κλιματισμού το οποίο, όπως και στην κατηγορία των Συστημάτων Αέρα, περιλαμβάνει και Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας Αέρα. Ο κλιματισμένος όμως αυτός αέρας που διανέμεται με αεραγωγούς, αποτελεί μέρος του αέρα που κυκλοφορεί σε κάθε κλιματιζόμενο χώρο και συνήθως δεν επιστρέφεται πίσω στην κεντρική εγκατάσταση. Το μεγαλύτερο μέρος του αέρα του χώρου περνά και κλιματίζεται μέσα από **τερματικές μονάδες επεξεργασίας αέρα** εφοδιασμένες με θερμαντικά και ψυκτικά στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά τροφοδοτούνται με νερό το οποίο θερμαίνεται ή ψύχε-

ται στην κεντρική εγκατάσταση και διανέμεται στις τερματικές μονάδες με έναν από τους τρόπους που περιγράφαμε στην κατηγορία Συστημάτων Νερού, δηλαδή δίκτυο δύο σωλήνων, τριών σωλήνων ή τεσσάρων σωλήνων.

Οι πιο συνηθισμένες παραλλαγές συστημάτων Αέρα - Νερού είναι:

### 3.4.1 Σύστημα Επαγωγής (σχ. 3.4α).

Προκλιματισμένος αέρας μεταφέρεται με μεγάλη ταχύτητα και σε σταθερή ποσότητα σε τερματικές μονάδες τύπου επαγωγής. Ο αέρας που επάγεται από το χώρο θερμαίνεται ή ψύχεται μέσα στην τερματική μονάδα περνώντας επάνω από ένα στοιχείο νερού. Ο θερμοστάτης του χώρου ρυθμίζει τη ροή του νερού μέσα από το στοιχείο της μονάδας ή τη ροή του αέρα επάνω από το στοιχείο της μονάδας. Στο σχήμα 3.4α φαίνεται ένα σύστημα επαγωγής με δίκτυο δύο σωλήνων νερού και ρύθμιση ροής νερού.



Σχ. 3.4α.

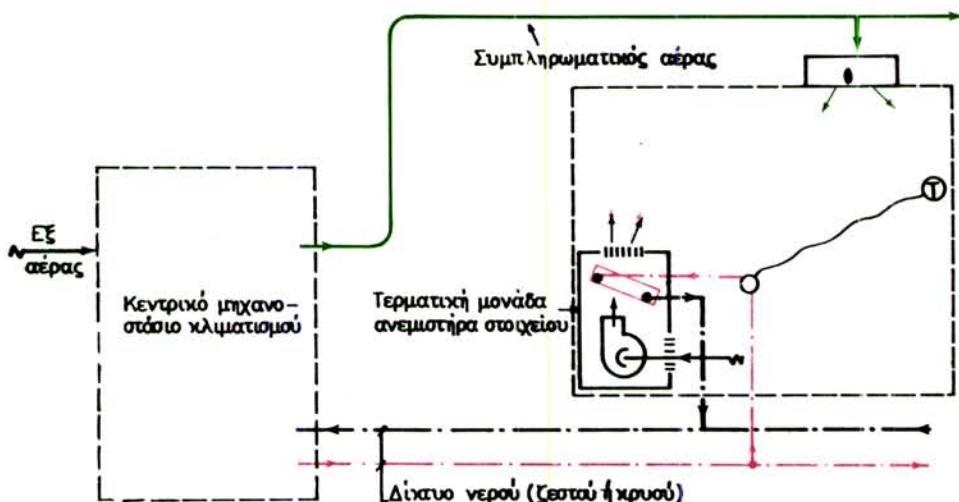
Σχηματικό διάγραμμα συστήματος αέρα - νερού με τερματικές μονάδες τύπου επαγωγής.

### 3.4.2 Σύστημα Τερματικών Μονάδων Ανεμιστήρα - Στοιχείου με συμπληρωματικό αέρα (σχ. 3.4β).

Η Τερματική Μονάδα Ανεμιστήρα - Στοιχείου θερμαίνει ή ψύχει απευθείας τον αέρα του χώρου. Ο συμπληρωματικός αέρας σταθερής παροχής παρέχει τον απαιτούμενο αερισμό (φρέσκο αέρα) και την απαιτούμενη ύγρανση (ή αφύγρανση) του χώρου. Το σχηματικό διάγραμμα συστήματος που χρησιμοποιεί δίκτυο νερού δύο σωλήνων φαίνεται στο σχήμα 3.4β.

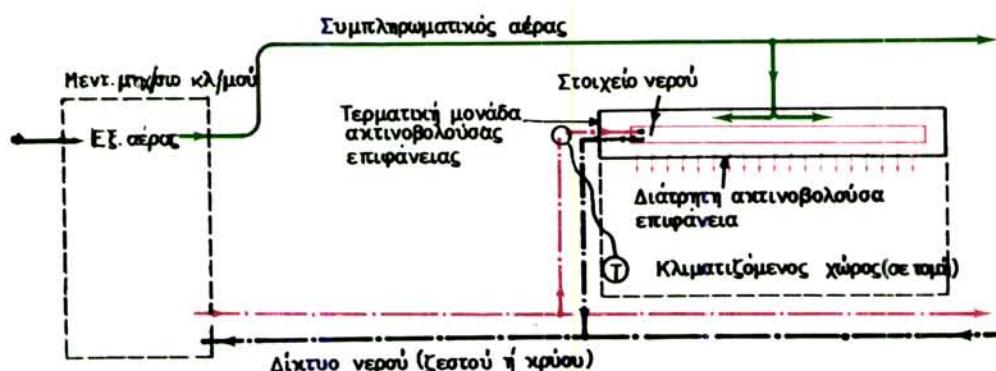
### 3.4.3 Σύστημα Τερματικών Μονάδων Ακτινοβολίας με συμπληρωματικό αέρα (σχ. 3.4γ).

Η Τερματική μονάδα με ακτινοβολούσα επιφάνεια (τύπου τοίχου ή οροφής) πα-



Σχ. 3.4β.

Σχηματικό διάγραμμα συστήματος αέρα-νερού με τερματικές μονάδες τύπου ανεμιστήρα-στοιχείου και συμπληρωματικό αέρα.



Σχ. 3.4γ.

Σχηματικό διάγραμμα συστήματος αέρα-νερού με τερματικές μονάδες τύπου ακτινοβολούσας επιφάνειας και με συμπληρωματικό αέρα.

ρέχει θέρμανση ακτινοβολίας ή ψύξη ακτινοβολίας. Ο συμπληρωματικός αέρας σταθερού όγκου παρέχει αερισμό και ύγρανση (ή αφύγρανση). Στο σχήμα 3.4γ φαίνεται το σύστημα που χρησιμοποιεί δίκτυο νερού δύο σωλήνων.

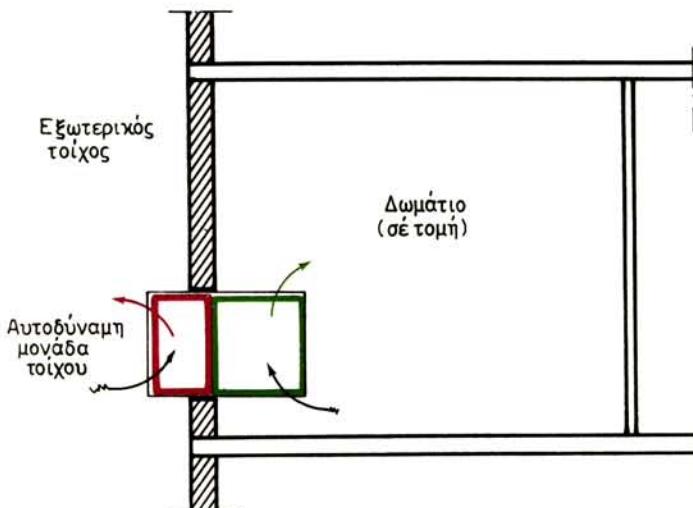
### 3.5 Συστήματα Ψυκτικού Υγρού (ή συστήματα με Αυτοδύναμες Τοπικές Μονάδες).

Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν απευθείας ψυκτικό υγρό για να ψύξουν ή θερμάνουν (με αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου) τον αέρα ενός χώρου. Η θέρ-

μανστη παρέχεται και με ιδιαίτερα συμπληρωματικά θερμαντικά στοιχεία τα οποία λειτουργούν με θερμό νερό, ηλεκτρισμό ή οποιαδήποτε άλλη μορφή θερμικής ενέργειας. Η ψύξη, η θέρμανση και ο καθαρισμός του αέρα του χώρου γίνονται μέσα σε Αυτοδύναμες Τοπικές Κλιματιστικές Μονάδες. Σε μερικούς τύπους αυτών των μονάδων μπορεί να εφαρμοσθεί και ύγρανση. Οι αυτοδύναμες μονάδες είναι κανονικά τοποθετημένες μέσα ή δίπλα στον κλιματιζόμενο χώρο και διακρίνονται κυρίως στους παρακάτω τύπους.

### **3.5.1 Αυτοδύναμες Κλιματιστικές Μονάδες τύπου Παραθύρου ή Τοίχου.**

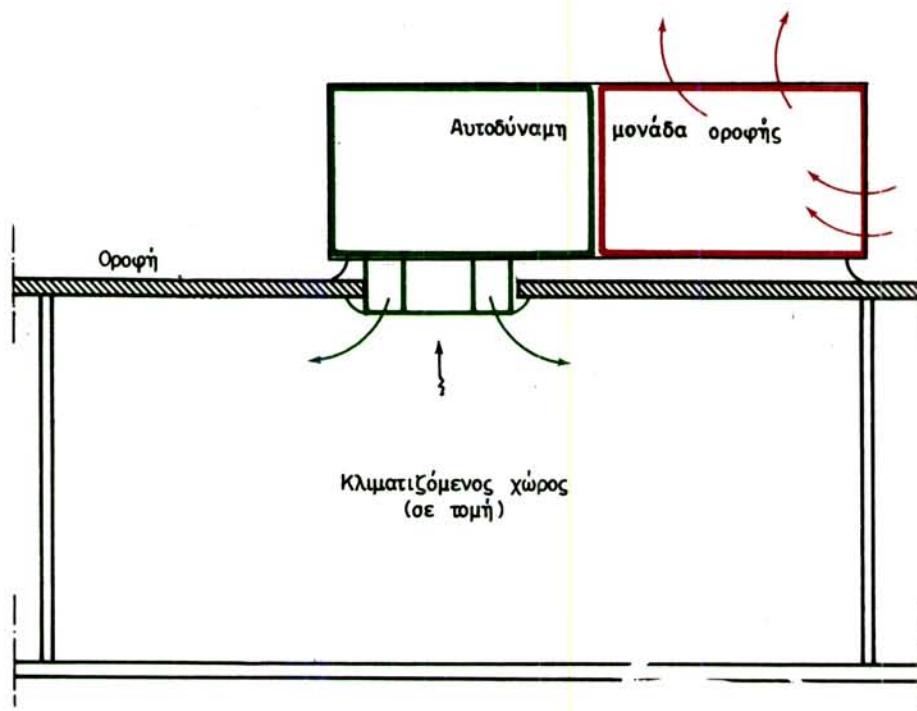
Οι μονάδες αυτές κυμαίνονται από μικρές μονάδες δωματίου, όπως αυτή που δείχνεται στο σχήμα 3.5α, μέχρι μεγάλες μονάδες, όπως π.χ. για μια αίθουσα καταστήματος. Οι μονάδες αυτές δεν έχουν ύγρανση και η θέρμανσή τους παράγεται με αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου, με ηλεκτρικές αντιστάσεις ή με θερμό νερό (ή ατμό) που παρέχεται στη μονάδα από κάποια κεντρική εγκατάσταση (λέβητα).



**Σχ. 3.5α.**  
Αυτοδύναμη κλιματιστική μονάδα τοίχου.

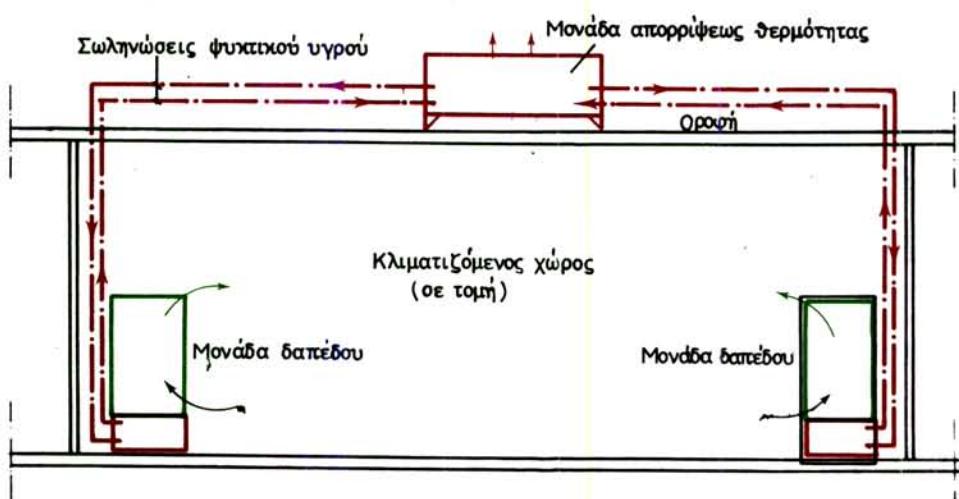
### **3.5.2 Αυτοδύναμες Κλιματιστικές Μονάδες τύπου Οροφής.**

Οι μονάδες αυτές είναι για μεγαλύτερους ενιαίους χώρους, οπότε συνήθως συνδέονται σε ένα στόμιο οροφής για συνδυασμένη προσαγωγή και απαγωγή αέρα (σχ. 3.5β). Μια τέτοια μονάδα μπορεί επίσης να κλιματίζει περισσότερους και με διαφορετικές απαιτήσεις χώρους, οπότε συνδέεται σε αεραγωγούς (π.χ. κατά το Πολυζωνικό Σύστημα της παραγράφου 3.2.5) που συνήθως οδεύουν στον χώρο μεταξύ οροφής και ψευδοροφής. Οι μονάδες αυτές μπορούν να έχουν ύγρανση, η δε θέρμανσή τους παράγεται από πηγές θερμάνσεως που συνήθως λειτουργούν

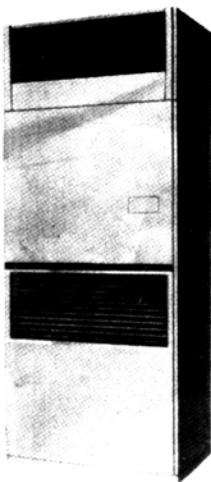


Σχ. 3.58.  
Αυτοδύναμη κλιματιστική μονάδα οροφής.

με ηλεκτρισμό, πετρέλαιο, ή φυσικό αέριο. Ακόμα η θέρμανση μπορεί να παράγεται με αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου ή με στοιχεία ζεστού νερού (ή ατμού).



Σχ. 3.59.  
Αυτοδύναμες κλιματιστικές μονάδες τύπου δαπέδου και σύνδεσή τους με τη μονάδα απορρίψεως θερμότητας.



### **3.5.3 Αυτοδύναμες Κλιματιστικές Μονάδες τύπου Δαπέδου.**

Οι μονάδες αυτές είναι επίσης για μεγάλους ενιαίους χώρους. Τα στόμια προσαγωγής και απαγωγής αέρα βρίσκονται επάνω στη μονάδα (σχ. 3.5γ) ή επάνω σε αεραγωγούς που συνδέονται με τη μονάδα. Η μονάδα δαπέδου συνδυάζεται συνήθως με μια εξωτερική μονάδα, όπως η μονάδα οροφής του σχήματος 3.5γ, για την απόρριψη της θερμότητας που απάγει από το χώρο. Οι μονάδες αυτές μπορούν να εφοδιασθούν με ύγρανση. Γενικά, μπορούν να έχουν όλα τα πλεονεκτήματα των μονάδων κεντρικού τύπου της παραγράφου 3.2.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

#### 4.1 Διαδικασία και στάδια υπολογισμού κλιματιστικής εγκαταστάσεως.

Για την επιλογή της κατάλληλης κλιματιστικής εγκαταστάσεως ικανής να κλιματίσει ένα κτίριο, θα πρέπει να βρεθούν πρώτα οι κλιματιστικές απαιτήσεις του κτιρίου. Οι απαιτήσεις αυτές προσδιορίζονται από τα εξής δεδομένα:

Την τοποθεσία που βρίσκεται (ή που θα βρίσκεται) το κτίριο (Κλιματολογικές συνθήκες, περιβάλλον).

Την κατασκευή του κτιρίου Προσανατολισμός τοίχων, παραθύρων κλπ., ίσχυς και τρόπος λειτουργίας ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων φωτισμού, μαγειρείων κλπ.).

Τη χρήση του κτιρίου, (αν είναι δηλαδή κτίριο εργοστασίου ή νοσοκομείου ή ξενοδοχείου ή κτίριο γραφείων κλπ.), και τις ειδικές κλιματιστικές απαιτήσεις που προκύπτουν από αυτή τη χρήση.

Τα άτομα που υπάρχουν στο κτίριο, είδος της εργασίας τους κατά την παραμονή τους στο κτίριο καθώς και τις απαιτήσεις ανέσεως που έχουν.

Από τα παραπάνω δεδομένα, και με τη βοήθεια πινάκων και διαγραμμάτων που δίνονται στα διάφορα έγχειρίδια μελετών κλιματισμού, προκύπτουν τα εξής για κάθε χώρο του κτιρίου στοιχεία:

Ακραίες εξωτερικές συνθήκες χειμώνα και καλοκαιριού που πρέπει να ληφθούν υπόψη (Θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος, ηλιοφάνεια, μόλυνση ατμόσφαιρας).

Εσωτερικές συνθήκες που πρέπει να διατηρούνται στο χώρο (Θερμοκρασία, υγρασία, κίνηση και καθαρότητα αέρα) κατά το χειμώνα και το καλοκαίρι.

Θερμικές απώλειες κατά το χειμώνα και θερμικά κέρδη κατά το καλοκαίρι από τα διάφορα δομικά στοιχεία του χώρου, τα μηχανήματα που λειτουργούν στον χώρο, τους ανθρώπους που μένουν ή εργάζονται σε αυτόν και τον αέρα που εισέρχεται και εξέρχεται από το χώρο.

Τα παραπάνω στοιχεία συνήθως υπολογίζονται χωριστά για κάθε ενιαίο χώρο του κτιρίου (δωμάτιο, γραφείο, αίθουσα κλπ.) και έτσι ώστε να οδηγούν στις μέγιστες συνολικές κλιματιστικές απαιτήσεις αυτού του χώρου. Γιά να επιτευχθεί αυτό, γίνονται για κάθε χώρο αρκετοί υπολογισμοί (2, 3 ή και περισσότεροι) που ο καθένας τους ανταποκρίνεται σε διαφορετική χρονική στιγμή κατά την οποία επικρατεί διαφορετικός συνδυασμός των παραγόντων που προσδιορίζουν τις θερμικές απώλειες (ή τα θερμικά κέρδη) του χώρου. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Η διαφορά θερμοκρασίας ή υγρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου.
- Η ηλιακή ακτινοβολία.
- Ο άνεμος.
- Η λειτουργία των μηχανημάτων που υπάρχουν στο χώρο.
- Ο αριθμός των ατόμων και της κινητικότητάς τους μέσα στο χώρο.

Αφού υπολογισθούν οι συνολικές θερμικές απώλειες (ή τα συνολικά θερμικά κέρδη) για κάθε ένα συνδυασμό από τους παραπάνω παράγοντες, επιλέγεται εκείνος ο συνδυασμός που δίνει το μεγαλύτερο σύνολο θερμικών απώλειών (ή κερδών). Αυτό το σύνολο αποτελεί και τις θερμικές απώλειες (ή τα θερμικά κέρδη) του συγκεκριμένου χώρου.

**Αυτό το θερμικό σύνολο θα συνδυασθεί με τα θερμικά σύνολα των άλλων χώρων για να προκύψει η ισχύς και το είδος της κλιμαποστικής εγκαταστάσεως που θα πρέπει να εγκατασταθεί στο υπό μελέτη κτίριο.**

## 4.2 Θερμικά φορτία.

Το θερμικό φορτίο ή **θερμικές απώλειες** ενός χώρου είναι το ποσό θερμότητας που χάνεται από τον χώρο στη μονάδα του χρόνου και εκφράζεται σε Btu/h ή σε kcal/h. Επειδή θερμικές απώλειες από ένα χώρο συμβαίνουν συνήθως το χειμώνα, οι απώλειες αυτές λέγονται και **φορτίο χειμώνα**.

Οι θερμικές απώλειες ενός κλειστού χώρου οφείλονται στη βασική ιδιότητα της θερμοδυναμικής (2ος Νόμος) που ορίζει ότι «η θερμότητα ρέει από την υψηλότερη θερμοκρασία προς τη χαμηλότερη». Αφού λοιπόν κατά το χειμώνα η θερμοκρασία ενός χώρου είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, έχουμε **ροή θερμότητας** από τον χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η ροή αυτή είναι ανάλογη με τη **θερμική διαβατότητα** του περιβλήματος του χώρου. Επίσης είναι ανάλογη προς τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εσωτερικού χώρου και εξωτερικού περιβάλλοντος. Όσο μικράνει η διαφορά αυτή τόσο ελαττώνονται και οι απώλειες. Επομένως, αν υποθέσουμε ότι στο χώρο δεν υπάρχουν πηγές θερμότητας και ότι η εξωτερική (χαμηλή) θερμοκρασία είναι σταθερή, τότε η εσωτερική θερμοκρασία θα μειώνεται συνέχεια μέχρι μια ελάχιστη τιμή, οπότε σταματά η ροή θερμότητας. Η τιμή αυτή της εσωτερικής θερμοκρασίας θα είναι τόσο πιο κοντά προς την τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας όσο μικρότερη είναι η **θερμική αντίσταση** (το αντίστροφο της θερμικής διαβατότητας) που παρουσιάζει το περίβλημα του χώρου προς τη ροή της θερμότητας. Αν μηδενίσουμε αυτή την αντίσταση, αν ανοίξουμε π.χ. τα παράθυρα, τότε η θερμοκρασία του χώρου θα εξισωθεί με τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος. Δηλαδή η ρόη της θερμότητας είναι παρόμοια με τη ροή του ηλεκτρισμού, έχοντας για **διαφορά δυναμικού** τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου και για **αγωγό - αντίσταση** τα τοιχώματα που παρεμβάλλονται μεταξύ των δύο χώρων. Τέλος το άνοιγμα των παραθύρων (μηδενισμός θερμικής αντιστάσεως) είναι αντίστοιχο του **βραχυκυκλώματος** στον ηλεκτρισμό.

Για να διατηρηθεί η θερμοκρασία ενός χώρου κατά το χειμώνα σταθερή σε κάποια τιμή, θα πρέπει οι θερμικές απώλειες του χώρου σε αυτή τη θερμοκρασιακή

τιμή να αναπληρώνονται από κάποια εσωτερική πηγή θερμότητας. Τέτοια πηγή μπορεί να είναι ένα θερμαντικό σώμα που στη μέγιστη απόδοσή του θα παράγει στη μονάδα του χρόνου τόση θερμότητα, όση είναι η μέγιστη θερμότητα που ρέει από το χώρο προς τα έξω στην ίδια μονάδα του χρόνου. Η μέγιστη αυτή ροή (απώλεια) θερμότητας, όπως προκύπτει από τα προηγούμενα, θα συμβαίνει κατά τη μέγιστη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου ή απλούστερα, όταν η εξωτερική θερμόκρασία φθάνει την ελάχιστη τιμή της, μια και η εσωτερική θερμοκρασία είναι δοσμένη και ίση με την επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου (π.χ. 20°C). Γι' αυτό σε κάθε τοποθεσία, οι υπολογισμοί των θερμικών απώλειών ενός χώρου γίνονται για την ελάχιστη στατιστικά χειμερινή θερμοκρασία περιβάλλοντος που προκύπτει από τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής. Λαμβάνεται δε συνήθως ως **στατιστικά ελάχιστη τιμή** της θερμοκρασίας, η τιμή επάνω από την οποία βρίσκεται το 99% ή το 97,5% των μέσων ωριαίων θερμοκρασιών του συνόλου των ωρών (2208 ωρες) του χειμώνα (Δεκεμβρίου, Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου). Δηλαδή σε ένα κανονικό αθηναϊκό χειμώνα, θα υπάρξουν μόνο 22 περίπου ώρες (1%) κατά τις οποίες η θερμοκρασία θα είναι ίση η κατώτερη από τη θερμοκρασία των 33°F (ή 0,5°C) που αποτελεί την 99% τιμή για την περιοχή Αθηνών.

Πέρα από τις παραπάνω θερμικές απώλειες που τις λέμε **απώλειες διαβάσεως** θερμότητας, ένας κλιματιζόμενος χώρος έχει το χειμώνα και **απώλειες συναγωγής** θερμότητας. Οι απώλειες αυτές συμβαίνουν με τη μεταφορά ζεστών μαζών αέρα από τον κλιματιζόμενο χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον, και αντίθετα κρύων μαζών αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον προς τον κλιματιζόμενο χώρο. Η μεταφορά αυτή μαζών αέρα είναι ελεγχόμενη **Ιτεχνητός αερισμός** μέσω μηχανημάτων ή μη ελεγχόμενη **Ιψυσικός αερισμός** από χαραμάδες ή από πόρτες και παράθυρα που ανοιγοκλείνουν. Προκαλεί δε, πέρα από τις απώλειες θερμότητας, και **απώλειες υγρασίας**, γιατί συνήθως το χειμώνα ο εξωτερικός αέρας έχει μικρότερο περιεχόμενο αδρατμών (απόλυτη υγρασία) από τον εσωτερικό αέρα. Οι απώλειες δε θερμότητας (και υγρασίας) έχουν, και στην περίπτωση των απώλειών μεταφοράς, τη μέγιστη τιμή τους όταν ο εξωτερικός αέρας έχει την ελάχιστη στατιστικά τιμή θερμοκρασίας (και υγρασίας). Επομένως πρέπει και αυτές οι απώλειες να υπολογισθούν για την ίδια χρονική στιγμή που υπολογίσθηκαν οι απώλειες διαβάσεως, τα δύο δε είδη απωλειών (διαβάσεως και συναγωγής) να προστεθούν για να προκύψουν οι συνολικές απώλειες του χώρου.

Οι απώλειες διαβάσεως και συναγωγής ενός χώρου επηρεάζονται (πέρα από τη διαφορά θερμοκρασιών, την κατασκευή και τη χρήση του κτιρίου που αναφέρθηκαν πιο πάνω) και από άλλους παράγοντες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- Ο προσανατολισμός του χώρου.
- Η θέση του μέσα στο κτίριο.
- Οι άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή και
- το είδος της λειτουργίας (συνεχής ή με διακοπές).

Για όλους αυτούς τους παράγοντες δίνονται από πίνακες διάφορες χαρακτηριστικές τιμές που έχουν προκύψει από μακρόχρονες παρατηρήσεις, μετρήσεις και έρευνες όσον αφορά την επίδραση των παραγόντων πάνω στη θερμική συμπεριφορά των διαφόρων χώρων. Επίσης από πίνακες δίνονται οι στατιστικές τιμές των

εξωτερικών θερμοκρασιών, οι συνθήκες ανέδεως χειμώνα για τις διάφορες κατηγορίες χώρων, η θερμική διαβατότητα των διαφόρων δομικών στοιχείων, οι απώλειες κουφωμάτων και οι απαιτήσεις εξαερισμού για τα άτομα και τις διάφορες παραγωγικές διαδικασίες ή δραστηριότητες. Στους ίδιους αυτούς πίνακες δίνονται και τα αντίστοιχα για το καλοκαίρι στοιχεία. Ενδεικτικά αποσπάσματα μερικών τέτοιων πινάκων περιλήφθηκαν στις παραγράφους 4.4 ως 4.10.

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι κατά το χειμώνα ένας χώρος δεν έχει μόνο θερμικές απώλειες, αλλά και θερμικά κέρδη, κυρίως από την ηλιακή ακτινοβολία, από τα άτομα και τα μηχανήματα που υπάρχουν στον χώρο. Τα θερμικά αυτά κέρδη μπορεί να καλύπτουν μέρος ή και το σύνολο των θερμικών απωλειών και ασφαλώς, συντελούν στη μείωση της **ενέργειας που καταναλώνεται** κατά τη χειμερινή λειτουργία της κλιματιστικής εγκαταστάσεως. Η εγκαταστημένη ισχύς όμως υπολογίζεται (για το χειμώνα) συνήθως σε τέτοιο μέγεθος ώστε να είναι ικανή να καλύψει το μέγιστο των θερμικών απωλειών χωρίς καμιά βοήθεια από τα θερμικά κέρδη. Εκτός βέβαια αν είναι στατιστικά βεβαιωμένο ότι μαζί με τις μέγιστες θερμικές απώλειες θα έχομε συγχρόνως και μερικά θερμικά κέρδη, κυρίως αυτά που προέρχονται από άτομα και μηχανήματα (σε συνδυασμό με τη σκέψη ότι η θέρμανση απαιτείται όταν τα άτομα βρίσκονται στον χώρο ή όταν μια παραγωγική διαδικασία βρίσκεται σε εξέλιξη). Σε αυτή τη περίπτωση είναι δυνατό τα θερμικά αυτά κέρδη να αφαιρεθούν από τις μέγιστες θερμικές απώλειες για να προκύψει η απαιτούμενη ισχύς χειμώνα της κλιματιστικής εγκαταστάσεως. Έτσι όχι μόνο το **αρχικό κύστος** της εγκαταστάσεως θα είναι μικρότερο, αλλά και η απόδοσή της καλύτερη, δηλαδή το **κύστος λειτουργίας** χαμηλότερο. Η μείωση του κόστους αυτού έχει ιδιαίτερη σημασία σήμερα που οι τιμές αγοράς ενέργειας έχουν φθάσει σε πάρα πολύ μεγάλα ύψη (περισσότερες λεπτομέρειες για το θέμα αυτό της ενέργειας έχουν περιληφθεί στο τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου).

#### 4.3 Ψυκτικά φορτία.

Το ψυκτικό φορτίο ή **θερμικά κέρδη** ενός χώρου είναι το ποσό θερμότητας που δέχεται ο χώρος στη μονάδα του χρόνου και εκφράζεται σε Btu/h ή σε kcal/h. Επειδή θερμικά κέρδη έχει ένας χώρος συνήθως το καλοκαίρι τα κέρδη αυτά λέγονται και **φορτίο καλοκαιριού**.

Τα θερμικά κέρδη ενός χώρου είναι:

- Θερμικά κέρδη λόγω διαβάσεως θερμότητας (περιβλημα).
- Θερμικά κέρδη λόγω συναγωγής θερμότητας (αερισμός).
- Θερμικά κέρδη λόγω ακτινοβολίας (ήλιος).
- Θερμικά κέρδη λόγω εσωτερικών θερμικών πηγών (άτομα και μηχανήματα).

Δηλαδή έχομε τις ίδιες κατηγορίες ροών θερμότητας που είχαμε και το χειμώνα, με τη διαφορά ότι εδώ όλες οι ροές έχουν την ίδια «κατεύθυνση», δηλαδή αυξάνουν τη θερμοκρασία του χώρου. Υπολογίζονται δε για κείνη τη χρονική στιγμή που το άθροισμά τους είναι το μέγιστο (βλέπε παράγρ. 4.1).

Τα φορτία καλοκαιριού (όπως και τα φορτία χειμώνα) ενός χώρου υπολογίζονται με βάση:

- Τις επιθυμητές συνθήκες μέσα στο χώρο.
- Τις απαιτήσεις αερισμού του χώρου.

- Τις συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος.
- Τον προσανατολισμό του χώρου.
- Τη θερμοπερατότητα των δομικών στοιχείων που περιβάλλουν το χώρο.
- Το πλήθος και τη δραστηριότητα των ατόμων στο χώρο.
- Την ισχύ των μηχανημάτων στον χώρο και
- το τρόπο λειτουργίας της κλιματιστικής εγκαταστάσεως.

Μερικές ενδεικτικές τιμές των παραπάνω παραγόντων δίνονται στους αποσπασματικούς πίνακες των παραγράφων που ακολουθούν.

Οι υπολογισμοί των θερμικών κερδών ενός χώρου για κάθε τοποθεσία γίνονται για τη μέγιστη στατιστική θερινή θερμοκρασία περιβάλλοντος που προκύπτει από τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής. Λαμβάνεται δε συνήθως ως **στατιστικά μέγιστη τιμή** της θερμοκρασίας, η τιμή την οποία υπερβαίνουν μόνο ένα ελάχιστο ποσοστό (συνήθως 1%,  $2\frac{1}{2}\%$  ή 5%) από τις μέσες ωριαίες θερμοκρασίες όλων των θερινών ωρών. Όσο το ποσοστό αυτό μεγαλώνει τόσο η αντίστοιχη μέγιστη τιμή είναι μικρότερη (Πίνακας 4. 4.1). Τα παραπάνω ισχύουν για τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου (Ξ.Θ) αλλά και για τη θερμοκρασία Υγρού θερμομέτρου (Υ.Θ.) Στον ίδιο πίνακα (4.3.1) υπάρχει για το καλοκαίρι και ένα άλλο θερμοκρασιακό δεδομένο: Η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας ξηρού θερμομέτρου. Η διακύμανση αυτή (που είναι η διαφορά μεταξύ της μέσης ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας και της μέσης ημερήσιας ελάχιστης θερμοκρασίας στη διάρκεια του θερμότερου μήνα της περιοχής) είναι χρήσιμη για τον καθορισμό των ισοδύναμων εξωτερικών θερμοκρασιών στις διάφορες ώρες της ημέρας (βλέπε παράγρ. 4.5).

Τα θερμικά κέρδη είναι αισθητά ή λανθάνοντα. Το θερμικό κέρδος είναι **αισθητό** όταν υπάρχει μια απευθείας προσθήκη θερμότητας στον κλιματιζόμενο χώρο με έναν οποιοδήποτε ή όλους μαζί τους τρόπους μεταδόσεως θερμότητας του αναφέρθηκαν (διάβαση, συναγωγή και ακτινοβολία). Το θερμικό κέρδος είναι **λανθάνον** όταν προστίθεται υγρασία στον κλιματιζόμενο χώρο με **εξάτμιση** μέσα στο χώρο (π.χ. από άτομα και ζεστά φαγητά) ή με **μεταφορά υδρατμών** από το ξενοδοχείο περιβάλλον (μέσω των χαραμάδων του περιβλήματος ή μέσω του τεχνητού αερισμού). Η ποσότητα ενέργειας (ψυκτικής) που απαιτείται για τη συμπύκνωση αυτών των πρόσθετων υδρατμών είναι το **λανθάνον θερμικό κέρδος** του χώρου.

#### 4.4 Εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.

Ο Πίνακας 4.4.1 δίνει τις συνηθισμένες συνθήκες που απαιτούνται για την ανθρώπινη άνεση σε διάφορους εσωτερικούς χώρους, όπως συνιστώνται από τους συγγραφείς του βιβλίου Handbook of Air Conditioning System Design, Carrier, McGraw - Hill Book Company, New York, 1965. Η αναφερόμενη «διακύμανση θερμοκρασίας» είναι για το καλοκαίρι **πάνω** από την επιθυμητή θερμοκρασία στις συνθήκες μέγιστου φορτίου καλοκαιριού, για το χειμώνα **κάτω** από την επιθυμητή θερμοκρασία στις συνθήκες μέγιστου φορτίου χειμώνα (γι' αυτό σημειώνεται με το πρόσημο — ).

Από το ίδιο βιβλίο είναι ο επόμενος Πίνακας 4.4.2 που δίνει τις συνηθισμένες συνθήκες που απαιτούνται για μερικές βιομηχανικές εφαρμογές (παραγωγική διαδικασία, συσκευασία, αποθήκευση κλπ.) Οι αναφερόμενες συνθήκες αφορούν τις απαιτήσεις του προϊόντος ή της παραγωγικής διαδικασίας και όχι τις απαιτήσεις αν-

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.1.**  
**Συνθήκες ανέσεως το καλοκαίρι και το χειμώνα**

Χώρος	Θέρος				Χειμώνας			
	Με ύγρανση		Χωρίς ύγρανση					
	Ξ.Θ. (F)	Σχ. Υγρ. (%)	Διακυμ. Θερμοκρ. (F)	Ξ.Θ. (F)	Σχ. Υγρ. (%)	Διακυμ. Θερμοκρ. (F)	Ξ.Θ. (F)	Διακυμ. Θερμοκρ. (F)
Κατοικία, Ξενοδοχείο Γραφείο, Σχολείο κτλ.	77-79	50-45	2 ως 4	74-76	35-30	-3 ως -4	75-77	-4
Τράπεζα, Κατάστημα, Κουρείο κλπ.	78-80	50-45	2 ως 4	72-74	35-30	-3 ως -4	73-75	-4
Αίθουσα Συγκεντρώσεων, Εκκλησία, Εστιατόριο Μπαρ, κλπ.	78-80	60-50	1 ως 2	72-74	40-35	-2 ως -3	74-76	-4
Εργοστάσιο	80-85	60-50	3 ως 6	68-72	35-30	-4 ως -6	70-74	-6

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2**  
**Εσωτερικές βιομηχανικές συνθήκες (Παραδείγματα)**

Βιομηχανία	Παραγωγική Διαδικασία	Ξ.Θ. (F)	Σχετ. Υγρ. (%)
Αρτοποιία	Ζυμωτήριο: Δωμάτιο Ψύχους Μπισκότα Συσκευασία Αποθήκευση: Άλευρα Ζάχαρι Νερό Ξερά προϊόντα Φρέσκα προϊόντα	75 - 82 40 - 45 60 - 65 60 - 65 70 - 75 80 32 - 35 70 30 - 45	70- 75 — 50 60 - 65 50 - 65 35 — 55 - 65 80 - 85
Τυπογραφία	Λιθογρ. Εκτύπωση Όφσετ Εκτύπωση	75 - 80 Συνθήκες	46 - 48 Ανέσεως

θρώπινης ανέσεως. Γι' αυτό είναι ανεξάρτητες από εποχή. Αντίθετα, σε όποιους εργοστασιακούς χώρους πρέπει να επικρατούν συνθήκες για ανθρώπινη άνεση, σημειώνονται οι λέξεις «Συνθήκες Ανέσεως» που σημαίνει ότι οι μελετητές θα πρέπει να ανατρέξουν στις συνθήκες καλοκαιριού - χειμώνα που αναφέρονται στον Πίνακα 4.4.1 για τα εργοστάσια. Στις τελευταίες αυτές περιπτώσεις οι εσωτερικές συνθήκες χώρου δεν επιδρουν πάνω στην παραγωγική διαδικασία ή στο προϊόν, αλλά πάνω στους εργαζόμενους μέσα στο χώρο ώστε να αυξάνεται η παραγωγικότητά τους και να μειώνεται το κόστος παραγωγής. Σε μερικές περιπτώσεις θα πρέπει να συμβιβασθούν οι απαιτούμενες συνθήκες παραγωγικής διαδικα-

σίας με τις απαιτούμενες συνθήκες ανέσεως ώστε να διατηρείται υψηλή ποιότητα συνδυαζόμενη με χαμηλό κόστος παραγωγής.

Οι ειδικές εσωτερικές κλιματιστικές συνθήκες απαιτούνται στις βιομηχανικές εφαρμογές για έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω λόγους:

α) Η σταθερή θερμοκρασία απαιτείται για μετρήσεις ανοχών ακρίβειας σε διάφορες εργασίες, ώστε να αποφεύγεται η διαστολή και συστολή των τμημάτων της μηχανής, των προϊόντων και των συσκευών μετρήσεως. Σε αυτές τις περιπτώσεις, συνήθως η σταθερότητα της θερμοκρασίας είναι πιο σημαντική από το μέγεθός της. Η σταθερότητα της υγρασίας είναι δευτερεύων παράγοντας, αλλά δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 45% για να ελαχιστοποιούνται τα τυχόν σχηματιζόμενα επιφανειακά στρώματα υγρασίας, ώστε να αποφεύγεται η φθορά των μεταλλικών επιφανειών και η ελάττωση της ηλεκτρικής αντιστάσεως των μονωτικών υλικών.

β) Οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας εκεί που κατασκευάζονται η αποθηκεύονται εξαιρετικά λείες επιφάνειες, πρέπει να διατηρούνται σταθερές για να ελαχιστοποιείται το σχηματιζόμενο επιφανειακό στρώμα υγρασίας. Οι συνθήκες αυτές πρέπει να είναι στο ίδιο επίπεδο ή λίγο χαμηλότερα από τις συνθήκες ανέσεως ώστε να ελαχιστοποιείται η παραγωγή υδρατμών από τα σώματα των εργαζομένων στον ίδιο χώρο.

γ) Ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας απαιτείται για την διατήρηση των ιδιοτήτων (αντοχή, ευκαμψία κλπ.) των υγροσκοπικών υλικών, όπως υφάσματα και χαρτί.

δ) Ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας σε μερικές περιπτώσεις απαιτείται για τον περιορισμό των επιδράσεων του στατικού ηλεκτρισμού. Η ανάπτυξη στατικών ηλεκτρικών φορτίων ελαχιστοποιείται σε σχετικές υγρασίες του επιπέδου των 55% ή και ψηλότερα.

ε) Ο έλεγχος των συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας απαιτείται για τη ρύθμιση της ταχύτητας χημικών ή βιοχημικών αντιδράσεων, όπως π.χ. το στέγνωμα βερνικιών, η παραγωγή συνθετικών ινών κλπ.

στ) Τα διάφορα εργαστήρια απαιτούν συνήθως αυστηρό έλεγχο της θερμοκρασίας ή της υγρασίας ή και των δύο συγχρόνων. Συχνά στα εργαστήρια δοκιμών και ποιοτικού έλεγχου η εγκατάσταση κλιματισμού είναι μελετημένη ώστε να διατηρεί τις Πρότυπες Συνθήκες που προβλέπουν μερικά καθιερωμένα πρότυπα, όπως οι συνθήκες που προβλέπονται από τα αμερικανικά πρότυπα A.S.T.M./Standart Conditions (73,4 F Ξ.Θ. και 50% σχετικής υγρασίας).

#### 4.5 Συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος.

Για τον ελληνικό γεωγραφικό χώρο δεν υπάρχουν ακόμα πλήρη στατιστικά μετεωρολογικά στοιχεία από τα οποία προκύπτουν δεδομένα θερμοκρασίας, υγρασίας κλπ., με τη μορφή που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, τις σχετικές με τα θερμικά και ψυκτικά φορτία (Κεφ. 4.2 και 4.3). Τα πιο λεπτομερή στοιχεία υπάρχουν για την Αθήνα και Θεσσαλονίκη, αναφέρονται δε στον Πίνακα 4.5.1 που προέκυψε από το αμερικανικό βιβλίο Fundamentals Handbook (A.S.H.R.A.E, 1977).

Για το καλοκαίρι, που το θερμικό κέρδος από την ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να προστεθεί στα άλλα θερμικά κέρδη του χώρου (από αγωγιμότητα, μεταφορά και ε-

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.1.**  
**Συνδήκες εξωτερικού περιβάλλοντος**

Πόλη	Γεωγραφικό Πλάτος	Υψόμετρο (Ft)	Χειμώνας			Θέρος						
			Μέση Εποικίων Εισόδων (F)	Τιμή 99% (F)	Τιμή 97½% (F)	Θερμοκρασίας Ξ.Θ. 1% (F)	Θερμοκρασίας Ξ.Θ. 2½% (F)	Θερμοκρασίας Ξ.Θ. 5% (F)	Ημερήσια Διακύμ. (F)	Θερμοκρασία Υ.Θ. 1% (F)	Θερμοκρασία Υ.Θ. 2½% (F)	Θερμοκρασία Υ.Θ. 5% (F)
Αθήνα Θεσ/νίκη	37° 58'Β 40° 37'Β	351 78	29 23	33 28	36 32	96 95	93 93	91 91	18 20	72 77	71 76	71 76

σωτερικές θερμικές πηγές), χρησιμοποιούνται περισσότερο λεπτομερείς πίνακες εξωτερικών θερμοκρασιών που λαμβάνουν υπόψη τους την ηλιακή ακτινοβολία. Οι θερμοκρασίες αυτές λέγονται **ηλιακές θερμοκρασίες αέρα** και αναφέρονται σε

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.2.**  
**Ηλιακές θερμοκρασίες αέρα**

*(Για την 21η Ιουλίου και για ανοιχτόχρωμες επιφάνειες που βρίσκονται σε περιοχές Γεωγραφικού Πλάτους 40°Β και θερμοκρασίας καλοκαιριού 95°F με Ημερήσια Διακύμανση 21°F).*

Ώρα	Θερμοκρασία αέρα (F)	Ηλιακή θερμοκρασία αέρα (°F) για διάφορους προσανατολισμούς									
		B	BA	A	NA	N	ND	Δ	ΒΔ	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ	
1	76	76	76	76	76	76	76	76	76	69	
2	76	76	76	76	76	76	76	76	76	69	
3	75	75	75	75	75	75	75	75	75	68	
4	74	74	74	74	74	74	74	74	74	67	
5	74	74	74	74	74	74	74	74	74	67	
6	74	82	95	97	86	75	75	75	75	74	
7	75	82	103	109	97	78	78	78	78	85	
8	77	82	103	114	105	83	81	81	81	96	
9	80	85	101	114	110	92	85	85	85	106	
10	83	89	96	110	112	100	89	89	89	115	
11	87	93	94	104	111	108	96	93	93	123	
12	90	96	96	97	107	112	107	97	96	127	
13	93	99	99	99	102	114	117	110	100	129	
14	94	100	100	100	100	111	123	121	107	126	
15	95	100	100	100	100	107	125	129	116	121	
16	94	99	98	98	98	100	122	131	120	113	
17	93	100	96	96	96	96	115	127	121	103	
18	91	99	92	92	92	92	103	114	112	91	
19	87	87	87	87	87	87	87	87	87	80	
20	85	85	85	85	85	85	85	85	85	78	
21	83	83	83	83	83	83	83	83	83	76	
22	81	81	81	81	81	81	81	81	81	74	
23	79	79	79	79	79	79	79	79	79	72	
24	77	77	77	77	77	77	77	77	77	70	
Mέση	85	86	89	91	90	89	90	91	89	91	
Μέγιστη	95	100	103	114	112	114	125	131	121	129	
Ώρα μεν.	15	15	8	9	10	13	15	16	17	13	

συγκεκριμένη ώρα της ημέρας, ημέρα του έτους, γεωγραφικό πλάτος, προσανατολισμό και χρωματισμό επιφανειών που περιβάλλουν τον χώρο. **Η ηλιακή θερμοκρασία αέρα είναι η (υποθετική) θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα η οποία θα έδινε σε μια επιφάνεια σε (υποθετική) περίπτωση απουσίας κάθε ακτινοβολίας, την ίδια ροή εισερχόμενης θερμότητας που δίνει ο πραγματικός συνδυασμός της προσπίπουσας στην επιφάνεια ηλιακής ακτινοβολίας, της ακτινοβολίας του περιβάλλοντος και της εναλλαγής θερμότητας με τον εξωτερικό αέρα.** Αν υποθέσομε ότι η ροή θερμότητας μέσα από μια επιφάνεια μπορεί να εκφρασθεί σε συνάρτηση με την «ηλιακή θερμοκρασία αέρα», θα έχομε:

$$\frac{q}{A} = h_0 (t_e - t_s) \text{ σε } \text{Btu/h . ft}^2$$

όπου:

$q$  η ροή θερμότητας (Btu/h).

$A$  το εμβαδό της επιφάνειας ( $\text{ft}^2$ ).

$h_0$  ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μέσω ακτινοβολίας και επαφής του αέρα στην εξωτερική επιφάνεια (Btu/h .  $\text{ft}^2$  . F).

$t_e$  η «ηλιακή θερμοκρασία αέρα» ( $^{\circ}\text{F}$ ).

$t_s$  η θερμοκρασία της επιφάνειας ( $^{\circ}\text{F}$ ).

Ένα παράδειγμα πίνακα «ηλιακών θερμοκρασιών αέρα» είναι ο Πίνακας 4.5.2 που επίσης προέκυψε από σχετικούς πίνακες του βιβλίου Fundamentals Handbook (A.S.H.R.A.E, 1977). Ο πίνακας αυτός θα μπορούσε να εφαρμοσθεί για την περιοχή Θεσσαλονίκης μια και τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας για την οποία έχει προκύψει (Γεωγραφικό Πλάτος, θερμοκρασία καλοκαιριού, ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας καλοκαιριού) ταιριάζουν με τα χαρακτηριστικά της Θεσσαλονίκης που αναφέρονται στον Πίνακα 4.5.1 (αν πάρομε για θερμοκρασία καλοκαιριού την τιμή 1%, δηλαδή  $95^{\circ}\text{F}$  ή  $35^{\circ}\text{C}$ ).

#### 4.6 Ψυκτικά φορτία από τοίχους και οροφές.

Οι ερευνητές του A.S.H.R.A.E. στις εργασίες των οποίων στηρίζονται όλα τα στοιχεία που περιέχονται στον τόμο: «Fundamentals Handbook 1977» και στους άλλους τόμους του A.S.H.R.A.E, με βάση τις παραπάνω «ηλιακές θερμοκρασίες αέρα» και υποθέτοντας μια ορισμένη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου ( $78^{\circ}\text{F}$  ή  $25,5^{\circ}\text{C}$ ) κατάρτισαν πιο λεπτομερείς πίνακες που δίνουν τις «**Ισοδύναμες θερμοκρασιακές Διαφορές**» (I.D.θ) για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων που δέχεται ένας χώρος από τοίχους και οροφές με διαφορετικό προσανατολισμό και τύπο κατασκευής.

Δηλαδή έχομε:

$$q = A \cdot U \cdot (I.\theta.\Delta)$$

4.1

όπου:  $q$  είναι το ψυκτικό φορτίο (Btu/h).

$A$  είναι το εμβαδό του τοίχου ή της οροφής ( $\text{ft}^2$ ).

$U$  είναι ο συνολικός συντελεστής θερμικής διαβατότητας του τοίχου ή της οροφής (Btu/h .  $\text{ft}^2$  .  $^{\circ}\text{F}$ ).

(I.θ.Δ) η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά που δίνεται από τους πίνακες ( $^{\circ}\text{F}$ ).

Οι I.θ.Δ. που περιέχονται στους παραπάνω πίνακες έχουν προκύψει από έρευνες και υπολογισμούς που έλαβαν υπόψη τους και τη **θερμική μάζα** του κάθε δομι-

κού στοιχείου (τοίχου ή οροφής), δηλαδή την ικανότητά του να συγκρατεί περισσότερη ή λιγότερη θερμότητα. Αποτέλεσμα της ιδιότητας αυτής των δομικών στοιχείων είναι να έχομε το μέγιστο θερμικό κέρδος με **καθυστέρηση** σε σχέση με τη μέγιστη εξωτερική «ηλιακή θερμοκρασία αέρα». Πράγματι, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.6.1 (που αποτελεί απόσπασμα από ένα μεγαλύτερο πίνακα του Fundamentals Handbook, 1977, οι μέγιστες I.Θ.Δ συμβαίνουν τόσο αργότερα όσο

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6.1.

**Ισοδύναμες θερμοκρασιακές διαφορές (I.Θ.Δ. σε °F) για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων από ηλιofώτηστους τοίχους**

(Για την 21η Ιουλίου και για ανοιχτόχρωμους τοίχους\* που βρίσκονται σε περιοχές Γεωγραφικού Πλάτους 40° Β και Μέσης Ημερήσιας Εξωτερικής Θερμοκρασίας 85° F. Εσωτερική Θερμοκρασία Αέρα 78° F)\*\*

ΩΡΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΙΧΟΥ																									
	ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΑΔΑΣ Α (97 - 190) (Lb/Ft <sup>2</sup> )				ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΑΔΑΣ Δ (40 - 90) (Lb/Ft <sup>2</sup> )				ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΑΔΑΣ Η (5 - 16) (Lb/Ft <sup>2</sup> )																	
	B	B	A	A	N	N	D	D	B	B	A	A	N	N	D	D	B	B	A	A	N	N	D	D		
1	9	12	16	16	13	16	18	14	10	11	12	13	12	18	20	16	2	2	3	3	3	3	4	3		
2	9	12	16	15	13	16	18	14	8	10	11	11	11	16	18	14	1	1	1	1	1	1	3	3		
3	9	12	15	15	12	16	17	14	8	8	10	10	10	14	16	12	1	1	1	1	1	1	2	2		
4	8	12	15	14	12	16	17	13	7	7	8	8	12	14	11		0	0	0	0	0	1	1	1		
5	8	11	14	14	12	16	16	13	6	7	7	7	10	12	9		-1	-1	-1	-1	0	1	0			
6	8	11	14	13	12	15	16	12	5	5	6	7	6	9	10	8	1	6	7	3	0	0	1	0		
7	8	10	13	13	11	14	16	12	4	5	5	5	8	8	7		5	18	20	12	1	1	1	1		
8	8	10	12	12	10	14	15	12	4	5	6	5	5	7	7	6	5	23	31	21	3	3	3	3		
9	7	10	12	12	10	13	14	11	4	7	8	7	4	6	7	5	6	25	35	27	8	5	5	5		
10	7	10	12	12	10	12	14	10	4	9	11	8	4	5	6	5	8	23	36	32	14	8	7	7		
11	7	10	12	12	9	12	13	10	4	11	14	11	5	5	6	5	10	20	33	33	20	10	10	10		
12	7	10	12	12	9	12	12	10	5	13	18	14	6	5	6	5	12	17	26	31	25	17	12	12		
13	7	10	13	12	9	11	12	10	5	14	20	17	8	7	7	6	14	17	21	27	29	25	18	14		
14	7	10	14	12	9	11	12	9	7	15	21	19	10	8	7	7	15	18	20	23	30	33	27	18		
15	7	11	14	13	9	11	12	9	8	15	21	20	13	10	9	8	16	18	20	21	28	38	36	24		
16	7	12	15	14	10	11	12	9	8	16	21	21	16	14	12	9	16	17	19	20	24	41	44	31		
17	7	12	16	14	10	12	12	10	10	16	21	21	18	18	16	12	16	18	18	20	40	47	36			
18	7	12	16	15	11	12	12	10	11	16	21	21	19	21	20	14	17	14	16	16	16	16	34	44	36	
19	8	12	16	15	12	13	13	10	12	16	20	20	19	23	23	18	14	12	12	12	13	24	31	27		
20	8	12	16	16	12	14	14	11	12	16	20	20	19	25	26	20	10	9	10	10	10	16	19	16		
21	8	13	16	16	12	15	15	12	12	15	18	18	18	25	27	21	7	7	8	8	11	13	11			
22	8	13	16	16	13	16	16	12	12	14	17	17	17	17	24	26	21	6	6	7	7	7	8	10	8	
23	9	13	16	16	13	16	17	13	12	13	16	16	16	22	25	20	5	5	5	5	5	7	7	7		
24	9	13	16	16	13	16	17	14	10	12	14	14	14	20	22	18	3	3	4	4	3	5	5	5		
ΜΕΓΙΣΤΗ	9	13	16	16	13	16	18	14	12	16	21	21	19	25	27	21	17	25	36	33	30	41	47	36		
ΩΡΑ ΜΕΓΙΣΤΗΣ	2	22	22	22	23	24	1	1	21	19	16	17	19	21	21	22	18	9	10	11	14	16	17	18		

\* Για σκοτεινόχρωμους τοίχους οι τιμές του πίνακα πρέπει να πολλαπλασιάζονται επί 1,54

\*\* Για άλλες αλλαγές στις συνθήκες εφαρμογής χρησιμοποιούνται άλλοι κατάλληλοι συντελεστές διορθώσεως που δίνονται στο Fundamentals Handbook 1977.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6.2.

**Ισοδύναμες Θερμοκρασιακές διαφορές (I.Θ.Δ. - Σε °F) για υπολογισμό φυκτικών φορτίων από επίπεδες οροφές**

(Για την 21 Ιουλίου και για ανοιχτόχρωμες\* οροφές που βρίσκονται σε περιοχές Γεωγραφικού πλάτους 40° Β και Μέσης Ημερήσιας Εξωτερικής Θερμοκρασίας 85° F. Εσωτερική Θερμοκρασία Αέρα 78° F)\*\*

ΩΡΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΕΙΔΟΣ ΟΡΟΦΗΣ					
	4-in μπετόν ελαφρού τύπου 18 lb/ft <sup>2</sup>	6-in μπετόν ελαφρού τύπου 24 lb/ft <sup>2</sup>	4-in μπετόν βαρέος τύπου με 2 in μόνωση 52 lb/ft <sup>2</sup>	6-in μπετόν βαρέος τύπου με 2-in μόνωση 75 lb/ft <sup>2</sup>	6-in μπετόν βαρέος τύπου με 2 in μόν. και ψευδοροφή 77 lb/ft <sup>2</sup>	4-in ξύλο με 2-in μόν. και ψευδοροφή 20 lb/ft <sup>2</sup>
1	5	11	13	16	15	18
2	3	9	11	14	14	17
3	1	7	9	13	14	17
4	0	5	8	11	13	16
5	-1	3	6	10	13	16
6	-2	2	5	9	12	15
7	-2	1	4	8	12	14
8	1	1	4	7	11	13
9	5	2	5	7	11	12
10	10	4	7	8	11	12
11	16	8	10	9	11	11
12	22	12	13	11	12	11
13	28	17	17	13	13	11
14	32	22	20	16	13	11
15	35	26	23	18	14	12
16	37	29	25	20	15	13
17	36	31	27	22	16	14
18	33	32	27	23	17	15
19	29	31	26	23	17	16
20	23	29	24	22	17	17
21	17	25	22	21	17	18
22	13	21	19	20	17	18
23	9	18	17	19	16	19
24	7	14	15	17	16	18
ΜΕΓΙΣΤΗ	37	32	27	23	17	19
ΩΡΑ ΜΕΓΙΣΤΗΣ	16	18	18	19	20	23

\* Για σκοτεινόχρωμες οροφές οι τιμές του πίνακα πρέπει να πολλαπλασιάζονται επί 2,0.

\*\* Για άλλες αλλαγές στις συνθήκες εφαρμογής χρησιμοποιούνται κατάλληλοι συντελεστές διορθώσεως που δίνονται στο Fundamentals Handbook 1977.

Βαρύτερη είναι η κατασκευή. Έτσι για τους τοίχους της Ομάδας Α (με το μεγαλύτερο βάρος ανά μονάδα επιφάνειας τοίχου) οι μέγιστες I.Θ.Δ. –, άρα και το μέγιστο θερμικό κέρδος, όπως φαίνεται από την εξίσωση 4.1 συμβαίνουν γύρω στα μεσάνυχτα, ενώ για τους τοίχους της Ομάδας Η (με το μικρότερο βάρος) οι μέγιστες I.Θ.Δ. ακολουθούν τις μέγιστες «ηλιακές θερμοκρασίες αέρα» (βλέπε Πίνακα

4.5.2) με καθύστερηση μιας ή δύο το πολύ ωρών.

Το άλλο σημαντικό δομικό στοιχείο μέσω του οποίου ένας χώρος έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, είναι η οροφή. Όπως οι τοίχοι, έτσι και η οροφή «καθυστερεί» την είσοδο της θερμότητας μέσα στον χώρο τόσο πιο πολύ όσο βαρύτερη είναι η κατασκευή της. Αυτό φαίνεται (και στην περίπτωση της οροφής) από το πότε εμφανίζονται οι μέγιστες I.Θ.Δ σε σχέση με το χρόνο εμφανίσεως (ώρα 13) της μέγιστης «ηλιακής θερμοκρασίας αέρα» (βλέπε τελευταία στήλη — OPI-ZONTIO — του Πίνακα 4.5.2). Οι I.Θ.Δ για μερικούς τύπους οροφών δίνονται στον Πίνακα 4.6.2 που έχει προκύψει με κατάλληλους υπολογισμούς από αντίστοιχους πίνακες του Fundamentals Handbook 1977. Πράγματι, από τον πίνακα αυτόν φαίνεται ότι όσο βαρύτερη είναι η κατασκευή της οροφής τόσο απομακρύνεται η ώρα μέγιστης I.Θ.Δ. από την 13η ώρα. Επίσης από τον πίνακα φαίνεται ότι η «θερμική» βαρύτητα της κατασκευής, δηλαδή η **θερμοχωρητικότητά** της (που προκαλεί την καθυστέρηση στην εμφάνιση της μέγιστης I.Θ.Δ) δεν είναι μόνο συνάρτηση του βάρους της κατασκευής ( $\text{lb}/\text{ft}^2$ ), αλλά και του είδους των υλικών που χρησιμοποιούνται σε αυτήν (μπετόν, ξύλο, κλπ.).

Ο συνολικός συντελεστής θερμικής διαβατότητας  $U$ , ο οποίος επίσης είναι απαραίτητος στην εξίσωση 4.1 για τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου από ένα τοίχο ή οροφή, δίνεται και αυτός από πίνακες του Fundamentals Handbook 1977 για τους διάφορους τύπους τοίχων και οροφών. Ενδεικτικές τιμές για μερικές από τις κατασκευές που πλησιάζουν περισσότερο προς τις κατασκευές στην Ελλάδα δίνονται στον Πίνακα 4.6.3.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6.3.

**Συνολικός συντελεστής θερμικής διαβατότητας ( $U$  σε  $\text{Btu}/\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot {}^\circ\text{F}$ ) για τοίχους και οροφές**

Περιγραφή Κατασκευής	Βάρος ( $\text{lb}/\text{ft}^2$ )	Συντελ. $U$ ( $\text{Btu}/\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot {}^\circ\text{F}$ )	
		Χειμώνας	Καλοκαίρι
Τοίχος:			
— Από τούβλο 20 cm	90	0,430	0,415
— Από τούβλο 20 cm + Μόνωση 5 cm	90	0,112	0,111
— Από μπετόν 20 cm	109	0,520	0,490
— Από μπετόν 20 cm + Μόνωση 5 cm	110	0,117	0,115
Οροφή:			
— Από μπετόν 10 cm (ελαφρού τύπου)	18	0,305	0,213
— Από μπετόν 10 cm (βαρέος τύπου) + Μόν. 5 cm	52	0,230	0,120
— Από μπετόν 15 cm (βαρέος τύπου) + Μόν 5 cm	75	0,225	0,117
— Από μπετόν 10 cm (ελαφρού τύπου) + Ψευδοροφή	20	0,211	0,134

#### 4.7 Ψυκτικά φορτία από κουφώματα με τζάμια.

Σε οποιαδήποτε στιγμή το συνολικό θερμικό κέρδος από μια τζαμένια επιφάνεια αποτελείται από δύο βασικά μέρη:

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Συνολικό} \\ \text{Θερμικό} \\ \text{Κέρδος} \\ \text{τζαμιού} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{l} \text{Θερμικό} \\ \text{κέρδος} \\ \text{από διάβαση} \\ \text{θερμότητας} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{Θερμικό} \\ \text{κέρδος από} \\ \text{τον ήλιο} \end{array} \right] \quad 4.2$$

Το ένα μέρος (θερμικό κέρδος από διάβαση θερμότητας) οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Έτσι το κέρδος αυτό υπάρχει ανεξάρτητα από το αν οι ηλιακές ακτίνες πέφτουν ή όχι πάνω στο τζάμι. Το άλλο μέρος (θερμικό κέρδος από τον ήλιο) οφείλεται στην απευθείας ηλιακή ακτινοβολία, καθώς και στην ηλιακή ενέργεια που έχουν απορροφήσει τα εσωτερικά αρχιτεκτονικά στοιχεία του χώρου (δάπεδο, χωρίσματα κλπ.) και του αποδίνουν προς τον χώρο κατά τη στιγμή του υπολογισμού του συνολικού θερμικού κέρδους. Αυτή η απορροφημένη ενέργεια εξαρτάται από τη **θερμοχωρητικότητα** της εσωτερικής κατασκευής του χώρου και προκαλεί **καθυστέρηση** στην εργάσιμη του μέγιστου θερμικού κέρδους από Ήλιο σε σχέση με την ώρα που η ακτινοβολία του ήλιου πάνω στο τζάμι είναι η μεγαλύτερη.

#### 4.7.1 Θερμικό Κέρδος από διάβαση θερμότητας.

Όπως για τους τοίχους και τις οροφές, έτσι και στην περίπτωση των τζαμιών, το θερμικό κέρδος από διάβαση θερμότητας υπολογίζεται με βάση τις αντιστοιχες για τζάμια **Ισοδύναμες Θερμοκρασιακές Διαφορές (I.Θ.Δ)** (βλέπε εξίσωση 4.1 της παραγρ. 4.6).

$$q_{\Delta} = A \cdot U \cdot (I.\Theta.\Delta) \quad 4.3$$

όπου:  $q_{\Delta}$  = το ψυκτικό φορτίο από τη διάβαση θερμότητας μέσα από τα τζάμια (Btu/h).

$A$  = το καθαρό εμβαδόν του τζαμιού ( $ft^2$ )

$U$  = ο συνολικός συντελεστής θερμικής διαβατότητας του τζαμιού (Btu/h .  $ft^2$  .  $^{\circ}F$ ).

$(I.\Theta.\Delta)$  = η ισοδύναμη θερμοκρασιακή Διαφορά για διάβαση θερμότητας μέσα από το τζάμι ( $^{\circ}F$ ).

Οι I.Θ.Δ για τζάμια έχουν επίσης υπολογισθεί από τους ερευνητές του A.S.H.R.A.E και δίνονται από τον Πίνακα 4.7.1.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7.1.

**Ισοδύναμες Θερμοκρασιακές διαφορές (I.Θ.Δ σε  $^{\circ}F$ ) για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων διαβάσεως θερμότητας από τζάμια (Για Μέση Ημερήσια Εξωτερική Θερμοκρασία  $83^{\circ}F$  & Εσωτερική Θερμοκρασία Άερα  $78^{\circ}F$ )\***

ΩΡΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ :	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
I.Θ.Δ :	0	-2	-2	0	4	9	13	14	12	8	4	2

\* Για άλλες συνθήκες εφαρμογής οι τιμές του πίνακα αλλάζουν με τη βοήθεια κατάλληλων συντελεστών διορθώσεως που δίνονται στο Fundamentals Handbook, 1977.

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, σε ορισμένες ώρες της ημέρας (4 και 6 το πρωί) οι ισοδύναμες θερμοκρασιακές διαφορές είναι αρνητικές, και συνεπώς το θερμικό κέρδος που προκύπτει από την εξίσωση 4.3 είναι αρνητικό, δηλαδή πρόκειται για θερμική απώλεια και όχι θερμικό κέρδος. Αυτό βέβαια είναι φυσικό, γιατί εκείνες τις ώρες η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του χώρου. Επίσης από τον πίνακα προκύπτει ότι η μέγιστη I.Θ.Δ. συνεπώς και το μέγιστο θερμικό κέρδος q, αφού στην εξίσωση 4.3 μόνο η

I.Θ.Δ. αλλάζει με την ώρα — συμβαίνει στις 16.00, δηλαδή την ίδια περίπου ώρα που, όπως φαίνεται από τη δεύτερη στήλη του Πίνακα 4.5.2, έχομε και τη μέγιστη θερμοκρασία (95° F) ή 35° C εξωτερικού αέρα. Δηλαδή δεν υπάρχει ουσιαστική καθυστέρηση που να προκαλείται από τη θερμοχωρητικότητα της μάζας του τζαμιού. Γι' αυτό άλλωστε και οι I.Θ.Δ. του Πίνακα 4.7.1 δεν εξαρτώνται από την κατασκευή του τζαμιού, σε αντίθεση με τις I.Θ.Δ. των τοίχων (Πίνακας 4.6.1) και τις I.Θ.Δ των οροφών (Πίνακας 4.6.2).

Ο παράγοντας της εξισώσεως 4.3 που εξαρτάται από την κατασκευή του τζαμένιου κουφώματος είναι ο συντελεστής U. Τιμές του U για μερικούς ενδεικτικούς τυπους τζαμιού (με ή χωρίς σκίαση) δίνονται στον επόμενο Πίνακα 4.7.2 που επίτιμης έχει προκύψει από αντίστοιχο πίνακα του Fundamentals Handbook, 1977.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7.2

**Συνολικός συντελεστής θερμικής διαβατότητας για εξωτερικά κατακόρυφα τζαμένια κουφώματα  
(Συντελεστής U σε Btu/h . ft<sup>2</sup> . °F)**

ΤΥΠΟΣ ΤΖΑΜΙΟΥ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ*		ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ**	
	ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΗ	ΜΕ ΕΣΩΤ. ΣΚΙΑΣΗ***	ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΗ	ΜΕ ΕΣΩΤ. ΣΚΙΑΣΗ***
Μονό τζάμι	1,10	0,83	1,04	0,81
Διπλό τζάμι:				
Με 1/4-in κενό αέρα	0,58	0,48	0,61	0,55
Με 1/2-in κενό αέρα	0,49	0,42	0,56	0,52

\* Οι τιμές για χειμώνα βρέθηκαν με ταχύτητα εξωτερικού αέρα 15 mph (μίλια την ώρα).

\*\* Οι τιμές για καλοκαίρι βρέθηκαν με ταχύτητα εξωτερικού αέρα 7,5 mph.

\*\*\* Οι τιμές αυτές αφορούν σφιχτά κλειστές περσίδες (οριζόντιες ή κατακόρυφες), κουρτίνες και ρολλά.

Ο παραπάνω «συνολικός» συντελεστής θερμικής διαβατότητας U αφορά τη συνολική διαδικασία της μεταδόσεως θερμότητας από τον εξωτερικό αέρα προς τον εσωτερικό (ή αντίστροφα), δηλαδή αφορά:

- Τη μετάδοση με **συναγωγή** και **ακτινοβολία θερμότητας** από τον εξωτερικό αέρα προς το τζάμι (ή αντίστροφα).
- Τη μετάδοση με **αγωγή θερμότητας** μέσα από το τζάμι.
- Τη μετάδοση με **συναγωγή** και **ακτινοβολία θερμότητας** από το τζάμι προς τον εσωτερικό αέρα (ή αντίστροφα).

Δηλαδή το θερμικό κέρδος από διάβαση θερμότητας για τα εξωτερικά τζάμια είναι στην πραγματικότητα ένα κέρδος σύνθετο, δηλαδή συναγωγής θερμότητας, θερμικής ακτινοβολίας και αγωγής θερμότητας, όπως περίπου συμβαίνει και στην περίπτωση των εξωτερικών τοίχων και οροφών.

#### 4.7.2 Θερμικό Κέρδος από τον Ήλιο.

Το θερμικό κέρδος που οφείλεται στην απευθείας μεταδιδόμενη και στην απορροφημένη ηλιακή ενέργεια (**Ηλιακό Θερμικό Κέρδος (ΗΘΚ)**), παρουσιάζεται στους υπολογισμούς ψυκτικού φορτίου μόνο όταν τα τζάμια δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία. Επομένως το θερμικό αυτό κέρδος είναι άμεση συνάρτηση της ολικής ηλια-

κής ακτινοβολίας στην περιοχή του κτιρίου. Μεταβάλλεται ανάλογα με τον προσανατολισμό, την κατασκευή και τη σκίαση της τζαμωτής επιφάνειας, καθώς και με τη θερμοχωρητικότητα των εσωτερικών αρχιτεκτονικών στοιχείων του χώρου πάνω στα οποία πέφτουν (και απορροφώνται) οι ηλιακές ακτίνες που περνάνε από τη τζαμωτή επιφάνεια. Η A.S.H.R.A.E έχει αναπτύξει μια μέθοδο η οποία λαμβάνει υπόψη της όλες τις παραπάνω μεταβλητές και η οποία δίνει το ψυκτικό φορτίο με τον τύπο:

$$q_H = A \cdot (\Sigma) \cdot (MHOK) \cdot (\Sigma\psi\Phi)$$

4.4

όπου:  $q_H$  = το ψυκτικό φορτίο από την ηλιακή ακτινοβολία στα τζάμια ( $Btu/h$ ).  
 $A$  = το καθαρό εμβαδόν του τζαμιού ( $ft^2$ ).  
 $\Sigma$  = ο Συντελεστής Σκιάσεως που προκύπτει από το είδος του τζαμιού  
και τη σκίασή του (αδιάστατος).  
 $MHOK$  = Το Μέγιστο Ηλιακό Θερμικό Κέρδος για το Γεωγραφικό Πλάτος,  
τον μήνα υπολογισμού και τον προσανατολισμό της τζαμωτής επιφάνειας ( $Btu/h \cdot ft^2$ )  
 $\Sigma\psi\Phi$  = ο Συντελεστής Ψυκτικού Φορτίου που εξαρτάται από τα θερμικά  
χαρακτηριστικά του χώρου (αδιάστατος).

Το Μέγιστο Ηλιακό Θερμικό Κέρδος ( $MHOK$ ) αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο τύπο τζαμωτής επιφάνειας (φύλλο γυαλιού πάχους 0,125 in). Αντιπροσωπεύει το ολικό θερμικό φορτίο που περνά από τη μονάδα εμβαδού αυτής της τζαμωτής επιφάνειας και οφείλεται στην **ολική** ηλιακή ακτινοβολία (δηλαδή το άθροισμα της **άμεσης** και **διάχυτης** ηλιακής ακτινοβολίας). Έτσι για ένα τζάμι με ανατολικό προσανατολισμό το φορτίο αυτό θα είναι πολύ μεγάλο το πρώτο λόγω άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας) και πολύ μικρότερο το απόγευμα (γιατί το ανατολικού προσανατολισμού τζάμι θα δέχεται μόνο διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία). Στην εξίσωση 4.4 θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η μεγαλύτερη από όλες τις τιμές της ημέρας για την οποία γίνεται ο υπολογισμός. Τέτοιες μεγιστες τιμές του ηλιακού θερμικού κέρδους ( $MHOK$ ) δίνονται στον Πίνακα 4.7.3 για  $40^\circ$  Βόρειο Πλάτος και για την 21η ημέρα κάθε μήνα του έτους.

Παρόμοιοι με τον 4.7.3 πίνακες δίνουν τις τιμές του  $MHOK$  για άλλα γεωγραφικά πλάτη. Οι πίνακες αυτοί περιγράφονται με κάθε λεπτομέρεια στο Fundamentals Handbook 1977, Κεφάλαια 25 και 26.

Ο Συντελεστής Σκιάσεως ( $\Sigma$ ) είναι αδιάστατος και μετατρέπεται το παραπάνω θερμικό κέρδος του πρότυπου τζαμιού των 0,125 in σε θερμικό κέρδος του πραγματικού τζαμένιου κουφώματος που έχομε. Εξαρτάται όχι μόνο από τον τύπο του τζαμιού, αλλά και από τη σκίαση που χρησιμοποιείται και είναι:

$$\Sigma = \frac{MHOK \text{ πραγματικού τζαμένιου κουφώματος}}{MHOK \text{ πρότυπου τζαμιού πάχους } 0,125 \text{ (Πίνακας 4.7.3)}}$$

4.5

Οι δύο όροι του κλάσματος αναφέρονται στις ίδιες συνθήκες προσανατολισμού, γεωγραφικού πλάτους κλπ., δηλαδή διαφέρουν μόνο κατά τον τύπο του τζαμιού και τη σκίαση. Ενδεικτικές τιμές του  $\Sigma$  για μερικούς κατασκευαστικούς συνδυασμούς τζαμένιου κουφώματος (διάφοροι τύποι τζαμιού) φαίνονται στον επόμενο Πίνακα 4.7.4 ο οποίος επίσης έχει προκύψει από εκτενέστερους πίνακες του Fun-

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7.3**

**Μέγιστο ηλιακό θερμικό κέρδος (ΜΗΘΚ σε  $Btu/h \cdot ft^2$ ) για πρότυπο τζάμι (πάχους 0,125 in) σε Γεωγρ. πλάτος  $40^\circ B$**

ΜΗΝΑΣ*	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ					
	B	BA/BΔ	A/Δ	NA/NΔ	N	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΣ
Ιαν.	20	20	154	241	254	133
Φεβρ.	24	50	186	246	241	180
Μάρτ.	29	93	218	236	206	223
Απρ.	34	140	224	203	154	252
Μάϊος	37	165	220	175	113	265
Ιούν.	48	172	215	161	95	268
Ιούλ.	38	163	216	170	109	262
Αύγ.	35	135	216	196	149	247
Σεπτ.	30	87	205	226	200	215
Οκτ.	25	49	180	238	234	177
Νοέμ.	18	20	151	237	250	132
Δεκ.	18	18	135	232	253	112

\* Οι τιμές για κάθε μήνα αφορούν τις μέγιστες τιμές για την 21η του μήνα.

damentals Handbook, 1977. Τιμές του ΣΣ δίνουν επίσης και οι κατασκευαστές διαφόρων τύπων τζαμιών και μηχανισμών σκιάσεως.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7.4.**

**Συντελεστής σκιάσεως (ΣΣ, αδιάστατος) για διάφορους τύπους τζαμιών και μηχανισμούς εσωτερικής σκιάσεως**

ΤΥΠΟΣ ΤΖΑΜΙΟΥ	ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΗ	ΜΕ ΕΣΩΤ. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΣΚΙΑΣΕΩΣ			
		ΠΕΡΣΙΔΕΣ		ΡΟΛΛΑ	
		ΜΕΣΑΙΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	ΑΔΙΑΦΑΝΗ ΣΚΟΤΕΙΝΟΧΡ.	ΗΜΙΔΙΑΦΑΝΗ ΑΝΟΙΧΤΟΧΡΩΜΑ
Καθαρό τζάμι πάχους $\frac{1}{8}$ in	1,00*				
Καθαρό τζάμι πάχους $\frac{1}{4}$ in	0,94	0,64	0,55	0,59	0,39
Καθαρό τζάμι πάχους $\frac{1}{2}$ in	0,87				
Θερμοαπορροφητικό πάχους $\frac{1}{8}$	0,83				
Θερμοαπορροφητικό πάχους $\frac{1}{4}$	0,69	0,57	0,53	0,45	0,36
Θερμοαπορροφητικό πάχους $\frac{1}{2}$	0,53	0,54	0,52	0,40	0,32
Με ανακλαστικό επίχρισμα	0,30	0,25	0,23	—	—
Διπλά Τζάμια (με διάκενο αέρος):					
Καθαρό Έξω/Καθαρό Μέσα, $\frac{1}{8}$ ** in	0,88	0,57	0,51	0,60	0,37
Καθαρό Έξω/Καθαρό Μέσα, $\frac{1}{4}$ in	0,81				
Θερμοαπορροφητικό Έξω					
Καθαρό μέσα, $\frac{1}{4}$ in	0,55	0,39	0,36	0,40	0,30

\* Αναφέρεται στο πρότυπο τζάμι (πάχους 0,125 in ή  $1/8$  in), άρα από την εξίσωση 4.5:  $\Sigma\Sigma = 1,00$ .

\*\* Πάχος κάθε φύλλου τζαμιού. Η απόσταση μεταξύ φύλλων (διάκενο αέρα) δεν επηρέαζει τον ΣΣ — ενώ αντίθετα επηρεάζει τον Συντελεστή Ζ (βλέπε πίνακα 4.7.2).

Ο Συντελεστής Ψυκτικού Φορτίου ( $\Sigma\psi\phi$ ) είναι επίσης αδιάστατος και στην εξισώση 4.4 μετατρέπει το θερμικό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο. Δηλαδή η θερμική ενέργεια που μπαίνει από τα τζάμια υπό μορφή ηλιακής ακτινοβολίας δεν προστίθεται αμέσως στη θερμότητα του αέρα του χώρου, αλλά σημαντικό μέρος της απορροφάται από τα αρχιτεκτονικά στοιχεία του χώρου (χωρίσματα, δάπεδο κλπ.) και αποδίνεται στον αέρα του χώρου αργότερα. Όταν η ενέργεια αυτή αποδίνεται στον χώρο, τότε αποτελεί και ψυκτικό φορτίο του χώρου, δηλαδή συντελεί στην αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα του χώρου και συνεπώς πρέπει να αντιμετωπισθεί από την ψυκτική εγκατάσταση. Αυτή ακριβώς η **καθυστέρηση** μετατροπής μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας σε ψυκτικό φορτίο για το χώρο, εκφράζεται από τον  $\Sigma\psi\phi$  που είναι πάντα μικρότερος από την μονάδα και που δίνεται από πίνακες για κάθε ώρα της ημέρας με βάση τον προσανατολισμό του τζαμένιου κουφώματος και τη βαρύτητα κατασκευής του περιβλήματος του χώρου, δηλαδή τη θερμοχωρητικότητα αυτού του περιβλήματος. Από τον Πίνακα 4.7.5 που έχει προκύψει από λεπτομερέστερους πίνακες του Fundamentals Handbook, 1977, φαίνεται ότι ο  $\Sigma\psi\phi$  έχει πάντα τιμές μεγαλύτερες από το 0, ακόμα και στη διάρκεια της νύχτας που δεν υπάρχει διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Οι τιμές αυτές βέβαια είναι πολύ μικρές, γιατί εκφράζουν μόνο την ενέργεια η οποία αποδίνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας από τα δομικά στοιχεία του χώρου που την είχαν απορροφήσει κατά τη διάρκεια της ημέρας. Το μοίρασμα αυτό του Ηλιακού Θερμικού Κέρδους (το οποίο συμβαίνει μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας) στις ώρες όλου του 24ώρου, φαίνεται στο παράδειγμα του σχήματος 4.7a. Το σχήμα αφορά το πρότυπο τζάμι (0,125 in), χωρίς σκίαση, με Νότιο προσανατολισμό σε  $40^\circ$  Β Γεωγραφικό Πλάτος, στον μήνα Ιούλιο και εσωτερικό χώρο με κατασκευή βαρέος τύπου. Όπως φαίνεται στο σχήμα, η καμπύλη του Ηλιακού Ψυκτικού Φορτίου είναι χαμηλότερη και ομαλότερη από την καμπύλη του Ηλιακού Θερμικού Κέρδους, η δε μέγιστη τιμή της πολύ μικρότερη (περίπου το  $1/2$ ) και μετατοπισμένη (καθυστερημένη) κατά 2 περίπου ώρες. Επίσης μπορούμε να παρατηρήσομε ότι η διαγραμμισμένη επιφάνεια Β αποτελεί το μέρος εκείνο της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται στη διάρκεια της ημέρας από τα αρχιτεκτονικά στοιχεία του χώρου και αποδίνεται αργότερα ως θερμική ενέργεια που εκφράζεται από τις επιφάνειες Γ και Α. Δηλαδή έχομε:

$$B = \Gamma + A$$

Για το παραπάνω παράδειγμα, οι τιμές του  $\Sigma\psi\phi$  προέκυψαν από τον Πίνακα 4.7.5, ενώ τιμές του ΗΘΚ στις διάφορες ώρες (και όχι μόνο η μέγιστη τιμή 109 που δίνεται και από τον Πίνακα 4.7.5) προέκυψαν από τον Πίνακα 4.7.6 ο οποίος αποτελεί μικρό μέρος ενός πολύ μεγάλου πίνακα του Fundamentals Handbook, 1977. Οι τιμές του ΗΨΦ, όπως φαίνεται και στο πινάκιο υπολογισμού του σχήματος 4.7, υπολογίσθηκαν με βάση το ΜΗΘΚ και με τη βοήθεια της εξισώσεως 4.4, δηλαδή:

$$\text{ΗΨΦ} = (\text{ΜΗΘΚ}) \cdot (\Sigma\psi\phi)$$

$$\text{ΗΨΦ} = 109 \cdot (\Sigma\psi\phi)$$

η

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7.6.**  
**Συντελεστής ωμοτού φορτίου (Εγκαθιστατός από τύπωνα χωρών / με επωμένη ανάπτυξη) ημέρας γρήγορου μείου του πάνω στον πάνω –  
 απλ. βερμούδος προσαρτήτη, σταθαστικό κλ. σε Βέροια Γεωργαντό Πλατεία**

Προσ- αντο- λισμός χώρων	Κατα- σκεψή	Ωρα του 24 - ώρων											
		2***	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
B	Mέση	0,20/0,07	0,16/0,08	0,34/0,73	0,46/0,65	0,59/0,80	0,70/0,89	0,75/0,86	0,74/0,75	0,79/0,91	0,56/0,18	0,36/0,13	0,23/0,09
B	Βαριά	0,23/0,09	0,20/0,07	0,38/0,75	0,50/0,66	0,60/0,80	0,69/0,89	0,73/0,85	0,70/0,73	0,74/0,88	0,48/0,17	0,34/0,13	0,28/0,10
M*		0,08/0,02	0,05/0,02	0,21/0,56	0,44/0,74	0,40/0,37	0,33/0,27	0,30/0,24	0,26/0,20	0,21/0,12	0,16/0,05	0,11/0,04	0,08/0,03
BA	B**	0,08/0,03	0,07/0,03	0,23/0,57	0,44/0,74	0,39/0,36	0,31/0,28	0,27/0,23	0,24/0,19	0,20/0,11	0,14/0,05	0,12/0,04	0,10/0,04
M		0,06/0,02	0,05/0,02	0,18/0,47	0,44/0,80	0,51/0,62	0,39/0,27	0,32/0,22	0,26/0,17	0,24/0,11	0,16/0,05	0,11/0,04	0,08/0,03
A	B	0,09/0,03	0,08/0,03	0,21/0,48	0,45/0,80	0,49/0,61	0,38/0,26	0,29/0,21	0,24/0,16	0,19/0,10	0,16/0,05	0,12/0,04	0,10/0,04
M		0,08/0,03	0,06/0,02	0,14/0,30	0,38/0,74	0,54/0,79	0,51/0,41	0,40/0,28	0,33/0,22	0,25/0,13	0,18/0,03	0,14/0,05	0,10/0,04
NA	B	0,10/0,04	0,09/0,03	0,17/0,31	0,40/0,74	0,53/0,79	0,48/0,48	0,36/0,23	0,30/0,20	0,24/0,13	0,18/0,07	0,14/0,05	0,12/0,05
M		0,11/0,04	0,08/0,03	0,08/0,09	0,14/0,22	0,31/0,58	0,52/0,83	0,58/0,68	0,47/0,35	0,36/0,19	0,25/0,09	0,18/0,07	0,14/0,05
N	B	0,12/0,05	0,11/0,04	0,12/0,11	0,17/0,24	0,33/0,59	0,51/0,82	0,55/0,67	0,43/0,33	0,32/0,18	0,22/0,08	0,18/0,06	0,15/0,05
M		0,13/0,05	0,10/0,04	0,09/0,07	0,12/0,14	0,15/0,19	0,23/0,38	0,44/0,76	0,58/0,81	0,53/0,46	0,33/0,12	0,24/0,08	0,18/0,16
NA	B	0,14/0,05	0,12/0,04	0,12/0,08	0,14/0,15	0,17/0,20	0,25/0,39	0,44/0,75	0,56/0,80	0,49/0,43	0,30/0,11	0,21/0,08	0,17/0,08
M		0,13/0,05	0,10/0,04	0,09/0,06	0,10/0,11	0,12/0,16	0,14/0,17	0,29/0,63	0,50/0,82	0,56/0,61	0,33/0,12	0,23/0,08	0,17/0,08
Δ	B	0,13/0,05	0,11/0,04	0,11/0,07	0,13/0,12	0,14/0,16	0,16/0,18	0,30/0,54	0,49/0,81	0,52/0,59	0,30/0,11	0,21/0,07	0,16/0,06
M		0,12/0,04	0,09/0,03	0,09/0,07	0,11*0,14	0,14/0,19	0,17/0,21	0,21/0,30	0,42/0,73	0,53/0,69	0,32/0,12	0,22/0,08	0,16/0,06
BA	B	0,12/0,04	0,11/0,04	0,11/0,07	0,13/0,15	0,16/0,20	0,19/0,22	0,22/0,30	0,41/0,73	0,51/0,61	0,29/0,11	0,20/0,07	0,15/0,05
ΟΡΙΖ ΟΝΤΙ ΟΣ	M	0,14/0,05	0,11/0,04	0,11/0,12	0,24/0,44	0,43/0,72	0,59/0,86	0,67/0,81	0,62/0,58	0,47/0,25	0,32/0,12	0,24/0,08	0,18/0,06
	B	0,16/0,06	0,14/0,05	0,15/0,13	0,27/0,45	0,45/0,72	0,59/0,85	0,64/0,79	0,58/0,56	0,42/0,33	0,29/0,11	0,23/0,08	0,19/0,07

\* Μέση (M) κατασκευή: 4 ή μετρόν τοίχου 4 ή μετρόν δάπεδο, περίπου 70 lb κατασκευαστική υλικά / ft<sup>2</sup> δαπέδου.

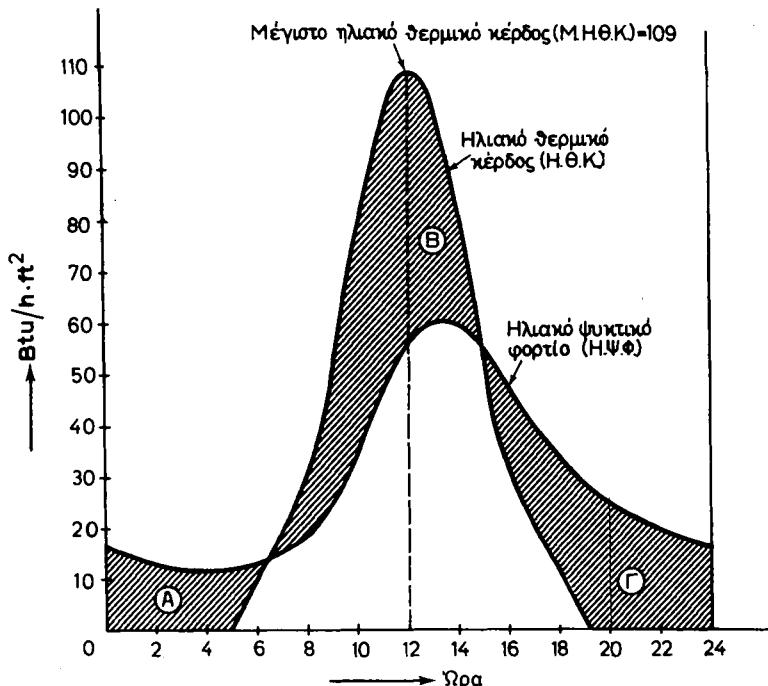
\*\* Βαριά (B) κατασκευή: 6 ή μετρόν τοίχου 6 ή μετρόν δάπεδο, περίπου 130 lb κατασκευαστική υλικά / ft<sup>2</sup> δαπέδου.

\*\*\* Σε κάθε σήμη η πρώτη την του ΣΥΦ αφορά τέλιμη χωρίς εσωτερική ακίση και η διάτερη τήλιμη με εσωτερική ακίση.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7.6

Ηλιακό Θερμικό κέρδος (Η.Θ.Κ) σε  $Btu/h \cdot ft^2$  Για πρόστιπο τζάμι (πάχους 0,125 in) σε γεωγραφικό πλάτος  $40^\circ B$  και για την 21 Ιουλίου

ΩΡΑ ΗΜΕΡΑΣ ΜΕ ΗΛΙΟ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ										ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΣ
	B	ΒΑ	A	ΝΑ	Ν	ΝΔ	Δ	ΒΔ			
6	37	125	137	68	11	11	11	11		32	
8	28	148	216	160	30	26	26	26		145	
10	35	56	146	159	81	36	35	35		231	
12	38	38	41	80	109	80	41	38		262	
14	35	35	35	36	81	159	146	56		231	
16	28	26	26	26	30	160	216	148		145	
18	37	11	11	11	11	68	137	125		32	



Σχ. 4.7.

Παράδειγμα συγκρίσεως φορτίου και θερμικού κέρδους από ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιού πάχους 0,125 in με νότιο προσανατολισμό σε  $40^\circ B$  χώρο γεωγραφικό πλάτος κατά την 21η Ιουλίου και για χώρο βαριάς δομικής κατασκευής.

## Πινάκος υπολογισμού των καρπουλών του σχήματος

Ώρα =	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Η.Θ.Κ (Πίν. 4.7.6) =	0	0	11	30	81	109	81	30	11	0	0	0
Σ.Ψ.Φ (Πίν. 4.7.5) =	0,12	0,11	0,12	0,17	0,33	0,51	0,55	0,43	0,32	0,22	0,18	0,15
Η.Ψ.Φ = 109.(Σ.Ψ.Φ) =	13	12	13	19	36	56	60	47	35	24	20	16

#### 4.7.3 Συνολικό Ψυκτικό Φορτίο από κουφώματα με τζάμια.

Με βάση τις εξισώσεις (4.2, 4.3 και 4.4) έχουμε:

$$q_{\Sigma} = q_{\Delta} + q_H$$

$$\text{ή} \quad q_{\Sigma} = A \cdot U \cdot (I \cdot \Theta \cdot \Delta) + A \cdot (\Sigma \cdot \Sigma) \cdot (M \cdot \Theta \cdot K) \cdot (\Sigma \cdot \Psi \cdot \Phi) \quad 4.6$$

όπου  $q_{\Sigma}$  είναι το συνολικό ψυκτικό φορτίο που οφείλεται στο θερμικό κέρδος από διάβαση θερμότητας ( $q_{\Delta}$ ) και στο θερμικό κέρδος από ηλιακή ακτινοβολία ( $q_H$ ) μέσα από ένα τζαμένιο κούφωμα με εμβαδόν  $A$ . Οι υπόλοιποι παράγοντες της εξισώσεως (4.6) δίνονται σε πίνακες, αποσπάσματα των οποίων παραθέσαμε στις προηγούμενες παραγράφους.

#### Παράδειγμα.

Να ευρεθεί για την 21η Ιουλίου το μέγιστο ψυκτικό φορτίο που οφείλεται σε τζάμι Νοτίου τοίχου ενός κτιρίου το οποίο βρίσκεται σε  $40^{\circ}$  Βόρειο πλάτος με εξωτερικές συνθήκες υπολογισμού,  $95^{\circ}\text{F}$  ( $35^{\circ}\text{C}$ ) θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου και ημερήσια διακύμανση  $21^{\circ}\text{F}$  ( $12^{\circ}\text{C}$ ). Η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου είναι  $78^{\circ}\text{F}$  ( $25,6^{\circ}\text{C}$ ) και έχει βαριά δομική κατασκευή. Το τζάμι είναι διπλό με πάχος κάθε φύλλου  $1/4$  in διάκενο αέρα, και έχει εμβαδόν  $100 \text{ ft}^2$  χωρίς εσωτερική σκίαση.

#### Λύση.

Ο Συντελεστής  $U$  του τζαμιού (από τον Πίνακα 4.7.2) =  $0,61 \text{ Btu/h ft}^{20}\text{F}$ .

Το  $\Sigma\Sigma$  (από τον Πίνακα 4.7.4) =  $0,81$ .

Το  $M \cdot \Theta \cdot K$  (από τον Πίνακα 4.7.3) =  $109 \text{ Btu/h.ft}^2$ .

Ο Μέγιστος  $\Sigma \Psi \Phi$  (από τον Πίνακα 4.7.5) =  $0,55$  στις  $14.00$  ώρα.

Για την ίδια ώρα παίρνομε και τη  $I \cdot \Theta \cdot \Delta$  (από Πίνακα 4.7.1) =  $13^{\circ}\text{F}$ .

Συνεπώς:

$$\begin{aligned} \text{Μέγιστο Συνολικό Ψυκτικό Φορτίο} &= (100)(0,61)(13) + (100)(0,81)(109)(0,55) \\ &= 793 + 4856 \\ &= \underline{\underline{5649 \text{ Btu/h}}} \end{aligned}$$

Από τις παραπάνω πράξεις φαίνεται πόσο σημαντικότερο είναι στο μέγιστο συνολικό φορτίο του τζαμιού του παραδείγματος, το φορτίο που οφείλεται στις ηλιακές ακτίνες ( $4856 \text{ Btu/h}$ ) από το φορτίο που οφείλεται στη διάβαση θερμότητας δηλαδή στη διαφορά μεταξύ εσωτερικής και έξωτερικής θερμοκρασίας ( $793 \text{ Btu/h}$ ). Γι' αυτό και ο υπολογισμός γίνεται την ώρα που ο  $\Sigma \Psi \Phi$  είναι μέγιστος.

Το ίδιο παράδειγμα, αλλά με εσωτερική σκίαση από περσίδες ανοιχτού χρώματος, θα μας έδινε το εξής ενδιαφέρον αποτέλεσμα:

$$U = 0,55$$

$$\Sigma\Sigma = 0,51$$

Μέγιστος  $\Sigma \Psi \Phi = 0,82$  στη  $12.00$  ώρα.

Επειδή και πάλι το μέρος που οφείλεται στην ακτινοβολία είναι πολύ μεγαλύτερο, υπολογίζομε και τα δύο μέρη για τη  $12.00$  ώρα, δηλαδή:

$$I \cdot \Theta \cdot \Delta = 9^{\circ}\text{F} \text{ τη } 12.00$$

Οι άλλοι παράγοντες μένουν ίδιοι.

Άρα:

$$\begin{aligned}
 \text{Μέγιστο συνολικό Ψυκτικό φορτίο} &\simeq (100) (0,55) (9) + (100) (0,51) (109) \\
 &\quad (0,82) \\
 &= 495 + 4558 = 495 + 4558 \\
 &= \underline{\underline{5053 \text{ Btu/h}}}
 \end{aligned}$$

Δηλαδή η σκίαση μείωσε ελάχιστα το συνολικό φορτίο από το τζάμι (μόνο 11%) και μετατόπισε το μέγιστό του από τις 14.00 στις 12.00, ακριβώς δηλαδή στην ώρα που η ακτινοβολία για το τζάμι του παραδείγματος είναι μέγιστη. Αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο μέγιστος ΣΨΦ είναι αρκετά μεγαλύτερο (0,82 με σκίαση, απέναντι στο 0,55 χωρίς σκίαση), δείχνει ότι η προσθήκη σκίασεως στο τζάμι του παραδείγματός μας (Νότιο) προκαλεί αμεσότηρη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ψυκτικό φορτίο, γιατί εμποδίζει σε μεγάλο βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει στα εσωτερικά δομικά στοιχεία μεγάλης θερμοχωρητικότητας (όπως π.χ. το δάπεδο) και να αποθηκευθεί εκεί. Η παρατήρηση αυτή ισχύει γενικότερα, γιατί, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.7.5, σε κάθε προσανατολισμό ο ΣΨΦ με σκίαση είναι μεγαλύτερος από τον ΣΨΦ χωρίς σκίαση κατά τη διάρκεια της ημέρας και μικρότερος κατά τη διάρκεια της νύχτας. Δηλαδή στο αντίστοιχο του σχήματος 4.7 η καμπύλη του Ηλιακού Ψυκτικού Φορτίου θα πλησιάζει περισσότερο προς την καμπύλη του Ηλιακού Θερμικού Κέρδους.

#### 4.8 Ψυκτικά και θερμικά φορτία από εσωτερικά τοιχώματα, οροφές και δάπεδα.

Όταν ο κλιματιζόμενος χώρος είναι δίπλα και πάνω ή κάτω από έναν άλλο χώρο όπου επικρατεί μια διαφορετική θερμοκρασία από την θερμοκρασία που πρέπει να επικρατεί στον κλιματιζόμενο χώρο, τότε πρέπει να υπολογισθεί η θερμότητα που μεταδίνεται δια μέσου του διαχωριστικού δομικού στοιχείου. Η θερμότητα αυτή στη μονάδα του χρόνου (Btu/h ή kcal/h) θα είναι:

$$q = A \cdot U \cdot (t_x - t)$$

όπου:

$A$  = η επιφάνεια του διαχωριστικού δομικού στοιχείου.

$U$  = ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

$t_x$  = η θερμοκρασία του χώρου που γειτονεύει με τον κλιματιζόμενο.

$t$  = η θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου.

Οι τιμές του  $U$ , όπως και προηγουμένως, δίνονται από λεπτομερείς πίνακες τους οποίους πρέπει να συμβουλεύεται ο μελετητής για την επιλογή της κατάλληλης κάθε φορά τιμής, ανάλογα με την κατασκευή του δομικού χωρίσματος (τοίχου, οροφής ή δάπεδου).

Η θερμοκρασία  $t_x$  εξαρτάται από τις συνθήκες στον γειτονικό χώρο. Όταν δεν υπάρχουν πηγές θερμότητας και ο χώρος δεν κλιματίζεται, τότε η θερμοκρασία του θα παρακολουθεί συνήθως τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος με μια διαφορά περίπου  $5^{\circ}\text{F}$  (ή  $3^{\circ}\text{C}$ ). Δηλαδή η διαφορά  $t_x - t$  θα έχει κατά  $5^{\circ}\text{F}$  (ή  $3^{\circ}\text{C}$ ) περίπου μικρότερη από τη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα και της θερμοκρασίας του κλιματιζόμενου χώρου.<sup>3</sup>

Για δάπεδα τα οποία είναι κατευθείαν πάνω στο έδαφος ή πάνω από υπόγειο χώρο ο οποίος ούτε θερμαίνεται ούτε αερίζεται, στην περίπτωση ψύξεως (καλο-

καίρι) μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν προσθέτουν ψυκτικό φορτίο στον κλιματιζόμενο χώρο. Στην περίπτωση όμως θερμάνσεως (χειμώνα) έχομε απώλειες θερμότητας προς το έδαφος ή τον κλειστό υπόγειο χώρο. Οι απώλειες αυτές πρέπει να υπολογίζονται με βάση την κατασκευή του δαπέδου και τη θερμοκρασία του εδάφους ή του υπόγειου χώρου. Κατάλληλοι πίνακες με τα παραπάνω στοιχεία υπάρχουν στα διάφορα εγχειρίδια μελέτης κλιματιστικών εγκαταστάσεων.

#### **4.9 Ψυκτικά φορτία από πηγές θερμότητας μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο.**

Τα φορτία αυτά είναι και το καλοκαίρι και τον χειμώνα περίπου τα ίδια, δηλαδή δεν εξαρτώνται από τις εξωτερικές ατμοσφαιρικές συνθήκες. Το καλοκαίρι προστίθενται στα υπόλοιπα ψυκτικά φορτία του χώρου, τον χειμώνα αφαιρούνται από τα θερμικά φορτία του χώρου. Επειδή όμως η ύπαρξη των εσωτερικών πηγών θερμότητας δεν είναι συνεχής, όπως εξηγήθηκε στην παράγραφο 4.2, το θερμικό κέρδος από αυτές, συνήθως, δεν λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό των θερμικών φορτίων (χειμώνα). Φυσικά για το καλοκαίρι πρέπει οπωσδήποτε να λαμβάνονται υπόψη, γιατί συνήθως οι πηγές αυτές θερμότητας (φωτισμός, άνθρωποι κλπ.) υπάρχουν στις ώρες που θέλουμε να είναι ο χώρος κλιματισμένος και συνεπώς η κλιματιστική εγκατάσταση που θα τοποθετηθεί θα πρέπει να έχει τέτοια ισχύ ώστε να είναι ικανή να αντιμετωπίζει και αυτά τα φορτία (όταν θα συμβαίνουν κατά τις ώρες που θα έχομε και τα μέγιστα ψυκτικά φορτία που περιγράψαμε στις προηγούμενες παραγράφους από τζάμια, οροφές κλπ.). Πολλές φορές τα εσωτερικά αυτά φορτία είναι και τα σημαντικότερα.

Πάντως και για τα φορτία αυτά λαμβάνεται υπόψη η ώρα για την οποία γίνεται ο υπολογισμός του συνολικού ψυκτικού φορτίου του χώρου. Αν π.χ. πρόκειται για ένα τραπεζικό υποκατάστημα και ο υπολογισμός του συνολικού ψυκτικού φορτίου γίνεται για τη 1.00 μετά το μεσημέρι, ώρα δηλαδή που οι τράπεζες είναι ανοικτές για το κοινό, τότε το ψυκτικό φορτίο από άτομα είναι το μέγιστο, ενώ όταν ο υπολογισμός γίνεται για τις 3.00 μετά το μεσημέρι, τότε το φορτίο από άτομα προέρχεται μόνο από τους υπαλλήλους του υποκαταστήματος. Επειδή, όπως τονίσθηκε παραπάνω, τα φορτία αυτά είναι πολλές φορές σημαντικότατα, σε σύγκριση με τα ψυκτικά φορτία που οφείλονται σε εξωτερικές πηγές (ήλιο κλπ.), είναι δυνατό να μετατοπίσουν την ώρα του μέγιστου συνολικού φορτίου. Ήτσι στην περίπτωση του τραπεζικού υποκαταστήματος που αναφέρθηκε παραπάνω, θα μπορούσαμε να έχομε:

#### **Για τη 1.00 μετά το μεσημέρι:**

Ψυκτικό φορτίο από εξωτερικές πηγές (ήλιο κλπ.)	= 15.000 kcal/h
Ψυκτικό φορτίο από εσωτερικές πηγές (ανθρώπους κλπ.).	= 25.000 kcal/h
Σύνολο	<u><u>= 40.000 kcal/h</u></u>

#### **Για τις 3.00 μετά το μεσημέρι:**

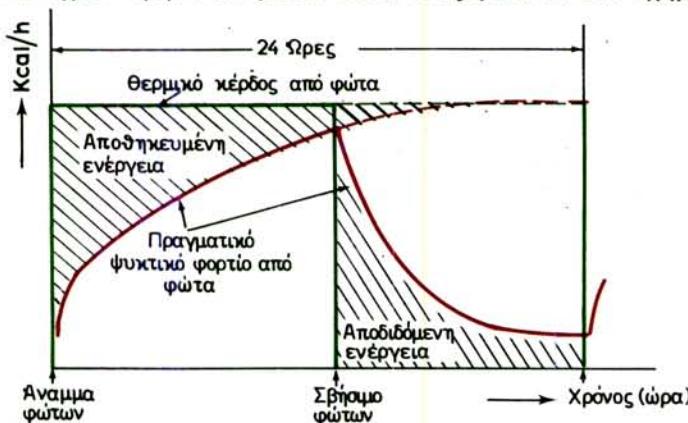
Ψυκτικό φορτίο από εξωτερικές πηγές	= 20.000 kcal/h
Ψυκτικό φορτίο από εσωτερικές πηγές	= 10.000 kcal/h
Σύνολο	<u><u>= 30.000 kcal/h</u></u>

Δηλαδή ενώ το ψυκτικό φορτίο από εξωτερικές πηγές (ίχλιο κλπ.) έχει τη μέγιστη τιμή του στις 3.00, το συνολικό ψυκτικό φορτίο έχει το μέγιστό του στις 1.00, δηλαδή στην ώρα που το ψυκτικό φορτίο από εσωτερικές πηγές (ανθρώπους κλπ.) είναι μέγιστο.

#### 4.9.1 Ψυκτικά φορτία από φωτισμό.

Ο φωτισμός (τεχνητός) συχνά αποτελεί το μεγαλύτερο ψυκτικό φορτίο για ένα κλιματιζόμενο γύρω. Γι' αυτό ο ακριβής υπολογισμός αυτού του φορτίου είναι απαραίτητος παρά τις δυσκολίες που παρουσιάζει.

Η θερμότητα που τα φώτα προσθέτουν στον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου μπορεί να είναι πολύ διαφορετική από την ισχύ τους. Μέρος από την ενέργεια που προέρχεται από τα φώτα είναι με τη μορφή ακτινοβολίας η οποία απορροφάται πρώτα από τους τοίχους, τα δάπεδα και την επίπλωση και αφού τα θερμάνει, σε μια θερμοκρασία ψηλότερη από τη θερμοκρασία του χώρου, αρχίζει να αποδίνεται ως θερμότητα στον αέρα του χώρου. Αυτή η αποθηκευμένη ενέργεια που συνεισφέρει στο ψυκτικό φορτίο του χώρου μετά από κάποια καθυστέρηση υπάρχει ακόμα και όταν έχουν σβήσει τα φώτα. Έτσι, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.9, σε



Σχ. 4.9.

Καθυστέρηση της εμφανίσεως του ψυκτικού φορτίου από φώτα.

κάθε χρονική στιγμή που τα φώτα είναι αναμμένα, το πραγματικό ψυκτικό φορτίο του χώρου είναι μικρότερο από το συνολικό θερμικό κέρδος (κέρδος αέρα χώρου + κέρδος δομικού περιβλήματος) που προέρχεται από τα φώτα. Δηλαδή το πραγματικό ψυκτικό φορτίο προκύπτει κάθε στιγμή από το συνολικό κέρδος του φωτισμού κατά την ίδια στιγμή πολλαπλασιαζόμενο με ένα συντελεστή μικρότερο από το 1. Ο συντελεστής αυτός λέγεται Συντελεστής Ψυκτικού Φορτίου (Σ.ΨΦ) και δίνεται από πίνακες σε συνάρτηση με τα θερμικά χαρακτηριστικά του δομικού περιβλήματος, του τύπου της επίπλωσεως, της μεθόδου κυκλοφορίας του αέρα στον χώρο και του τύπου των φωτιστικών σωμάτων. Δηλαδή για κάθε χρονική στιγμή έχομε:

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Ψυκτικό Φορτίο} \\ \text{από φώτα} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{l} \text{Θερμικό Κέρδος} \\ \text{από φώτα} \end{array} \right] \times \Sigma \Psi \Phi \quad 4.7$$

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9.1.**

**Συντελεστής ψυκτικού φορτίου (ΣΨΦ, αδιάστατος) για υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου από φώτα.**

Εφαρμογή		Αριθμός ωρών μετά το άναμμα των φώτων (ώρα 0)							
Κατηγορία	Υποκατηγορία	0	1	5	8	11	14	17	22
ΣΨΦ όταν τα φώτα ανάβουν για 8 συνολικά ώρες ανά 24ωρο									
B	β	0,06	0,60	0,74	0,81	0,23	0,16	0,12	0,07
	δ	0,11	0,66	0,70	0,72	0,17	0,16	0,14	0,12
Δ	β	0,03	0,78	0,85	0,89	0,13	0,09	0,07	0,04
	δ	0,06	0,81	0,83	0,85	0,10	0,09	0,08	0,07
ΣΨΦ όταν τα φώτα ανάβουν για 14 συνολικά ώρες ανά 24ωρο									
B	β	0,15	0,68	0,79	0,85	0,89	0,92	0,31	0,18
	δ	0,22	0,76	0,79	0,81	0,84	0,84	0,28	0,24
Δ	β	0,08	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96	0,17	0,10
	δ	0,12	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,15	0,13

**Κατηγορία B:** Συνηθισμένη επίπλωση χωρίς χαλί. Μέση ή μεγάλη ένταση αερισμού. Φωτιστικά μη αεριζόμενα.

**Κατηγορία Δ:** Οποιοδήποτε τύπος επιπλώσεως. Επιστροφή αέρα μέσω των φωτιστικών σωμάτων.

**Υποκατηγορία β:** 8cm μπετόν δάπεδο ( $40 \text{ lb}/\text{ft}^2$ ). Μέση ένταση αερισμού.

**Υποκατηγορία δ:** 30cm μπετόν δάπεδο ( $120 \text{ lb}/\text{ft}^2$ ). Μεγάλη ένταση αερισμού.

Επιστροφή αέρα μέσω ψευδοροφής.

Μερικές ενδεικτικές τιμές του ΣΨΦ για διάφορες χρονικές στιγμές μετά το άναμμα των φώτων δίνονται στον Πίνακα 4.9.1. Οι τιμές αυτές προέρχονται από αντίστοιχους λεπτομερειακούς και εκτεταμένους πίνακες του Fundamentals Handbook. Όπως φαίνεται από τις τιμές το ψυκτικό φορτίο πλησιάζει προς τη συνολική ισχύ των φώτων (δηλαδή ο ΣΨΦ προς το 1,0) όσο περισσότερες ώρες είναι αναμένα τα φώτα. Τα δύο μεγέθη (ισχύς φώτων - ψυκτικό φορτίο) θεωρούνται ίσα όταν τα φώτα είναι συνεχώς αναμένα, οπότε ο ΣΨΦ έχει την τιμή 1,0 για όλες τις χρονικές στιγμές. Την ίδια τιμή (1,0) θεωρείται ότι έχει ο ΣΨΦ και στην περίπτωση που η ψυκτική εγκατάσταση λειτουργεί μόνο, κατά τις ώρες χρήσεως του κλιματιζόμενου χώρου, γιατί όταν δεν λειτουργεί δεν απομακρύνει την αποθηκευμένη ενέργεια η οποία κατά την έναρξη λειτουργίας εμφανίζεται ως αυξημένο φορτίο. Οι μικρότερες από το 1,0 τιμές ισχύουν μόνο όταν η θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου διατηρείται σταθερή, δηλαδή όταν λειτουργεί συνέχεια η ψυκτική εγκατάσταση. Σημειώνεται ότι πέρα από τις κατηγορίες και υποκατηγορίες που ενδεικτικά αναφέρονται στον Πίνακα 4.9.1 υπάρχουν και άλλες πολλές που προκύπτουν από διαφορετικούς συνδυασμούς επιπλώσεων, δοκιμής κατασκευής, τύπου φωτιστικών και εντάσεως και τύπου αερισμού. Επίσης ως σύνολο ωρών λειτουργίας του φωτισμού στον Πίνακα 4.9.1 περιλαβαμε ενδεικτικά μόνο δύο σχετικά α-

πομακρυσμένες περιπτώσεις (8 ώρες και 14 ώρες) για να φανεί η διαφορά εξελίξεως των τιμών του Συντελεστή Ψυκτικού Φορτίου, δηλαδή πόσο περισσότερο πλησιάζει στη μονάδα (1,0) όταν οι ώρες λειτουργίας του φωτισμού αυξάνουν.

Για να υπολογισθεί τελικά το Ψυκτικό φορτίο από φώτα με βάση την εξίσωση 4.7 πρέπει να καθορισθεί και το περιεχόμενο από αυτά Θερμικό Κέρδος το οποίο βασικά, εξαρτάται από το είδος των φώτων. Έχομε λοιπόν:

$$\left[ \begin{array}{c} \text{Θερμικό Κέρδος} \\ \text{από φώτα σε} \\ \text{Btu/h} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{Ισχύς φωτισμού} \\ \text{σε Watt} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{Ειδικός} \\ \text{Συντελεστής} \end{array} \right] \times 3,41 \quad \frac{\text{Btu/h}}{\text{Watt}} \quad 4.8$$

όπου 3,41 είναι ο συντελεστής μετατροπής των Watt σε Btu/h. Ο ειδικός Συντελεστής έχει π.χ. την τιμή 1,0 για λάμπες πυρακτώσεως ενώ για λάμπες φθορισμού κυμαίνεται από 1,18 ως 1,30.

### Παράδειγμα.

Να καθορισθεί για τις 13.00 και 16.00 ώρα το απόγευμα το ψυκτικό φορτίο ενός χώρου που οφείλεται στο φωτισμό φθορίου του χώρου. Ο φωτισμός λειτουργεί από τις 8.00 το πρωί ως τις 16.00 το απόγευμα. Η ισχύς των λαμπτήρων είναι 1000 W και ο Ειδικός Συντελεστής τους 1,25. Ο χώρος έχει συνηθισμένη επίπλωση γραφείου, πλαστική επίστρωση πάνω από μπετόν τον 8 cm και μέση κυκλοφορία αέρα. Η ψυκτική εγκατάσταση λειτουργεί 24 ώρες.

### Λύση.

Από τις υποσημειώσεις του Πίνακα 4.9.1 φαίνεται ότι είμαστε στην Κατηγορία Β και Υποκατηγορία β. Ο φωτισμός λειτουργεί 8 ώρες και στις 13.00 και 19.00 το απόγευμα έχουν περάσει αντιστοίχως 5 και 11 ώρες από το άναμμα των φώτων. Επομένως οι Συντελεστές Ψυκτικού Φορτίου είναι (από τον Πίνακα 4.9.1, πρώτη γραμμή συντελεστών):

Ώρα 13.00 ( 5 ώρες μετά το άναμμα)  $\Sigma\text{ΨΦ} = 0,74$

Ώρα 19.00 (11 ώρες μετά το άναμμα)  $\Sigma\text{ΨΦ} = 0,23$

Από την εξίσωση (2) η παρεχόμενη προς τα φώτα ενέργεια είναι (σε Btu/h): Θερμικό κέρδος από φώτα (Btu/h) =  $(1000 \text{ Watt}) \times (1,25) \times (3,41 \text{ Btu/h/Watt}) = 4263 \text{ Btu/h}$ .

Άρα από την εξίσωση (1) θα έχομε για τις δυο διαφορετικές τιμές του ΣΨΦ:

Ώρα 13.00 Ψυκτικό φορτίο από φώτα =  $426 \times 0,74 = 3155 \text{ Btu/h}$  και

ώρα 19.00 Ψυκτικό φορτίο από φώτα =  $4263 \times 0,23 = 980 \text{ Btu/h}$

### 4.9.2 Ψυκτικά φορτία από ανθρώπους.

Η ταχύτητα με την οποία αποδίνεται η θερμότητα και η υγρασία από τα ανθρώπινα σώματα προς τον κλιματιζόμενο χώρο εξαρτάται από τη δραστηριότητα των ατόμων, το ντύσιμό τους και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Όπως είπαμε στην παράγραφο 4.3, η υγρασία που προστίθεται στον χώρο αποτελεί ουσιαστικά γι' αυτόν ένα Θερμικό κέρδος (**λανθάνουσα** θερμότητα) το οποίο πρέπει να αντιμετωπισθεί από την κλιματιστική εγκατάσταση και το οποίο με την **αισθητή** θερμότητα αποτελούν τη συνολική θερμότητα που αποδίνει το αν-

Θρώπινο σώμα. Αυτή η συνολική θερμότητα παρμένει σταθερή όταν η δραστηριότητα και η ενδυμασία του ατόμου παραμένουν σταθερά και αλλάζει μόνο η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του χώρου. Μεταβάλλεται όμως τότε η αναλογία της αισθητής προς την λανθάνουσα θερμότητα (μέσα στη σταθερή συνολική θερμότητα), δηλαδή όσο αυξάνει η θερμοκρασία του χώρου τόσο μειώνεται η αισθητή θερμότητα που αποδίνει το σώμα ενώ αυξάνεται ανάλογα η λανθάνουσα ώστε το σύνολο (αισθητή + λανθάνουσα) να παραμένει το ίδιο. Π.χ. με αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου κατά  $2^{\circ}\text{F}$  ( $1,1^{\circ}\text{C}$ ) η αισθητή θερμότητα θα μειωθεί  $8\%$  περίπου ενώ η λανθάνουσα θα αυξηθεί ανάλογα ώστε η συνολικά αποδινόμενη από το σώμα θερμότητα να παραμείνει σταθερή.

Τέλος, η συνολικά αποδινόμενη θερμική ενέργεια μεταβάλλεται με το φύλο και την ηλικία του ατόμου (όταν οι άλλοι παράγοντες παραμένουν σταθεροί). Έτσι οι ερευνητές του A.S.H.R.A.E. έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα, ότι η συνολικά αποδινόμενη ενέργεια από μια ενήλικη γυναίκα είναι το  $85\%$  από την αντίστοιχη ενέργεια του ενήλικου άνδρα, και ότι η ενέργεια από ένα παιδί (ανεξάρτητα από φύλο) είναι το  $75\%$  από την ενέργεια του ενήλικου άνδρα.

#### **ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9.2.**

**Θερμικό κέρδος από ανθρώπους ευρισκόμενους στον κλιματιζόμενο χώρο (σε Watts ανά διπλα)**

Βαθμός δραστηριότητας	Χώρος	Μέγιστο Συνολικό	Κανονικό Συνολικό	Αισθητό	Λανθάνον
Καθιστοί σε ανάπαυση	Θέατρα, Σινεμά	115	100	60	40
Καθιστοί, ελαφρή εργασία	Γραφεία, Ξενοδοχεία	185	150	75	75
Μέτριος χορός	Αίθουσα χορού	400	375	120	255
Βαριά εργασία	Εργοστάσιο	470	470	165	305
Αθλητισμός	Γυμναστήριο	585	525	185	340

Ο πίνακας 4.9.2 φαίνονται ενδεικτικά οι τιμές από τη συνολική (αισθητή και λανθάνουσα) θερμότητα για διάφορους βαθμούς δραστηριότητας των ατόμων και διάφορους χώρους, παράγοντες που προσδιορίζουν και το ντύσιμο των ατόμων καθώς και την αναλογία ανδρών, γυναικών και παιδιών μέσα στον χώρο. Στην πρώτη στήλη του πίνακα δίνεται το μέγιστο της συνολικά αποδινόμενης ανά άτομο ενέργειας (δηλαδή για ενήλικους άνδρες), ενώ στη δεύτερη στήλη η «κανονική» τιμή που είναι μικρότερη, γιατί λαμβάνει υπόψη της ότι τα ευρισκόμενα στον κλιματιζόμενο χώρο άτομα δεν είναι όλα ενήλικοι άνδρες. Οι τιμές της στήλης αυτής αναλύονται στις δύο επόμενες στήλες σε αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα. Η ανάλυση αυτή βασίσθηκε στην υπόθεση ότι η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου είναι  $78^{\circ}\text{F}$  ( $25,6^{\circ}\text{C}$ ). Όπως φαίνεται από τον πίνακα όσο αυξάνεται η δραστηριότητα τόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση του λανθάνοντος φορτίου από την αύξηση του αισθητού.

Η λανθάνουσα θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα μπορεί να θεωρηθεί ότι αμέσως προστίθεται στον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου και συνεπώς πρέπει να αντιμετωπισθεί ως άμεσο ψυκτικό φορτίο. Η αισθητή όμως θερμότητα δεν γίνεται όλη αμέσως ψυκτικό φορτίο, γιατί το σημαντικότερο τμήμα της ( $70\%$  περίπου) εκπέμπεται από το σώμα με τη μορφή ακτινοβολίας που πρώτα απορροφάται από

τα αντικείμενα που περιβάλλουν τον άνθρωπο, και μετά με κάποια καθυστέρηση η οποία εξαρτάται από τα θερμικά χαρακτηριστικά του χώρου αποδίνεται στον αέρα του χώρου. Σε κάθε χρονική στιγμή λοιπόν η αισθητή θερμότητα από ένα άτομο θα είναι η κατάλληλη τιμή του πίνακα 4.9.2 πόλλαπλασιασμένη με ένα συντελεστή μικρότερο από μονάδα, δηλαδή:

$$(Αισθητό Ψυκτικό Φορτίο) = (Αισθητό Θερμικό Κέρδος) \times (\Sigma\Phi).$$

Όπου  $\Sigma\Phi$  είναι ο Συντελεστής Ψυκτικού Φορτίου (μικρότερος από τη μονάδα) και εκφράζει τη χρονική καθυστέρηση που παρουσιάζει η μετατροπή του Αισθητού Θερμικού Κέρδους από ανθρώπους σε Αισθητό Ψυκτικό Φορτίο για τον κλιματιζόμενο χώρο: Αυτός ο συντελεστής είναι συνάρτηση του χρόνου που συνολικά το άτομο μένει μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο καθώς και του χρόνου που έχει περάσει από τη χρονική στιγμή της αρχικής εισόδου του απάντου στον χώρο. Ο πίνακας 4.9.3 περιλαμβάνει μερικές χαρακτηριστικές τιμές του  $\Sigma\Phi$ . Όπως φαίνεται από τον πίνακα, όσο οι άνθρωποι μένουν περισσότερο χρόνο μέσα σε ένα χώρο τόσο ο  $\Sigma\Phi$  μεγαλώνει· τόσο δηλαδή το Ψυκτικό Φορτίο αυξάνει. Παρατηρείται και εδώ και με τα φώτα, συνεπώς ισχύει και στην περίπτωση του Αισθητού Ψυκτικού Φορτίου από ανθρώπους μια καμπύλη παρόμοια με αυτή που δίνεται στον Πίνακα 4.9.1 για το Ψυκτικό Φορτίο από φώτα.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9.3.

**Συντελεστής ψυκτικού φορτίου ( $\Sigma\Phi$ , αδιάκοπες για υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου από ανθρώπους.**

Σύνολο ωρών παραμονής στον χώρο	Ώρες μετά την αρχική είσοδο στον χώρο						
	2	4	8	12	16	20	24
4	0,59	0,71	0,14	0,07	0,04	0,03	0,01
8	0,61	0,72	0,84	0,21	0,12	0,07	0,04
12	0,64	0,75	0,86	0,92	0,25	0,14	0,08
16	0,70	0,79	0,88	0,93	0,96	0,28	0,16

Οι τιμές του Πίνακα 4.9.3 προϋποθέτουν (όπως και για τον Πίνακα 4.9.1), ότι η θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου παραμένει σταθερή. Αν η θερμοκρασία αυτή μεταβάλλεται στη διάρκεια του 24ώρου (π.χ. όταν ο κλιματισμός δε λειτουργεί στη διάρκεια της νύχτας), τότε ο  $\Sigma\Phi$  λαμβάνεται ίσος με 1,0. Αυτό είναι απαραίτητο για την αντιμετώπιση κατά την αρχή της επαναλειτουργίας του κλιματισμού του αποθηκευμένου φορτίου που δεν απομακρύνθηκε κατά τη διάρκεια της μη λειτουργίας του. Επίσης όταν έχομε υψηλή πυκνότητα ανθρώπων, όπως π.χ. στα θέατρα, ο  $\Sigma\Phi$  λαμβάνεται πάλι 1,0, γιατί η ποσότητα της ακτινοβολίας προς τους τοίχους και τα έπιπλα είναι πολύ μικρή.

#### Παράδειγμα.

Να υπολογισθεί το συνολικό ψυκτικό φορτίο που προκαλείται από τους 10 υπαλλήλους ενός τραπεζικού υποκαταστήματος στις 13.00 όταν οι υπάλληλοι αντοί

εργάζονται από τις 9.00 μέχρι τις 17.00 (ώρες). Η θερμοκρασία χώρου είναι 25,5°C.

### **Λύση.**

Από τον Πίνακα 4.9.2: Λανθάνον ψυκτικό φορτίο = 75 Watts/άτομο και Αισθητό Θερμικό κέρδος = 75 W/άτομο.

Από τον πίνακα 4.9.2:  $\Sigma\Phi = 0,72$

Άρα: Αισθητό Ψυκτικό Φορτίο (εξίσωση (1)) =  $75 \times 0,72 = 54$  W/άτομο

Και συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη ότι έχομε 10 άτομα:

Συνολικό Ψυκτικό Φορτίο = (10) Λανθάνον Ψυκτικό Φορτίο + Αισθητό ψυκτικό φορτίο) =  $10 \times (75 + 54) = \underline{\underline{1290 \text{ Watts}}}$

### **4.9.3 Ψυκτικά φορτία από συσκευές.**

Τα φορτία αυτά είναι πολλές φορές και αισθητά και λανθάνοντα. Σε μερικές δε περιπτώσεις, όπως π.χ. στα εστιατόρια, αποτελούν ένα σημαντικότατο μέρος του συνολικού ψυκτικού φορτίου του χώρου και απαιτείται προσεκτικός υπολογισμός τους.

Οι κατασκευές δίνουν τις αποδόσεις των διαφόρων συσκευών και ανάλογα με τις συνθήκες τοποθετήσεως και χρησιμοποιήσεως καθορίζεται το Θερμικό Κέρδος (αισθητό, και λανθάνον, δταν υπάρχει) που προσφέρουν στον κλιματιζόμενο χώρο. Στη συνέχεια, με βάση πίνακες παρόμοιους με τον Πίνακα 5.9.2β, υπολογίζονται τα Ψυκτικά Φορτία από συσκευές τα οποία πρέπει να αντιμετωπίσει η κλιματιστική εγκατάσταση.

### **4.10 Ψυκτικά φορτία από αερισμό και διαπήδηση αέρα.**

Ο αέρας του κλιματιζόμενου χώρου αισθάνεται αμέσως το θερμικό κέρδος (αισθητό και λανθάνον) που προέρχεται από τον εισαγόμενο αέρα μέσω του συστήματος αερισμού ή μέσω των χαραμάδων και ανοιγμάτων του περιβλήματος του χώρου. Γι' αυτό και το Ψυκτικό Φορτίο εδώ είναι ακριβώς το ίδιο με το θερμικό αυτό κέρδος και δεν χρειάζονται συντελεστές ψυκτικού φορτίου για τον υπολογισμό του (όπως χρειάσθηκαν σε προηγούμενες περιπτώσεις).

Οι ποσότητες του αέρα που απαιτούνται για τον ικανοποιητικό αερισμό των διαφόρων χώρων (με βάση τις απαιτήσεις υγείας ή παραγωγικής διαδικασίας) δίνονται από πίνακες (βλέπε Κεφ. 1). Από πίνακες επίσης δίνονται οι ποσότητες του αέρα που θα εισέρχονται στον χώρο από τις χαραμάδες του και τα ανοίγματά του. Αφού λοιπόν πρώτα καθορίζεται η συνολική ποσότητα του εξωτερικού αέρα που εισέρχεται μέσα στον χώρο, το ψυκτικό φορτίο καθορίζεται από τις κατωτέρω εξισώσεις (σε Btu/h):

Αισθητό Ψυκτικό Φορτίο =  $(1,10) \times (\text{CFM}) \times (\Delta t)$

και Λανθάνον Ψυκτικό Φορτίο =  $(4840) + (\text{CFM}) \times (\Delta W)$

όπου: 1,10 και 4840 = σταθεροί συντελεστές για τις συνηθισμένες εφαρμογές

CFM = η ποσότητα του εισερχόμενου εξωτερικού αέρα

$\Delta t$  = η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού αέρα και

$\Delta W$  = η διαφορά σε υγρασία ( $W$  = μάζα υδρατμών ανά μονάδα μάζας ξηρού αέρα) μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού αέρα.

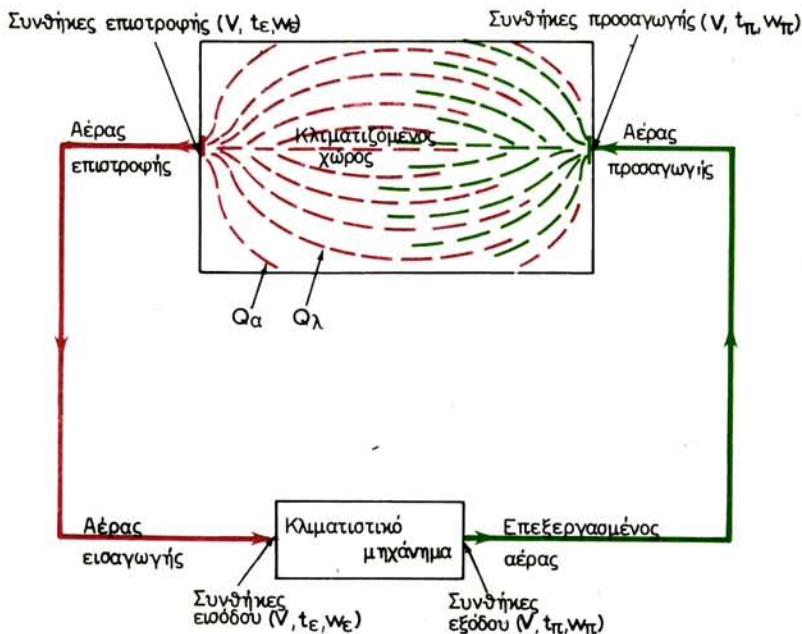
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### ΕΚΛΟΓΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ – ΨΥΧΡΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

#### 5.1 Απαιτούμενος αέρας προσαγωγής.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγράψαμε τα Θερμικά και Ψυκτικά φορτία που για διάφορες αιτίες αφαιρούνται ή προστίθενται στον αέρα ενός χώρου και τα οποία πρέπει να εξουδετερώνει το κλιματιστικό μηχάνημα ώστε η θερμοκρασία και υγρασία του χώρου να παραμένουν στα επιθυμητά επίπεδα. Για την επιλογή όμως του κατάλληλου μεγέθους κλιματιστικού μηχανήματος, λαμβάνεται υπόψη επίσης ότι μέρος από την ισχύ του μηχανήματος θα καταναλίσκεται για την υπερνίκηση απώλειών μέσα στο ίδιο το μηχάνημα καθώς και μέσα στα συστήματα που μεταφέρουν (αεραγωγοί, σωληνώσεις) την κλιματιστική ενέργεια του μηχανήματος στον κλιματιζόμενο χώρο. Έτσι σε κεντρικά Συστήματα Αέρα και Συστήματα Αέρα Νερού (βλέπε Κεφ. 3), επί πλέον θερμικά και ψυκτικά φορτία προστίθενται από τη θερμική ενέργεια που αποδίδουν οι ανεμιστήρες του συστήματος, από τις απώλειες ή τα κέρδη θερμότητας μέσω των τοιχωμάτων των αεραγωγών και από τη διαρροή αέρα μέσω των ενώσεων των αεραγωγών. Για τις πρόσθετες αυτές απώλειες δίνονται από πίνακες διάφορες τιμές σχετικές με το είδος των μηχανημάτων και συστημάτων μεταφοράς ενέργειας που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Για την απλοποίηση της αναπτύξεως του θέματος που θα κάνουμε εδώ υποθέτομε ότι οι πρόσθετες αυτές απώλειες είναι αμελητέες. Η υπόθεση αυτή ισχύει περισσότερο στην περίπτωση της μονάδας επεξεργασίας αέρα που βρίσκεται μέσα ή δίπλα στον κλιματιζόμενο χώρο. Άκομα, σε αυτό το επίπεδο της αναπτύξεως υποθέτομε ότι η κλιματιστική μονάδα ανακυκλοφορεί συνέχεια τον αέρα του χώρου χωρίς να προσθέτει νέο αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον (ο αερισμός δηλαδή του χώρου γίνεται με ανεξάρτητο σύστημα αερισμού που προσθέτει εξωτερικό αέρα απευθείας μέσα στον χώρο). Ο αέρας του χώρου (βλ. σχ. 5.1) αναρροφάται από τη μονάδα και υπόκειται, μέσα στη μονάδα, σε μια αλλαγή των συνθηκών του θερμοκρασίας και υγρασίας τέτοια ώστε όταν προσαχθεί (πάλι με τη βοήθεια της μονάδας) μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο να είναι ικανός, λόγω ακριβώς αυτών των διαφορετικών συνθηκών του, να απορροφήσει το ψυκτικό φορτίο που προστίθεται στον αέρα του χώρου από τις πηγές που περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έτσι ο αέρας του χώρου θα διατηρήσει τις επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Στην περίπτωση της θερμάνσεως ο αέρας που από την κλιματιστική μονάδα προσάγεται μέσα στον χώρο πρέπει να έχει τόσο επιπλέον θερμικό φορτίο από τον αέρα του χώρου όσο είναι το θερμικό φορτίο που ο αέρας του χώρου χάνει προς το περιβάλλον μέσω των τοίχων, των κουφωμάτων κλπ.

Η ταχύτητα της παραπάνω ανακυκλοφορίας του αέρα (σε  $m^3/h$  ή σε CFM) είναι



Σχ. 5.1.

Σχηματικό διάγραμμα κυκλοφορίας αέρα μεταξύ κλιματιζόμενου χώρου και κλιματιστικού μηχανήματος.

αυτή που προσδιορίζει το μέγεθος τού ανεμιστήρα της κλιματιστικής μονάδας, εξαρτάται δε βασικά από τους εξής παράγοντες:

- Από το θερμικό ή ψυκτικό φορτίο που πρέπει να μεταφέρθει με τον προσαγόμενο στον χώρο κλιματισμένο αέρα.
- Από τις μέγιστες ή ελάχιστες θερμοκρασίες που επιτρέπεται να έχει ο προσαγόμενος αέρας ώστε να μην ενοχλεί τους ευρισκομένους στον χώρο.
- Από την ποσότητα που πρέπει να έχει ο προσαγόμενος αέρας ώστε να μη δημιουργεί ρεύματα και να σαρώνει κατάλληλα το χώρο. Έτσι εξουδετερώνει όλα τα θερμικά ή ψυκτικά φορτία του χώρου.

Ο πρώτος παράγοντας προκύπτει από τους υπολογισμούς που περιγράφαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι άλλοι δύο εξαρτώνται από τις συνθήκες εφαρμογής (απασχόληση απόμων στρον χώρο, κυβισμός χώρου, ύψος οροφής κλπ) και δίνονται από σχετικούς πίνακες. Γενικά όμως γι' αυτούς ισχύουν τα παρακάτω όρια:

- Διαφορά θερμοκρασίας προσαγόμενου αέρα ( $t_{\pi}$ ) από θερμοκρασία χώρου ( $t_x$ ).

$$\text{Καλοκαίρι: } t_x - t_{\pi} \leq 13^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Χειμώνα: } t_{\pi} - t_x \leq 40^{\circ}\text{C}$$

- Ποσότητα προσαγόμενου αέρα ( $V$ ):

$$0,5 \leq V \text{ (σε CFM/ft}^2 \text{ επιφάνειας δαπέδου)} \leq 2,5$$

Η ταχύτητα ανακυκλοφορίας του αέρα είναι ίδια με την ποσότητα  $V$  του προσαγόμενου, αέρα ανά μονάδα χρόνου (δηλαδή  $m^3/h$  ή CFM). Η ποσότητα αυτή αέρα, επειδή η θερμοκρασία της διαφέρει από τη θερμοκρασία του χώρου, μεταφέρει μέσα στον χώρο (στη μονάδα του χρόνου) μια ποσότητα αισθητής θερμότητας (θετικής ή αρνητικής) που προκύπτει από τον παρακάτω τύπο και που ισούται με το αισθητό φορτίο του χώρου:

$$Q_a = 1,1 \cdot V \cdot \Delta t$$

5.1

όπου:  $Q_a$  είναι το αισθητό φορτίο του χώρου (όπως προκύπτει από το Κεφ. 4),  $Btu/h$ .

$V$  είναι η ποσότητα του προσαγόμενου αέρα, CFM.

$\Delta t$  είναι η διαφορά θερμοκρασίας αέρα προσαγωγής με αέρα χώρου, °F.

1,1 είναι σταθερός συντελεστής που εξαρτάται και από τις χρησιμοποιούμενες μονάδες (Αγγλικό Σύστημα).

Ο ίδιος αέρας, επειδή η υγρασία του διαφέρει από την υγρασία του αέρα του χώρου, μεταφέρει μέσα στον χώρο μια ποσότητα λανθάνουσας θερμότητας (θετικής ή αρνητικής) που ισούται με το λανθάνον φορτίο του χώρου και προκύπτει από τη σχέση:

$$Q_\lambda = 4840 \cdot V \cdot \Delta W$$

5.2

όπου:  $Q_\lambda$  είναι το λανθάνον φορτίο του χώρου (όπως προκύπτει από το Κεφάλαιο 4),  $Btu/h$ .

$V$  είναι η ποσότητα του προσαγόμενου αέρα, CFM.

$\Delta W$  είναι η διαφορά υγρασίας μεταξύ αέρα προσαγωγής και αέρα του χώρου (βάρος υδρατμών ανά μονάδα βάρους αέρα),  $lb/lb$  αέρα.

(4840) σταθερός συντελεστής που εξαρτάται και από τις χρησιμοποιούμενες μονάδες (Αγγλικό Σύστημα).

Οι εξισώσεις 5.1 και 5.2 προσδιορίζουν, θεωρητικά, το πρόβλημα της επιλογής του κατάλληλου κλιματιστικού μηχανήματος, δηλαδή **του μηχανήματος που θα μας παρέχει στον χώρο μια ορισμένη ποσότητα αέρα σε καθορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας**.

Επειδή οι εξισώσεις του προβλήματος είναι 2 και οι άγνωστοι είναι 3 ( $V$ ,  $\Delta t$ ,  $\Delta W$ ) θα πρέπει η οριστική επίλυσή του να προκύψει έπειτα από κάποιες δοκιμαστικές επιλύσεις που θα υποθέτουν κάποιες τιμές των  $\Delta t$  και  $V$  στα όρια που αναφέραμε προηγουμένως.

Το πρόβλημα απλοποιείται σημαντικά με τη χρήση του **Ψυχρομετρικού Χάρτη**.

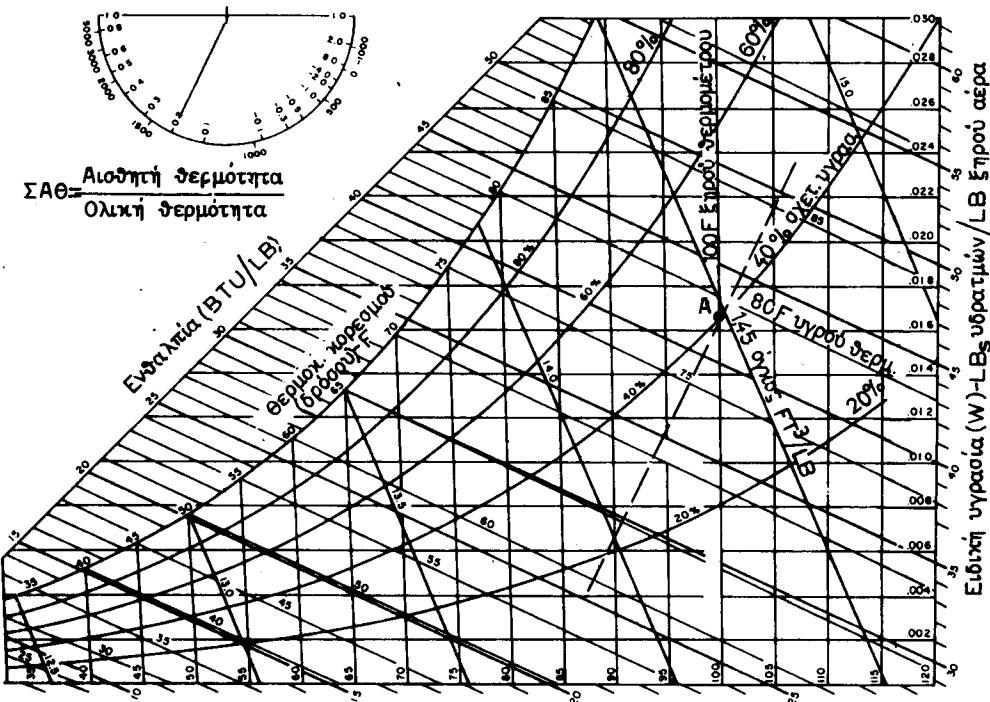
## 5.2 Ψυχρομετρικός Χάρτης.

Η Ψυχρομετρία ασχολείται με τον καθορισμό των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων του **υγρού αέρα**, δηλαδή του αέρα που περιέχει υδρατμούς και τη χρησιμοποίησή τους για την ανάλυση διαφόρων διαδικασιών στις οποίες σωμμετέχει ο αέρας. Τέτοια είναι η διαδικασία του κλιματισμού ενός χώρου που σημαίνει ρύθμιση των ιδιοτήτων του αέρα του χώρου με τη χρησιμοποίηση του κατάλληλου εξοπλισμού (κλιματιστικού μηχανήματος).

Τα μεγέθη και οι ορισμοί που αναφέρονται στις ιδιότητες του υγρού αέρα και που έχουν σχέση με τον κλιματισμό αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 1. Εδώ θα πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι η ποσότητα των υδρατμών στον υγρό αέρα μπορεί να μεταβάλλεται από μηδέν **ξηρός αέρας** μέχρι ένα μέγιστο σημείο το οποίο εξαρτάται από τη θερμοκρασία και πίεση του αέρα και στο οποίο παραδεχόμαστε ότι ο αέρας βρίσκεται σε κατάσταση **κορεσμού**. Σε αυτή την κατάσταση υπάρχει **ισορροπία** μεταξύ της φάσεως του υγρού αέρα και της φάσεως του συμπυκνωμένου νερού: Αν μειωθεί η θερμοκρασία του υγρού αέρα τότε μέρος των υδρατμών του θα συμπυκνωθούν, δηλαδή θα μεταπηδήσουν στην υγρή φάση.

Οι θερμοδυναμικές ιδιότητες του υγρού αέρα δίνονται με ακρίβεια σε λεπτομερείς πίνακες, των οποίων η χρήση για επίλυση προβλημάτων κλιματισμού θα ήταν πολύ δύσκολη και επίπονη. Για τον σκοπό αυτόν χρησιμοποιείται ο **Ψυχρομετρικός Χάρτης** ο οποίος αποτελεί μια γραφική παρουσίαση των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων του υγρού αέρα σε συντεταγμένες ενθαλπίας και ειδικής υγρασίας (χάρτης Mollier).

Η A.S.H.R.A.E. έχει αναπτύξει 5 ψυχρομετρικούς χάρτες για διαφορετικά υψόμετρα (δηλαδή πίεση αέρα) και διαφορετικές περιοχές θερμοκρασιών. Στις συνθηθισμένες εφαρμογές του κλιματισμού χρησιμοποιείται ο χάρτης 1 που είναι για κανονικές θερμοκρασίες (από 32°F μέχρι 120°F δηλαδή από 0°C μέχρι 49°C) και για κανονική πίεση, δηλαδή πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας (29,921 in Hg ή 760 mmHg). Στο σχήμα 5.2 φαίνεται μια ενδεικτική απεικόνιση του Ψυχρομετρικού χάρτη ο οποίος χρησιμοποιείται για την επίλυση των προβλημάτων κλιματισμού.



Σχ. 5.2.  
Ενδεικτική απεικόνιση ψυχρομετρικού χάρτη.

Στον Ψυχρομετρικό Χάρτη, όπως φαίνεται στο σχήμα, πέρα από τις συντεταγμένες Ενθαλπίας και Ειδικής Υγρασίας (οι οποίες δεν είναι σε ορθή γωνία), υπάρχουν καμπύλες σταθερής Σχετικής Υγρασίας και ευθείες σταθερής Θερμοκρασίας Ξηρού Θερμομέτρου, Θερμοκρασίας Υγρού Θερμομέτρου, Θερμοκρασίας Κορεσμού (ή Δρόσου) και Όγκου. Έτσι π.χ. ένα σημείο Α πάνω στον χάρτη αντιπροσωπεύει κατάσταση αέρα με τις εξής περίπου τιμές των παραπάνω μεταβλητών:

$$\text{Ενθαλπία} = 43,5 \text{ Btu/lb}$$

$$\text{Ειδ. Υγρασία} = 0,0175 \text{ lb υδρατμών/lb ξηρού αέρα}$$

$$\text{Σχετ. Υγρασία} = 40\%$$

$$\text{Θερμοκρ. Ξ.Θ.} = 100^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Θερμοκρ. Υ.Θ.} = 80^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Θερμοκρ. Δρόσου} = 72,5 \text{ F}$$

$$\text{Όγκος} = 14,5 \text{ Ft}^3/\text{lb}$$

Το ημικύκλιο στο αριστερό μέρος του χάρτη είναι χρήσιμο για να καθορισθεί η **κλίση της γραμμής μεταβολής καταστάσεως** του αέρα. Η κλίση αυτή εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ της αισθητής και της λανθάνουσας Θερμότητας οι οποίες προκαλούν τη μεταβολή καταστάσεως. Η σχέση αυτή καλείται **Συντελεστής Αισθητής Θερμότητας (ΣΑΘ)** και εκφράζεται ως ο λόγος της αισθητής προς την ολική θερμότητα (Ολική θερμότητα = Αισθητή + Λανθάνουσα). Έτσι, αν π.χ. σε αέρα που βρίσκεται στην κατάσταση Α του σχήματος 5.2 προστεθούν (ή αφαιρεθούν) αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα που βρίσκονται στη σχέση:

$$\Sigma\Delta\Phi = \frac{\text{Αισθητή Θερμότητα}}{\text{Αισθητή} + \text{Λανθάνουσα Θερμότητα}} = 0,2$$

τότε η κατάσταση του αέρα θα μεταβληθεί από την κατάσταση Α ακολουθώντας τη διακεκομένη παχιά γραμμή που είναι παράλληλη προς την αντίστοιχη γραμμή στο ημικύκλιο. Η κατεύθυνση που θα ακολουθήσει θα είναι προς τα επάνω, όταν τα φορτία προστίθενται στον αέρα της καταστάσεως Α, ή προς τα κάτω όταν τα φορτία αφαιρούνται. Βέβαια, αν ο παραπάνω λόγος του Αισθητού προς το Ολικό φορτίο ήταν 1,0 (δηλαδή ο αέρας απλώς θερμαίνονταν ή ψύχονταν χωρίς την προσθήκη ή αφαίρεση υγρασίας), τότε η πορεία αλλαγής καταστάσεως από την κατάσταση Α θα ήταν οριζόντια.

### 5.3 Επίλυση προβλημάτων κλιματισμού με τη βοήθεια του Ψυχρομετρικού Χάρτη.

Για να κλιματισθεί ένας χώρος όπως ήδη αναφέραμε, πρέπει να καθορισθούν:

- Η ποσότητα υγρού αέρα που πρέπει να παρέχεται στο χώρο και
- οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας στις οποίες πρέπει να βρίσκεται ο υγρός αέρας (συνθήκες προσαγωγής) για να μπορεί να απορροφά τις δεδομένες πο-

σότητες θερμικής ενέργειας και υγρασίας που προστίθενται ή αφαιρούνται από τον χώρο, και για να μπορεί να μακρύνεται με άλλες συγκεκριμένες συνθήκες (συνθήκες επιστροφής).

Το παραπάνω πρόβλημα απεικονίζεται σχηματικά στο σχήμα 5.1. Οι ποσότητας  $Q_a$  και  $Q_\lambda$  αντιπροσωπεύουν το αισθητό θερμικό κέρδος και το λανθάνον θερμικό κέρδος (υγρασία) του χώρου τα οποία προέρχονται από όλες τις δυνατές πηγές (εξωτερικά φορτία, φώτα κ.λ.π) όπως περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 4. Οι Συνθήκες Προσαγωγής είναι  $V, t_p, W_p$  και οι Συνθήκες Επιστροφής  $V, t_e, W_e$ . Εφόσον ο αέρας, πηγαίνοντας από τις Συνθήκες προσαγωγής στις Συνθήκες Επιστροφής, θα απορροφήσει τα φορτία  $Q_a$  και  $Q_\lambda$ , θα ακολουθήσει, όπως εξηγήσαμε στην προηγούμενη παράγραφο 5.2, τη γραμμή μεταβολής καταστάσεως που καθορίζεται από τον συντελεστή ΣΑΦ. Αφού τραβήξομε τη γραμμή αυτή πάνω στον ψυχρομετρικό χάρτη, ξεκινώντας από μια δεδομένη κατάσταση του αέρα επιστροφής (που θα είναι περίπου ίδια με την επιθυμητή κατάσταση του αέρα του χώρου), βρίσκομε την κατάσταση του αέρα προσαγωγής όταν έχομε καθορίσει μια από τις τρεις μεταβλητές του (σύμφωνα με τους περιορισμούς που αναπτύχθηκαν στην παράγρ. 5.1).

Η μέθοδος αυτή γίνεται πλήρως κατανοητή με το παράδειγμα που ακολουθεί.

### Παράδειγμα.

Ένας χώρος έχει αισθητό και λανθάνον ψυκτικό φορτίο 50.000 Btu/h και 20.000 Btu/h., αντιστοίχως και πρέπει να διατηρείται σε θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου 80F (26,7°C) και σχετική υγρασία 50%.

Να ευρεθούν η ποσότητα, η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου και η σχετική υγρασία του αέρα που πρέπει να προσάγεται στον χώρο από το κλιματιστικό μηχάνημα.

### Λύση.

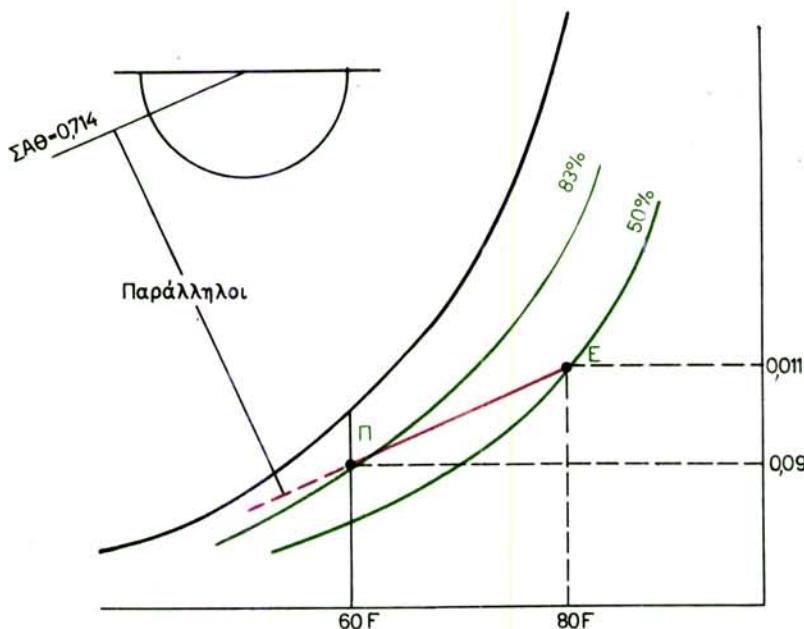
Υποθέτοντας ότι η κατάσταση του αέρα του χώρου ταυτίζεται με την κατάσταση του αέρα επιστροφής, προσδιορίζουμε πάνω στον ψυχρομετρικό χάρτη (βλ. σχήμα 5.3) το σημείο Ε που χαρακτηρίζει τις συνθήκες του αέρα επιστροφής (80F και 50% υγρασία). Από τη σχέση:

$$\Sigma\text{ΑΘΙ} = \frac{50.000}{50.000 + 20.000} = 0,714$$

προσδιορίζουμε την κλίση της γραμμής μεταβολής καταστάσεως πάνω στο ημικύκλιο. Από το σημείο Ε φέρνομε την παράλληλό της και έτσι έχομε τη γραμμή μεταβολής καταστάσεως του αέρα από την κατάσταση Ε προς τα αριστερά αφού πρόκειται για θέρμανση του αέρα προσαγωγής που θα μας φέρει στην κατάσταση Ε. Για να προσδιορίσουμε το σημείο Π πάνω στη γραμμή μεταβολής, υποθέτομε ότι μια ανεκτή θερμοκρασία του αέρα παροχής θα ήταν η θερμοκρασία των 60F (15,6°C). Έτσι βρίσκομε το Π παίρνοντάς το ως σημείο που συναντώνται η ευθεία της θερμοκρασίας των 60F ξηρού θερμομέτρου με την γραμμή μεταβολής καταστάσεως. Από το σημείο Π περνά η καμπύλη του 75% σχετικής υγρασίας. Έτσι λοιπόν η κατάσταση του αέρα προσαγωγής θα είναι:

θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου ( $t_p$ ) = 60F (15,6°C)

σχετική υγρασία = 83%



**Σχ. 5.3.**  
Σχηματική λύση του παραδείγματος της παραγράφου 5.3.

Από τον Ψυχρομετρικό Χάρτη προκύπτουν επίσης οι Ειδικές Υγρασίες για τις δύο καταστάσεις του αέρα:

$$W_E = 0,011 \text{ lb υδρατμών/lb ξηρού αέρα}$$

$$W_\pi = 0,0092 \text{ lb υδρατμών/lb ξηρού αέρα}$$

Με βάση τα δεδομένα του προβλήματος και τα στοιχεία που προσδιορίσαμε με τη βοήθεια του Ψυχρομετρικού Χάρτη, χρησιμοποιούμε την εξίσωση 5.1. της παραγράφου 5.1 για να υπολογίσουμε την ποσότητα του αέρα  $V$  (σε CFM) και κατόπιν την εξίσωση 5.2 για να υπολογίσουμε την ίδια ποσότητα προς επαλήθευση:

Από εξίσωση (5.1)

$$Q_a = 1,1 \cdot V \cdot \Delta t$$

$$\text{ή} \quad V = \frac{Q_a}{1,1 \cdot \Delta t} = \frac{Q_a}{1,1 \cdot (t_E - t_\pi)}$$

$$\text{ή} \quad V = \frac{50.000}{1,1 \cdot (80 - 60)} = \frac{50.000}{1,1 \times 20}$$

ή

$$V = 2273 \text{ CFM}$$

Από εξίσωση (5.2.)

$$Q_\lambda = 4840 \cdot V \cdot \Delta W$$

$$\text{ή} \quad V = \frac{Q_\lambda}{4840 \cdot \Delta W} = \frac{Q_\lambda}{4840 \cdot (W_E - W_N)}$$

$$\text{ή} \quad V = \frac{20000}{4840 \cdot (0,011 - 0,0092)} = \frac{20.000}{4840 \times 0,0018}$$

ή

$$V = 2296 \text{ CFM.}$$

Δηλαδή περίπου η τιμή που προέκυψε από την εξίσωση 5.1. Όλες οι τιμές άλλωστε που προσδιορίζονται με γραφικό τρόπο από τον Ψυχρομετρικό Χάρτη είναι προσεγγιστικές. Λαμβάνεται:

$$V = 2300 \text{ CFM}$$

Άρα τα απαιτούμενα στοιχεία για τον αέρα παροχής είναι:

- Όγκος (παροχή) = 2300 CFM
- Θερμοκρασία Ξ.Θ. = 60 F (15,6°C)
- Σχετική Υγρασία = 83%
- (ή Ειδική Υγρασία = 0,0092 lb υδρατμών/lb ξηρού αέρα)

### **Σημείωση.**

Ενώ ο αέρας παροχής φαίνεται να έχει πολύ ψηλότερη σχετική υγρασία, 83% έναντι 50% του αέρα επιστροφής, στην θραγματικότητα περιέχει λιγότερους υδρατμούς, 0,0092 έναντι 0,011 lb/lb του αέρα επιστροφής.

### **5.4 Εκλογή κλιματιστικού μηχανήματος.**

Όπως φαίνεται από το σχήμα 5.1 υπάρχει η εξής αντιστοιχία των συνθηκών του αέρα που περνά από τον κλιματιζόμενο χώρο και του αέρα που περνά από το κλιματιστικό μηχάνημα (θεωρούμε αμελητέες τις απώλειες στους ενδιάμεσους αεραγωγούς):

$$\begin{aligned} \left[ \begin{array}{l} \text{ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΕΡΑ} \\ \text{ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΑΠΟ} \\ \text{ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟ ΧΩΡΟ} \end{array} \right] &= \left[ \begin{array}{l} \text{ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΕΡΑ} \\ \text{ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ} \\ \text{ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΜΗΧΑΝΗΜΑ} \end{array} \right] \\ \text{και} \\ \left[ \begin{array}{l} \text{ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΕΡΑ} \\ \text{ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟΝ} \\ \text{ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟ ΧΩΡΟ} \end{array} \right] &= \left[ \begin{array}{l} \text{ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΕΡΑ} \\ \text{ΕΞΟΔΟΥ ΑΠΟ} \\ \text{ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΜΗΧΑΝΗΜΑ} \end{array} \right] \end{aligned}$$

Με τον προσδιορισμό των συνθηκών του αέρα που περνά από τον κλιματιζόμενο χώρο, προσδιορίσαμε και τις συνθήκες εισόδου και εξόδου αέρα από το κλιματιστικό μηχάνημα. Άρα γνωρίζομε τι δουλειά πρέπει να κάνει το μηχάνημα και συνεπώς μπορούμε να το επιλέξουμε από τους πίνακες των διαφόρων κατασκευαστών. Για παραδείγματα επιλογής κλιματιστικών μηχανημάτων βλέπε στα Κεφάλαια του βιβλίου τα σχετικά με τους διάφορους τύπους μηχανημάτων κλιματισμού.

---

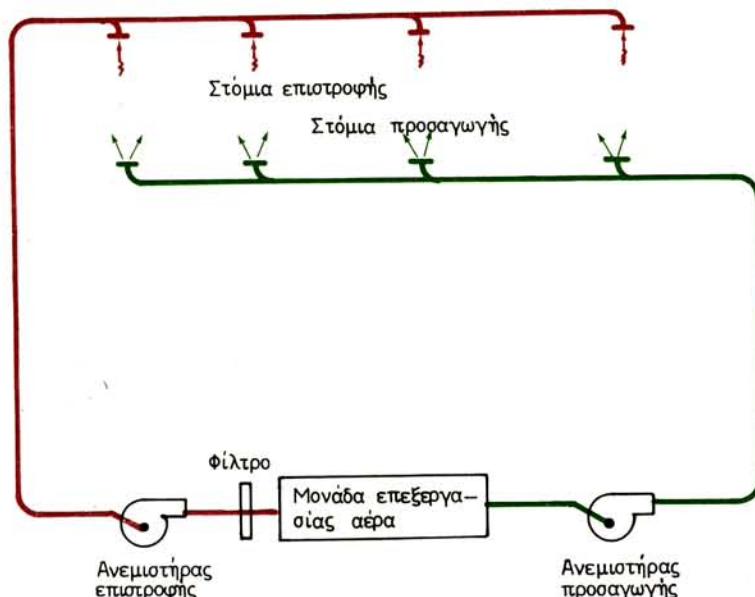
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΕΡΑ

### 6.1 Γενικά.

Ένα πλήρες δίκτυο διανομής αέρα αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία:

- Τους αεραγωγούς.
- Τα στόμια προσαγωγής και απαγωγής του αέρα.
- Τα φίλτρα αέρα.
- Τον ή τους ανεμιστήρες.

Ένα τυπικό τέτοιο δίκτυο απεικονίζεται στο σχήμα 6.1. Οι δύο ανεμιστήρες συνηθίζονται στα μεγαλύτερα δίκτυα, στα μικρότερα υπάρχει ένας ο οποίος τις περισσότερες φορές, περιλαμβάνεται μαζί με το φίλτρο μέσα στη μονάδα επεξεργασίας αέρα. Αν η μονάδα αυτή παραλειφθεί από τό σχηματικό διάγραμμα του σχήματος 6.1, τότε το δίκτυο διανομής αέρα δεν αφορά κλιματιστική εγκατάσταση, αλλά απλώς εγκατάσταση αερισμού. Στην τελευταία περίπτωση το δίκτυο διανομής αέρα είναι πολύ απλούστερο από άποψη κατασκευής, μονώσεων κλπ.



Σχ. 6.1.  
Σχηματικό διάγραμμα τυπικού δίκτυου διανομής αέρα.

## 6.2 Αεραγωγοί.

Για να σχεδιασθεί ένα αποδοτικό σύστημα αεραγωγών πρέπει να ληφθούν υπόψη:

### **α) Ο διαθέσιμος χώρος τοποθετήσεως των αεραγωγών.**

Αυτός ο περιορισμός μπορεί να επηρεάζει τη μορφή των αεραγωγών (օρθογωνική, κυκλική κλπ), τις διαστάσεις των αεραγωγών, τις μονώσεις, τις αντιστάσεις ροής του αέρα στο σύστημα, τη δυνατότητα τοποθετήσεως ρυθμιστικών οργάνων ροής (τάμπερ) κλπ.

### **β) Τα σημεία των κλιματιστικών χώρων στα οποία πρέπει να φτάσει ο αέρας.**

Η διαφορά πιέσεως μεταξύ του ευμενέστερου και του δυσμενέστερου σημείου πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μπορεί να καλυφθεί από τα συνηθισμένα ρυθμιστικά όργανα ροής.

### **γ) Τα επίπεδα θορύβου.**

Οι ταχύτητες του αέρα στους αεραγωγούς και η κατασκευή των αεραγωγών (πάχος τοιχωμάτων, ενώσεις, καμπύλες, ηχητικές μονώσεις κλπ.), πρέπει να είναι τέτοια ώστε να περιορίζεται ο ενοχλητικός θόρυβος.

### **δ) Οι αντιστάσεις ροής.**

Πρέπει να μπορούν να αντιμετωπισθούν από τους υπάρχοντες στο εμπόριο ανεμιστήρες.

### **ε) Οι απώλειες αέρα και θερμότητας.**

Η κατασκευή του συστήματος αεραγωγών (ενώσεις μεταξύ των διαφόρων τμημάτων, μονώσεις κλπ.), πρέπει να είναι τέτοια ώστε να περιορίζονται στο ελάχιστο οι απώλειες από σχισμές (απώλειες αέρα) και οι απώλειες από τοιχώματα (απώλειες θερμότητας). Η πρώτη περίπτωση (σχισμές) είναι θέμα περισσότερο επιμέλειας κατά την κατασκευή παρά επί πλέον δαπάνης, η δεύτερη (μονώσεις) είναι βασικά, ζήτημα δαπάνης. Πρέπει να βρεθεί η «χρυσή τομή», δηλαδή το **συμφερότερο πάχος και είδος μονώσεως** ώστε να έχομε τον μέγιστο δυνατό περιορισμό απώλειών θερμότητας με το ελάχιστο δυνατό κόστος εγκαταστάσεως και συντηρήσεως της μονώσεως.

Οποιοδήποτε σύστημα αεραγωγών για τη μελέτη και κατασκευή του ωποίου δεν έχει ληφθεί υπόψη κάποιος από τους περιορισμούς που αναφέραμε, μπορεί όχι μόνο να μην ικανοποιεί τις απαιτούμενες ανάγκες, αλλά και να είναι πολύ δαπανηρό στην κατασκευή ή στη λειτουργία του ή και στα δύο μαζί. Μία ιδανική μελέτη συστήματος αεραγωγών είναι αυτή που καταλήγει στο μικρότερο κόστος εγκαταστάσεως και λειτουργίας λαμβάνοντας συγχρόνως υπόψη όλους τους παραπάνω περιορισμούς.

### **6.2.1 Αντιστάσεις στη ροή του αέρα μέσα από αγωγούς.**

Το συνηθισμένο υλικό που χρησιμοποιείται στην κατασκευή αεραγωγών είναι η

γαλβανισμένη λαμαρίνα. Επίσης χρησιμοποίεται και πλαστικό υλικό, κυρίως για κυκλικούς αγωγούς μικρής διατομής.

Οι πιο συνηθισμένες διατομές αγωγών είναι οι ορθογώνιες, γιατί κυρίως εξυπηρετούν καλύτερα την αρχιτεκτονική δομή του χώρου και παρουσιάζουν περισσότερη έυκολία στις ενώσεις, παρόλο που οι κυκλικοί αεραγωγοί παρουσιάζουν λιγότερες τριβές και είναι οικονομικότεροι στην κατασκευή τους (λιγότερο υλικό για το ίδιο μήκος αεραγωγού και την ίδια ποσότητα μεταφερόμενου αέρα). Οι κυκλικές διατομές συνηθίζονται στα δίκτυα διανομής που χρησιμοποιούν μεγάλες ταχύτητες αέρα, καθώς και στους μικρούς εύκαμπτους αγωγούς. Τέλος σε μερικές εφαρμογές (κυρίως σε πλόғια) συναντάμε και ελλεπτικούς (οβάλ) αεραγωγούς.

Η ροή του αέρα μέσα σε αγωγούς συναντά αντιστάσεις οι οποίες συντελούν στο να χάσει ο αέρας μέρος από τη μηχανική του ενέργεια. Οι αντιστάσεις αυτές είναι δύο ειδών:

— Αντιστάσεις τριβής (λόγω τριβής του αέρα στα τοιχώματα του αγωγού).

— Δυναμικές ή τοπικές αντιστάσεις (λόγω διόδου του αέρα από αλλαγές διατομής ή κατεύθυνσεως του αγωγού, καθώς και από διάφορα εξαρτήματα — ρυθμιστές ροής κλπ. όπου προκαλείται αναταραχή στην ομαλή ροή του αέρα).

Για τη μείωση των αντιστάσεων αυτών εφαρμόζονται οι εξής κανόνες:

α) Στους ορθογωνικούς αεραγωγούς επιδιώκεται ο λόγος των πλευρών της διατομής τους να είναι όσο γίνεται πλησιέστερα στο 1:1, γιατί ο λόγος αυτός έχει λιγότερες τριβές και είναι ο οικονομικότερος. Γενικά, για λόγους τριβών, οικονομίας αλλά και θορύβου, αποφεύγονται οι ορθογωνικοί αεραγωγοί με λόγο πλευρών μεγαλύτερο από 3:1.

β) Στα σημεία που αλλάζει η διατομή του αεραγωγού, η κλίση μεταβάσεως από τη μια διάσταση στην άλλη επιδιώκεται να είναι πολύ ομαλή, συνήθως 1:7 (σχ. 6.2α) και πάντως όχι περισσότερο από 1:4.

γ) Στα σημεία που αλλάζει η κατεύθυνση του αεραγωγού, χρησιμοποιούνται ομαλές καμπύλες ή όπου αυτό δεν είναι δυνατό, τοποθετούνται πτερύγια κατεύθυνσεως (σχ. 6.2α).

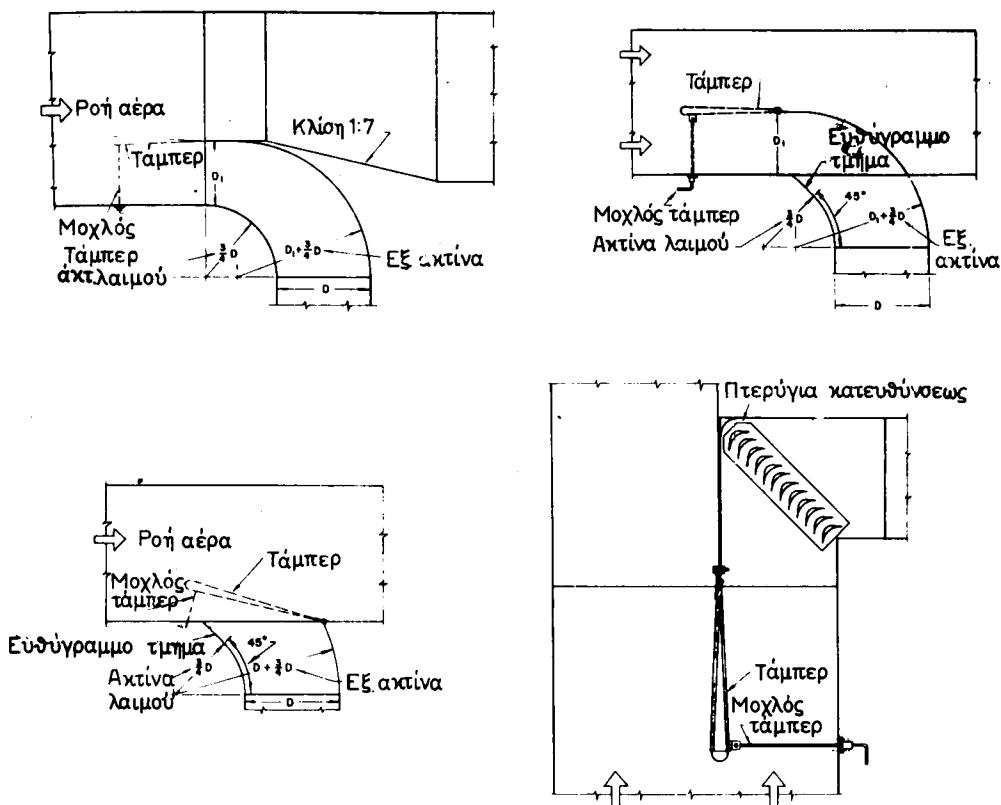
δ) Τέλος ιδιαίτερη προσοχή αποδίδεται στα σημεία εκκινήσεως του αεραγωγού από τον ανεμιστήρα ή την κλιματιστική μονάδα ώστε να είναι ομαλή η ροή του αέρα και να περιορίζονται οι αντιστάσεις (σχ. 6.2β).

Η απώλεια της μηχανικής ενέργειας του αέρα λόγω των αντιστάσεων που συναντά (απώλεια που μετατρέπεται σε θερμότητα προς τα τοιχώματα και τον ίδιο τον αέρα) συνεπάγεται τη μείωση της συνολικής πιέσεως του αέρα. Η **ολική πίεση** που έχει ο αέρας σε κάθε σημείο του αεραγωγού είναι άθροισμα δύο πιέσεων:

$$P_{\text{ολ}} = P_{\text{στ}} + P_{\text{ταχ}} \quad 6.1$$

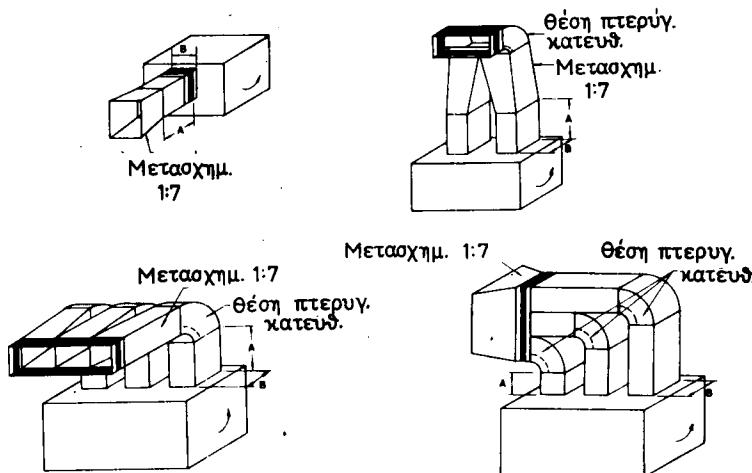
όπου:  $P_{\text{στ}}$  είναι η **στατική πίεση** και οφείλεται στη μάζα του αέρα που πιέζει τα τοιχώματα του αεραγωγού  
και  $P_{\text{ταχ}}$  είναι η **πίεση ταχύτητας** που οφείλεται στην ταχύτητα του αέρα και έχει κατεύθυνση προς την κατεύθυνση κινήσεως του αέρα.

Το άθροισμα  $P_{\text{στ}} + P_{\text{ταχ}}$  θα παρέμενε σταθερό αν δεν υπήρχαν απώλειες ένέργειας στον αεραγωγό. Δηλαδή κατά την πορεία του αέρα μέσα σε ένα αγωγό μεταβαλλόμενης διατομής, οι  $P_{\text{στ}}$  και  $P_{\text{ταχ}}$  θα αυξομειώνονταν ανάλογα ώστε το



Σχ. 6.2α.

Αλλαγές διατομής και κατευθύνσεως ορθογωνικών αεραγωγών.

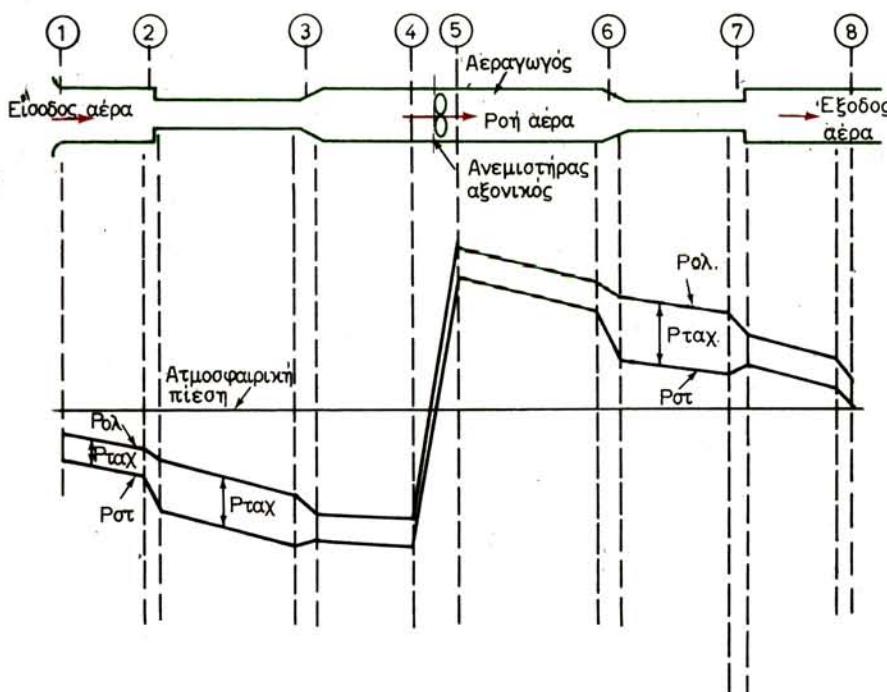


Σχ. 6.2β.

Σύνδεση αεραγωγού στα στόμια αναχωρήσεως ανεμιστήρων και κλιματιστικών μονάδων.

άθροισμά τους να παραμένει σταθερό. Αν π.χ. αυξάνονταν η διατομή, η  $P_{\text{ταχ}}$  θα μειώνονταν (λόγω μειώσεως της ταχύτητας) ενώ η  $P_{\text{στ}}$  θα αυξάνονταν ανάλογα ώστε η  $P_{\text{ολ}}$  να παραμένει σταθερή (όπως απαιτεί η εξίσωση Bernoulli). Στην πραγματικότητα όμως, λόγω των απωλειών τριβών και των δυναμικών απωλειών (που αναφέρθηκαν πιο πάνω), ενώ η  $P_{\text{ταχ}}$  συνεχίζει να μεταβάλλεται σύμφωνα μόνο με την ταχύτητα, η  $P_{\text{στ}}$  δεν ακολουθεί κατά ανάλογο τρόπο με αποτέλεσμα η  $P_{\text{ολ}}$  να μειώνεται. Παραστατικά αυτό φαίνεται στο σχήμα 6.2γ. Επίσης από το σχήμα φαίνεται ότι η  $P_{\text{ταχ}}$  η οποία αντιπροσωπεύει τη διαφορά τιμών των γραμμών  $P_{\text{ολ}}$  και  $P_{\text{στ}}$ , παραμένει σταθερή κατά την πορεία του αέρα στα σταθερής διατομής τμήματα του αεραγωγού, δηλαδή οι γραμμές  $P_{\text{ολ}}$  και  $P_{\text{στ}}$  είναι παράλληλες σε αυτά τα τμήματα. Αυτό βέβαια συμβαίνει, γιατί η ταχύτητα του αέρα στα τμήματα σταθερής διατομής παραμένει σταθερή αφού στην εξίσωση 6.2 ροής του αέρα μέσα από αγωγούς οι υπόλοιπες από τις μεταβλητές της εξίσωσεως (παροχή και διατομή) παραμένουν σταθερές.

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Παροχή αέρα} \\ \text{στη μονάδα} \\ \text{του χρόνου} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{l} \text{Διατομή} \\ \text{Αεραγωγού} \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{l} \text{Ταχύτητα} \\ \text{αέρα} \end{array} \right] \quad 6.2$$



Σχ. 6.2γ.

Μεταβολή πιέσεων κατά τη ροή αέρα σε αγωγούς.

Δηλαδή αν τελικά η διατομή (5) εξόδου του αέρα από τον ανεμιστήρα και η διατομή (8) εξόδου από τον αεραγωγό είναι ίδιες, οι ταχύτητες, και συνεπώς και οι  $P_{\text{ταχ}}$  στις δύο διατομές θα είναι ίδιες. Άρα η  $P_{\text{ταχ}}$  δεν μειώθηκε καθόλου ενώ η

$P_{\text{στ}}$ , λόγω των απωλειών στον αεραγωγό, μειώθηκε από μία μέγιστη τιμή στο σημείο (5) στην τιμή 0 στο σημείο εξόδου από τον αεραγωγό.

Συμπερασματικά: *Οι απώλειες της  $P_{\text{στ}}$  ολ αφορούν μόνο την  $P_{\text{στ}}$  και όχι την  $P_{\text{ταχ}}$*

### 6.2.2 Υπολογισμός των ανποστάσεων τριβών.

Οι αντιστάσεις τριβών οφείλονται στο ίξωδες του αέρα, συμβαίνουν σε όλο το μήκος του αγώγου και εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες:

- Από την παροχή και την ταχύτητα του αέρα.
- Από τη διατομή και το μήκος του αεραγωγού.
- Από το βαθμό λειάνσεως της εσωτερικής επιφάνειας του αεραγωγού.

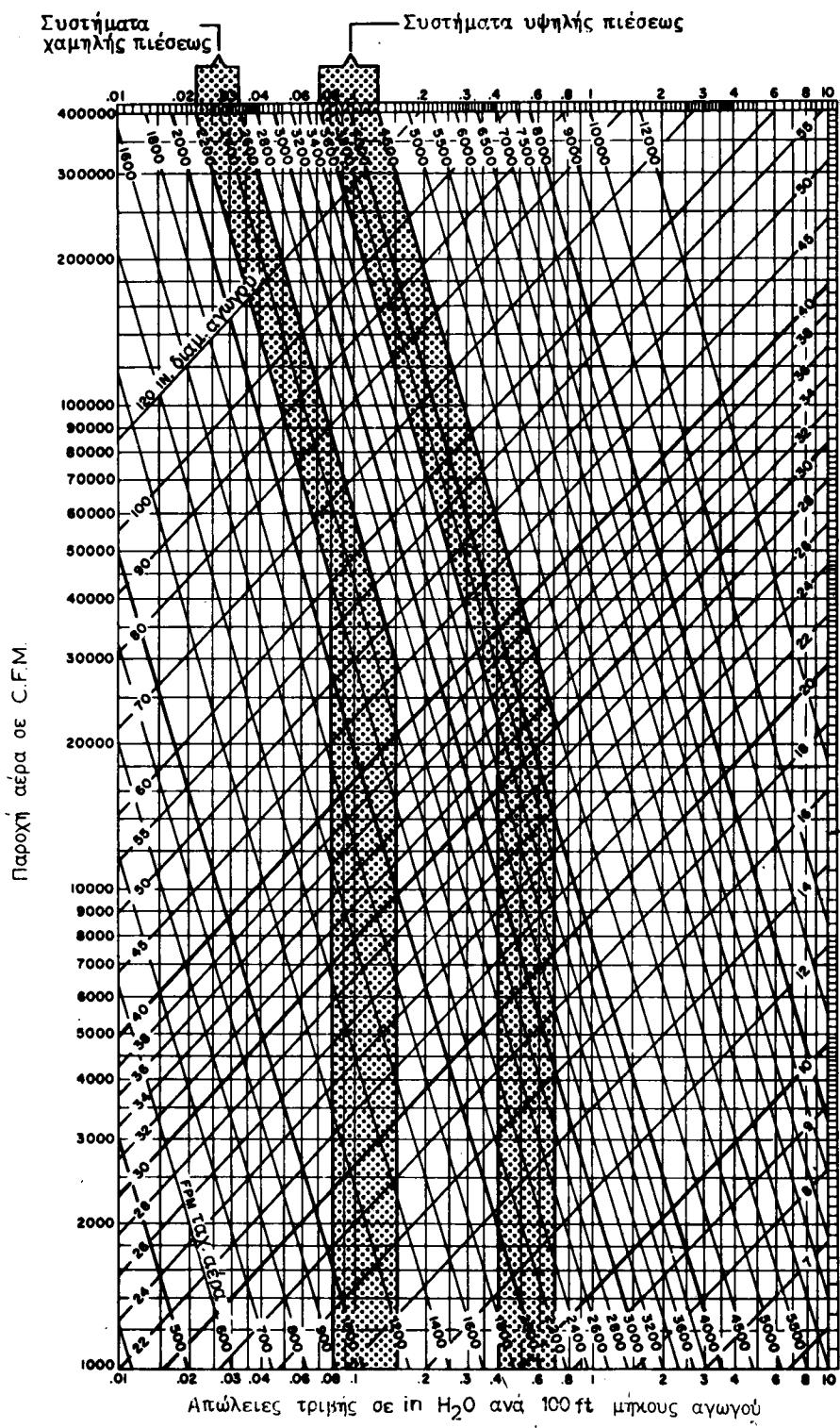
Η αντίσταση τριβής για ένα ευθύγραμμο τμήμα μήκους 100 ft κυκλικού αεραγωγού από καθαρή γαλβανισμένη λαμαρίνα με 40 περίπου ενώσεις ανά 100 ft, δίνεται από το νομογράφημα του σχήματος 6.2δ σε συνάρτηση με την παροχή και ταχύτητα του αέρα καθώς και με τη διάμετρο του αεραγωγού. Το νομογράφημα ισχύει για «Πρότυπο αέρα» (0,075 lb/ft<sup>3</sup>), θερμοκρασία μεταξύ 50 και 90F και παροχές 1000 έως 400.000 CFM. Για μεγαλύτερες παροχές αέρα χρησιμοποιείται άλλο νομογράφημα.

Για να χρησιμοποιήσουμε το νομογράφημα του σχήματος 6.2 δ σε ορθογωνικό αγώγο τον «μετατρέπομε» σε κυκλικό· βρίσκομε δηλαδή με τη βοήθεια του Πίνακα 6.2.1 τη διάμετρο του κυκλικού αγώγου ο οποίος μεταφέρει την ίδια ποσότητα αέρα και αντίσταση τριβής (Διαστάσεις σε ίντσες).

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.1.

Διάμετρος (δ) κυκλικής διατομής ισοδύναμης με ορθογωνική διατομή (α x β) για την ίδια παροχή αέρα και αντίσταση τριβής (Διαστάσεις σε ίντσες).

Πλευρές Ορθογωνικής Διατομής $\beta \alpha \rightarrow \downarrow$	$\sigma$										
	4	4,5	5	6	8	10	14	18	24	46	76
4	3,8										
4,5	4,6	4,9									
5	4,9	5,2	5,5								
6	5,3	5,6	6,0	6,6							
7	5,7	6,1	6,4	7,1							
8	6,1	6,5	6,9	7,5	8,8						
9	6,7	6,9	7,3	8,0	9,3						
10	6,8	7,2	7,6	8,4	9,8	10,9					
12	7,3	7,8	8,3	9,1	10,7	11,1					
14	7,8	8,4	8,9	9,8	11,5	12,9	15,3				
16	8,3	8,9	9,4	10,4	12,2	13,7	16,3				
18				11,0	12,9	14,5	17,3	19,7			
20				11,5	13,5	15,2	18,2	20,7			
24				12,4	14,6	16,6	19,8	22,6	36,2		
28				13,2	15,6	17,7	21,3	24,4	28,2	38,9	
32				14,0	16,5	18,8	22,7	26,0	30,1	41,7	52,7
36				14,7	17,4	19,8	23,9	27,4	32,0	44,3	56,3
40				15,3	18,2	20,7	25,1	28,8	33,6	46,8	59,5
50				16,8	19,9	22,7	27,6	31,8	37,3	52,3	67,0
60				18,1	21,4	24,5	29,8	34,5	40,4	57,1	73,6
70				19,2	22,8	26,1	31,8	36,8	43,3	61,7	79,6
80									46,0	65,7	85,2
90									49,5	71,5	93,0



Σχ. 6.26.

Νομογράφημα υπολογισμού απώλειών τριβής σε κυκλικούς αγωγούς αέρα.

ρα και παρουσιάζει την ίδια αντίσταση τριβής. Με αυτή τη διάμετρο χρησιμοποιούμε το σχήμα 6.2 δ και υπολογίζομε την αντίσταση τριβής.

Το νομογράφημα του σχήματος 6.2 δ λύνει τα περισσότερα προβλήματα κλιματισμού. Για συνθήκες όμως διαφορετικές από αυτές για τις οποίες ισχύει το νομογράφημα (διαφορετική πυκνότητα ή ιξώδες αέρα και διαφορετικό βαθμό λειάνσεως αγωγού) δίνονται από πίνακες διάφοροι συντελεστές διορθώσεως.

Τελικά, για ένα οποιοδήποτε μήκος  $L$  αεραγωγού με σταθερή διάμετρο η πτώση πιέσεως λόγω τριβών θα προκύπτει από τη σχέση:

$$\Delta P_{tr} = K \cdot L \cdot \frac{\Delta p_{tr}}{100} \quad 6.3$$

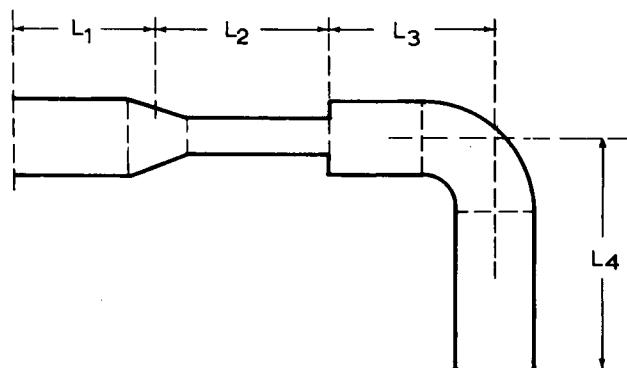
όπου  $\Delta P_{tr}$  είναι η τριβή για μήκος αεραγωγού  $L$ .

$\Delta p_{tr}$  είναι η τριβή από το νομογράφημα του σχήματος 6.2δ.

$L$  είναι το μήκος του αεραγωγού (σταθερής διαμέτρου).

$K$  είναι ο συντελεστής διορθώσεως για συνθήκες διαφορετικές από τις συνθήκες για τις οποίες ισχύει το νομογράφημα. Για τις συνθήκες του νομογράφηματος (που είναι και οι συνηθισμένες)  $K = 1$ .

Απώλειες τριβής δεν συμβαίνουν μόνο στα ευθύγραμμα τμήματα των αγωγών, αλλά και στα εξαρτήματα μεταβολής διατομής ή κατευθύνσεως της ροής (καμπύλες κλπ). Οι απώλειες αυτές όμως θεωρούνται ότι είναι μέρος από τις απώλειες τριβής των παρακειμένων ευθυγράμμων αγωγών και λαμβάνονται προσεγγιστικά υπόψη στους υπολογισμούς με το να μετριέται το μήκος του ευθυγράμμου αγωγού από το μέσον του ενός εξαρτήματος στο μέσον του επόμενου εξαρτήματος (βλ. σχ. 6.2ε).



Σχ. 6.2ε.

Μήκη ευθυγράμμων τμημάτων αγωγών για υπολογισμούς απώλειών τριβών από το σχήμα 6.2δ.

### 6.2.3 Υπολογισμός των τοπικών (δυναμικών) αντιστάσεων.

Οι δυναμικές απώλειες πιέσεως είναι αποτέλεσμα της διαταραχής που υφίσταται η ροή του αέρα κατά το πέρασμά του από διάφορα εξαρτήματα τα οποία αλλά-

ζουν την κατεύθυνση ή τη διατομή (ή και τα δύο μαζί) της ροής (στόμια εισόδου και εξόδου, κάμπυλες, ταυ κλπ.), καθώς και κατά το πέρασμα από διάφορα εμπόδια (όργανα ρυθμίσεως ροής, φίλτρα κλπ.) Οι δυναμικές αυτές απώλειες οφείλονται στη δυναμική πίεση (ή πίεση ταχύτητας) του αέρα και εκφράζονται από τη σχέση:

$$\Delta P_{\delta u v} = C_{(o)} P_{\text{ταχ}(o)} \quad 6.4$$

όπου:  $\Delta P_{\delta u v}$  είναι οι δυναμικές τοπικές απώλειες σε in. wg

$P_{\text{ταχ}(o)}$  είναι η πίεση ταχύτητας στη διατομή (O) σε in. wg και

$C_{(o)}$  ο τοπικός αδιάστατος συντελεστής απωλειών στη διατομή (O).

### ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.2

Συντελεστής τοπικής αντιστάσεως  $C_{(o)}$  (αδιάστατος) για χαρακτηριστικά σχήματα εξαρτημάτων αεραγωγών

1) Καμπύλη ορθογωνικής διατομής (Συντελεστής $C$ )		$\beta / a$								
		r/a	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	8,0
0,50	1,30	1,00	0,93	0,95	0,99	1,10	1,30	1,60		
0,75	0,61	0,46	0,39	0,38	0,39	0,41	0,46	0,54		
1,00	0,36	0,26	0,21	0,20	0,20	0,20	0,22	0,24		
1,50	0,18	0,12	0,09	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08		
2,00	0,11	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		
3,00	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01		

2) Διεύρυνση ορθογωνικής διατομής (Συντελεστής $C_o$ )		$\theta, \text{ μοίρες}$							
		Ao/A1	8	10	14	20	30	60	180
0,10	0,09	0,12	0,18	0,29	0,52	0,93	0,83		
0,20	0,07	0,10	0,15	0,23	0,41	0,74	0,65		
0,30	0,05	0,07	0,11	0,18	0,31	0,57	0,50		
0,40	0,04	0,05	0,08	0,13	0,23	0,41	0,37		
0,50	0,03	0,04	0,06	0,09	0,16	0,29	0,26		
0,60	0,02	0,03	0,04	0,06	0,10	0,18	0,16		

3) Συστολή ορθογωνικής διατομής (Συντελεστής $C_{o1}$ )		$\theta, \text{ μοίρες}$						
		Ao/A1	10	20	30	40	50	60
0,10	0	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07		
0,20	0	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07		
0,30	0	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06		
0,40	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06		
0,50	0	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05		
0,60	0	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04		

Η  $P_{\text{ταχ}(0)}$  προκύπτει από τη σχέση:

$$P_{\text{ταχ}(0)} = \left[ \frac{V(0)}{4005} \right]^2 \quad 6.5$$

όπου:  $V(0)$  είναι η ταχύτητα του αέρα στη διατομή (0), σε FPM

Η  $V(0)$  προκύπτει από τη σχέση (βλ. εξίσωση 6.2 παράγρ. 6.2.1):

$$V(0) = \frac{V}{A(0)} \quad 6.6$$

όπου  $V$  είναι η παροχή του αέρα από τη διατομή (0), σε CFM

και  $A(0)$  = το εμβαδόν της διατομής (0), σε  $\text{ft}^2$ .

Ο τοπικός συντελεστής απωλειών  $C(0)$  δίνεται από πίνακες ανάλογα με το σχήμα του εξαρτήματος και αναφέρεται στη διατομή (0) πριν ή μετά το εξάρτημα. Ο πίνακας 6.2.2 δίνει μερικούς πίνακες που αφορούν τα συνηθέστερα εξαρτήματα.

Αφού επιλεγεί ο  $C(0)$  και αφού είναι γνωστή η παροχή του αέρα  $V$ (σε CFM) και το εμβαδόν  $A(0)$  (σε  $\text{ft}^2$ ) της διατομής πριν ή μετά το εξάρτημα (ανάλογα που αναφέρεται ο  $C(0)$ ), προσδιορίζονται οι δυναμικές απώλειες  $\Delta P_{\delta u v}$  που από συνδυασμό των εξισώσεων 6.4, 6.5, 6.6 θα είναι:

$$\Delta P_{\delta u v} = C(0) \left[ \frac{V(0)}{4005} \right]^2 \quad 6.7$$

$$\text{ή} \quad \Delta P_{\delta u v} = C(0) \left[ \frac{V^2}{(4005) \cdot A(0)} \right]^2 \quad 6.8$$

#### 6.2.4 Μέθοδοι μελέτης δικτύου αεραγωγών.

Στη μελέτη δικτύου αεραγωγών πρέπει να επιδιώξομε ώστε να προκύψει ένα δίκτυο που να ικανοποιεί τις ανάγκες για τις οποίες κατασκευάσθηκε και συγχρόνως να εκπληρώνει τους περιορισμούς που αναφέραμε στην αρχή της παραγράφου 6.2, να είναι δε οικονομικό στην κατασκευή και λειτουργία του. Άν π.χ. μελετηθεί ένα σύστημα στο οποίο επιδιώκεται η χρήση αγωγών με μικρότερες διατομές το σύστημα θα είναι βέβαια οικονομικότερο στην κατασκευή των αγωγών, αλλά θα έχει μεγαλύτερες ταχύτητες και αντιστάσεις τριβών (όπως προκύπτει από το νομογράφημα του σχήματος 6.2δ στο οποίο οι ταχύτητες και οι τριβές αυξάνουν καθώς μικραίνουν οι διάμετροι). Και η αύξηση των ταχυτήτων βέβαια μπορεί να προκαλεί θορύβους που να είναι έξα ή μέσα στα επιτρεπόμενα από τους περιορισμούς όρια, η αύξηση σύμως των τριβών σημαίνει σίγουρα εγκατάσταση ισχυρότερου ανεμιστήρα και κατανάλωση περισσότερης ενέργειας.

Επομένως πρέπει κάθε φορά να βρίσκεται ο κατάλληλος συνδυασμός, πράγμα που εξαρτάται αποκλειστικά από την πείρα και τις ικανότητες του μελετητή. Η μελέτη αυτή καταλήγει, βασικά, στο να υπολογίσομε τις διατομές των διαφόρων α-

γωγών του δικτύου και να καθορίσουμε τη συνολική αντίσταση ροής του δικτύου ώστε να επιλεγεί ο κατάλληλος ανεμιστήρας.

Οι περισσότερο γνωστές μέθοδοι που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη ενός δικτύου αεραγωγών είναι οι εξής:

- Μέθοδος ίσης τριβής.
- Μέθοδος μειώσεως της ταχύτητας.
- Μέθοδος ανακτήσεως της στατικής πιέσεως.
- Μέθοδος σταθερής ταχύτητας.

Οι μέθοδοι αυτές έχουν διαφορετικό βαθμό πολυπλοκότητας και ακρίβειας και η χρησιμοποίηση της πιο κατάλληλης για μια συγκεκριμένη μελέτη, είναι, όπως είπακ με, θέμα επιλογής από τον μελετητή, γιατί καμιά από αυτές τις μεθόδους δεν μπορούμε να πούμε ότι θα δώσει το οικονομικότερο σύστημα για όλες τις συνθήκες εφαρμογής. Πάντως, η μέθοδος που χρησιμοποιείται περισσότερο, κυρίως για τη σχετική απλότητά της, είναι η μέθοδος ίσης τριβής, τις αρχές της οποίας δίνομε περιληπτικά κατωτέρω.

### **6.2.5 Μέθοδος ίσης Τριβής.**

Η αρχή στην οποία βασίζεται η μέθοδος αυτή είναι ο υπολογισμός των διατομών όλων των αγωγών του δικτύου έτσι ώστε να έχουμε την ίδια πτώση πιέσεως ανά μονάδα μήκους αγωγού. Η διαδικασία εφαρμογής της μεθόδου είναι η εξής:

Ορίζεται στο αρχικό τμήμα του αεραγωγού μια ταχύτητα αέρα η οποία πρέπει να είναι μέσα στα επιτρεπόμενα όρια, όπως καθορίζονται στις δύο διαγραμμισμένες περιοχές λωρίδες του νομογραφήματος του σχήματος 6.2δ ανάλογα με την εφαρμογή που έχουμε και την επιδίωξη αποφυγής ενοχλητικών θορύβων. Από την ταχύτητα αυτή, καθώς και από την παροχή αέρα (η οποία είναι γνωστή από τους υπολογισμούς του προηγούμενου Κεφαλαίου 5, προκύπτουν τα εξής μεγέθη με τη βοήθεια του νομογραφήματος του σχήματος 6.2δ.

– Η διάμετρος του αρχικού αγωγού (η ισοδύναμη ορθογωνική διατομή τους, αν χρειάζεται, βρίσκεται από τον πίνακα 6.2.1.

– Η αντίσταση τριβών στον αρχικό αγωγό (ανά 100 ft μήκους του)  $\Delta_{p_{tp}}$

Η ίδια τιμή αντιστάσεως τριβών  $\Delta_{p_{tp}}$  χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των διατομών όλου του υπόλοιπου δικτύου αεραγωγών. Έτσι στις διακλαδώσεις του δικτύου (μικρότερες παροχές) θα προκύψουν χαμηλότερες ταχύτητες, οι οποίες κατά κανόνα θα βρίσκονται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια. Για την ικανοποίηση πάντως του τελευταίου αυτού περιορισμού πρέπει να γίνεται συνέχεια έλεγχος με βάση το νομογράφημα του σχήματος 6.2δ. Αν τώρα κάποια ταχύτητα είναι έξω από τα όρια, τότε πρέπει να διορθώνεται η ταχύτητα που εκλέχθηκε για τον αρχικό αγωγό και να επαναλαμβάνεται ο υπολογισμός. Αν πάντως σε κάποιο σημείο δεν είναι δυνατόν να περιορισθεί ο θόρυβος με μείωση της ταχύτητας, τότε σε αυτό το σημείο ή τμήμα αγωγού τοποθετούνται σιγαστήρες ή ηχομονώσεις.

Η συνολική αντίσταση (πτώση πιέσεως) του δικτύου, δηλαδή η αντίσταση την οποία πρέπει να αντιμετωπίσει ο ανεμιστήρας, είναι η συνολική πτώση πιέσεως στη δυσμενέστερη διαδρομή, δηλαδή στη διαδρομή στην οποία το άθροισμα των απωλειών τριβής και των τοπικών (δυναμικών) απωλειών είναι το μέγιστο. Συνήθως η δυσμενέστερη διαδρομή έχει και το μεγαλύτερο μήκος. Αν όμως υπάρχει αμφιβολία μεταξύ π.χ. δύο διαδρομών I και II για το ποια είναι η δυσμενέστερη, τό-

τε υπόλογίζεται το σύνολο των τοπικών αντιστάσεων  $\Sigma(\Delta P_{\text{δυν}})$  χωριστά για κάθε διαδρομή με τη βοήθεια της εξισώσεως 6.7 της παραγράφου 6.2.3, καθώς και η συνολική αντίσταση τριβής για κάθε διαδρομή  $\Sigma(\Delta P_{\text{τρ}})$  με τη βοήθεια της εξισώσεως 6.3 της παραγράφου 6.2.2, δηλαδή:

$$\Sigma(\Delta P_{\text{τρ}}) = \Sigma(L) \frac{\Delta p_{\text{τρ}}}{100}$$

όπου:  $\Delta p_{\text{τρ}}$  είναι η σταθερή αντίσταση για την οποία έγινε ο υπολογισμός του δικτύου.

$\Sigma(L)$  το συνολικό μήκος της διαδρομής (ανεξάρτητα από τις διατομές των αγωγών που την απαρτίζουν).

Για κάθε διαδρομή λοιπόν έχουμε:

Σύνολο πτώσεως πιέσεως για διαδρομή I =  $\Sigma(\Delta P)_I = \Sigma(\Delta P_{\text{τρ}})_I + \Sigma(\Delta P_{\text{δυν}})_I$ .

Σύνολο πτώσεως πιέσεως για διαδρομή II =  $\Sigma(\Delta P)_{II} = \Sigma(\Delta P_{\text{τρ}})_{II} + \Sigma(\Delta P_{\text{δυν}})_{II}$ .

Το μεγαλύτερο από τα παραπάνω σύνολα αφορά τή δυσμενέστερη διαδρομή και πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή του κατάλληλου ανεμιστήρα στο δίκτυο αεραγωγών που υπολογίσθηκε με τη μέθοδο που αναφέραμε.

Αν ο ανεμιστήρας είναι δεδομένος, όπως συμβαίνει με τις αυτοτελείς τυποποιημένες κλιματιστικές μονάδες, τότε είναι δεδομένη και η πίεση που μπορεί να διαθέσει προς το δίκτυο αεραγωγών. Αν αυτή η πίεση είναι μικρότερη από τη συνολική πτώση πιέσεως που υπολογίσθηκε με την προηγούμενη μέθοδο, τότε η μέθοδος επαναλαμβάνεται αρχίζοντας με μικρότερες ταχύτητες μέχρι να βρούμε μια  $\Sigma(\Delta P)$  (συνολική πτώση πιέσεως της δυσμενέστερης διαδρομής) μικρότερη του λάχιστον κατά 20% από τη διαθέσιμη πίεση του ανεμιστήρα.

### 6.3 Στόμια προσαγωγής και απαγωγής αέρα.

#### 6.3.1 Πρότυπες απαιτήσεις για ικανοποιητικές συνθήκες ανέσεως - Διάχυση αέρα.

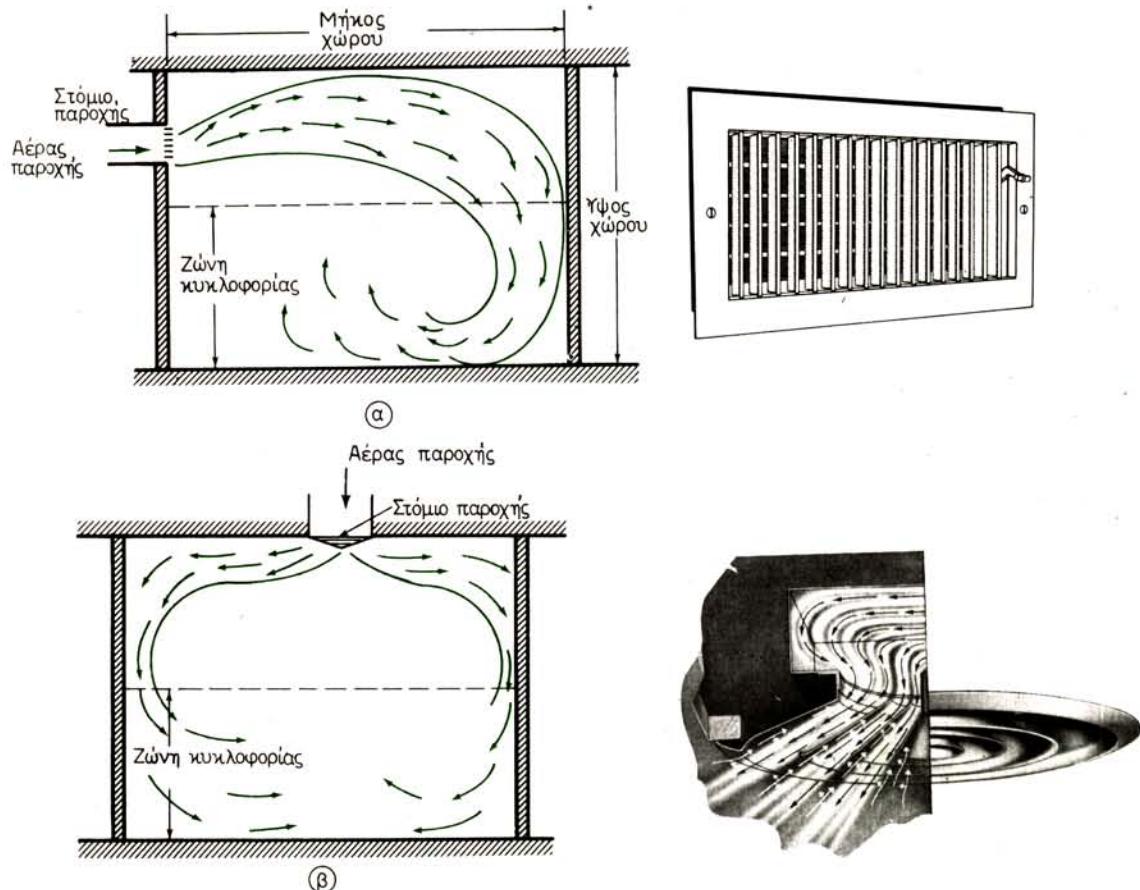
Ο αντικειμενικός σκοπός της διαχύσεως του αέρα μέσα σε ένα κλιματιζόμενο χώρο είναι να δημιουργήσει τον κατάλληλο συνδυασμό θερμοκρασίας, υγρασίας και κινήσεως αέρα στη ζώνη κυκλοφορίας των ατόμων (δηλαδή από το δάπεδο μέχρι σε ύψος 1,85 m περίπου). Για την επίτευξη συνθηκών ανέσεως μέσα σε αυτή τη ζώνη, έχουν καθιερωθεί πρότυπα όρια μέσα στα οποία πρέπει να βρίσκεται η δρώσα θερμοκρασίας αέρα. Ο όρος αυτός συνδυάζει θερμοκρασία αέρα, υγρασία αέρα και κίνηση αέρα, καθώς και την φυσιολογική επίδρασή τους πάνω στο ανθρώπινο σώμα. Οποιαδήποτε απόκλιση από τα καθιερωμένα πρότυπα ενός από τους παραπάνω παράγοντες προκαλεί δυσφορία στους ευρισκόμενους μέσα στον χώρο ανθρώπους. Δυσάρεστα αποτελέσματα μπορεί να έχει επίσης η μη ύπαρξη ομοιόμορφων συνθηκών σε όλα τα τμήματα του χώρου ή οι υπερβολικές διακυμάνσεις των συνθηκών σε κάποιο τμήμα του χώρου. Τέτοια δυσφορία μπορεί να προκύψει από:

- Μεγάλες μεταβολές της θερμοκρασίας στον χώρο (οριζόντια ή κατακόρυφα).
- Απότομες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στον χώρο.
- Υπερβολική κίνηση του αέρα (ρεύματα).

- Ασύμφωνη με τη διανομή των θερμικών φορτίων μέσα στόν χώρο διανομή του αέρα.

**To Πρότυπο Ανέσεως του A.S.H.R.A.E.** ονομάζει «άνεση» την εντύπωση που έχομε ότι το θερμικό μας περιβάλλον μας ικανοποιεί. Για να υπάρχει αυτή η άνεση για το 80% τουλάχιστον από τα άτομα που βρίσκονται μέσα σε ένα χώρο το Πρότυπο συνιστά ότι η **δρώσα θερμοκρασία** μέσα στο χώρο πρέπει να είναι στα όρια από 72 μέχρι 78°F (ή 22,2 μέχρι 25,6°C). Τα όρια αυτά ισχύουν για άτομα με μέση δραστηριότητα (κινητικότητα) και μέσον ντύσιμο, και για κίνηση του αέρα μικρότερη από 0,23 m/s ή 45 FPM, την κίνηση που συνήθως έχει ο αέρας μέσα στη ζώνη κυκλοφορίας των ατόμων.

Τα παραπάνω ισχύουν για τις μέσες επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του χώρου, δηλαδή τις συνθήκες για τις οποίες έγιναν οι υπολογισμοί των θερμικών φορτίων και της ποσότητας του αέρα παροχής στον χώρο. Ο αέρας όμως αυτός φτάνει στα στόμια παροχής από τους αεραγωγούς με ταχύτητα πολύ μεγαλύτερη από αυτή που θα ήταν αποδεκτή στη ζώνη κυκλοφορίας. Επίσης η



**Σχ. 6.3.**  
Ενδεικτικοί τρόποι διαχύσεως αέρα από στόμια παροχής.

Θερμοκρασία αυτού του αέρα μπορεί να είναι μικρότερη, ίση ή μεγαλύτερη από τη μέση θερμοκρασία στη ζώνη κυκλοφορίας. Γι' αυτό καταβάλλεται προσπάθεια ώστε το ρεύμα του αέρα κατά την έξοδό του από τα στόμια παροχής να κατευθύνεται μακριά από τη ζώνη κυκλοφορίας, ώστε να μειώνεται η ταχύτητά του και η ψηλή ή χαμηλή θερμοκρασία του σε αποδεκτά επίπεδα πριν ο αέρας μπει στη ζώνη κυκλοφορίας. Αυτό φαίνεται παραστατικά στα σχήματα 6.3α και β που αφορούν περίπτωση ψύξεως με ένα στόμιο παροχής τοποθετημένο σε τοίχο και ένα στόμιο τοποθετημένο σε οροφή. Η διάχυση του αέρα πρέπει να είναι τέτοια ώστε το **ρεύμα αέρα όταν φτάνει στη ζώνη κυκλοφορίας να μην έχει ταχύτητα μεγαλύτερη από 0,35m/s ή 70 FPM.**

### **6.3.2 Επιλογή των στομίων παροχής και επιστροφής αέρα.**

Διάφοροι τύποι στομίων είναι διαθέσιμοι ως τυποποιημένα βιομηχανικά προϊόντα. Η επιλογή των στομίων προσαγωγής γίνεται από τους πίνακες των κατασκευαστών με βάση την **παροχή αέρα** και το **βεληνεκές** που πρέπει να έχει κάθε στόμιο, δηλαδή το **μέγιστο μήκος διαδρομής** αέρα μετά την έξοδό του από το στόμιο, και πριν η ταχύτητά του μειωθεί στα 0,25 m/s (ή 50 FPM). Το βεληνεκές εξαρτάται και από το αν ο αέρας θα είναι κρύος ή ζεστός. Στούς πίνακες δίνεται επίσης και το επίπεδο θορύβου που δημιουργεί το κάθε στόμιο ανάλογα με την παροχή για την οποία χρησιμοποιείται. Το στοιχείο αυτό είναι απαραίτητο, γιατί τα επιτρεπόμενα επίπεδα θορύβου ποικίλουν ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιείται ο χώρος (γραφείο, κατάστημα, σπίτι, στούντιο κλπ.).

Όταν η επιλογή των στομίων προσαγωγής γίνεται με βάση τα παραπάνω στοιχεία, τότε προκύπτει διάχυση αέρα που ικανοποιεί τις απαιτήσεις ανέσεως, όπως αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Η επιλογή των στομίων επιστροφής αέρα είναι ευκολότερη και γίνεται με βάση την επιθυμητή ποσότητα αέρα που πρέπει να απάγουν και την επιτρεπόμενη ταχύτητα διόδου μέσα από αυτά. Η επιλογή γίνεται πάλι από τους καταλόγους των κατασκευαστών.

### **6.4 Ανεμιστήρες.**

Αφού με βάση τα αναφερόμενα στις παραγράφους 6.2 και 6.3 έχει γίνει ο υπολογισμός του δικτύου αεραγωγών και η επιλογή των στομίων, υπολογίζεται η ολική πτώση πιέσεως στη δυσμενέστερη διαδρομή (κλάδο) του δικτύου. Αυτή είναι και η **εξωτερική στατική πίεση** του απαιτούμενου ανεμιστήρα η οποία μαζί με την **παροχή αέρα** (που έχει προκύψει από προηγούμενους υπολογισμούς) αποτελούν τα απαραίτητα στοιχεία για την επιλογή του ανεμιστήρα από τους υπάρχοντες πίνακες των κατασκευαστών. Σε αυτούς τους πίνακες δίνονται και τα υπόλοιπα στοιχεία των ανεμιστήρων (διαστάσεις, στροφές, ηλεκτρική ισχύς κλπ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### ΔΙΚΤΥΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

#### 7.1 Γενικά.

Τα δίκτυα σωληνώσεων που είναι δυνατόν να υπάρχουν σε μια κλιματιστική εγκατάσταση κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

- Δίκτυο ζεστού νερού.
- Δίκτυο κρύου νερού.
- Δίκτυο κυκλοφορίας νερού συμπυκνώσεως.
- Δίκτυο ψυκτικού υγρού (και αερίου).
- Δίκτυο αποχετεύσεως των συμπυκνωμάτων των στοιχείων ψύξεως.
- Δίκτυο ατμού (για εγκαταστάσεις συνήθως μόνο θερμάνσεως).

Από τα συστήματα αυτά τα τρία πρώτα (δίκτυα νερού) υπολογίζονται με τον ίδιο περίπου τρόπο και θα μας απασχολήσουν στα επόμενα. Το δίκτυο ψυκτικού υγρού χρειάζεται ιδιαίτερο τρόπο υπολογισμού τον οποίο μαζί με τα άλλα τα σχετικά με αυτό θα δούμε στο βιβλίο των Ψυκτικών Διατάξεων. Το δίκτυο αποχετεύσεως τών συμπυκνωμάτων των στοιχείων Ψύξεως δεν αντιμετωπίζεται, συνήθως, ως ανεξάρτητο δίκτυο, αλλά σε συνδυασμό με το δίκτυο αποχετεύσεως του κτηρίου, γι' αυτό και δεν θα μας απασχολήσει εδώ. Επίσης δεν θα μας απασχολήσει το δίκτυο ατμού το οποίο λόγω του ιδιαίτερου χαρακτήρα του και της πολυπλοκότητάς του ξεφεύγει από το αντικείμενο του παρόντος βιβλίου.

#### 7.2 Δίκτυα νερού.

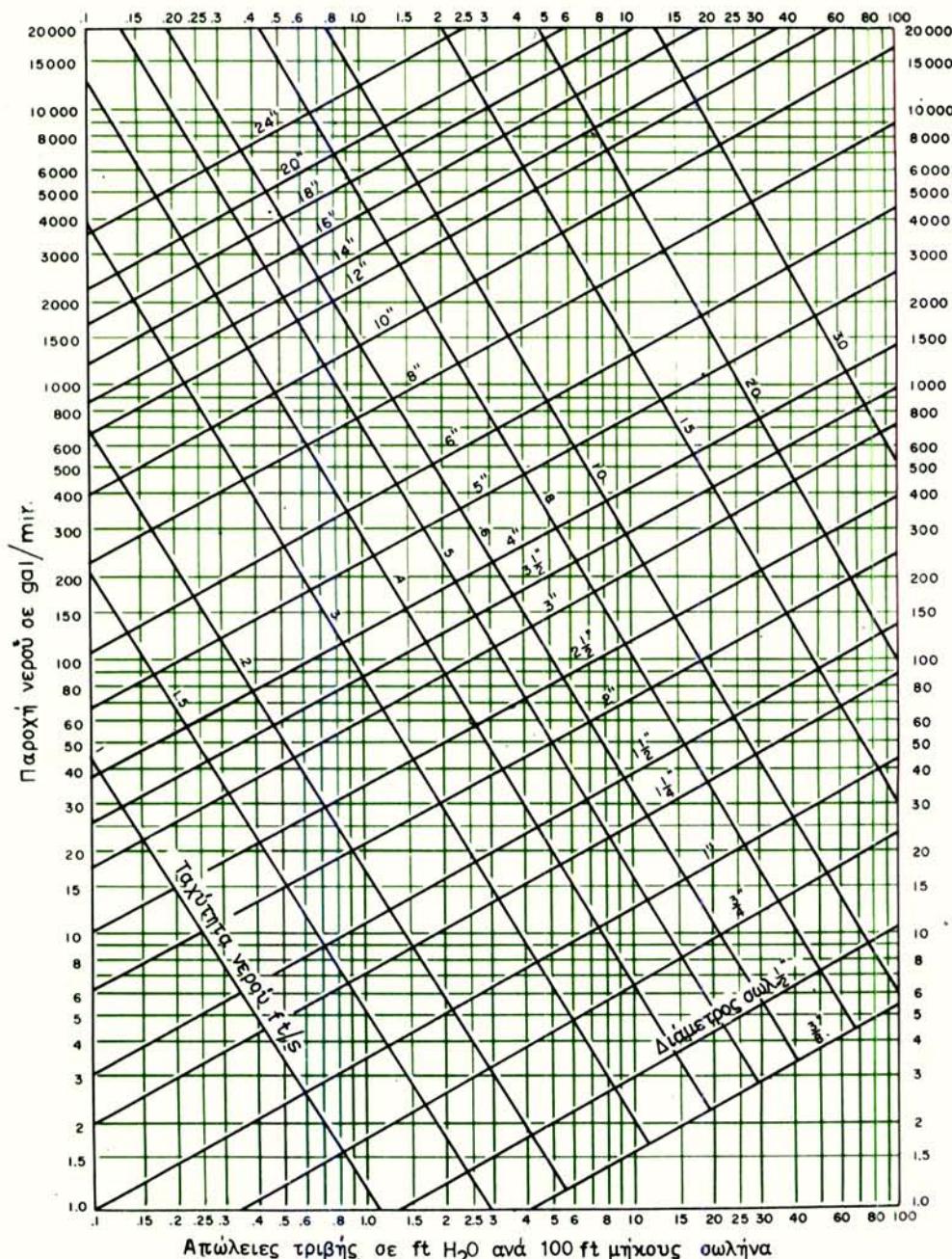
Το δίκτυο κυκλοφορίας του νερού συμπυκνώσεως διαφέρει από τα άλλα δίκτυα νερού (δίκτυα θερμού και ψυχρού νερού) μόνο στο ότι θεωρείται **ανοικτό προς την ατμόσφαιρα κύκλωμα**, γιατί όλο το νερό σε αυτό έρχεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα μέσω της εκτεταμένης επιφάνειας του πύργου ψύξεως. Ενώ τα δίκτυα ζεστού και κρύου νερού θεωρούνται **κλειστά κυκλώματα**, γιατί το νερό σε αυτά έρχεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα μόνο κατά ένα μικρό ποσοστό (στο δοχείο διαστολής).

Τα δίκτυα θερμού και ψυχρού νερού πολλές φορές συνυπάρχουν σε ένα δίκτυο. Σε μια τέτοια περίπτωση ο υπολογισμός των διατομών δικτύου γίνεται με βάση την παροχή του κρύου νερού οπότε το δίκτυο είναι υπεραρκετό και για την κυκλοφορία του ζεστού νερού.

Το μεταφερόμενο θερμικό ή ψυκτικό φορτίο σε ένα δίκτυο νερού είναι:

$$Q = 500 \cdot \Delta T \cdot G$$

7.1



Σχ. 7.2.

Νομογράφημα για τον υπολογισμό των διατομών κλειστών κυκλωμάτων νερού.

όπου: Q είναι το φορτίο θερμότητας, σε Btu/h

$\Delta T$  είναι η πτώση θερμοκρασίας του νερού, σε  $^{\circ}\text{F}$

G είναι η ποσότητα του νερού στη μονάδα του χρόνου, σε GPM (γαλλόνια στο λεπτό).

Η δε αντίσταση λόγω τριβών στον σωλήνα είναι:

$$\Delta P_{tp} = L \frac{\Delta p_{tp}}{100} \quad 7.2$$

όπου:  $\Delta P_{tp}$  είναι η αντίσταση σε όλο το μήκος του σωλήνα, σε  $\text{lb/in}^2$

L είναι το μήκος του σωλήνα, σε ft

$\Delta p_{tp}$  είναι η αντίσταση τριβής στη μονάδα μήκους του σωλήνα, σε  $\text{lb/in}^2$  ανά 100 ft μήκους, η οποία δίνεται από νομογραφήματα.

Η μέθοδος που ακουλουθείται για τον υπολογισμό των σωληνώσεων του δικτύου είναι η εξής:

α) Από τον υπολογισμό των φορτίων των τοπικών και κεντρικών κλιματιστικών μονάδων που έχει προηγθεί, υπολογίζεται με βάση τη θερμοκρασιακή πτώση σε αυτές τις μονάδες (συνήθως  $20^{\circ}\text{F}$ ) και με τη βοήθεια της εξισώσεως 7.1 η παροχή νερού σε κάθε σημείο του δικτύου.

β) Κατασκευάζεται το κατακόρυφο διάγραμμα του δικτύου των σωληνώσεων, όπου σημειώνονται, για κάθε κλάδο, οι διερχόμενες ποσότητες νερού, με βάση τις απαιτούμενες παροχές στα σημεία που τροφοδοτεί ο κλάδος. Τα σύνολα των παροχών κάθε κλάδου προστίθενται στα αντίστοιχα τμήματα του κύριου σωλήνα του δικτύου.

γ) Ο υπολογισμός των διατομών κάθε τμήματος του σωλήνα γίνεται με βάση τη διερχόμενη από αυτό το τμήμα ποσότητα νερού και την επιτρεπόμενη ταχύτητά του, καθώς και με τη βοήθεια του νομογραφήματος του σχήματος 7.2. Οι ταχύτητες λαμβάνονται συνήθως μεταξύ 3 και 7 ft/s, ενώ για μικρές διατομές (μικρότερες από 1 in) η ταχύτητα μπορεί να είναι και μικρότερη από 3 ft/s.

δ) Αφού καθορίσθηκαν οι διατομές, με τη βοήθεια πάλι του νομογραφήματος και με βάση την έξισωση 7.2, υπολογίζεται η αντίσταση σε κάθε τμήμα αγωγού. Ως μήκος L του τμήματος λαμβάνεται το συνολικό μήκος παροχής-επιστροφής νερού, καθώς και ένα πρόσθετο μήκος ισοδύναμο των τοπικών αντιστάσεων (καρπούλων, κλπ.). Τα ισοδύναμα αυτά μήκη δίνονται από πίνακες ή λαμβάνονται εμπειρικά ως ένα ποσοστό από το πραγματικό μήκος του σωλήνα.

ε) Η συνολική αντίσταση του δυσμενέστερου κλάδου (συνήθως αυτού με το μεγαλύτερο μήκος), θα ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό της αντλίας του δικτύου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

### ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ

#### 8.1 Γενικά.

Οι Μονάδες Επεξεργασίας Αέρα είναι αυτές στις οποίες εκτελούνται όλες οι βασικές λειτουργίες του κλιματισμού, εκτός από την διανομή του αέρα που γίνεται με τους αεραγωγούς και τα στόμια προσαγωγής και απαγωγής. Δηλαδή μια Μονάδα Επεξεργασίας Αέρα εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες όσον αφορά τον αέρα που προορίζεται για ένα κλιματιζόμενο χώρο.

- Θερμαίνει ή ψύχει τον αέρα.
- Υγραίνει ή αφυγραίνει τον αέρα.
- Καθαρίζει και ανανεώνει τον αέρα.
- Δίνει κίνηση στον αέρα.

Για να εκτελέσει αυτές τις λειτουργίες μια πλήρης Μονάδα Επεξεργασίας Αέρα (σχ. 8.1a) πρέπει να έχει τα παρακάτω (κατά τη σειρά διόδου του αέρα από αυτά) μέρη:

α) Το **Κιβώτιο Αναμίξεως**, όπου ο αέρας που έρχεται από τον κλιματιζόμενο χώρο (αέρας επιστροφής) αναμιγνύεται (ανανεώνεται) με τον έξωτερικό αέρα. Το κιβώτιο είναι εφοδιασμένο με διάταξη ρυθμίσεως της αναλογίας του μίγματος.

β) Το **φίλτρο**, όπου το ανωτέρω μίγμα αέρα καθαρίζεται από σκόνες κτλ.

γ) Το **Στοιχείο Ψύξεως**, όπου ο αέρας ψύχεται και αφυγραίνεται.

δ) Το **Στοιχείο Θερμάνσεως** όπου ο αέρας θερμαίνεται (ή αναθερμαίνεται στην περίπτωση που τό το στοιχείο ψύξεως λειτουργεί για αφύγρανση).

ε) Ο **Υγραντήρας**, όπου προστίθεται υγρασία στον αέρα (κυρίως κατά το χειμώνα) με το ψεκασμό νερού ή ατμού.

στ) Ο **Ανεμιστήρας**, που δίνει κίνηση στον αέρα να περάσει μέσα από τη μονάδα και τους αεραγωγούς προσαγωγής και επιστροφής.

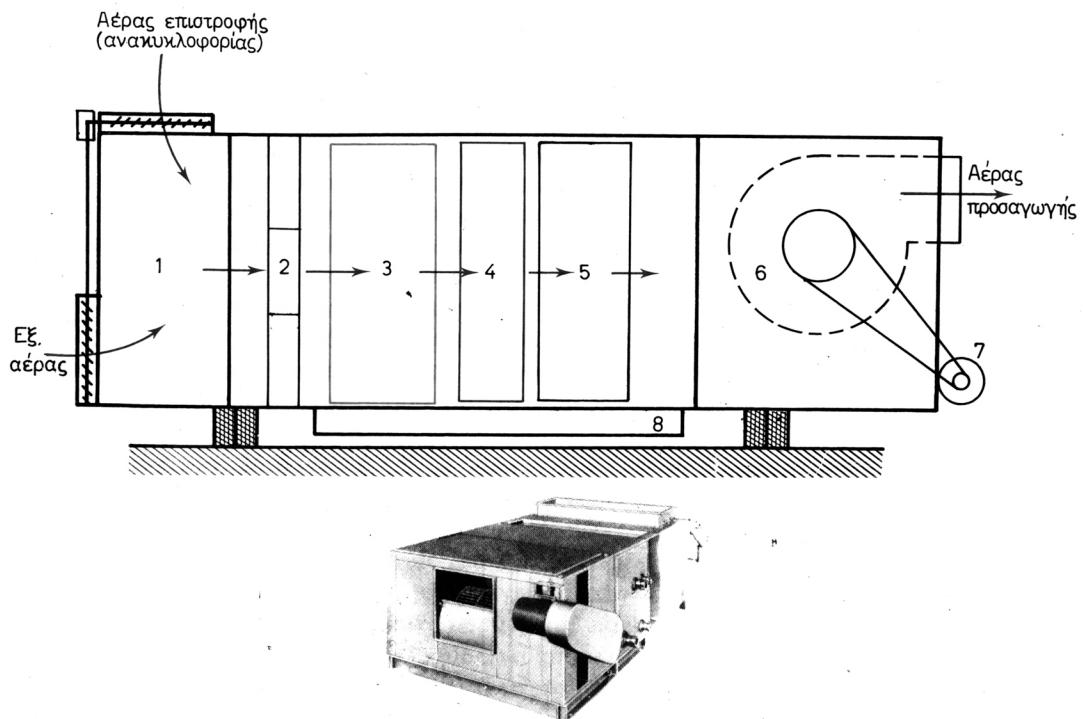
Τη μονάδα συμπληρώνουν:

ζ) Ο **Ηλεκτροκινητήρας**, που κινεί τον ανεμιστήρα (στ).

η) Η **Λεκάνη Συλλογής Νερού**, για τα νερά που περισσεύουν από τον υγραντήρα (ε) ή που συμπυκνώνονται πάνω στην εξωτερική επιφάνεια του ψυκτικού στοιχείου (γ).

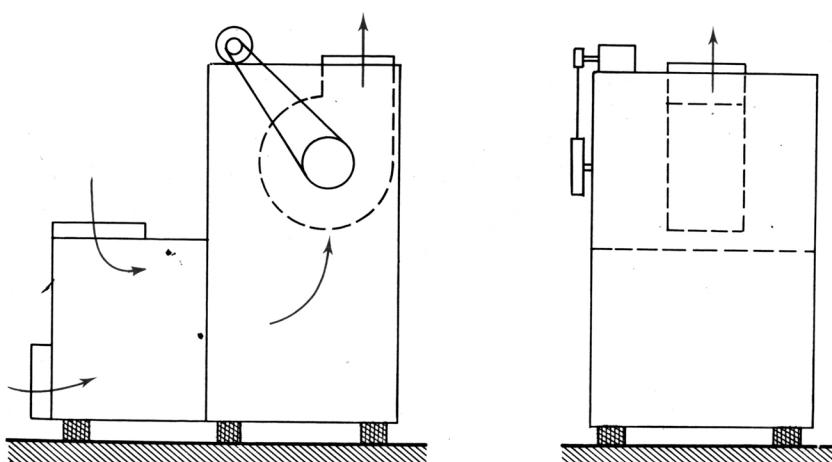
Η Μονάδα Επεξεργασίας Αέρα που φαίνεται στο σχήμα 8.1a είναι σε **οριζόντια διάταξη**. Για λόγους διαστάσεων του διαθέσιμου χώρου εγκαταστάσεως, κυρίως, η μονάδα μπορεί να τοποθετηθεί και σε **κατακόρυφη διάταξη**, όπως παριστάνεται στο σχήμα 8.1β.

Οι Κεντρικές Μονάδες Επεξεργασίας Αέρα διακρίνονται επίσης σε **Μονοζωνι-**

**Σχ. 8.1α.**

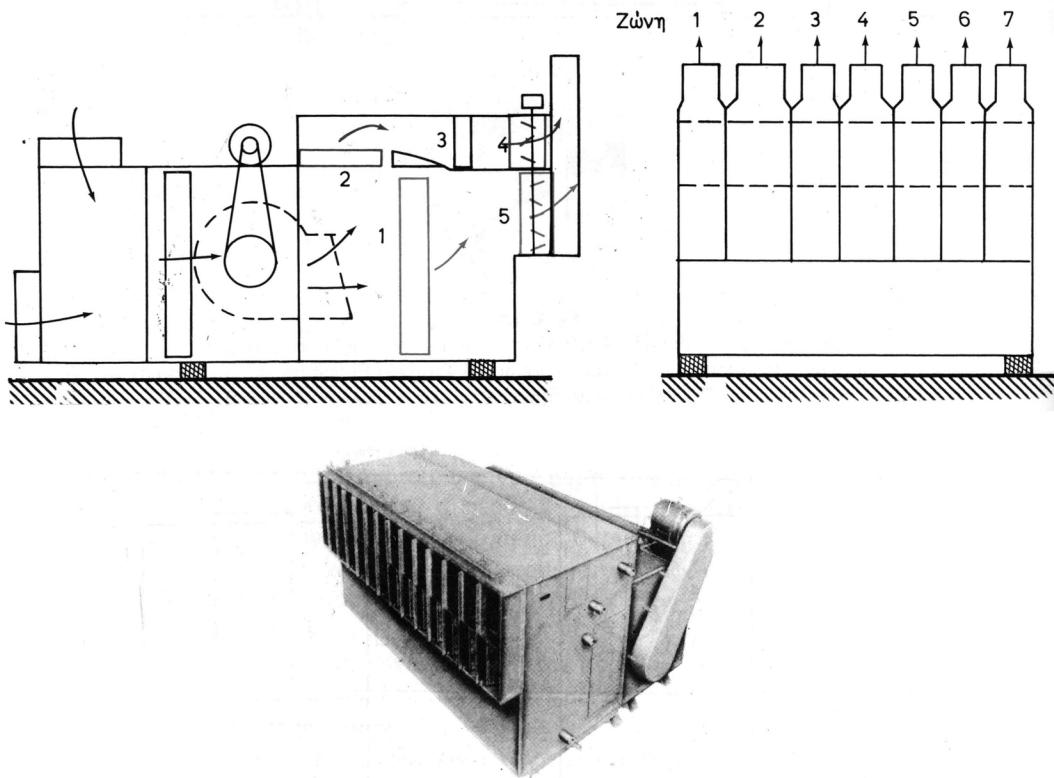
Πλήρης Κεντρική Μονάδα επεξεργασίας αέρα (σε οριζόντια διάταξη).

- 1) Κιβώτιο αναμίξεως. 2) Φίλτρο. 3) Στοιχείο ψύξεως. 4) Στοιχείο θερμάνσεως. 5) Υγραντήρας. 6) Ανεμιστήρας. 7) Ηλεκτροκινητήρας. 8) Λεκάνη Συλλογής Νεού.

**Σχ. 8.1β.**

Κεντρική Μονάδα επεξεργασίας αέρα σε κατακόρυφη διάταξη.

**κές και Πολυζωνικές**, ανάλογα με το αν η μονάδα έχει ένα (σχ. 8.1α και 8.1β) ή πολλά στόμια πναχωρήσεως κυρίου αεραγωγού από τη μονάδα (σχ. 8.1γ). Όταν τα στόμια είναι πολλά το καθένα αντιστοιχεί και σε μια ζώνη από αυτές στις οποίες έχει διαιρεθεί η οικοδομή που κλιματίζεται από την πολυζωνική μονάδα. Κάθε ζώνη έχει και διαφορετικές ανάγκες θερμάνσεως και ψύξεως, δηλαδή διαφορετική καμπύλη ημερήσιας διακυμάνσεως θερμικού φορτίου, πράγμα που κυρίως οφείλεται στο γεγονός ότι κάθε ζώνη (ή χώρος) έχει διαφορετικό προσανατολισμό ή και χρήση. Μπροστά από κάθε στόμιο ζώνης γίνεται ανάμιξη ζεστού με κρύο αέρα σε τέτοια αναλογία ώστε το μίγμα που θα φτάνει στην αντίστοιχη προς το στόμιο ζώνη να ικανοποιεί τις θερμικές της ανάγκες. Δηλαδή η μονάδα καταλήγει σε δύο πλευρές, τη **Θερμή πλευρά** και την **ψυχρή πλευρά**, κάθε δε στόμιο ζώνης παίρνει αέρα και από τις δύο πλευρές, σε αναλογία που καθορίζεται από ένα ζεύγος πτερυγίων που ρυθμίζονται από το θερμοστάτη του χώρου (σχ. 3.2ε).



Σχ. 8.1γ.

Κεντρική Μονάδα επεξεργασίας αέρα πολυζωνικού τύπου.

1) Ψυκτικό στοιχείο. 2) Θερμαντικό στοιχείο. 3) Υγραντήρας. 4) Θερμή πλευρά. 5) Ψυχρή πλευρά.

## 8.2 Επιλογή Κ.Μ.Ε.Α.

Για την επιλογή μιας Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας Αέρα θα πρέπει να δίνονται τα παρακάτω στοιχεία τα οποία προκύπτουν από τους υπολογισμούς που απφέρονται στα Κεφάλαια 5 και 6.

— **Παροχή αέρα** (Κεφ. 5).

— **Εξωτερική στατική πίεση** (Κεφ. 6).

— **Ψυκτική απόδοση** (Κεφ. 5), για την ψύξη του παραπάνω αέρα από μια κατάσταση Θερμοκρασιών ξηρού και υγρού Θερμομέτρου ( $\Xi.\Theta.$ )<sub>1</sub>, ( $\Upsilon.\Theta.$ )<sub>1</sub>, σε μια άλλη ( $\Xi.\Theta.$ )<sub>2</sub> ( $\Upsilon.\Theta.$ )<sub>2</sub> με ψυχρό νερό Θερμοκρασιών εισόδου/εξόδου  $T_1/T_2$  από το ψυκτικό στοιχείο ή με άμεση εκτόνωση ψυκτικού μέσου Θερμοκρασίας εξατμίσεως  $T$ .

— **Θερμική απόδοση** (Κεφ. 5), για τη θέρμανση του παραπάνω αέρα από μια Θερμοκρασία ( $\Xi.\Theta.$ )<sub>1</sub> σε μια άλλη ( $\Xi.\Theta.$ )<sub>2</sub> με ζεστό νερό Θερμοκρασιών εισόδου/εξόδου  $T_1/T_2$  ή με ατμό πιέσεως  $P$ .

— **Ικανότητα υγράνσεως** (Κεφ. 5).

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία επιλέγομε τη μονάδα από πίνακες που παρέχονται από τους κατασκευαστές. Ο κάθε κατασκευαστής έχει τους δικούς του πίνακες ανάλογα με τους τύπους και τα μεγέθη των μονάδων που κατασκευάζει. Πάντως, ένας τέτοιος πίνακας έχει συνήθως τη μορφή του Πίνακα 8.2.1 όπου δίνονται (ενδεικτικά μόνο και για την καλύτερη παρουσίαση των εννοιών αυτού του Κεφαλαίου) τα στοιχεία αποδόσεως για Μονάδες Οριζόντιας Διατάξεως (τις καλέσαμε (τύπου ΜΟΔ) από τα αρχικά των λέξεων που χαρακτηρίζουν τον τύπο των μονάδων: «Μονάδες Οριζόντιας Διατάξεως»). Οι μονάδες τύπου ΜΟΔ θα έχουν διάφορες αποδόσεις ανάλογα με το μέγεθός τους προ συνήθως χαρακτηρίζεται από την ικανότητά τους σε παροχή αέρα. Έτσι μια μονάδα τύπου ΜΟΔ που έχει παροχή αέρα 4000 CFM θα μπορούσε να χαρακτηρισθεί πλήρως (τύπος και μέγεθος) με το συμβολισμό ΜΟΔ 4000. Έτσι φτιάξαμε τον Πίνακα 8.2.1 του οποίου οι τιμές, όπως προαναφέραμε, είναι ενδεικτικές και δεν ανταποκρίνονται σε μονάδες που κύκλοφορούν στο εμπόριο.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.1

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά Κεντρικών Μονάδων Οριζόντιας Διατάξεως

(οι τιμές του πίνακα είναι ενδεικτικές μόνο και δεν ανταποκρίνονται σε μονάδες που κυκλοφορούν στο εμπόριο).

Τύπος & Μέγεθος	Όνομαστική Παροχή (CFM)	Εξωτερ. στατική πίεση (in. w.g.)	Ψυκτική απόδοση (Btu/h)	Θερμαντική απόδοση (Btu/h)	Ικανότητα υγράνσεως (lb/h)
ΜΟΔ 1500	1500	1,5	60.000	85.000	12,5
ΜΟΔ 2000	2000	2,6	80.000	125.000	15,0
ΜΟΔ 2500	2500	1,6	95.000	150.000	16,0
ΜΟΔ 3000	3000	1,8	110.000	190.000	17,6
ΜΟΔ 4000	4000	2,0	150.000	260.000	20,0
ΜΟΔ 5000	5000	2,0	200.000	300.000	23,4
ΜΟΔ 6000	6000	2,2	230.000	380.000	23,4
ΜΟΔ 7000	7000	2,3	275.000	450.000	23,4
ΜΟΔ 8000	8000	2,5	320.000	500.000	25,0
ΜΟΔ 9000	9000	2,5	360.000	585.000	25,0

#### Παράδειγμα επιλογής.

Να επιλεγεί από τον Πίνακα 8.2.1 η μονάδα που θα δίνει τις παρακάτω σεις:

Παροχή: 6500 CFM.

Πίεση: 1,7 in. wg (εσωτερική στατική πίεση).

Ψυκτική απόδοση: 265.000 Btu/h.

Θερμαντική απόδοση: 290.000 Btu/h.

Ικανότητα υγράνσεως: 20 lb/h.

Από τον Πίνακα 8.2.1 διαλέγομε την μονάδα ΜΟΔ 7000. Οι αποδόσεις της μονάδας αυτής υπερκαλύπτουν τις ζητούμενες αποδόσεις.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

#### 9.1 Γενικά.

Το Κεντρικό Μηχανοστάσιο Κλιματισμού αποτελεί την «καρδιά» μιας κεντρικής κλιματιστικής εγκαταστάσεως. Σε αυτό είναι εγκαταστημένα τα βασικά μηχανήματα παραγωγής ενέργειας για θέρμανση ή ψύξη, και από αυτό ξεκινάνε τα δίκτυα διανομής αυτής της ενέργειας. Τα βασικά τμήματα του Κεντρικού Μηχανοστασίου γενικά, είναι τα εξής:

- Η εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας για θέρμανση.
- Η εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας για ψύξη.
- Οι αντλίες διανομής ενέργειας.
- Η εγκατάσταση παραγωγής πεπιεσμένου αέρα (αν χρησιμοποιείται).
- Ο κεντρικός Πίνακας Ηλεκτροδότησεως του μηχανοστασίου.
- Ο κεντρικός Πίνακας Ελέγχου όλης της εγκαταστάσεως.
- Οι κεντρικές Μονάδες Επεξεργασίας Αέρα, δύσες δεν είναι τοποθετημένες κοντά στα τμήματα του κτιρίου τα οποία κλιματίζουν.

Στο Κεντρικό Μηχανοστάσιο Κλιματισμού είναι πολλές φορές εγκαταστημένες και άλλες μικρότερες διατάξεις που μπορεί να έχουν ή να μην έχουν σχέση με τα τμήματα, που αναφέραμε, όπως η διάταξη για την παραγωγή ζεστού νερού καταναλώσεως, διάταξη για την αποσκλήρυνση του νερού κλπ. Τέλος πρέπει να σημειωθούμε ότι βασικά εξαρτήματα των εγκαταστάσεων του Κεντρικού Μηχανοστασίου Κλιματισμού, όπως οι Πύργοι ψύξεως και τα ανοικτά δοχεία διαστολής, πρέπει να είναι σε άμεση επαφή με το περιβάλλον και γι' αυτό είναι εγκαταστημένα μακριά από το Κεντρικό Μηχανοστάσιο (που συνήθως τοποθετείται στο υπόγειο του κτιρίου).

Στο παρόν κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τα τρία πρώτα από τα παραπάνω βασικά τμήματα του Κεντρικού Μηχανοστασίου Κλιματισμού. Τα υπόλοιπα περιγράφονται σε άλλα κεφάλαια.

#### 9.2 Εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας για θέρμανση.

Η εγκατάσταση αυτή μπορεί να τροφοδοτεί με ενέργεια θερμάνσεως μια πλήρη εγκατάσταση κλιματισμού ή μια εγκατάσταση που χρησιμοποιείται μόνο για θέρμανση, όπως είναι, κυρίως, οι συνηθισμένες εγκαταστάσεις καλοριφέρ.

Τα βασικά τμήματα μιας εγκαταστάσεως παραγωγής θερμότητας είναι:

- Ο Λέβητας (ένας ή περισσότεροι).

πίεση δεν είναι μέρος του λέβητα· πρέπει όμως να εγκαθίστανται για την προστασία του.

## **2) Λέβητες μέσης και υψηλής πίεσεως.**

Κατασκευάζονται για να λειτουργούν πάνω από τα όρια των λεβήτων χαμηλής πιέσεως. Οι λέβητες αυτοί είναι συνήθως χαλύβδινοι.

δ) Με βάση, τέλος, το θερμό ρευστό που παρέχουν:

## **1) Λέβητες θερμού νερού.**

Είναι συνήθως χαμηλής πιέσεως και εξυπηρετούν συστήματα θερμάνσεως με χαμηλή θερμοκρασία. Οι περισσότεροι, λέβητες νερού κατασκευάζονται για πίεσεις (σύμφωνα με τους αμερικανικούς κανονισμούς) μέχρι 30 ρsi (207 kPa) και είναι εφοδιασμένοι με βαλβίδα ασφαλείας ρυθμισμένη να ανοίγει στην προαναφερθείσα (ή και μικρότερη) πίεση. Χαλύβδινοι λέβητες νερού χαμηλής πιέσεως διατίθενται για κάθε πίεση μέχρι τη μέγιστη των 160 ρsi.

## **2) Ατμολέβητες.**

Σήμερα σπάνια χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις θερμάνσεως. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγάλες εγκαταστάσεις για την παροχή ατμού σε εναλλάκτες θερμότητας ατμού/νερού ή σε ψύκτες απορροφήσεως.

Για όλες τις κατηγορίες λέβητων οι κατασκευαστές δίνουν πίνακες στους οποίους φαίνονται τα χαρακτηριστικά τους και οι αποδόσεις τους. Από τους πίνακες αυτούς γίνεται και η επιλογή του κατάλληλου για μια κλιματιστική εγκατάσταση λέβητα. Αν μάλιστα το δίκτυο σωληνώσεων της εγκαταστάσεως περνά και από μη θερμαινόμενους χώρους ή η εγκατάσταση λειτουργεί με διακοπές τότε από τους πίνακες επιλέγεται λέβητας με ισχύ μεγαλύτερη από το υπολογισμένο θερμικό φορτίο της εγκαταστάσεως. Το πόσο μεγαλύτερη θα είναι η ισχύς εξαρτάται από το ποιες είναι οι θερμικές απώλειες του δικτύου σωληνώσεων και από το πόσες ώρες μένουν κρύες (σε περίπτωση διακοπόμενης λειτουργίας) οι μεταλλικές και υδατίνιες μάζες της εγκαταστάσεως. Αν οι παραπάνω **απώλειες δικτύου** και **αναθερμάνσεως** είναι μεγάλες, τότε γίνεται ιδιαίτερος προσεκτικός υπολογισμός τους.

Στις συνηθισμένες όμως περιπτώσεις λαμβάνεται:

$$Q_{\lambda} = Q_{\text{κτ.}} \cdot \Sigma$$

όπου:  $Q_{\lambda}$  είναι η απαιτούμενη θερμική ισχύς του λέβητα.

$Q_{\text{κτ.}}$  είναι η υπολογισμένη θερμική κατανάλωση κτιρίου.

$\Sigma$  είναι ο συντελεστής προσαυξήσεως, κυμαινόμενος συνήθως από 1,0 μέχρι 1,3 ανάλογα με το ποσοστό σωληνώσεων που περνά από μη θερμαινόμενους χώρους (καθώς και τη μόνωση αυτών των σωληνώσεων) και ανάλογα με το πρόγραμμα λειτουργίας της εγκαταστάσεως.

Όταν οι σωληνώσεις του δικτύου είναι όλες σε θερμαινόμενους χώρους και ο λέβητας λειτουργεί συνεχώς, τότε:

Το απαιτούμενο για τη λειτουργία του λέβητα καύσιμο υπολογίζεται με βάση τη **Θερμική απόδοση του καυσίμου** (π.χ. σε Btu/lb) και την **απόδοση του λέβητα** που λαμβάνει υπόψη της τις απώλειες προς την καμινάδα και τις απώλειες μέσω του περιβλήματος του λέβητα. Οι αποδόσεις των λεβήτων είναι συνήθως γύρω στο 80% υπάρχουν όμως μεγάλες διακυμάνσεις ανάλογα με την κατασκευή, τον τρόπο εγκαταστάσεως και την καλή ή μη συντήρηση του λέβητα.

Τέλος, οι **αερολέβητες** που αναφέραμε στην αρχή έχουν στο μηχανοστάσιο την ίδια περίπου διάταξη του σχήματος 9.2a με τις εξής βασικές διαφορές:

- Στο λέβητα είναι συνδεδεμένοι αεραγωγοί (και όχι σωλήνες) προσαγωγής και επιστροφής του αέρα από τους κλιματιζόμενους χώρους.

- Το δίκτυο αεραγωγών δεν είναι συνδεδεμένο σε δίκτυο ασφάλειας (δοχείο διαστολής κλπ.), όπως είναι συνδεδεμένα τα δίκτυα σωληνώσεων των λεβήτων.

- Οι αερολέβητες δεν αποτελούν μόνο την Εγκατάσταση Παραγωγής Θερμότητας, αλλά συγχρόνως αποτελούν και τη Μονάδα Επεξεργασίας Αέρα.

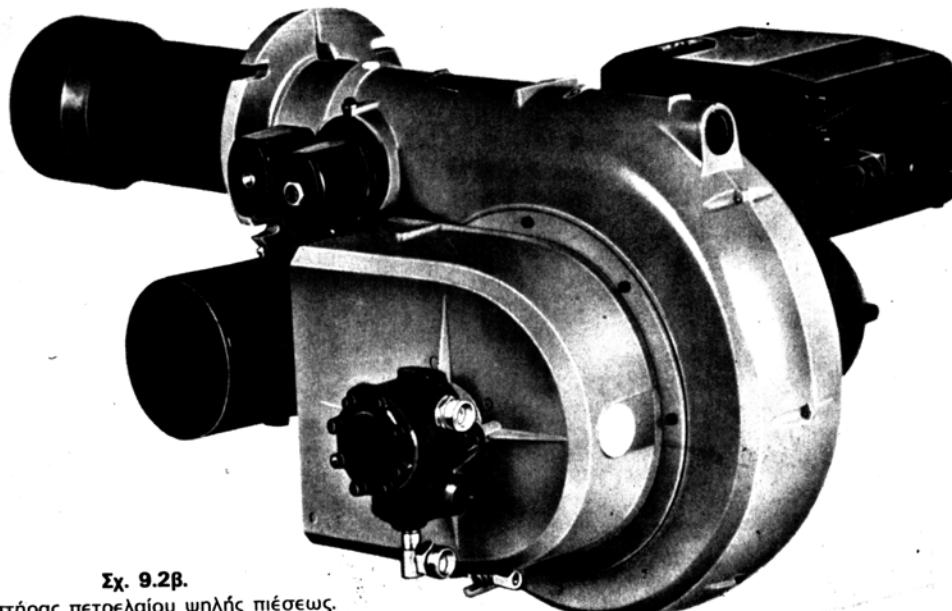
- Οι αερολέβητες χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρές κεντρικές εγκαταστάσεις σπιτιών, θεάτρων κλπ

### 9.2.2 Καυστήρες.

Καυστήρες είναι οι συσκευές (συνήθως αυτόματες) που χρησιμεύουν για την καύση των στερεών, υγρών ή αερίων καυσίμων. Ο τύπος του καυστήρα εξαρτάται και από τον τύπο του εναλλάκτη θερμότητας (λέβητα, αερολέβητα κλπ.).

Τα τελευταία χρόνια γίνονται πολλές εργασίες για την ανακάλυψη νέων τύπων καυστήρων καλύτερης καύσεως και μεγαλύτερης αποδόσεως, λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος που υπάρχει για περιορισμό της μολύνσεως της ατμόσφαιρας και για εξοικονόμηση ενέργειας.

Ο καυστήρας πετρελαίου τον οποίο συναντάμε περισσότερο στις εφαρμογές μας στην Ελλάδα, έχει γενικά την εμφάνιση και τα εξαρτήματα που φαίνονται στο σχήμα 9.2β. Από τους πίνακες των κατασκευαστών δίνονται τα χαρακτηριστικά



Σχ. 9.2β.

Καυστήρας πετρελαίου ψηλής πιέσεως.

και οι αποδόσεις των καυστήρων, με βάση δε αυτά γίνεται η επιλογή του καυστήρα ώστε να ταίριάζει με το λέβητα που θα χρησιμοποιηθεί.

### **9.2.3 Αποθήκη Καυσίμου (Σύστημα Τροφοδοσίας Καυσίμου).**

Οι δεξαμενές καυσίμου πρέπει να κατασκευάζονται πάντα σύμφωνα με τους κανονισμούς που ισχύουν κάθε φορά για την προστασία από πυρκαϊά.

Για να λειτουργεί αξιόπιστα και οικονομικά η εγκατάσταση απαιτείται αποθηκευση ικανοποιητικής ποσότητας καυσίμου. Το μέγεθος της δεξαμενής που θα περιέχει το καύσιμο καθορίζεται από τους εξής παράγοντες:

**Μέγιστη κατανάλωση καυσίμου** στη μονάδα του χρόνου. Συνήθως υπολογίζουν το μέγεθος της δεξαμενής έτσι ώστε να τροφοδοτήσει την εγκατάσταση επί δύο εβδομάδες με την παραπάνω μέγιστη κατανάλωση.

**Αξιοπιστία των προμηθευτών πετρελαίου** όσον αφορά την έγκαιρη παράδοση.

**Οικονομικότερες ποσότητες παραδόσεως** στις περιπτώσεις που η τιμή ποικίλει με τα έξοδα μεταφοράς.

Οι δεξαμενές πετρελαίου κατασκευάζονται έπειτα από παραγελία, αλλά υπάρχουν και τυποποιημένες σε διάφορα μεγέθη. Για την κατασκευή τους, συνήθως χρησιμοποιείται χάλυβας, αλλά και σκυρόδεμα για αυτές που θα πληρωθούν με βαρύ πετρέλαιο.

Στα μεγάλα αποθηκευτικά μεγέθη κατασκευάζονται περισσότερες από μία δεξαμενή (συνδεδεμένες μεταξύ τους) για περισσότερη ευκολία στην επιθεώρηση των δεξαμενών, στην επισκευή και καθαρισμό τους, καθώς και στον καθαρισμό των σωληνώσεων. Όταν οι δεξαμενές δεν είναι θαμμένες στο έδαφος, τότε μεταξύ τους και προς το μέρος του λέβητα τοποθετούνται ανθεκτικά στη φωτιά χωρίσματα.

Όταν η δεξαμενή είναι μακριά από τον καυστήρα και έτσι η αντλία δεν μπορεί να αναρροφά το πετρέλαιο του τότε κοντά στον καυστήρα εγκαθίσταται μια μικρότερη δεξαμενή, συνήθως **ημερήσιας καταναλώσεως**. Για την κατασκευή και εγκατάσταση αυτής της δεξαμενής ισχύουν τα ίδια που ισχύουν και για τις άλλες δεξαμενές. Το πετρέλαιο σε αυτή τη δεξαμενή φθάνει περιοδικά από τις μεγάλες δεξαμενές με την βοήθεια σωληνώσεως και αντλίας μεταφοράς.

Όλες οι συνδέσεις προς τη δεξαμενή, όταν είναι μεγαλύτερη από 1000 lt, γίνονται στο επάνω μέρος της στο οποίο πρέπει να υπάρχει ανθρωποθυρίδα ώστε να εξασφαλίζεται η άνετη είσοδος ενός ατόμου για τον καθαρισμό της δεξαμενής. Όταν η δεξαμενή έχει εσωτερικά θερμικό στοιχείο (περίπτωση μαζούτ), τότε έχει άλλη μιά θυρίδα για να επιτρέπει την απομάκρυνση του θερμικού στοιχείου. Τέλος η δεξαμενή έχει μια συσκευή που δείχνει τη στάθμη του πετρελαίου. Το ενδεικτικό όργανο αυτής της συσκευής μπορεί να βρίσκεται και σε απομακρυσμένο από τη δεξαμενή σημείο (π.χ. στον πίνακα του λέβητα).

Για την κατασκευή του δικτύου πληρώσεως της δεξαμενής και τροφοδοτήσεως του καυστήρα, υπάρχουν διάφορες λεπτομέρειες που πάρα πολύ προσέχουν οι κατασκευαστές (τοποθέτηση βαλβίδων και φίλτρου πετρελαίου, κλίση γραμμών κλπ.). Για τις λεπτομέρειες αυτές δεν θα κάνομε εδώ λόγο, γιατί ξεφεύγομε έτσι από το σκοπό του βιβλίου.

### 9.2.4 Καπνοδόχος.

Η καλή κατασκευή και λειτουργία της καπνοδόχου παίζει αποφασιστικό ρόλο στην καλή απόδοση μιας εγκαταστάσεως παραγωγής θερμότητας (όταν βέβαια αυτή ήταν εγκατάσταση καίει κάποιο καύσιμο).

Ο σχεδιασμός της καπνοδόχου εξαρτάται από τον **ελκυσμό** (ρεύμα αέρα) που απαιτεί το σύστημα καύσεως. Από αυτή την άποψη οι λέβητες κατατάσσονται σε δύο, βασικά, κατηγορίες:

Τους λέβητες που απαιτούν **αρνητική πίεση** (κάτω από την ατμοσφαιρική) στην έξοδό τους ώστε να έλκεται αέρας (που χρειάζεται για την καύση) μέσα στον θάλαμο καύσεως.

Τους λέβητες με **σύστημα καύσεως βεβιασμένου ελκυσμού** οι οποίοι λειτουργούν σε πιέσεις μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική και έχουν αρκετή θετική στατική πίεση στην έξοδο της καπνοδόχου, έτσι ώστε να μην χρειάζεται να έχει η καπνοδόχος ελκυσμό.

Στην πρώτη περίπτωση ο ελκυσμός επιτυγχάνεται μόνο με τη βαρύτητα ή μόνο με ανεμιστήρες ή και με τα δύο (φυσικό ελκυσμό και ελκυσμό με ανεμιστήρα). Στη δεύτερη περίπτωση παρόλο που ο ελκυσμός της καπνοδόχου δεν είναι απαραίτητος, όμως εμπλέκεται στη διαδικασία της καύσεως και γι' αυτό πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη. Έτσι σε μερικές περιπτώσεις τοποθετείται ενισχυτικός ανεμιστήρας για τα καυσαέρια, κυρίως όταν απαιτείται έλεγχος του ελκυσμού ή όταν υπάρχει μεγάλη αντίσταση ροής.

### 9.3 Εγκατάσταση παραγωγής για ψύξη.

Υπάρχουν βασικά δύο ειδών συστήματα:

- Τα συστήματα παραγωγής ψύξεως με **συμπίεση** του ψυκτικού ρευστού.
- Τα συστήματα παραγωγής ψύξεως με **απορρόφηση** του ψυκτικού ρευστού.

Οι κύκλοι λειτουργίας των δύο συστημάτων, δηλαδή ο **κύκλος μηχανικής συμπίεσεως** και ο **κύκλος απορροφήσεως**, έχουν κοινά σημεία την **εξάτμιση** και τη **συμπύκνωση** ενός ψυκτικού ρευστού. Οι δύο αυτές αλλαγές καταστάσεως του ψυκτικού ρευστού συμβαίνουν σε δύο διαφορετικά επίπεδα πιέσεως στον κύκλο. Οι δύο κύκλοι διαφέρουν στο ότι ο κύκλος απορροφήσεως για να δημιουργήσει αυτή τη διαφορά πιέσεως, χρησιμοποιεί **θερμογεννήτρια**, ενώ ο κύκλος μηχανικής συμπίεσεως χρησιμοποιεί **συμπιεστή**. Δηλαδή ο κύκλος απορροφήσεως χρησιμοποιεί **φυσικοχημικές διαδικασίες**, ενώ ο κύκλος συμπίεσεως χρησιμοποιεί καθαρά **μηχανικές διαδικασίες**. Πάντως και οι δύο κύκλοι χρησιμοποιούν ενέργεια που είναι **μηχανική** για τον κύκλο συμπίεσεως και **θερμική** για τον κύκλο απορροφήσεως.

Οι δύο κύκλοι είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε όλα τα μεγέθη εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας για ψύξη.

#### 9.3.1 Εγκαταστάσεις ψύξεως με κύκλο μηχανικής συμπίεσεως.

Τα βασικά τμήματα του κυκλώματος είναι:

- a) Ο **Εξατμιστής (ή ψυκτικό στοιχείο)**, στο οποίο εκτονώνεται και εξατμίζεται (βράζει) το ψυκτικό υγρό απορροφώντας θερμότητας από το ρευστό που περιβάλ-

λει το ψυκτικό στοιχείο (συνήθως νερό ή αέρας). Το ρευστό έτσι ψύχεται.

β) Ο **συμπιεστής**, ο οποίος **ανυψώνει την πίεση** του ψυκτικού αερίου που προέρχεται από τον εξατμιστή στο σημείο πιέσεως της συμπυκνώσεως.

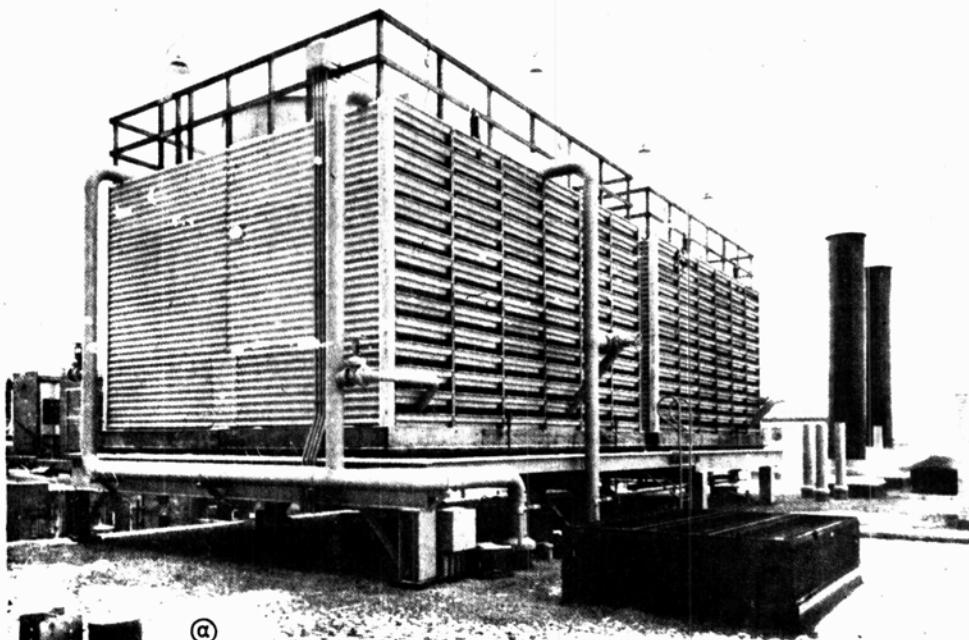
γ) Ο **συμπυκνωτής**, ο οποίος απορρίπτει τη θερμότητα που μεταφέρει το ψυκτικό αέριο σε κάποια **αποχέτευση θερμότητας** (νερό ή αέρας, ανάλογα αν ο συμπυκνωτής είναι υδρόψυκτος ή αερόψυκτος). Όταν ο συμπυκνωτής είναι αερόψυκτος είναι συνήθως (ιδιαίτερα στα μεγαλύτερα συστήματα) εγκαταστημένος στο ύπαιθρο.

δ) **Η συσκευή ρυθμίσεως ροής του ψυκτικού υγρού**, η οποία ρυθμίζει την ταχύτητα ροής του ψυκτικού υγρού προς τον εξατμιστή ώστε να ανταποκρίνεται στην ταχύτητα εξατμίσεως η οποία αντιστοιχεί κάθε στιγμή στο πραγματικό ψυκτικό φορτίο (ή απαγόμενη θερμότητα) του εξατμιστή.

ε) **To δίκτυο σωληνώσεων** με τα διάφορα εξαρτήματά του (**φίλτρα, βαλβίδες, αφυγραντές** κλπ.), το οποίο χρησιμεύει για την κυκλοφορία του ψυκτικού ρευστού μεταξύ των παραπάνω βασικών τμημάτων του ψυκτικού κύκλου.

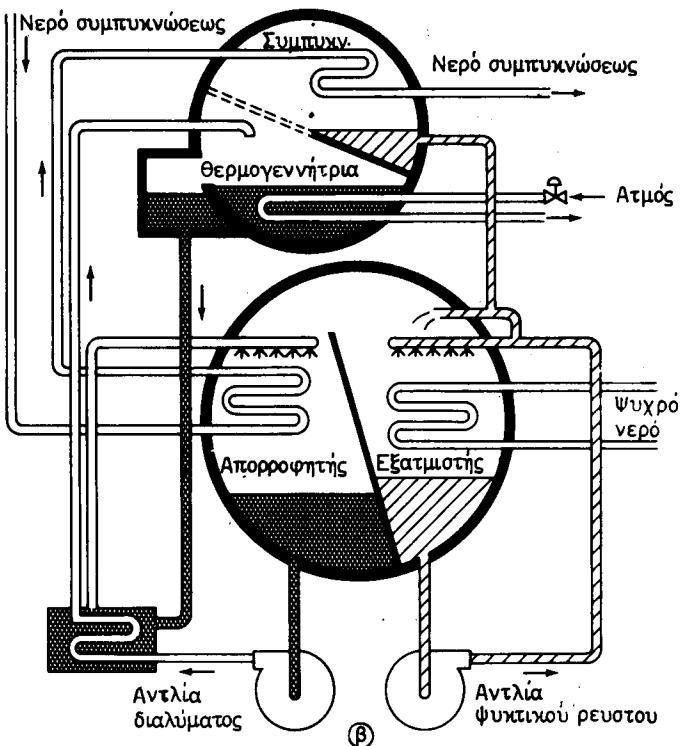
Άλλο ένα σημαντικό τμήμα της εγκαταστάσεως ψύξεως είναι ο **πύργος ψύξεως** ο οποίος είναι συνδεδεμένος με το συμπυκνωτή μέσω σωληνώσεως νερού, όταν ο συμπυκνωτής είναι υδρόψυκτος (και δεν χρησιμοποιεί το νερό του δικτύου πόλεως, όπως συμβαίνει σε μερικές μικρές εγκαταστάσεις). Ο πύργος ψύξεως είναι εγκαταστημένος στο ύπαιθρο [σχ. 9.3a (a)].

Περισσότερα στοιχεία λειτουργίας και αποδόσεων του ψυκτικού κύκλου μηχανικής συμπιέσεως, καθώς και των βασικών μηχανημάτων και βοηθητικών διατάξεων που τον αποτελούν, περιλαμβάνονται στο βιβλίο «Ψυκτικές Μηχανές και Εγκαταστάσεις».



Σχ. 9.3a.

(a) Πύργος ψύξεως μεγάλης κλιματιστικής εγκαταστάσεως.



Σχ. 9.3α.

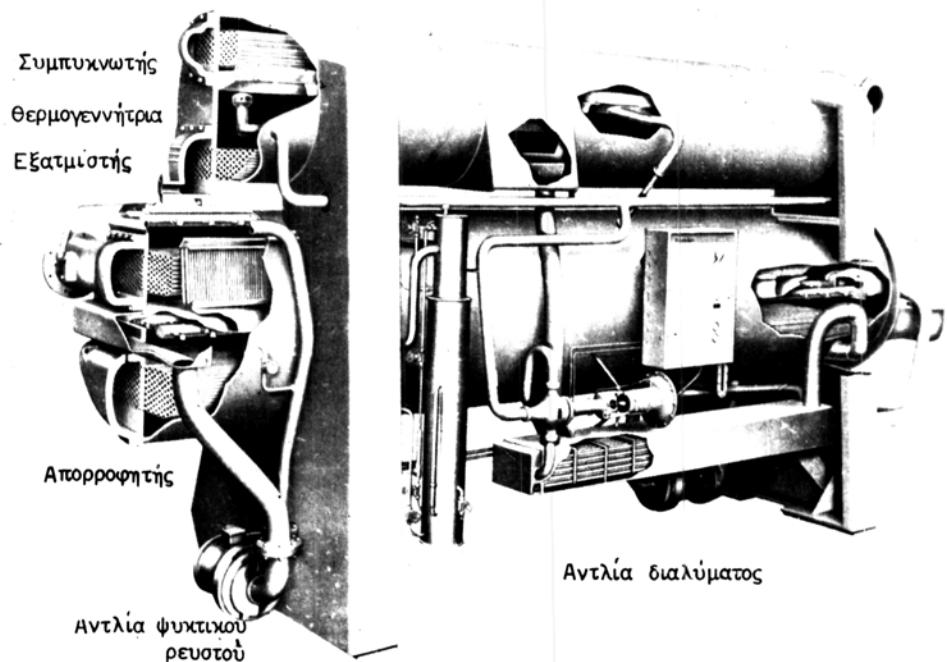
(β) Τυπικό σχηματικό διάγραμμα κύκλου φυσικοχημικής απορροφήσεως.

### 9.3.2 Εγκαταστάσεις ψύξεως με κύκλο φυσικοχημικής απορροφήσεως.

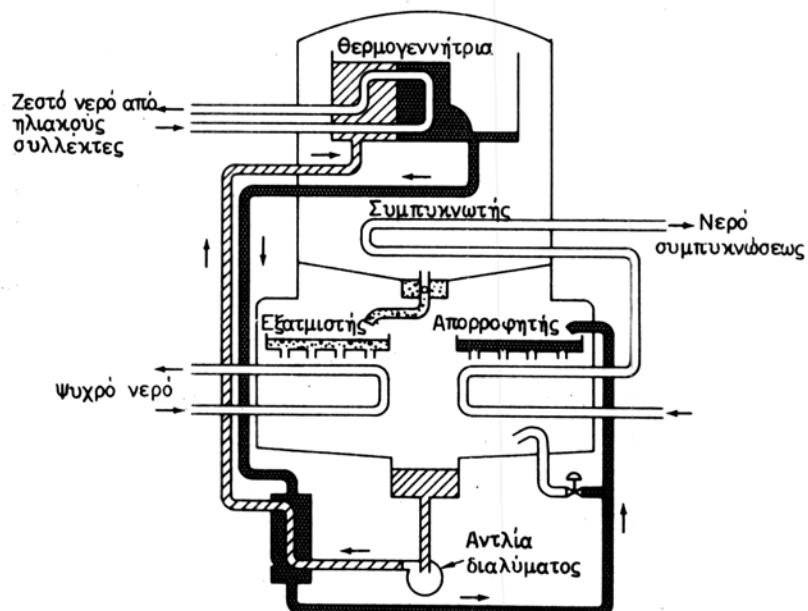
Στην αρχή της παραγράφου 9.3 μιλήσαμε για τις βασικές διαφορές του κύκλου φυσικοχημικής απορροφήσεως από τον κύκλο μηχανικής συμπιέσεως. Οι διαφορές αυτές αναφέρονται στον τρόπο ανυψώσεως της πιέσεως του ψυκτικού ρευστού κατά την πορεία του από τον εξατμιστή (ψυκτικό στοιχείο) στον συμπυκνωτή. Στο σχήμα 9.3α (β) φαίνεται ένα τυπικό σχηματικό διάγραμμα ενός κύκλου φυσικοχημικής απορροφήσεως ο οποίος χρησιμοποιείται για την παραγωγή ψυχρού νερού για κεντρική κλιματιστική εγκατάσταση (σχ. 9.3β). Ο κύκλος αυτός χρησιμοποιεί:

- Ατμό για την παροχή της θερμότητας που χρειάζεται η θερμογεννήτριά του.
- Νερό ως ψυκτικό ρευστό.
- Βρωμιούχο λίθιο ως απορροφητικό υλικό.
- Νερό από τον πύργο ψύξεως για την ψύξη του απορροφητή και του συμπυκνωτή.

Ο τρόπος λειτουργίας ενός πραγματικού κύκλου φυσικοχημικής απορροφήσεως καθώς και οι λεπτομέρειες κατασκευής και επιλογής των αντιστοίχων ψυκτών, είναι πέρα από τις επιδιώξεις αυτού του βιβλίου. Εδώ θα αναφέρομε μόνο ότι οι ψύκτες απορροφήσεως του τύπου που απεικονίζεται στο σχήμα 9.3β χρησιμοποιούνται, κυρίως, για μέσου και μεγάλου μεγέθους εγκαταστάσεις (50 ως

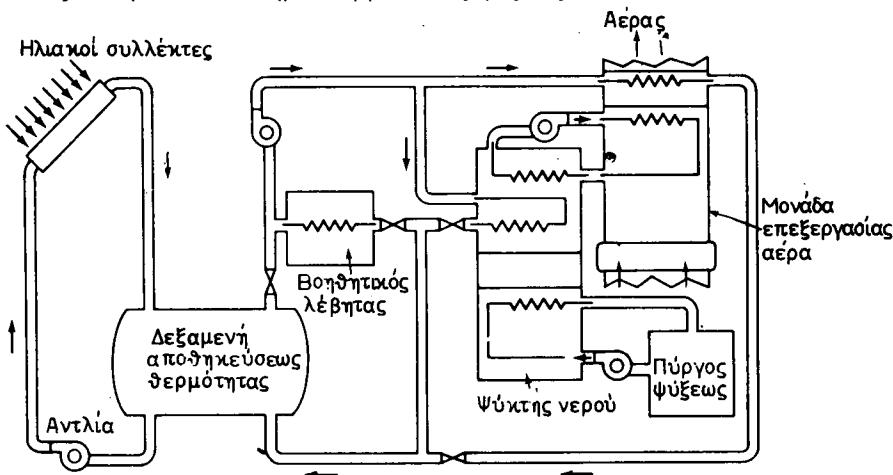


Σχ. 9.3β.  
Ψύκτης απορροφήσεως.



Σχ. 9.3γ.  
Διάγραμμα ψύκτη απορροφήσεως για ψύξη με ηλιακή ενέργεια.

1500 ton) και είναι πολύ οικονομικοί, ιδιαίτερα εκεί που μπάρχει διαθέσιμος ατμός ο οποίος διαφορετικά θα χάνονταν. Τελευταία με την προσπάθεια χρησιμοποιήσεως της **ηλιακής ενέργειας** για θέρμανση και ψύξη, άρχισαν να αποκτούν ενδιαφέρον και μικρού μεγέθους ψύκτες απορροφήσεως (3 με 25 ton). Οι ψύκτες αυτοί χρησιμοποιούν ως πηγή θερμότητας νερό που έχει θερμανθεί σε ηλιακούς συλλέκτες. Στο σχήμα 9.3γ παριστάνεται ένα τυπικό σχηματικό διάγραμμα μιας τέτοιας μικρής μονάδας, ενώ στο σχήμα 9.3δ παριστάνεται μια τυπική εφαρμογή αυτής της μονάδας σε ηλιακό σύστημα θερμάνσεως/ψύξεως.



**Σχ. 9.3δ.**

Σχηματικό διάγραμμα εφαρμογής θερμάνσεως – ψύξεως με ηλιακή ενέργεια.

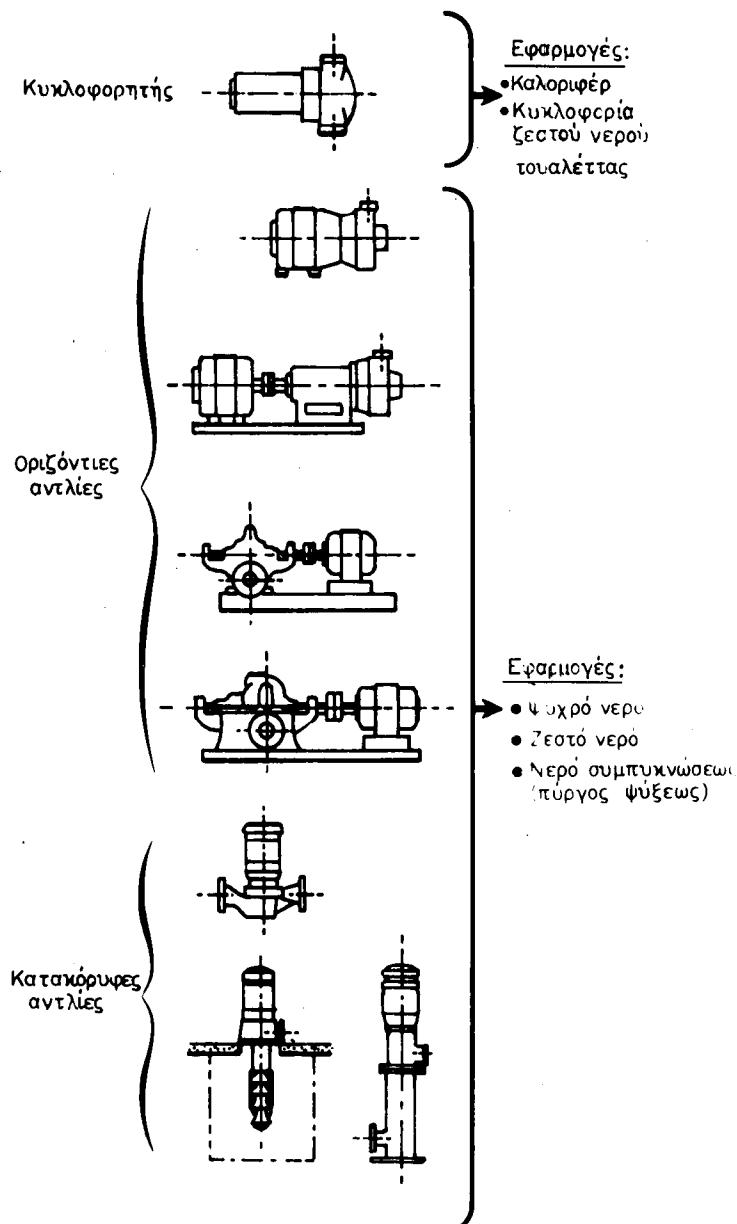
#### 9.4 Αντλίες.

Οι αντλίες αποτελούν ένα σημαντικό τμήμα του Κεντρικού Μηχανοστασίου Κλιματισμού και τις συναντάμε σε όλα σχεδόν τα δίκτυα διανομής ενέργειας που ξέκινανε από το Μηχανοστάσιο. Για την ευκολία επιθεωρήσεως και συντηρήσεώς τους οι αντλίες των βασικών δικτύων (νερού θερμάνσεως, νερού ψύξεως και νερού συμπυκνώσεως) τοποθετούνται συνήθως συγκεντρωμένες σε ιδιαίτερο χώρο του Μηχανοστασίου. Όταν το ζεστό και κρύο νερό κυκλοφορούν μέσα από το ίδιο δίκτυο, τότε και οι αντλίες ζεστού και κρύου νερού μπορεί να είναι οι ίδιες.

Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται στη θέρμανση και τον κλιματισμό για τη διοχέτευση νερού μέσα στις σωληνώσεις είναι **κεντρόφυγες αντλίες**. Οι επικρατέστεροι τύποι τους και οι αντίστοιχες εφαρμογές τους, απεικονίζονται στο σχήμα 9.4α.

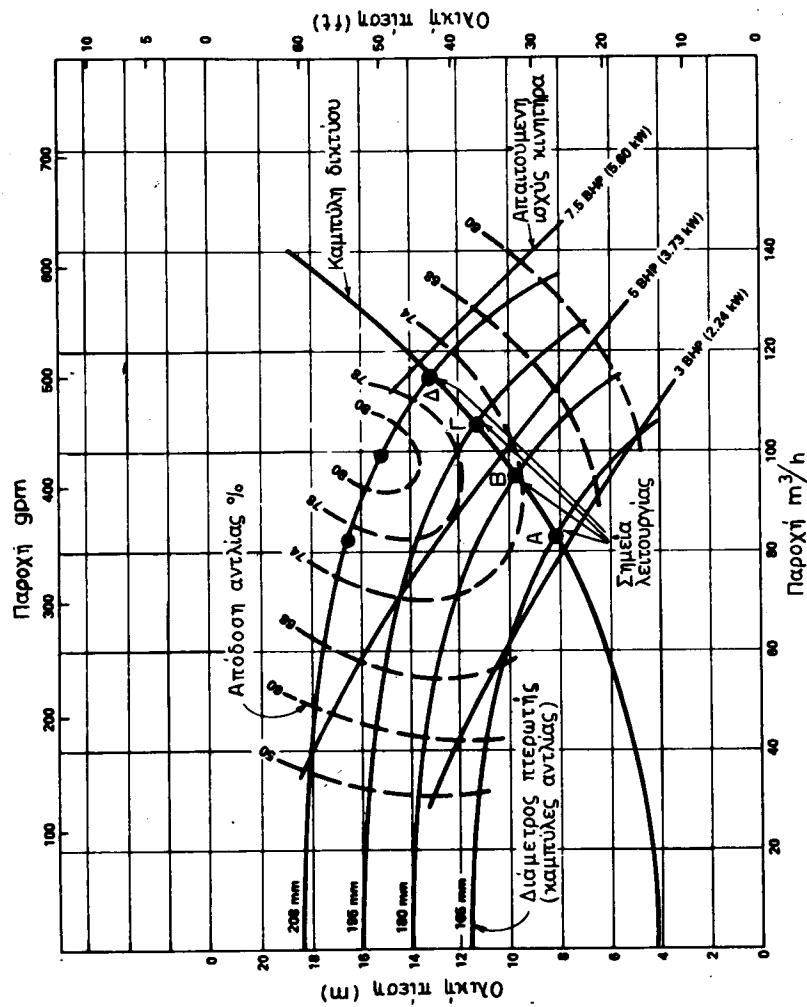
Η συμπεριφορά και απόδοση των αντλιών απεικονίζονται παραστατικά σε διάφορες καμπύλες (που δίνουν οι κατασκευαστές) σχεδιασμένες σε συντεταγμένες ροής/πιέσεως. Ένα ενδεικτικό τέτοιο διάγραμμα φαίνεται στο σχήμα 9.4β. Οι τέσσερεις καμπύλες αποδόσεως αφορούν την ίδια αντλία, αλλά με διαφορετική διάμετρο πτερωτής. Σε κάθε μια από αυτές τις καμπύλες βλέπομε ότι όσο περισσότερες αντιστάσεις δικτύου προσθέτομε στην αντλία, τόσο λιγότερο νερό θα δίνει προς το δίκτυο. Το αντίθετο συμβαίνει με την καμπύλη συμπεριφοράς του δικτύου, δηλ. όσο περισσότερο είναι το νερό που κυκλοφορεί στο συγκεκριμένο δίκτυο τόσο

μεγαλύτερες είναι και οι αντιστάσεις του δικτύου. Το σημείο που συναντώνται οι δύο καμπύλες (Α ή Β ή Γ ή Δ) είναι το σημείο συνεργασίας της αντλίας με το δίκτυο, δηλαδή το **σημείο λειτουργίας** της αντλίας.



**Σχ. 9.4a.**

Τύποι κεντρόφυγων αντλιών για συστήματα θερμάνσεως - ψύξεως με νερό.



Σχ. 9.48.  
Καμπύλης αποδόσεως των αντλιών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

### ΤΟΠΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

#### 10.1 Γενικά.

Οι τοπικές κλιματιστικές μονάδες είναι τοποθετημένες μέσα ή δίπλα στον κλιματιζόμενο χώρο και συνδέονται με το θερμοστάτη του χώρου ώστε να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του. Οι μονάδες αυτές είναι δύο ειδών:

Οι **Τερματικές Μονάδες**, που αποτελούν μέρος μιας Κεντρικής Κλιματιστικής Εγκαταστάσεως (βλ. Παράγραφο 2.2).

Οι **Αυτοδύναμες Τοπικές Κλιματιστικές Μονάδες**, που λειτουργούν αυτοδύναμα χωρίς να εξαρτώνται από καμιά κεντρική κλιματιστική εγκατάσταση (βλ. Παράγραφο 2.3).

#### 10.2. Τερματικές Μονάδες.

Οι τερματικές μονάδες αποτελούν το **τέρμα** στο οποίο καταλήγει το κλιματιστικό **μέσο**, μετά την επεξεργασία του στό Κεντρικό Μηχανοστάσιο. Με τη βοήθεια της τερματικής μονάδας το κλιματιστικό μέσο έρχεται σε επαφή με τον αέρα του χώρου που πρόκειται να κλιματίσει.

Οι τερματικές μονάδες, ανάλογα με το είδος της Κεντρικής Κλιματιστικής Εγκαταστάσεως (Κεφ. 3) στην οποίαν ανήκουν διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

· Τερματικές Μονάδες Αέρα.

· Τερματικές Μονάδες Νερού.

Τερματικές Μονάδες Αέρα - Νερού.

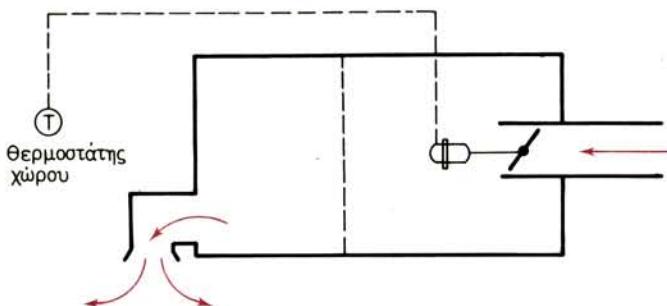
Παρακάτω περιγράφονται οι κυριότερες παραλλαγές σε κάθε μια από τις κατηγορίες. Για στοιχεία αποδόσεων και λεπτομέρειες κατασκευής των μονάδων θα πρέπει να συμβουλευθεί κανείς τους καταλόγους των κατασκευαστών. Αρκετοί από τους κατασκευαστές παράγουν και μονάδες που αποτελούν συνδυασμό των μονάδων που περιγράφονται εδώ.

##### 10.2.1. Τερματικές Μονάδες Αέρα.

Ο αέρας που φθάνει σε μια τερματική μονάδα αέρα είναι ήδη επεξεργασμένος. Επομένως η μονάδα δεν χρειάζεται να έχει ούτε στοιχεία θερμάνσεως/ψύξης, ούτε ανεμιστήρα, ούτε φίλτρα. Απαραίτητα όμως πρέπει να έχει διαφράγματα για τη ρύθμιση των ποσοτήτων του αέρα. Τα διαφράγματα αυτά κινούνται σύμωνα με τις εντολές που παίρνουν από τον θερμοστάτη του χώρου. Ανάλογα με τη λειτουργία που εκτελούν τα διαφράγματα, οι μονάδες μπορεί να **μεταβάλλουν** τον ογκο του αέρα ή να **αναμιγνύουν** δύο ποσότητες αέρα.

**α) Οι Τερματικές Μονάδες Μεταβολης Όγκου Αέρα** (σχ. 10.2α).

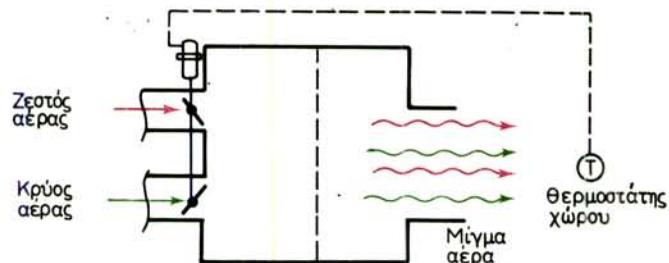
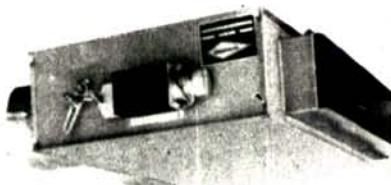
Αυτές δέχονται ένα μόνο ρεύμα επεξεργασμένου αέρα. Ο αέρας αυτός θα είναι ζεστός ή κρύος ανάλογα με την εποχή ή ανάλογα με τις συνολικές ανάγκες που καλείται να ικανοποιήσει η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας Αέρα στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αν π.χ. ο αέρας είναι κρύος και ο χώρος που εξυπηρετείται από την Τερματική Μονάδα δεν απαιτεί πολλή ψύξη, τότε το διάφραγμα της μονάδας θα κλείσει σε τέτοια θέση να περνά μόνο ο αέρας που είναι απαραίτητος για την ψύξη του χώρου. Για τη σχετική θέση μιας τέτοιας μονάδας μέσα στο αντίστοιχο σύστημα κεντρικού κλιματισμού βλέπε το σχήμα 3.2α στο Κεφάλαιο 3.



**Σχ. 10.2α.**  
Τερματική μονάδα μεταβολής όγκου αέρα.

**β) Οι Τερματικές Μονάδες Αναμίξεως Αέρα** (σχ. 10.2β).

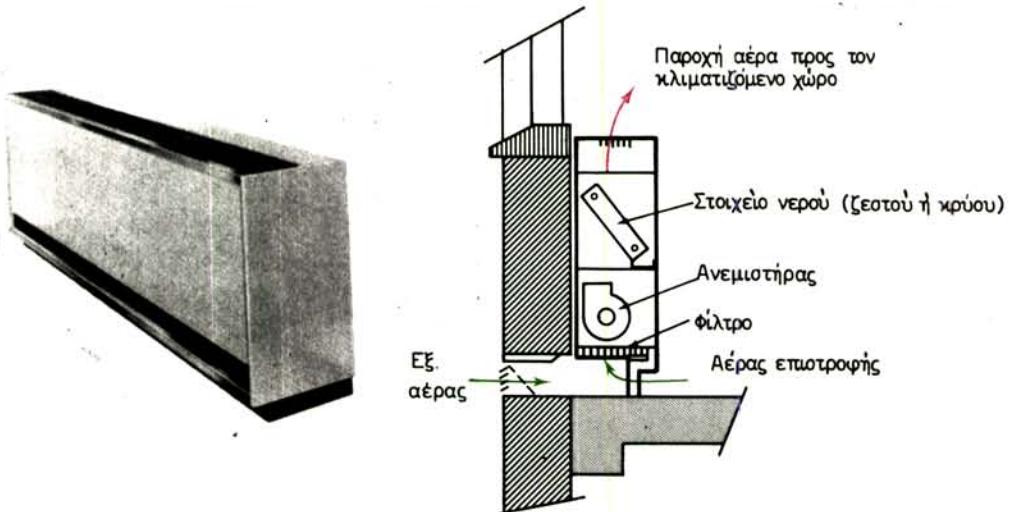
Αυτές δέχονται δύο ρεύματα επεξεργασμένου αέρα, ένα κρύο και ένα ζεστό και έχουν δύο αντίστοιχα διαφράγματα αέρα. Όταν ο χώρος απαιτεί περισσότερη θέρμανση, ανοίγει περισσότερο το διάφραγμα ζεστού αέρα και λιγότερο το διάφραγμα κρύου αέρα. Όταν ο χώρος απαιτεί περισσότερη ψύξη τότε τα διαφράγματα κινούνται αντίθετα. Πάντως, η κίνηση των διαφραγμάτων είναι τέτοια ώστε να είναι σταθερή η ποσότητα του μίγματος αέρα που προκύπτει από την ανάμιξη των δύο ρευμάτων, ανεξάρτητα από την αναλογία αναμίξεως ζεστού/κρύου αέρα. Δηλαδή οι μονάδες αυτές είναι **Μονάδες Σταθερού Όγκου Αέρα**, ως αντίθεση με τις μονάδες της προηγούμενης παραγράφου που είναι **Μονάδες Μεταβαλόμενου Όγκου Αέρα**. Για τη σχετική θέση των δύο Τερματικών Μονάδων Αέρα στα αντίστοιχα συστήματα κεντρικού κλιματισμού βλέπε στα σχήματα 3.2α και 3.2β στο Κεφάλαιο 3.



Σχ. 10.2β.

### 10.2.2 Τερματικές Μονάδες Νερού (σχ. 10.2γ).

Συνήθως οι μονάδες αυτές καλούνται **Μονάδες Ανεμιστήρα - Στοιχείου**. Σε αυτές καταλήγει νερό το οποίο έχει υποστεί σχετική **επεξεργασία** (Θέρμανση ή ψύξη) στο Κεντρικό Μηχανοστάσιο Κλιματισμού. Οι μονάδες έχουν ένα στοιχείο νερού (μόνο για ζεστό ή μόνο για κρύο νερό) ή δύο στοιχεία νερού (ταυτόχρονα και για ζεστό και για κρύο νερό). Στο σχήμα 10.2γ φαίνεται η απλούστερη περίπτωση



Σχ. 10.2γ.

Μονάδα ανεμιστήρα – στοιχείου (Fan - Coil).

του ενός στοιχείου νερού. Επίσης οι μονάδες έχουν ανεμιστήρα, φίλτρο και διάφραγμα για την προσθήκη εξωτερικού αέρα στον αέρα του χώρου που κλιματί-

ζουν. Δηλαδή οι τερματικές αυτές μονάδες έχουν όλα σχεδόν τα στοιχεία (εκτός από υγραντήρα) των Κεντρικών Μονάδων Επεξεργασίας Αέρα (Κεφ. 8).

Στις Τερματικές Μονάδες Νερού γίνεται σχεδόν πλήρης (εκτός από ύγρανση) επεξεργασία του αέρα του χώρου που κλιματίζεται από τη μονάδα. Η ρύθμιση της Θερμοκρασίας του αέρα γίνεται με ρύθμιση της ποσότητας του νερού ή του αέρα που περνά από τη μονάδα. Η τελευταία αυτή ρύθμιση γίνεται χειροκίνητα ή αυτόματα με ηλεκτροκινούμενη βαλβίδα ή με ρυθμιστές ταχύτητας που παίρνει εντολές από το θερμοστάτη του χώρου. Για τη σχετική θέση τερματικών μονάδων νερού στα αντίστοιχα συστήματα κεντρικού κλιματισμού βλέπε τα σχήματα 3.3α, 3.3β και 3.3γ, στο Κεφάλαιο 3. Οι μονάδες ανεμιστήρα - στοιχείου είναι οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες στην Ελλάδα τερματικές μονάδες, γνωστές και με την ονομασία τους στην αγγλική γλώσσα ως μονάδες *Fan-Coil*. Οι μονάδες αυτές συνήθως χρησιμοποιούνται για τον κλιματισμό μικρών σχετικά χώρων που απαιτούν ιδιαίτερη ο καθένας ρύθμιση της θερμοκρασίας και ανήκουν όλοι στο ίδιο μεγάλο κλιματιζόμενο κτίριο. Τέτοιοι χώροι είναι τα δωμάτια ενός ξενοδοχείου, τα επί μέρους γραφεία ενός κτιρίου γραφείων κλπ. Ενδεικτικά μεγέθη τέτοιων μονάδων με τις αντίστοιχες αποδόσεις τους δίνονται στον Πίνακα 10.2.1.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 10.2.1

**Ενδεικτικές αποδόσεις τερματικών μονάδων ανεμιστήρα-στοιχείου *Fan-Coil***

CFM	ΨΥΚΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ*				ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ**		
	Ολική Btu/h	Αισθητή Btu/h	Παροχή Νερού GPM	Πτώση Πλέσεως Ft	Btu/h	Παροχή Νερού GPM	Πτώση Πλέσεως Ft
200	6.800	4.500	2	6,0	14.000	1,0	1,8
300	8.400	5.600	2	7,0	17.500	1,0	1,9
400	12.200	7.700	3	7,5	27.000	1,5	2,2
600	15.800	11.000	3	9,2	33.000	1,5	2,8
800	24.000	17.000	5	7,5	54.000	2,5	2,2

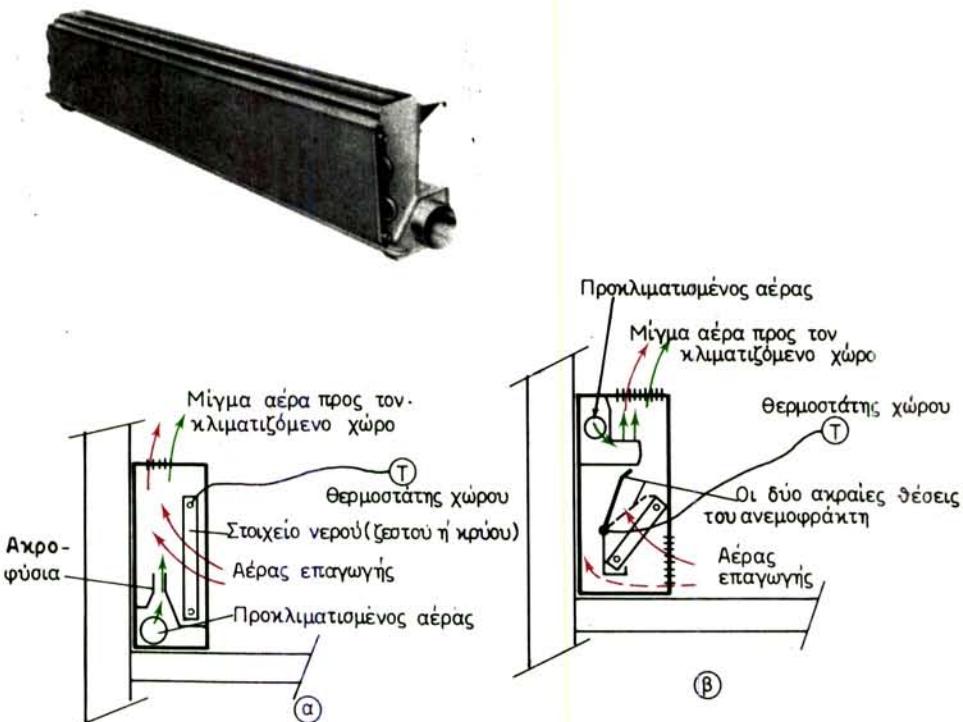
\* Είσοδος αέρα 80°F DB / 67 F WB - Είσοδος νερού 45°F.

\*\* Είσοδος αέρα 70°F – Είσοδος νερού 180° F.

Οι Μονάδες *Fan-Coil* (τερματικές μονάδες νερού) απαιτούν σύνδεση στο δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος (για την κίνηση του ανεμιστήρα και της βαλβίδας τους) και στο δίκτυο αποχετεύσεως (για την απαγωγή των συμπυκνωμάτων νερού όταν λειτουργούν ως ψυκτικές μονάδες). Φυσικά οι συνδέσεις αυτές είναι επιπλέον των συνδέσεων παροχής ζεστού / κρύου νερού που φαίνονται στα σχήματα 3.2α, 3.2β και 3.2γ.

#### 10.2.3 Τερματικές Μονάδες Αέρα - Νερού.

Στις τερματικές αυτές μονάδες καταλήγουν και αέρας και νερό **επεξεργασμένα** σε κάποιο Κεντρικό Μηχανοστάσιο Κλιματισμού. Οι πιο συνηθισμένες είναι οι **Τερματικές Μονάδες Επαγωγής** (σχ. 10.2δ). Στις μονάδες αυτές ο **προκλιματισμένος αέρας** εκτοξεύεται από ακροφύσια με μεγάλη σχετικά ταχύτητα, δημιουργώντας γύρω του υποπίεση που επάγει τον αέρα του χώρου μέσα στην μονάδα και τον εκτοξεύει πίσω στο χώρο. Κατά τη δίοδό του μέσα από τη μονάδα ο αέρας **επαγω-**



Σχ. 10.26.

Τερματικές μονάδες επαγωγής:

(a) Με ρύθμιση νερού, (β) Με ρύθμιση αέρα επαγωγής.

**γής** περνά πάνω από ένα στοιχείο νερού και θερμαίνεται ή ψύχεται ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου, δηλαδή ανάλογα με τις εντολές που παίρνει η μονάδα από τον θερμοστάτη του χώρου. Ακριβέστερα, ο θερμοστάτης κάνει μια από τις παρακάτω δύο ρυθμίσεις:

α) Ρυθμίζει την ποσότητα του νερού που περνά μέσα από το στοιχείο νερού της μονάδας, επενεργώντας πάνω στην αυτόματη βαλβίδα του στοιχείου. Στην περίπτωση αυτή η λειτουργία του στοιχείου νερού είναι παρόμοια με τη λειτουργία του στις μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου της προηγουμένης παραγράφου. Στο σχήμα 10.26(a) παριστάνεται μονάδα επαγωγής με ένα στοιχείο νερού.

β) Ρυθμίζει την ποσότητα του αέρα επαγωγής που περνά από το στοιχείο νερού επενεργώντας πάνω σε ένα αυτόματο ανεμοφράκτη [σχ. 10.26(β)]. Ο ανεμοφράκτης περιστρέφεται και επιτρέπει λιγότερη ή περισσότερη ποσότητα του αέρα επαγωγής να διέρχεται από το στοιχείο νερού. Η υπόλοιπη ποσότητα του αέρα επαγωγής (δηλαδή αέρα από τον κλιματιζόμενο χώρο), παρακάμπτοντας το στοιχείο νερού, φτάνει και αυτή γύρω από τα ακροφύσια του προκλιματισμένου αέρα και αναμιγνύεται με αυτόν και με την ποσότητα του αέρα επαγωγής που έχει περάσει α-

πό το στοιχείο νερού. Το μήγαντα των τριών ποσότητων αέρα περνά από το στάμιο έξόδου της τερματικής μονάδας και διαχέεται μέσα στο χώρο.

Για τη σχετική θέση των τερματικών μονάδων αέρα — νερού στα αντίστοιχα συστήματα κεντρικού κλιματισμού βλέπε το σχήμα 4a στο Κεφάλαιο 3. Εκτός από τις συνδέσεις νερού που φαίνονται στο σχήμα, οι μονάδες απαιτούν και σύνδεση στο δίκτυο του συστήματος ελέγχου (για τη λειτουργία των θερμοστατών και βαλβίδων ή ανεμοφρακτών).

### **10.3 Αυτοδύναμες Τοπικές Κλιματιστικές Μονάδες.**

Οι μονάδες αυτής της κατηγορίας απαιτούν μόνο σύνδεση στο δίκτυο του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι μεγαλύτερες από αυτές απαιτούν και σύνδεση στο δίκτυο αποχετεύσεως για την απαγωγή των συμπυκνωμάτων, καθώς και στο δίκτυο υδρεύσεως όταν περιλαμβάνουν και υγραντήρα. Η παραγωγή θερμότητας και ψύχους, καθώς και η επεξεργασία του αέρα, γίνονται έπι τόπου. Η περιγραφή των μονάδων αυτών έχει εξαντληθεί στις παραγράφους 2.3 και 3.5.

Αυτοδύναμες τοπικές μονάδες χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρά μέμονωμένα κτίρια ή για ανεξάρτητους χώρους που βρίσκονται μέσα σε μεγάλα μή κλιματιζόμενα κτίρια, όπως π.χ. για καταστήματα, σπίτια, γραφεία, υποκαταστήματα τραπεζών κλπ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

### ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

#### 11.1 Γενικά.

Ο εξαερισμός ενός χώρου γίνεται με ιδιαίτερη εγκατάσταση ή μέσα από την εγκατάσταση κλιματισμού του χώρου ή με συνδυασμό των δύο παραπάνω τρόπων. Η τελευταία περίπτωση συναντάται π.χ. όταν μέσω του δικτύου αεραγωγών της κλιματιστικής εγκαταστάσεως έρχεται στο χώρο ένα ρυθμιζόμενο ποσοστό εξωτερικού αέρα, ενώ συγχρόνως από το χώρο με επίτοιχους εξαεριστήρες εξέρχεται μια αντίστοιχη ποσότητα εσωτερικού αέρα.

#### 11.2 Απαιτήσεις εξαερισμού.

Η ανανέωση του αέρα ενός κλειστού χώρου με αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον είναι απαραίτητη όταν μέσα στον χώρο υπάρχουν και ζώντες οργανισμοί. Οι κυριότεροι λόγοι που επιβάλλουν αυτή την ανανέωση είναι:

— Η αναπλήρωση του οξυγόνου που καίγεται μέσα στον χώρο (με την αναπνοή, τα τσιγάρα κλπ.).

— Η απομάκρυνση των διαφόρων οσμών ή και επιβλαβών αερίων που δημιουργούνται από πηγές μέσα στο χώρο.

Η απαιτούμενη πρόσθετη ενέργεια για τη θέρμανση/ψύξη και κυκλοφορία του εξωτερικού αέρα έχει κάνει τους μελετητές πολύ προσεχτικούς στην υπερβολική χρήση εξωτερικού αέρα, ιδιαίτερα μετά την ενεργειακή κρίση των τελευταίων ετών και την επακόλουθη ανατίμηση των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για τον κλιματισμό. Επί πλέον, στις μεγάλες πόλεις που παρουσιάζουν ψηλό βαθμό μολύσεως του περιβάλλοντος, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, γιατί ο εξωτερικός αέρας μπορεί να φέρνει στον κλειστό χώρο το οξυγόνο που απαιτείται, αλλά μπορεί να προσθέτει και σκόνες ή καυσάερια που είναι ανεπιθύμητα. Έτσι το A.S.H.R.A.E. έχει εκδόσει ένα Πρότυπο, το «*Πρότυπο για Φυσικό και Μηχανικό Αερισμό*», στο οποίο δίνονται τιμές αερισμού για διάφορους χώρους τέτοιες ώστε να μη ξοδεύεται αύσκοπα ενέργεια. Οι τιμές ομως αφορούν εξωτερικό αέρα με μια καθορισμένη ποιότητα. Ο Πίνακας 11.2.1 περιέχει τη σύνθεση που πρέπει να έχει αυτός ο *Πρότυπος Εξωτερικός Αέρας*, ενώ ο Πίνακας 11.2.2 παρέχει τις *απαιτήσεις εξαερισμού* (με Πρότυπο Εξωτερικό Αέρα) για διάφορες χαρακτηριστικές εφαρμογές. Αν ο χρησιμοποιούμενος εξωτερικός αέρας δεν είναι της ίδιας ποιότητας ή καλύτερος από τον Πρότυπο, τότε πρέπει να χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα *φίλτρα* ή άλλες συσκευές για να τον φέρομε στα αποδεκτά επίπεδα ποιότητας που καθορίζει ο Πίνακας 11.2.1. Όσο πάντως και να μειωθεί η ποσότητα του εξωτερικού αέρα, όπως καθορίζει το Πρότυπο του A.S.H.R.A.E. δεν θα πρέπει σε καμιά περίπτωση να είναι μικρότερη από 5 CFM ανά άτομο (ελάχιστη ποσότητα απαραίτητη για την αναπλήρωση του οξυγόνου της αναπνοής).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 11.2.1.**

**Σύνθεση πρότυπου εξωτερικού αέρα που προορίζεται για αερισμό (μέγιστες επιπρεπόμενες περιεκτικότητες σε ξένες ουσίες)**

Ξένη Ουσία	Μέση ετήσια Τιμή (αριθμητικό μέσο)	Επίπεδο σε περιορισμένο χρόνο		Περίοδος στην οποία υπολογίζεται ο μέσος όρος
		μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	
Σκόνη	60	150		24
Οξείδια Θείου	80	400		24
Μονοξείδιο Άνθρακα	20.000	30.000		8
Φωτοχημικά Οξειδωτικά	100	500		1
Υδρογονάνθρακες (δεν περιέχουν μεθάνιο)	1800	4000		3
Οξείδια Αζώτου	200	500		24
Μυρωδιά				
Πρέπει να χαρακτηρίζεται μη ενοχλητική από το 60% μιας ομάδας, δέκα (10) μη εκπαιδευμένων ατόμων				

**ΠΙΝΑΚΑΣ 11.2.2.**

**Απαιτήσεις αερισμού με εξωτερικό αέρα που έχει τουλάχιστον τήν ποιότητα που δείχνει ο πίνακας 11.2.1. (Ποσότητες σε CFM ανά άτομο)**

Περιγραφή Χώρου	Απαιτούμενος αέρας για αερισμό	
	Ελάχιστος	Συνιστάται
Μονοκατοικίες/Διαμερίσματα	5	7 ως 10
Κουζίνες	20	30 ως 50
Τουαλέττες	20	30 ως 50
Σουπερμάρκετς	5	5
Ανθοπωλεία	5	7
Εστιατόρια	10	15 ως 20
Μπαρ	30	40 ως 50
Ξενοδοχεία (δωμάτια)	7	10 ως 15
Κουρεία	7	10 ως 15
Αιθουσες (Θεάτρων κτλ.) - όχι κάπνισμα	5	5 ως 10
Αιθουσες (Θεάτρων κτλ.) - με κάπνισμα	10	10 ως 20
Γυμναστήριο (χώρος αθλήσεως)	20	25 ως 30
Γραφεία (γενικά)	15	15 ως 25
Γραφεία συσκέψεων	25	30 ως 40
Στούντιο ραδιοφωνίας & TV	30	35 ως 40
Αιθουσες Τηλεφωνητριών	7	10 ως 15
(Υπόγειες στοές ορυχείων	20	25 ως 30
Αιθουσες συναρμολογήσεως αυτοκινήτων κτλ	20	25 ως 30
Αιθουσες ξυλουργείων	20	25 ως 30
Αιθουσες Σχολείων	10	10 ως 15
Δωμάτια Νοσοκομείων	10	15 ως 20

### 11.3 Αξονικοί και φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες.

Οι **αξονικοί ανεμιστήρες** εξαερισμού τοποθετούνται, συνήθως, στους τοίχους ή στις οροφές ή και μέσα σε αγωγούς αλλά με μικρό μήκος, γιατί η διαθέσιμη από τους ανεμιστήρες αυτούς εξωτερική στατική πίεση είναι πολύ μικρή. Η επιλογή των καταλλήλων αξονικών ανεμιστήρων γίνεται με βάση την απαιτούμενη παροχή τους και, φυσικά, τον τύπο τους, από πίνακες που δίνουν οι κατασκευαστές.

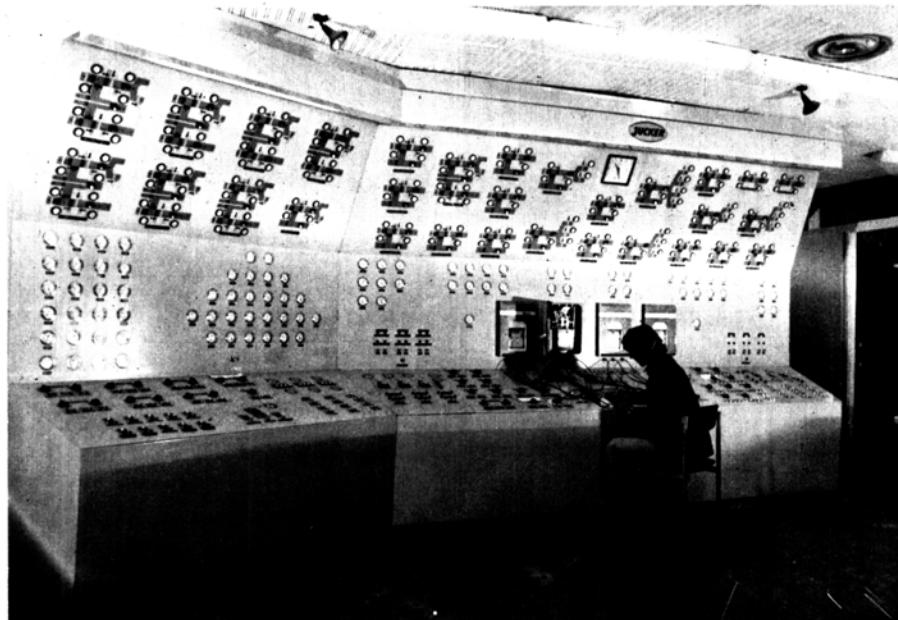
Όπως αναφέραμε στο κεφάλαιο το σχετικό με τα δίκτυα αεραγωγών, **οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες** υπολογίζονται από πίνακες των κατασκευαστών με βάση την απαιτούμενη παροχή τους και την απαιτούμενη εξωτερική στατική πίεσή τους (που είναι η πτώση πιέσεως στον δυσμενέστερο κλάδο του δικτύου αεραγωγών).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

#### 12.1 Γενικά.

Μια εγκατάσταση κλιματισμού, ανάλογα με το μέγεθος και την πολυπλοκότητά της, έχει και ένα απλούστερο ή συνθετότερο αυτόματο σύστημα ελέγχου. Τα **αυτόματα συστήματα ελέγχου** κλιματισμού εκτείνονται από το απλό σύστημα του οικιακού θερμοστάτη που θέτει σε λειτουργία έναν καυστήρα, μέχρι το πολύπλοκο οπτικοακουστικό σύστημα του σχήματος 12.1, όπου από τον κεντρικό πίνακα, με τη βοήθεια δικτύων και οργάνων, που απλώνονται σε όλη την έκταση της εγκατάστασεως, ελέγχεται η λειτουργία και η κατάσταση στην οποία βρίσκονται όλα τα τμήματα της εγκαταστάσεως, συμπεριλαμβανόμενου και του κεντρικού Μηχανο-



Σχ. 12.1.

Πίνακας ελέγχου κεντρικής κλιματιστικής εγκαταστάσεως μεγάλου Αθηναϊκού κτιρίου. Ο πίνακας και τα δίκτυα αυτοματισμού που εκτείνονται σε όλο το κτίριο χρησιμοποιούν αέρα «μέσο» ελέγχου και μεταφοράς εντολών.

στασίου. Τα τελευταία αυτά συστήματα χρησιμοποιούν πολλές φορές και **ηλεκτρονικό υπολογιστή** για τη συγκέντρωση των πληροφοριών και τη γρήγορη ανάλυσή τους ώστε να αντιμετωπίζεται άμεσα κάθε κατάσταση. Με την εγκατάσταση και λειτουργία ενός αυτόματου συστήματος ελέγχου επιδιώκεται:

a) **Η συνεχής ρύθμιση** της αποδόσεως των μηχανημάτων (π.χ. του ψύκτη) και των συσκευών (π.χ. των πτερυγίων ενός στομίου προσαγωγής αέρα) του κλιματιστικού συστήματος ώστε να επιτυγχάνεται η ικανοποιητική ανταπόκριση του συστήματος στις κλιματιστικές ανάγκες των χώρων που εξυπηρετεί (Θέρμανση ή ψύξη, ύγρανση ή αφύγρανση, αερισμό).

b) **Ο συνεχής έλεγχος και προστασία** της ασφαλούς λειτουργίας των μηχανημάτων της εγκαταστάσεως με την παρακολούθηση θερμοκρασιών, πιέσεων κλπ., σε διάφορα κρίσιμα σημεία της εγκαταστάσεως και την επαναφορά τους στα κανονικά όρια (π.χ. θερμοκρασία λέβητα) ή όταν αυτό δεν είναι δυνατό, τη λειτουργία ασφαλιστικών διατάξεων και συστημάτων ειδοποίησεως ή συναγερμού. Τα συστήματα αυτά ελέγχου (που δεν έχουν άμεση σχέση με τη ρύθμιση των κλιματιστικών συνθηκών του χώρου) είναι συνήθως ενσωματωμένα στα μηχανήματα και οι κατασκευαστές έχουν την ευθύνη για αυτά. Τα συστήματα ελέγχου αυτής της κατηγορίας αναφέρονται στό βιβλίο «Ψυκτικές Μηχανές».

## 12.2 Μέρη ενός συστήματος αυτοματισμού.

Στα σχήματα των προηγουμένων κεφαλαίων (και κυρίως του Κεφ. 3) φαίνεται μόνο ένα τμήμα του συστήματος ελέγχου, ο θερμοστάτης χώρου συνδεδεμένος προς μία βαλβίδα ή τάμπερ στα οποία δίνει εντολή να ρυθμίζουν την ποσότητα του διερχόμενου ρευστού (νερού ή αέρα). Παρόλη όμως την απλότητά της η διάταξη αυτή περιλαμβάνει όλα τα βασικά μέρη ενός συστήματος αυτοματισμού όσο πολύπλοκο και αν είναι. Τα μέρη αυτά είναι τα εξής (σχ. 12.3a):

### – Το αισθητήριο δργανο.

Μετρά τη ρυθμίζομενη μεταβλητή. Π.χ. το διμεταλλικό στοιχείο ενός θερμοστάτη που μεταβάλλεται ανάλογα προς τη μεταβολή της θερμοκρασίας.

### – Ο ρυθμιστής.

Συγκρίνει τη μεταβλητή που μετρήθηκε με το σημείο αναφοράς (δηλαδή με την τιμή που θέλουμε η μεταβλητή αυτή να έχει) και δίνει ανάλογη εντολή στη ρυθμίζομενη συσκευή. Π.χ. ο θερμοστάτης με τη θερμοκρασία στην οποία τον έχουμε ρυθμίσει.

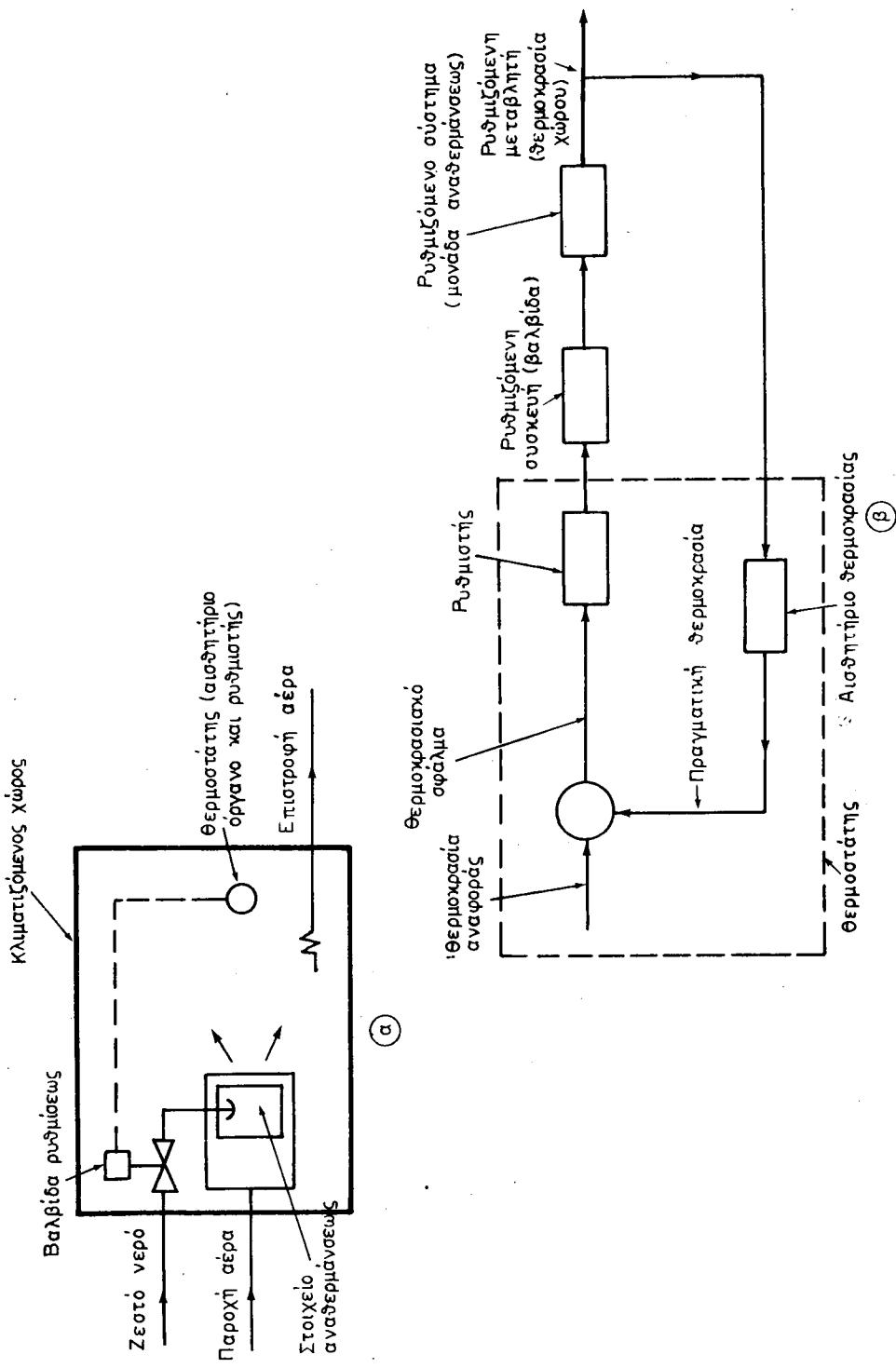
### – Η ρυθμιζόμενη συσκευή.

Παίρνει εντολές από τον ρυθμιστή και κανονίζει την ταχύτητα (ποσότητα) ροής του μέσου που προκαλεί το κλιματιστικό αποτέλεσμα. Π.χ. μια βαλβίδα που ρυθμίζει τη ροή νερού σε ένα θερμαντικό στοιχείο.

Ένα πολύπλοκο σύστημα αυτοματισμού αποτελείται από πολλές από τις παραπάνω συσκευές, διατεταγμένες σε **ανοικτά ή κλειστά κυκλώματα** ελέγχου τα οποία συνεργάζονται ή όχι μεταξύ τους.

## 12.3 Συστήματα κλειστού και ανοικτού κυκλώματος.

Στο σχηματικό διάγραμμα του συστήματος ελέγχου στο σχήμα 12.3a παριστάνε-



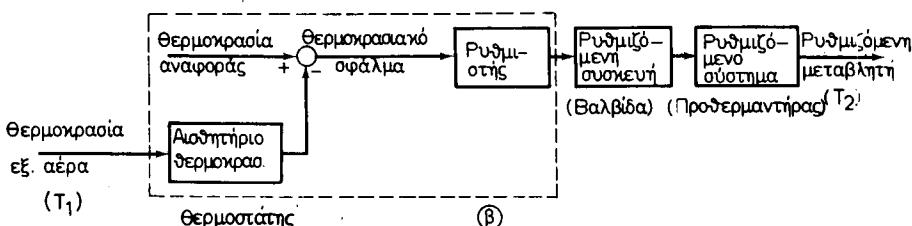
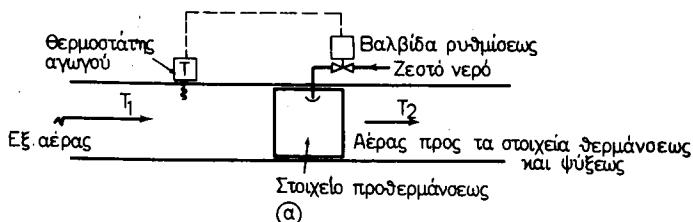
Σχ. 12.3α.

Διάγραμμα συστήματος ελέγχου για μονάδα αναθερμάνσεως. (Κλειστό κύκλωμα).

ται ένα σύστημα **κλειστού κυκλώματος**.

Σε αυτόν τον τύπο του συστήματος, διατηρείται μία συνεχής επικοινωνία και αντιστοιχία μεταξύ της ρυθμιζόμενης μεταβλητής (Θερμοκρασία χώρου) και του σημείου αναφοράς (δηλαδή του σημείου στο οποίο έχομε ρυθμίσει το ρυθμιστή – Θερμόστατη). Μια αλλαγή στη θερμοκρασία του χώρου (λόγω μεταβολής των θερμικών του φορτίων ή λόγω υπερβολικής παρδοχής που προκλήθηκε από μια αλλαγή στη θέση του διαφράγματος της βαλβίδας) θα γίνει αντιληπτή και θα γίνει η αναγκαία διόρθωση στη θέση της βαλβίδας.

Σε ένα σύστημα ελέγχου **ανοικτού κυκλώματος** (σχ. 12.3.β) το αισθητήριο όργανο δεν επηρεάζεται από τη δράση της ρυθμιζόμενης συσκευής. Στο παράδειγμα του σχήματος επιδιώκεται η προστασία από παγέτο των στοιχείων μιας κλιματιστικής μονάδας. Το σημείο αναφοράς είναι περίπου  $2^{\circ}\text{C}$ , έτσι ώστε όταν η εξωτερική θερμοκρασία φθάνει κάτω από αυτό το σημείο, η βαλβίδα να ανοίγει και το θερμαντικό στοιχείο να προθερμάνει τον εισερχόμενο εξωτερικό αέρα πριν πλησιάσει στα υπόλοιπα στοιχεία της κλιματιστικής συσκευής. Ο θερμοστάτης δηλαδή στο ανοικτό κύκλωμα «βλέπει» τη θερμοκρασία του αέρα πριν και όχι μετά από το στοιχείο προθερμάνσεως, όπως θα συνέβαινε στην περίπτωση του κλειστού κυκλώματος.



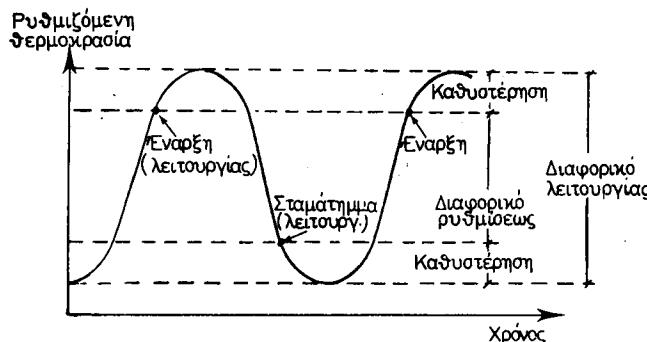
**Σχ. 12.3β.**  
Διάγραμμα συστήματος ελέγχου για μονάδα προθερμάνσεως  
(ανοικτό κύκλωμα).

#### 12.4 Τρόποι δράσεως του Συστήματος Ελέγχου.

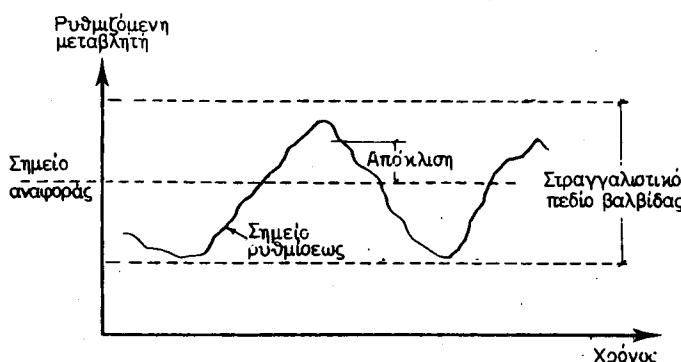
Για να πραγματοποιήσει τις λειτουργίες που αναφέραμε στις προηγούμενες παραγράφους, ένα σύστημα ελέγχου μπορεί να δράσει με τους εξής δύο βασικούς τρόπους:

### α) Με ρύθμιση δύο θέσεων (ΝΑΙ ή ΟΧΙ).

Ένα παράδειγμα τέτοιας ρυθμίσεως (που είναι η απλούστερη από τις ρυθμίσεις που μπορεί να προσφέρει ένα σύστημα ελέγχου) φαίνεται στό σχήμα 12.4α και αφορά εφαρμογή ψύξεως με ανώτερο όριο θερμοκρασίας. **ΝΑΙ – ΟΧΙ ρύθμιση** μπορεί να γίνει, π.χ. με ένα θερμοστάτη που θα αρχίζει και θα σταματά (μέσω ενός ρελέ) τον κινητήρα ενός συμπιεστή. Οποιοδήποτε σύστημα ΝΑΙ – ΟΧΙ χρειάζεται ένα «διαφορικό ρυθμίσεως» για να εμποδίζεται η συχνή ανακύκλωση λειτουργίας, δηλαδή οι πολλές παύσεις (ΟΧΙ) και ενάρξεις (ΝΑΙ). Αυτό το διαφορικό (σε μονάδες της ρυθμιζόμενης μεταβλητής) είναι η διαφορά μεταξύ του σημείου αναφοράς στο οποίο ο ρυθμιστής λειτουργεί στη μια θέση (ΝΑΙ) και του σημείου αναφοράς στο οποίο ο ρυθμιστής αλλάζει στην άλλη θέση (ΟΧΙ). Το «διαφορικό ρυθμίσεως» οποιουδήποτε ρυθμιστή είναι συνήθως λίγο μικρότερο από το πραγματικό «διαφορικό λειτουργίας» του κλιματιστικού συστήματος. Αυτή η διαφορά οφείλεται στην **καθυστέρηση αντιδράσεως** του οργάνου και του κλιματιστικού συστήματος.



**Σχ. 12.4α.**  
Διάγραμμα για ρύθμιση δύο θέσεων.



**Σχ. 12.4β.**  
Διάγραμμα για ανάλογική ρύθμιση.

### **β) Αναλογική ρύθμιση.**

Με αυτόν τον τρόπο δράσεως ενός συστήματος ελέγχου (σχ. 12.4β), η ποσότητα ενέργειας που παρέχεται για τη μεταβολή της ρυθμιζόμενης μεταβλητής είναι ανάλογη με την απόκλιση της πραγματικής τιμής της μεταβλητής από το σημείο αναφοράς. Έτσι π.χ. ο Θερμοστάτης δίνει εντολή στη βαλβίδα ροής προς ένα θερμαντικό στοιχείο να ανοίξει περισσότερο ή λιγότερο ανάλογα με το πόσο η πραγματική θερμοκρασία του χώρου είναι κάτω από τη θερμοκρασία αναφοράς του θερμοστάτη. Όταν η θερμοκρασία του χώρου είναι ψηλότερη από τη θερμοκρασία αναφοράς, τότε ο θερμοστάτης δίνει εντολή για το ανάλογο κλείσιμο της βαλβίδας ροής.

Υπάρχουν και άλλοι τρόποι δράσεως των συστημάτων ελέγχου, οι οποίοι όμως αποτελούν ουσιαστικά παραλλαγές ή βελτιώσεις των δύο βασικών τρόπων που αναφέραμε.

### **12.5 Κατηγορίες συστημάτων αυτοματισμού.**

Τα συστήματα ελέγχου, ανάλογα με το μέσο που χρησιμοποιούν για τη μεταβίβαση των πληροφοριών και των εντολών διακρίνονται σε συστήματα:

- **Ηλεκτρικά**, τα οποία χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια και βασίζονται στη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων του κυκλώματος.
- **Ηλεκτρονικά**, τα οποία χρησιμοποιούν επίσης ηλεκτρική ενέργεια, αλλά βασίζονται στη ροή των ηλεκτρονίων μέσα από τα διάφορα στοιχεία του κυκλώματος.
- **Πνευματικά/υδραυλικά**, τα οποία χρησιμοποιούν ρευστό υπό πίεση και βασίζονται στη διαφορά πιέσεως μεταξύ των σημείων του κυκλώματος (όπως τα ηλεκτρικά βασίζονται στη διαφορά δυναμικού).
- **Ρευστονικά**, τα οποία χρησιμοποιούν επίσης ρευστό υπό πίεση, αλλά βασίζονται στη ροή του ρευστού μέσα από τα διάφορα στοιχεία του κυκλώματος (και όχι στη διαφορά πιέσεως μεταξύ των σημείων του κυκλώματος). Συνεπώς τα συστήματα αυτά (που είναι μια πρόσφατη σχετικά ανάπτυξη προερχόμενη από τις έρευνες για την κατασκευή των διαστημικών οχημάτων) βασίζονται στη ροή του «μέσου» δηλαδή στην ίδια αρχή που βασίζονται τα ηλεκτρονικά συστήματα και γι' αυτό χρησιμοποιούν την ίδια περίπου ορολογία. Τέτοια συστήματα ελέγχου για κλιματιστικές εγκαταστάσεις άρχισαν να συναγωνίζονται και να αντικαθίστούν σε ορισμένες περιπτώσεις τα καθιερωμένα συστήματα που αναφέραμε προηγουμένως. Εφαρμογές τους άρχισαν να εμφανίζονται και στην Ελλάδα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

### ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

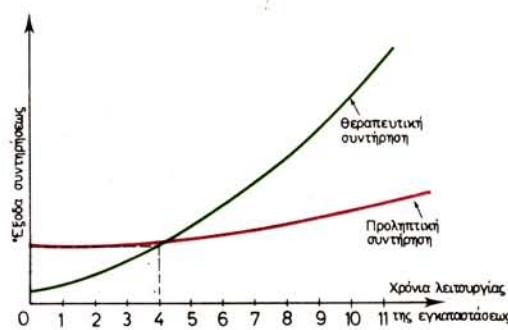
#### 13.1 Είδη Συντηρήσεως.

- Υπάρχουν βασικά δύο είδη συντηρήσεως:
- Η συντήρηση μετά τη βλάβη («θεραπευτική»).
- Η συντήρηση πριν τη βλάβη («προληπτική»).

##### 13.1.1 Θεραπευτική συντήρηση.

Στη θεραπευτική συντήρηση το σύστημα ή μηχάνημα παθαίνει τη βλάβη και μετά κάνουμε τις κατάλληλες επισκευές ή ρυθμίσεις για να το ξαναφέρουμε σε καλή λειτουργική κατάσταση.

Με αυτόν τον τρόπο συντηρήσεως βέβαια εγκυμονούν μεγάλοι κίνδυνοι γιατί κάποια απρόβλεπτη βλάβη μπορεί να προκαλέσει σημαντικές ζημιές στα μηχανήματα (π.χ. σπάσιμο λέβητα) ή και μακροχρόνιες ανεπιθύμητες (όπως π.χ. σε εγκαταστάσεις ηλεκτρονικών υπολογιστών) διακοπές λειτουργίας. Όσο η εγκατάσταση που συντηρείται με αυτόν τον τρόπο «γερνάει», οι κίνδυνοι αυτοί γίνονται μεγαλύτεροι και οι δαπάνες για αντικαταστάσεις εξαρτημάτων και μηχανημάτων ανέρχονται σε μεγαλύτερα ποσά (σχ. 13.1). Επίσης η ζωή των μηχανημάτων μικραίνει και τα έξοδα λειτουργίας της εγκαταστάσεως αυξάνονται, επειδή οι τριβές, οι απώλειες θερμότητας κλπ. είναι μεγαλύτερες. Αντίθετα, στα πρώτα χρόνια λειτουργίας, επειδή τα μηχανήματα είναι ακόμα καινούργια, τα έξοδα θεραπευτικής συντήρησεως είναι μικρά (σε σχέση με την προληπτική συντήρηση, βλ. σχ. 13.1).



Σχ. 13.1.

Ενδεικτικές καμπύλες έξόδων θεραπευτικής και προληπτικής συντηρήσεως.  
(Στο σχήμα σημειώνεται ενδεικτικά ότι μέχρι τον 4ο χρόνο λειτουργίας η θεραπευτική συντήρηση κοστίζει λιγότερο).

##### 13.1.2 Προληπτική συντήρηση.

Στην προληπτική συντήρηση ακολουθούμε ένα πρόγραμμα περιοδικών επιθεώρησεων (και επισκευών, όταν μια επιθεώρηση δείχνει ότι κάτι πρέπει να επισκευα-

(ισθεί), καθώς και περιοδικών «περιποιήσεων» ή και αντικαταστάσεων των πιό ευαισθήτων εξαρτημάτων μιας εγκαταστάσεως (λίπανση ρουλεμάν, καθάρισμα φίλτρων, αντικατάσταση λουριών κτλ.). Με αυτόν τον τρόπο συντηρήσεως επιτυγχάνομε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Επισημαίνονται έγκαιρα οι αιτίες βλαβών και οι αδυναμίες του συστήματος και προλαβαίνονται τα «ατυχήματα» των μηχανημάτων που θα προκαλούσαν μεγάλες διακοπές λειτουργίας και ανυπολόγιστες υλικές ζημίες και οικονομικές συνέπειες.

– Διατηρείται το σύστημα σε μέγιστη αποδοτικότητα λειτουργίας.

– Μεγαλώνει η χρήσιμη ζωή των μηχανημάτων.

– Απαιτείται ελάχιστη εφεδρική ικανότητα των απαραίτητων μηχανημάτων της εγκαταστάσεως, γιατί τα μηχανήματα αυτά διατρέχουν πολύ μικρότερο κίνδυνο να πάθουν βλάβη.

– Γίνεται καλύτερος έλεγχος ανταλλακτικών και μειώνεται το αποθεματικό τούς, γιατί η αντικατάσταση των εξαρτημάτων είναι περισσότερο προγραμματισμένη.

– Σταθεροποιείται η ποσότητα των εργατωρών που απαιτούνται για τη συντηρηση, και συνεπώς μπορεί να γίνεται καλύτερη οργάνωση και προγραμματισμός του συνεργείου συντηρήσεως.

Πολλά από τα πλεονεκτήματα που αναφέραμε προκαλούν σημαντικές οικονομίες, με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος λειτουργίας και συντηρήσεως ενός συστήματος να είναι μικρότερο από ότι θα ήταν με τη «Θεραπευτική Συντήρηση», παρά την αρχική επιβάρυνση για πρόσθετη ύπαλληλική εργασία, προμήθεις υλικών κτλ. που χρειάζεται η «Προληπτική Συντήρηση» (σχ. 13.1). Επομένως από μια καλά προγραμματισμένη και πιστά εκτελούμενη Προληπτική Συντήρηση θα πρέπει να περιμένουμε άριστα αποτελέσματα και από άποψη λειτουργικότητας και από άποψη οικονομίας για κάθε εγκατάσταση.

### 13.2 Σχεδίαση Προγράμματος για Προληπτική Συντήρηση.

Κάθε εγκατάσταση πρέπει να έχει ένα Πρόγραμμα για Πρόληπτική Συντήρηση σχεδιασμένο στα δικά της μέτρα. Το Πρόγραμμα αυτό θα είναι τόσο πιο λεπτομερές και αυστηρό όσο η εγκατάσταση είναι πιο παλιά, πολύπλοκη, απαραίτητη και πιο μεγάλης αξίας. Η σχεδίαση του Προγράμματος που θα αφορά μια συγκεκριμένη εγκατάσταση γίνεται από τον Μηχανικό που είναι υπεύθυνος για την εγκατάσταση. Η συμβολή όμως του Εργοδηγού και του Τεχνίτη είναι απαραίτητη για την επιτυχία του Προγράμματος σε όλα τα στάδια της εφαρμογής και παρακολουθήσεως του. Τα στάδια αυτά εφαρμογής, με χρονολογική σειρά, είναι:

- Απογραφή της εγκαταστάσεως.
- Σύνταξη συνολικού πίνακα αναγκών συντηρήσεως..
- Σύνταξη χρονοδιαγράμματος συντηρήσεως.
- Παρακολούθηση της συντηρήσεως (αρχείο συντηρήσεως, αναλύσεις συμπεριφοράς της εγκαταστάσεως).
- Δημιουργία του κατάλληλου Συνεργείου Συντηρήσεως και εφοδιασμός του με τα απαραίτητα μεταφορικά μέσα και απόθεμα εξαιρετικά μηχανημάτων.

Στις επόμενες παραγράφους δίνεται σύντομη περιγραφή των παραπάνω στα-

δίων του Προγράμματος, καθώς και υποδείγματα των απαιτουμένων πινάκων, καρτών κτλ. μαζί με παραδείγματα για τη συμπλήρωσή τους.

### 13.2.1 Απογραφή της εγκαταστάσεως (Υποδείγματα 1 και 1a).

Από τα αρχέα που ήδη υπάρχουν ή και με επιτόπια έρευνα, μπορούμε να βρούμε διάφορα δεδομένα για τα μηχανήματα ή συστήματα της εγκαταστάσεως, όπως:

Ποια είναι αυτά τα μηχανήματα ή συστήματα.

Πού είναι τοποθετημένα.

Ποια είναι τα χαρακτηριστικά τους (τάση, ισχύ, τύπο εδράνων κλπ.)

Ποιο είναι το ιστορικό τους (ηλικία, μετατροπές ή επισκευές που τους έγιναν, προβλήματα που παρουσίασαν).

### ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ 1

(ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΘΙΕΡΩΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ)  
**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ** (Για να αξιολογηθεί η παρούσα κατάσταση λειτουργίας)

ΚΤΙΡΙΟ: Πατησίων 850

ΕΓΚΑΤ/ΣΗ: Κλιματισμός 3ου Ορόφου

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ:..... ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:.....

A/A	ΕΡΩΤΗΜΑ / ΘΕΜΑ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΑΕΡΙΣΜΟΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ
1.	Κατασκευή Εγκαταστάσεως (Καλή ή Κακή)	—	—	Μέτρια
2.	Τοποθέτηση Μηχανημάτων (Καλή ή Κακή)	—	—	Κακή
3.	Τύπος Συστήματος	—	—	Κεντρικός
4.	Διανομή Ψύξεως	—	—	Με αγωγούς
5.	Πηγή Ενέργειας	—	—	Πετρέλαιο & Ηλεκτρισμός
6.	Υπευθυνότητα Συντηρήσεως	—	—	Εργολάβος
7.	Το Σύστημα συντηρείται κανονικά; Χρειάζεται βελτίωση;	—	—	Γίνεται μόνο Θεραπευτική Συντήρηση
8.	Συμπεριφορά Συστήματος (Με συντομία)	—	—	Συχνές βλάβες
9.	Ηλικία - Επισκευές	—	—	10 ετών - Γενική Επισκευή πριν 2 χρόνια
10.	Προβλήματα - Ελλείψεις	—	—	Προβληματικός αυτοματισμός
11.	Απαιτούμενες Ειδικότητες Προσωπικού Συντηρήσεως	—	—	Υδραυλικός Ψυκτικός Ηλεκτρολόγος

- Τι συντήρηση ή επισκευές χρειάζονται άμεσα.
- Τι συντήρηση πρέπει να γίνει αργότερα και πότε.

Για κάθε σύστημα μπορεί να συμπληρωθεί ένα ερωτηματολόγιο (του τύπου που δίνεται στο **Υπόδειγμα 1**), ώστε να αξιολογηθεί η παρούσα κατάσταση λειτουργίας του συστήματος.

Αν ο εργολάβος που κατασκεύασε την εγκατάσταση μας έχει παραδώσει ένα κανονικό **Βιβλίο Οδηγών Λειτουργίας και Συντηρήσεως**, τότε θα έχομε όλες τις πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες συντηρήσεως των μηχανημάτων της εγκαταστάσεως. Αν όχι, τότε πρέπει σε αυτό το στάδιο σχεδιάσεως του Προγράμματος να φτιάξουμε μόνοι μας ένα τέτοιο βιβλίο για την εγκατάστασή μας επιδιώκοντας να συγκεντρώσουμε σε αυτό όσο γίνεται περισσότερες πληροφορίες σύμφωνα με το **Υπόδειγμα 1a**. Αργότερα, κατά τα διάφορα στάδια εφαρμογής

### **ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ 1a**

#### **ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΥ ΟΔΗΓΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ**

ΚΤΙΡΙΟ: Πατησίων 850

1 Κλιματισμός - Αερισμός

A/A	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΒΙΒΛΙΟΥ	ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ 2	ΕΛΛΕΙΠΟΝΤΑ 3
1.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ (Συνολική και κατά σύστημα)	▼	1) Σύστημα αυτ/σμού 2) Σύστημα αποσκληρύνσεως 3) Σύστημα πεπιεσμένου αέρα
2.	ΣΧΕΔΙΑ (Κατασκευαστικά ή επιμετρητικά)	▼	
3.	ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΜΕΝΑ ΦΥΛΛΑΔΙΑ & ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	▼	Αντλίες
4.	ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ	▼	Τοπικές μονάδες
5.	ΟΔΗΓΙΕΣ ΑΡΣΕΩΣ ΒΛΑΒΩΝ	○	
6.	ΟΔΗΓΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	▼	
7.	ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ	▼	1) Σύστημα αυτ/σμού 2) Τοπικές μονάδες
	7.1 Χρονοδιάγραμμα συντηρήσεως	○	
	7.2 Πίνακας απαραιτήτων ανταλλακτικών	▼	
8.	ΔΙΑΦΟΡΑ		

#### **ΟΔΗΓΙΕΣ:**

1. Συμπληρώστε αντίστοιχα: ΘΕΡΜΟΪΔΡΑΥΛΙΚΑ ή ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ - ΑΕΡΙΣΜΟΣ ή ΤΟΠΙΚΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ ή ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ, κτλ.
2. Σημειώστε με ▼ αν υπάρχουν όλα τα στοιχεία, με v αν υπάρχουν μερικά, με O αν δεν υπάρχει κανένα.
3. Αναγράψτε τα ελλείποντα στοιχεία. Αν δεν επαρκεί ο χώρος συνεχίστε στο 4.
4. ....

του Προγράμματος, το βιβλίο αυτό θα συμπληρώνεται. Τις πρώτες πληροφορίες θα τις πάρομε από το μελετητή, τον εργολάβο, τους κατασκευαστές των μηχανημάτων και από την πείρα μας στην ίδια ή σε παρόμοιες εγκαταστάσεις.

Καθώς επιχειρούμε την απογραφή της εγκαταστάσεως είναι χρήσιμο να ελέγξουμε την τάξη και καθαριότητα που επικρατεί σε αυτήν και, αν χρειάζεται, να κάνουμε τις μεγαλύτερες δυνατές βελτιώσεις σε αυτόν τον τομέα. Ένα τακτοποιημένο και καθαρό περιβάλλον είναι απαραίτητη προϋπόθεση, για την επιτυχία του Προγράμματος Προληπτικής Συντηρήσεως.

### **13.2.2 Σύνταξη συνολικού πίνακα αναγκών συντηρήσεως (Υπόδειγμα 2).**

Αφού λοιπόν για κάθε μηχάνημα έχουμε καταγράψει τις ανάγκες του σε συντήρηση στο «Βιβλίο Οδηγιών Λειτουργίας και Συντηρήσεως» (Υπόδειγμα 1α) που φτιάξαμε για την εγκατάσταση, μπορούμε τώρα να συντάξουμε έναν πίνακα αναγκών συντηρήσεως για όλη την εγκατάσταση (Υπόδειγμα 2), με τη βοήθεια και του συμπληρωμένου κατά το προηγούμενο επίσης στάδιο Υποδείγματος 1. Το καινούργιο στοιχείο που χρειάζεται για τη συμπλήρωση αυτού του πίνακα είναι μια εκτίμηση του **απαπούμενου χρόνου για κάθε επιθεώρηση, ρύθμιση, λίπανση και επισκευή του κάθε μηχανήματος ή συστήματος της εγκαταστάσεως**.

Και επειδή, πιθανότατα, τα Χρονοδιαγράμματα Συντηρήσεως που θα περιέχει το «Βιβλίο Οδηγιών Λειτουργίας και Συντηρήσεως» θα είναι καθορισμένα από τους κατασκευαστές των μηχανημάτων και θα αναφέρονται σε μέσες συνθήκες λειτουργίας τους, θα πρέπει σε αυτό το στάδιο να καθορίσουμε με περισσότερη ακρίβεια τις συχνότητες των επιθεωρήσεων, ρυθμίσεων κλπ. κάθε μηχανήματος ή συστήματος, λαμβάνοντας υπ' όψη μας τους παρακάτω παράγοντες:

— **Ηλικία, κατάσταση, αξία.**

Όσο πιο παλιό, όσο πιο παραμελημένο και όσο πιο ακριβό είναι ένα μηχάνημα, τόσο πιο συχνές επιθεωρήσεις, ρυθμίσεις κλπ. χρειάζεται για να διατηρείται σε καλή λειτουργία και να παρατείνεται η ζωή του. Αν το μηχάνημα έχει περάσει τη **χρήσιμη ζωή** του και η συντήρησή του είναι ασύμφορη, τότε πρέπει να αντικατασταθεί.

— **Απαιτήσεις ασφάλειας (ίτης εγκαταστάσεως και του κτιρίου).**

Όταν είναι αυξημένες χρειάζονται πιο συχνές επιθεωρήσεις.

— **Όρες λειτουργίας.**

Μια 24ωρη λειτουργία απαιτεί πιο πολλές επιθεωρήσεις από την 8ωρη. Επίσης οι ώρες επιθεωρήσεων πρέπει να προγραμματισθούν σύμφωνα με τον προγραμματισμό των ωρών λειτουργίας.

— **To απαραίτητο της λειτουργίας.**

Αν ένα σύστημα πρέπει να εργάζεται χωρίς απρόσπτες διακοπές (π.χ. σε αιθουσες ηλεκτρονικών υπολογιστών, σε εργαστήρια κλπ.), τότε χρειάζονται πιο συχνές επιθεωρήσεις.

— **Λειτουργία κάτω από δυσμενείς συνθήκες.**

Μηχανήματα που η λειτουργία τους υπόκειται σε αυξημένες διαβρώσεις, σκόνες, τριβές, υπερφορτώσεις, ταλαντώσεις και άλλες σκληρές χρήσεις, πρέπει να επιθεωρούνται πιο συχνά.

Αν οι επισκευές επαναλαμβάνονται συχνά, είναι ίσως σκόπιμο να επιδιώξουμε βελτιώσεις που θα εξαλείψουν τις βασικές αιτίες φθορών της εγκαταστάσεως.

## ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ 2

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΜΗΧΑΝΗΜΑ και ΣΥΣΤΗΜΑ	ΠΟΣΟ- ΤΗΤΑ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ή ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ *	ΕΚΤΙΜΟΥΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ, ΩΡΕΣ		ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΩΡΕΣ ΣΤΟΝ ΥΛΙΚΑ ΧΡΟΝΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
				ΑΝΑ ΜΟ- ΝΑΔΑ	ΣΥΝΟ- ΛΟ		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(2)×(5)	(7)=(4)×(6)	(8)
Συμπυκνωτής (νερού)	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Έλεγχε κατάσταση νερού για στοιχεία που προκαλούν διάβρωση.</li> <li>- Έλεγχε θερμοκρασία νερού.</li> <li>- Πάρε δειγμα νερού για χημική ανάλυση.</li> <li>- Έλεγχε πίεση νερού.</li> <li>- Έλεγχε για διαφυγές ψυκτικού.</li> <li>- Έλεγχε για διαφυγές νερού.</li> <li>- Αδεισες δύο το νερό / καθάρισε τη απλευτρά νερού των σωλήνων.</li> <li>- Έλεγχε το εσωτερικό της διαδρομής του νερού για διάβρωση.</li> <li>- Άλλαξε δύοις τους συνδέσμους - ροδέλλες.</li> <li>- Έλεγχε όλες τις βαλβίδες αποσυντροφολόγησε και επισκεύασε αν χρειάζεται.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Βδομ. Βδομ. Βδομ. Μήνα Μήνα Χρόνο</li> <li>Μήνα Μήνα Χρόνο</li> <li>Χρόνο Χρόνο Χρόνο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0,25</li> <li>0,75</li> <li>1.00</li> <li>3.00</li> <li>18.00</li> <li>16.00</li> <li>48.00</li> <li>48.00</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>19.50</li> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> </ul>		(9)
Σύστημα σωληνώσεων νερού	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Έλεγχε για διαρροές.</li> <li>- Έλεγχε όλες τις βαλβίδες. Επισκεύασε.</li> <li>- Έλεγχε όλη τη σωλήνωση για σκουριά και διάβρωση/ Επισκεύασε ή αντικατάστησε</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μήνα Χρόνο Χρόνο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.00</li> <li>8.00</li> <li>8.00</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.00</li> <li></li> <li></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6.00</li> <li></li> <li></li> </ul>	

\* Αναφέρεται στη διάρκεια λειτουργίας της εγκαταστάσεως. Εδώ θεωρήθηκε ότι η εγκατάσταση λειτουργεί επί 8 μήνες (Μάιο - Οκτώβριο). Έτσι π.χ. ένας έλεγχος στο μήνα σημαίνει 6 έλεγχοι στο χρόνο.

**Οι συχνότητες και διάρκειες** (ανθρωποώρες) που αρχικά θα καθορίσομε για τις διάφορες εργασίες θα πρέπει από καιρό σε καιρό να **αναθεωρούνται** σύμφωνα με την πείρα μας από την εφαρμογή του Χρονοδιαγράμματος.

### **13.2.3 Σύνταξη Χρονοδιαγράμματος και έκδοση Εντολών Συντηρήσεως (Υπόδειγμα 3).**

Τα προηγούμενα βήματα είχαν ως πρωταρχικό σκοπό τη συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών για τη σύνταξη του χρονοδιαγράμματος και τη σύμφωνα με αυτό, έκδοση των **Εντολών Συντηρήσεως**. Το χρονοδιάγραμμα για κάθε εγκατάσταση θα καθορίζει:

- Τι και πότε πρόκειται να γίνει (με ημερομηνίες, πλέον, όχι συχνότητες).
- Ποιος πρόκειται να το κάνει.

Κάθε στοιχείο της εγκαταστάσεως πρέπει να συμπεριληφθεί στο χρονοδιάγραμμα.

Η βασική σκέψη που πρέπει να κυριαρχεί κατά τη σύνταξη του χρονοδιαγράμματος είναι η εξυπρέτηση αυτών που χρησιμοποιούν την εγκατάσταση. Πρέπει δηλαδή να κρατάμε την εγκατάσταση σε λειτουργία, ιδιαίτερα σε χρονικές περιόδους που οι άνθρωποι τη χρειάζονται περισσότερο. Άλλα παράλληλα πρέπει να επιδιώκαμε το μοίρασμα των εργασιών συντηρήσεως δύο γίνεται πιο ομοιόμορφα σε όλο το χρόνο.

Για κάθε μέρα του χρονοδιαγράμματος θα εκδίδεται και χωριστή Εντολή Συντηρήσεως (Υπόδειγμα 3) για όλο το συνεργείο ή χωριστές εντολές για μικρότερα συνεργεία που θα ασχοληθούν με ανεξάρτητα τμήματα της εγκαταστάσεως (ή των εγκαταστάσεων). Μετά την εκτέλεση κάθε εντολής σημειώνεται σε ιδιαίτερες στήλες (όπως φαίνεται στο παράδειγμα συμπληρώσεως του Υποδείγματος 3) τι πράγματι έκανε το συνεργείο.

### **13.2.4 Παρακολούθηση του Προγράμματος Προληπτικής Συντηρήσεως – Τήρηση Αρχείων (Υπόδειγμα 4).**

Η παρακολούθηση του Προγράμματος Προληπτικής Συντηρήσεως και η εκτίμηση των αποτελεσμάτων του θα μας βοηθήσει να βελτιώσουμε τις συχνότητες και χρονικές διάρκειες των διαφόρων επιθεωρήσεων, ρυθμίσεων και συντηρήσεων.

Οι φάκελοι των αρχείων ανοίγουν από την αρχή, όταν επιχειρούμε απογραφή της εγκαταστάσεως. Τα αρχεία που κρατάμε πρέπει να είναι αρκετά για την εξασφάλιση του απαιτούμενου ελέγχου του Προγράμματος, αλλά και όσο γίνεται απλούστερα ώστε να αποφεύγεται η υπερφόρτωση του συνεργείου με γραφική δουλειά.

Υπάρχουν διάφορα συστήματα (με φόρμες) για την καταγραφή των απαραίτητων πληροφοριών. Αυτές οι φόρμες σε κάθε Πρόγραμμα είναι συνήθως πολλές και έχουν τη μορφή κάρτας. Η πιο συνηθισμένη κάρτα είναι η **Κάρτα Μηχανήματος** (Υπόδ. 4). Σε αυτή αναγράφονται απαραίτητα στατιστικά στοιχεία των σπουδαιοτέρων μηχανημάτων (συμπιεστών, συμπυκνωτών, πύργων ψύξεως, κινητήρων, αντλιών, ανεμιστήρων κλπ.) της εγκαταστάσεως, δηλαδή:

- Δεδομένα από την πινακίδα του μηχανήματος.
- Τοποθεσία του μηχανήματος.

**ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ 3**  
**ΕΝΤΟΛΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΣ**

ΕΓΚ/ΣΗ: Κληματισμός Κτηρίου Παπτοίων 850 ΤΕΧΝΙΤΗΣ: Γ. Παπακώστας + Βοηθός

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 18-5-79

ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ Ή ΣΥΣΤΗΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΡΓΑΣΙΑ	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΗ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ	ΧΡΟΝΟΣ (ΩΡΕΣ)	ΠΡΑΓ/ΚΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Συμπυκνωτής (νερού)	Υπόγειο Μηχάνισμα	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Έλεγχε κατ/ση νερού για διέβρωση</li> <li>— Έλεγχε διερμοκρασία νερού</li> <li>— Έλεγχε πίεση νερού για πάρε δειγμα νερού για χημική ανάλυση</li> <li>— Έλεγχε για διαφυγές ψυκτικού</li> <li>— Έλεγχε για διαφυγές νερού</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ν</li> <li>ν</li> <li>—</li> <li>ν</li> <li>ν</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συσκευή φλόγας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ν</li> <li>ν</li> <li>—</li> <li>ν</li> <li>ν</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.25</li> <li>1.00</li> <li>—</li> <li>1.00</li> <li>1.00</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>—</li> <li>—</li> <li>—</li> <li>—</li> <li>—</li> </ul>	
Σύστημα σωληνώσεων νερού συμπυκνώσεως	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Έλεγχε για διαρροές για επισκεύαση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ν</li> <li>—</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>—</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.5 μέτρα σωλήνα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.00</li> <li>3.30</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>—</li> <li>—</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>—</li> <li>—</li> </ul>

#### **ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ 4**

##### **ΚΑΡΤΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Κίριο Πατησίων 850. Υπόγειο...

**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ:** Χ. Συμπυκνωτής (νερού)

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ:**

##### **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

ΤΥΠΟΣ ΑΡ. ΣΕΙΡΑΣ: 2178573	ΠΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ:	
ΤΑΣΗ (V):	ΦΙΛΤΡΟ:	
ΕΝΤΑΣΗ (A):	ΒΑΛΒΙΔΕΣ:	
ΙΣΧΥΣ (Η.Ρ./ΤΟΝΟΙ): 570 ΤΩΝ.		
ΣΤΡΟΦΕΣ (RPM):		

##### **ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ**

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ή ΣΥΝΤ/ΣΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΕΚΤΙΜΟΥΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ ΤΕΧΝΙΤΗ
Από το Υπόδειγμα 2, Στήλες (3), (4) και (5)			Ψυκτικός Ηλ/γος κτλ.

- Κόστος και ημερομηνία αγοράς και τοποθετήσεως.
  - Στοιχεία, αγοράς και εγγύηση.
  - Απόσβεση.
  - Χρονοδιάγραμμα Προληπτικής Συντηρήσεως.
  - Εφεδρικά Ανταλλακτικά που είναι απαραίτητα.
  - Εφεδρικά Ανταλλακτικά διαθέσιμα.
  - Ιστορικό επισκευών (προγραμματισμένων και μη) και των εξόδων τους.
- Αυτές οι κάρτες είναι ένα σπουδαίο εργαλείο για τη συνεχή βελτίωση του Προγράμματος.

### **13.2.5 Δημιουργία κατάλληλου Συνεργείου Συντηρήσεως.**

Από το συνολικό αριθμό ανθρωποωρών που θα δώσει ο πίνακας του Υποδ. 2 και από τον καταμερισμό εργασίας στις διάφορες μέρες του χρόνου και τα απαιτούμενα προσόντα των συντηρητών που θα δώσει το Χρονοδιάγραμμα, ο Μηχανικός, ο υπεύθυνος για το Πρόγραμμα της Προληπτικής Συντηρήσεως, θα καθορίσει το μέγεθος και τη σύνθεση του απαιτούμενου Συνεργείου. Η ανάπτυξη περισσότερων λεπτόμερειών πάνω στο θέμα αυτό δεν κρίνεται εδώ σκόπιμη, γιατί ξεφεύγει από το σκοπό του βιβλίου τούτου.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

#### 14.1 Γενικά.

Η σημερινή προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα στις μεγάλες πόλεις, καθώς και η προσπάθεια για εξοικονόμηση ενέργειας ή για χρησιμοποίηση μορφών μη αναλώσιμης ενέργειας (ηλιακή, αιολική κλπ.), επηρεάζουν τη μελέτη - κατασκευή, αλλά και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων κλιματισμού. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι δύο αυτές προσπάθειες (προστασίας του περιβάλλοντος και εξοικονομήσεως ενέργειας) συμβαδίζουν και αλληλοσυμπληρώνονται, γιατί, συνήθως, η κατανάλωση περισσότερης ενέργειας δημιουργεί και περισσότερη μόλυνση στο περιβάλλον.

#### 14.2 Μόλυνση περιβάλλοντος.

Η ατμοσφαιρική μόλυνση που προέρχεται από τις εγκαταστάσεις κλιματισμού αφορά δύο κυρίως περιπτώσεις:

- Την καπνοδόχο της εγκαταστάσεως παραγωγής θερμότητας.
- Τα συστήματα απαγωγής και απορρίψεως αέρα.

Η καπνοδόχος, στην περίπτωση π.χ. του πετρελαίου, όταν η καύση είναι κανονική, απορρίπτει βασικά  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$  και σε μικρές ποσότητες οξείδια του θείου και άλλων προσμίξεων που υπάρχουν στο πετρέλαιο. Όταν όμως η καύση δεν είναι κανονική τότε η καπνοδόχος απορρίπτει και  $\text{CO}$  και αιθάλη.

Η νομοθεσία των διαφόρων κρατών προβλέπει όρια της αιθαλής και του δηλητηριώδους  $\text{CO}$ . Και στην Ελλάδα έχουν καθιερωθεί έλεγχοι των αερίων που βγαίνουν από τις καπνοδόχους και ειδικός Νόμος καθορίζει ότι, όταν τα αέρια αυτά περιέχουν ανεπιθύμητες ουσίες πέρα από τα επιτρεπόμενα όρια, τότε ο ιδιοκτήτης της εγκαταστάσεως υποχρέωνται να πάρει μέτρα για την επίτευξη τέλειας καύσεως της χρησιμοποιούμενης στο λεβητοστάσιο ύλης και καλής συντηρήσεως των μηχανημάτων του λεβητοστασίου. Όταν με τα μέτρα αυτά δεν επιτυχάνεται το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα πρέπει να εγκαθιστά **καπνοσυλλέκτη** (ο οποίος όμως αν αφαιρεθεί ασυντήρητος δεν αποδίδει καθόλου).

Τα συστήματα απαγωγής και απορρίψεως αέρα, πολλές φορές, απορρίπτουν στο περιβάλλον σκόνες και δηλητηριώδη αέρια, όπως παραδείγματος χάρη όταν αερίζουν ένα ξυλουργικό εργοστάσιο, μια κουζίνα εστιατορίου, ένα βαφείο αυτοκινήτων, ένα εργαστήριο κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές τοποθετούνται φίλτρα κατάλ-

ληλα για την εφαρμογή που προορίζονται, ώστε ο αέρας που απορρίπτεται να μην ενοχλεί τους περίοικους ή γενικότερα το περιβάλλον (ζώα, φυτά, κτίσματα κλπ.).

### **14.3 Εξοικονόμηση Ενέργειας.**

Στη λειτουργία των κτιρίων μας καταναλώνεται περίπου το 33% από τη συνολική πρωτογενή ενέργεια που καταναλώνεται στην χώρα μας σύμφωνα με τα πρόσφατα στοιχεία του Εθνικού Συμβουλίου Ενέργειας (1977). Το περισσότερο δε μέρος της καταναλώσεως αυτής καλύπτεται συνήθως από τον κλιματισμό (θέρμανση, ψύξη, αερισμός). Γι' αυτό οι προσπάθειες που γίνονται στον κλιματισμό για περιορισμό της καταναλώσεως ενέργειας ή για χρησιμοποίηση μορφών μη αναλώσιμης ενέργειας, αποκτούν ιδιάτερη βαρύτητα, και μάλιστα εδώ στην Ελλάδα που το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας (70%) εισάγεται από το εξωτερικό.

Στον κλιματισμό, όπως και στις άλλες εγκαταστάσεις που καταναλώνουν ενέργεια, η εξοικονόμηση ενέργειας και η χρησιμοποίηση μορφών μη αναλώσιμης ενέργειας, έχουν δύο τομείς εφαρμογής:

- Τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις.
- Τις νέες εγκαταστάσεις.

Στην πρόσφατη νομοθεσία μας περιέχονται διατάξεις για τον πρώτο τομέα, κυρίως με τη μορφή υποχρεωτικών ορίων θερμοκρασίας για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων, τοποθετήσεως συσκευών ελέγχου της θερμοκρασίας και διαδικασιών συντηρήσεως των εγκαταστάσεων ώστε να αποδίνουν το μέγιστο δυνατό. Επίσης όσον αφορά το δεύτερο τομέα συζητείται η κάθιερωση της δανειοδοτήσεως για την εγκατάσταση συστημάτων θερμάνσεως που θα χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια. Σημειώνομε επίσης ότι εξοικονόμηση ενέργειας στή λειτουργία του κλιματισμού επιτυγχάνεται και με διάφορες βελτιώσεις στη δομική κατασκευή των κλιματιζόμενων χώρων, πρόσφατα δε νομοθετήθηκε η υποχρεωτική μόνωση των κτιρίων. Επίσης η κατανάλωση ενέργειας στον κλιματισμό, επηρεάζεται από τη σπατάλη ενέργειας σε άλλα συστήματα που λειτουργούν στο κτίριο, όπως π.χ. είναι ο εκτεταμένος και σε μεγάλη ένταση φωτισμός. Η A.S.H.R.A.E. έχει εκδόσει ένα Πρότυπο για την «Μελέτη Κτιρίων που Εξοικονομούν Ενέργεια» στο οποίο καθορίζονται τα όρια και οι προδιαγραφές για όλα τα δομικά και ηλεκτρομηχανολογικά στοιχεία του κτιρίου με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

### **14.4 Ενδεικτικά μέτρα και βελτιώσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κλιματισμό.**

Παρακάτω παραθέτομε μερικές ενδεικτικές «αρχές» ή πρόσθετες διατάξεις που μπορούν να χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό για να περιορίζεται η κατανάλωση ενέργειας. Μερικές από τις διατάξεις αυτές εφαρμόζονται καλύτερα σε νέες εγκαταστάσεις, μπορούν όμως, με κατάλληλη προσαρμογή, να εφαρμόζονται και σε ήδη υπάρχουσες. Η επιλογή των βελτιώσεων που αρμόζουν σε μια συγκεκριμένη κλιματιστική εγκατάσταση γίνεται με βάση το κόστος των βελτιώσεων σε σχέση με την ποσότητα (και άρα το κόστος) της ενέργειας που εξοικονομείται. Μερικές από τις βελτιώσεις αυτές είναι θέμα ρυθμίσεως οργάνων που ήδη υπάρχουν στην εγκατάσταση.

**α) Πρέπει να εγκαθίστανται συστήματα ανακτήσεως θερμότητας.** Η θερμότητα π.χ. που εκπέμπεται από τα φωτιστικά σώματα σε ένα ψυχόμενο χώρο μπορεί να μεταφέρεται σε ένα άλλο χώρο του κτιρίου που χρειάζεται θέρμανση.

**β) Τα επίπεδα ανέσεως** πρέπει να διατηρούνται στις ανώτατες παραδεκτές τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας το καλοκαίρι και τις κατώτατες το χειμώνα, γιατί έτσι προκύπτει σημαντική οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας. Τα παραδεκτά επίπεδα ανέσεως μπορεί να καθορισθούν μέσα στα παρακάτω όρια, ανάλογα με τη χρήση του χώρου και την εποχή:

- Θερμοκρασία: 20°C μέχρι 27°C.
- Σχετική υγρασία: 20% μέχρι 70%.

Στο A.S.H.R.A.E. συμπληρώνεται μια έρευνα (και θα ανακοινωθούν σύντομα τα αποτέλεσματά της) πάνω στην τυποποίηση των θερμικών μεταβολών περιβάλλοντος που εξασφαλίζουν τον ιδανικότερο συνδυασμό ανέσεως και εξοικονομήσεως ενέργειας.

**γ) Οι εγκαταστάσεις δεν πρέπει να ικανοποιούν τις ακραίες περιπτώσεις** καιρικών συνθηκών που σπάνια συμβαίνουν, αλλά «μαλακότερες» συνθήκες. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιείται ως εξωτερική θερμοκρασία στη μελέτη (βλ. Κεφ. 4) η τιμή 95% και όχι η τιμή 97,5% ή 99% που χρησιμοποιείται σήμερα.

**δ) Πρέπει νά χρησιμοποιείται εξωτερικός αέρας για την ψύξη εσωτερικών χώρων («δωρεάν ψύξη»),** όπου αυτό το επιτρέπουν οι συνθήκες καθαρότητας και θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα.

**ε) Πρέπει να περιορίζονται οι απαιτήσεις σε καθαρό (εξωτερικό) αέρα για αερισμό** στα απολύτως απαραίτητα επίπεδα. Τα επίπεδα αυτά μπορεί να περιορισθούν ακόμα περισσότερο με τη χρήση φίλτρων υψηλής αποδόσεως (ηλεκτροστατικών, μηχανικών κλπ.). Για τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις τα ηλεκτροστατικά φίλτρα μπορεί να θεωρηθούν προσφορότερα, γιατί προσθέτουν μόνο αμελητέες αντιστάσεις στα δίκτυα αεραγωγών και στους ήδη υπάρχοντες ανεμιστήρες.

**στ) Πρέπει να χρησιμοποιούνται ευαίσθητα συστήματα θερμοκρασίας,** ώστε να αποφεύγονται μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις που συνήθως προκαλούν απώλειες ενέργειας.

**ζ) Πρέπει να προβλέπεται αρκετός αριθμός ζωνών θερμοκρασιακού ελέγχου** ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση ή υπέρψυξη διαφόρων χώρων και συνεπώς η σπατάλη ενέργειας.

**η) Πρέπει να έχουμερετούνται δύο γίνεται περισσότεροι χώροι (ή και κτίρια) από μια κεντρική εγκατάσταση παραγωγής θερμότητας και ψύχους,** ώστε νά μειώνεται η συνολικά εγκαταστημένη ισχύ και να βελτιώνεται ο βαθμός χρησιμοποιήσεως, η συντήρηση και η απόδοση της εγκαταστάσεως, δηλαδή βελτιώσεις που καταλήγουν σε λιγότερη κατανάλωση ενέργειας.

**θ) Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση τοπικών αυτονόμων κλιματιστικών μονάδων** (π.χ. μονάδων παραθύρου) εκτός από περιπτώσεις μεμονωμένων ή προσωρινών αναγκών.

**ι) Πρέπει να προδιαγράφονται τα φίλτρα, οι αγωγοί (υλικό και διαστάσεις), τα στόμια και τα θερμαντικά - ψυκτικά στοιχεία με χαμηλή αντίσταση ροής,** ώστε να περιορίζεται η απαιτούμενη ενέργεια για την κίνηση του αέρα. Στην περίπτωση των φίλτρων, τα ηλεκτροστατικά φίλτρα παρουσιάζουν την ελάχιστη δυνατή αντίσταση στη ροή του αέρα, με τακτική δε συντήρηση μπορεί να αποδεικνύονται σε

πολλές περιπτώσεις η οικονομικότερη λύση από άποψη κόστους εγκαταστάσεως και λειτουργίας.

ια) Πρέπει, επειδή είναι από πολλές απόψεις εξυπηρετικό και τελικά οικονομικότερο όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας, **τα βασικά μηχανήματα της εγκαταστάσεως (λέβητες, συμπεστές, πύργοι φύξεως, ανεμιστήρες, αντλίες κλπ.) να τοποθετούνται όχι σε ένα, για το κάθε μηχάνημα, μεγάλο μέγεθος, αλλά σε μικρότερα διαφορετικά μεγέθη.** Έτσι οι επισκευές, οι επεκτάσεις κλπ. καλύπτονται οικονομικότερα και ευκολότερα, αλλά και η εγκατάσταση στα μικρότερα φορτία (που συνήθως συμβαίνουν και κατά τον περισσότερο χρόνο) καταναλώνει λιγότερη ενέργεια, γιατί δεν χρειάζεται να λειτουργούν όλα τα μηχανήματα. Π.χ. από τους 4 όμοιους λέβητες μιας εγκαταστάσεως λειτουργεί μόνο ο ένας όταν το φορτίο πέσει στο 1/4 ενώ, όταν είχαμε ένα μεγάλο λέβητα με τετραπλάσια ισχύ θα έπρεπε να λειτουργεί και στα μικρά φορτία, με πολύ μικρότερο βαθμό αποδόσεως (άρα μεγάλη κατανάλωση ενέργειας) και καταπόνησή του τέτοια ώστε να συντομεύεται η ζωή του.

ιβ) Από άποψη συστημάτων κλιματισμού (βλ. Κεφ. 3), πρέπει να προτιμώνται **τα Συστήματα Μεταβλητού Όγκου Αέρα γιατί χρησιμοποιούν συνήθως λιγότερη ενέργεια,** ιδιαίτερα σε σύγκριση με τα συστήματα με τερματική αναθέρμανση του αέρα. Επί πλέον, οι Μονάδες Μεταβλητού Όγκου Αέρα που έχουν ρευστονικό αυτοματισμό (βλ. Κεφ. 12) που τροφοδοτείται με αέρα από τον ίδιο τον αγωγό που φθάνει στη μονάδα (και όχι από ξεχωριστό δίκτυο πεπιεσμένου αέρα), συντελούν στην κατανάλωση ακόμα λιγότερης ενέργειας, γιατί παρουσιάζουν μικρότερη πτώση πιέσεως και γιατί δεν καταναλώνουν ενέργεια για τη λειτουργία του αυτοματισμού.

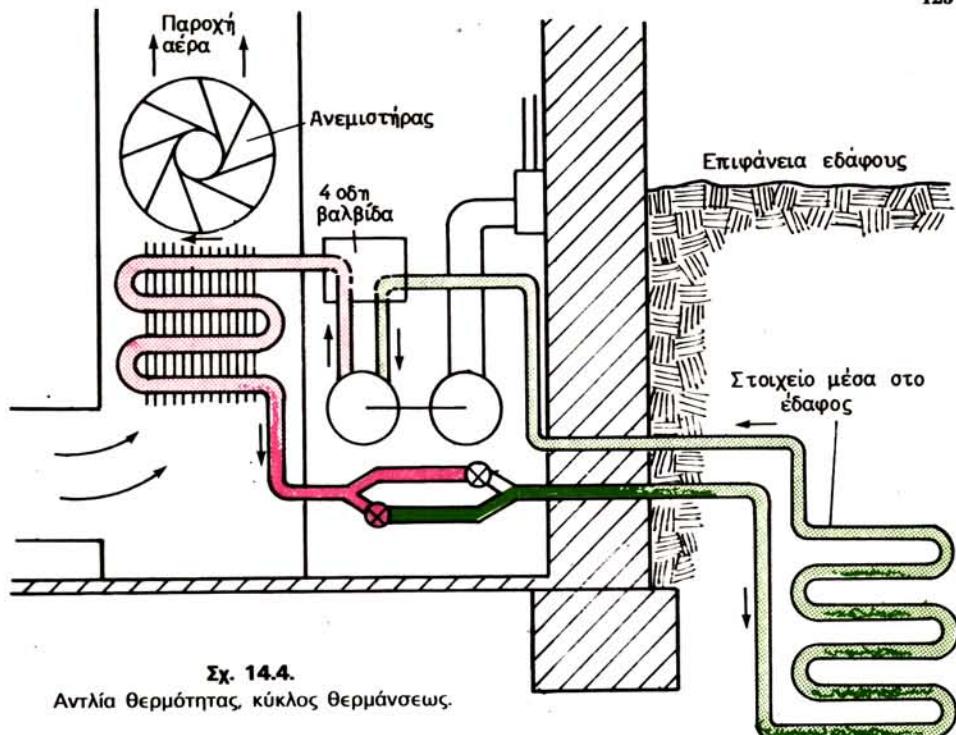
ιγ) Πρέπει να χρησιμοποιούνται (όπου το επιτρέπουν οι τοπικές συνθήκες) κατάλληλες **αντλίες θερμότητας**, γιατί εξασφαλίζουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση. Η αντλία καταναλώνει περίπου 2 ως 3 φορές λιγότερη ενέργεια από τη θερμική ενέργεια που μεταφέρει. Η αρχή της αντλίας θερμότητας βασίζεται στην αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου, φαίνεται δε παραστατικά στο σχήμα 14.4.

ιδ) **Συνιστάται η ακρίβεια και τελειοποίηση των υπολογισμών** που εμποδίζει την υπερεκτίμηση των αναγκών σε εγκαταστάσεις και σε κατανάλωση ενέργειας, γιατί επιτρέπει τη χρησιμοποίηση μικροτέρων συντελεστών ασφάλειας και την συνεκτίμηση κατά το χειρώνα των θερμικών φορτίων από φωτισμό και ανθρώπους καθώς και την εκτίμηση της θερμοχωρητικότητας της κατασκευής. Τα στοιχεία υπολογισμών που δόθηκαν στο Κεφάλαιο 4 αντανακλούν τα αποτελέσματα των πιο προσφάτων προσπαθειών για ακρίβεια και τελειοποίηση των υπολογισμών κλιματισμού. Η χρησιμοποίηση προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή βοηθά ακόμα περισσότερο προς αυτή την κατεύθυνση.

ιε) **Πρέπει να γίνεται προγραμματισμένη Προληπτική Συντήρηση** (βλ. Κεφ. 13) του συνόλου της εγκαταστάσεως γιατί διατηρεί τα μηχανήματα σε άριστη κατάσταση αποδόσεως και συνεπώς εξασφαλίζει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας καθώς και μεγαλύτερη ζωή των μηχανημάτων.

ιστ) **Πρέπει να χρησιμοποιούνται σύγχρονα συστήματα ελέγχου** (βλ. Κεφ. 12), με συγκέντρωση στοιχείων για την κατανάλωση ενέργειας στα διάφορα τμήματα της εγκαταστάσεως (**κινούμενο ενέργειας**), γιατί αυτό βοηθά στην πραγματοποίηση πιο σίγουρων και αποδοτικών μέτρων εξοικονόμησεως ενέργειας.

ιζ) **Η θέρμανση και φύξη με ηλιακή ενέργεια** (βλέπε παράδειγμα στο Κεφ. 9 Παράγρ. 9.3.2) θα μπορούσε να αποδειχθεί οικονομικά συμφέρουσα σε πολλές



περιπτώσεις, ιδιαίτερα για κατοικίες και χαμηλά κτίρια γραφείων. Νησιώτικες περιοχές όπου το κόστος ενέργειας είναι ακόμα μεγαλύτερο, ή βορεινές περιοχές με μεγάλο ποσοστό ηλιοφάνειας, προσφέρονται καλύτερα για ηλιακές εφαρμογές. Κίνητο, γιατί από τη μια μεριά μπορεί να ικανοποιηθεί υψηλό ποσοστό των θερμικών και ψυκτικών αναγκών ενός κτιρίου και από την άλλη (ιδιαίτερα στις πιο ψυχρές περιοχές) θα υπάρχει μεγαλύτερος βαθμός χρησιμοποίησεως (άρα και αποσβέσεως) του ηλιακού συστήματος.

Τέλος, πρέπει να σημειώσουμε ότι **η μελέτη μιας κλιματιστικής εγκαταστάσεως είναι καλό από την αρχή να προβλέπει τη μετατροπή αργότερα σε άλλες πηγές ενέργειας**, καθώς οι υπάρχουσες μορφές ενέργειας γίνονται δύλιο και πιο δυσεύρετες και αντιοικονομικές. Έτσι π.χ. τα σώματα και οι σωληνώσεις καλοριφέρ μελετημένα για να δουλέψουν με τις συνηθισμένες διαφορές θερμοκρασίας, δεν θα είναι κατάλληλα για μετατροπή αργότερα σε θέρμανση με ηλιακή ενέργεια, παρά μόνο ίσως με την προσθήκη αντλίας θερμότητας που οπωσδήποτε θα καταναλώνει σημαντικό ποσοστό της ενέργειας που εξοικονομείται. Αντίθετα ένα σύστημα μελετημένο να λειτουργεί με χαμηλότερες θερμοκρασίες νερού (όπως π.χ. ένα σύστημα με μονάδες ανεμιστήρα - στοιχείου ή ένα σύστημα με κεντρική μονάδα επεξεργασίας αέρα) θα είναι εύκολο να συνδεθεί αμέσως στην ηλιακή πηγή ενέργειας. Γενικά όλα τα συστήματα πλήρους κλιματισμού (θερμάνσεως και ψύξεως), εκτός από αυτά που χρησιμοποιούν αυτοδύναμες τοπικές μονάδες (βλ. Κεφ. 3), προσφέρονται καλύτερα για μετατροπή σε κατανάλωση ηλιακής ενέργειας και έχουν, σε σύγκριση με τα συστήματα που παρέχουν μόνο θέρμανση, πολύ καλύτερο βαθμό χρησιμοποίησεως της ηλιακής εγκαταστάσεως (λόγω του παρατεταμένου καλοκαιριού μας), και συνεπώς γρηγορότερο ρυθμό αποσβέσεως της.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### Εισαγωγή

0.1 Ιστορική εξέλιξη – Εφαρμογή .....	1
0.2 Επιδίωξης του Κλιματισμού .....	2
<b>0.3 Σύστημα Μονάδων και Πρότυπα Κλιματισμού .....</b>	<b>3</b>

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

#### Στοιχεία ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα

1.1 Γενικά .....	10
1.2 Σύνθεση του αέρα .....	10
1.3 Ιδιότητες του αέρα .....	12

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

#### Περιεχόμενο κλιματιστικής εγκαταστάσεως

2.1 Γενικά .....	14
2.2 Κεντρική Κλιματιστική εγκατάσταση .....	14
2.3 Τοπική Κλιματιστική εγκατάσταση .....	15

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

#### Κατάταξη των εγκαταστάσεων κλιματισμού

3.1 Γενικά .....	16
3.2 Συστήματα αέρα .....	16
3.2.1 Σύστημα με ένα αγωγό και μεταβαλλόμενη παροχή αέρα (σχ. 3.2α) .....	16
3.2.2 Σύστημα με ζεύγος σαγωγών και σταθερή παροχή αέρα (σχ. 3.2β) .....	17
3.2.3 Σύστημα με ένα αγωγό και αναθέρμανση (σχ. 3.2γ) .....	18
3.2.4 Σύστημα με δύο αγωγούς – ένα σταθερής παροχής αέρα και ένα μεταβαλλόμενης (σχ. 3.2δ) .....	18
3.2.5 Σύστημα με πολλούς αγωγούς – ή πολυζωνικό σύστημα (σχ. 3.2ε) .....	20
3.3 Συστήματα νερού .....	20
3.3.1 Σύστημα με 2·σωλήνες νερού (σχ. 3.3α) .....	21
3.3.2 Σύστημα με 3 σωλήνες νερού (σχ. 3.3β) .....	21
3.3.3 Σύστημα με 4 σωλήνες νερού (σχ. 3.3γ) .....	22
3.4 Συστήματα Αέρα – Νερού .....	22
3.4.1 Σύστημα Επαγωγής (σχ. 3.4α) .....	23
3.4.2 Σύστημα Τερματικών Μονάδων Ανεμιστήρα - Στοιχείου με συμπληρωματικό αέρα (σχ. 3.4β) .....	23
3.4.3 Σύστημα Τερματικών Μονάδων Ακτινοβολίας με συμπληρωματικό αέρα (σχ. 3.4γ) .....	23
3.5 Συστήματα ψυκτικού υγρού (ή συστήματα με Αυτοδύναμες Τοπικές Μονάδες) .....	24
3.5.1 Αυτοδύναμες Κλιματιστικές Μονάδες τύπου Παραθύρου ή Τοίχου .....	25
3.5.2 Αυτοδύναμες Κλιματιστικές Μονάδες τύπου Οροφής .....	25
3.5.3 Αυτοδύναμες Κλιματιστικές Μονάδες τύπου Δαπέδου .....	27

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### Στοιχεία υπολογισμού θερμικών και ψυκτικών φορτίων

4.1 Λιαδικασία και στάδια υπολογισμού κλιματιστικής εγκαταστάσεως .....	28
4.2 Θερμικά φορτία .....	29
4.3 Ψυκτικά φορτία .....	31
4.4 Εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας .....	32
4.5 Συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος .....	34
4.6 Ψυκτικά φορτία από τοίχους και οροφές .....	36
4.7 Ψυκτικά φορτία από κουφώματα με τζάμια .....	39
4.7.1 Θερμικό κέρδος από δάβαση θερμότητας .....	40
4.7.2 Θερμικό κέρδος από τον Ήλιο .....	41
4.7.3 Συνολικό Ψυκτικό Φορτίο από κουφώματα με τζάμια .....	47
4.8 Ψυκτικά και θερμικά φορτία από εσωτερικά τοιχώματα, οροφές και δάπεδα .....	48
4.9 Ψυκτικά φορτία από πηγές θερμότητας μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο .....	49
4.9.1 Ψυκτικά φορτία από φωτισμό .....	50
4.9.2 Ψυκτικά φορτία από ανθρώπους .....	52
4.9.3 Ψυκτικά φορτία από συσκευές .....	55
4.10 Ψυκτικά φορτία από αερισμό και διατήδηση αέρα .....	55

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### Εκλογή κλιματιστικού μηχανήματος – Ψυχρομετρικός χάρτης

5.1 Απαιτούμενος αέρας προσαγωγής .....	56
5.2 Ψυχρομετρικός χάρτης .....	58
5.3 Επίλογη προβλημάτων κλιματισμού με τη βοήθεια του ψυχρομετρικού χάρτη .....	60
5.4 Εκλογή κλιματιστικού μηχανήματος .....	63

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

### Δίκτυα διανομής αέρα

6.1 Γενικά .....	65
6.2 Αεραγωγοί .....	66
6.2.1 Αντιστάσεις στη ροή του αέρα μέσα από αγωγούς .....	66
6.2.2 Υπολογισμός των αντιστάσεων τριβών .....	70
6.2.3 Υπολογισμός των τοπικών (δυναμικών) αντιστάσεων .....	72
6.2.4 Μέθοδοι μελέτης δικτύου αεραγωγών .....	74
6.2.5 Μέθοδος ίστης τριβής .....	75
6.3 Στόμια προσαγωγής και απαγωγής αέρα .....	76
6.3.1 Πρότυπες απαιτήσεις για ικανοποιητικές συνθήκες ανέσεως – Διάχυση αέρι	76
6.3.2 Επιλογή των στομίων παροχής και επιστροφής αέρα .....	78
6.4 Ανεμιστήρις .....	78

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### Δίκτυα σωληνώσεων

7.1 Γενικά .....	79
7.2 Λίκτυι νερού .....	79

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

### Κεντρική μονάδα επεξεργασίας αέρα

8.1 Γενικά .....	82
8.2 Επιλογή Κ.Μ.Ε.Α .....	84

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### Κεντρικό μηχανοστάσιο κλιματισμού

9.1 Γενικά .....	87
9.2 Εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας για θέρμανση .....	87
9.2.1 Λέβιτας .....	88
9.2.2 Καυστήρις .....	91
9.2.3 Αποθήκη καυσίμου (Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου) .....	92
9.2.4 Καυνοδόχος .....	93
9.3 Εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας για ψύξη .....	93
9.3.1 Εγκαταστάσεις ψύξεως με κύκλο μηχανικής συμπιέσεως .....	93
9.3.2 Εγκαταστάσεις ψύξεως με κύκλο φυσικοχημικής απορροφήσεως .....	95
9.4 Αντλίες .....	97

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

### Τοπικές Κλιματιστικές μονάδες

10.1 Γενικά .....	100
10.2 Τερμιτικές Μονάδες .....	100
10.2.1 Τερμιτικές Μονάδες Αέρα .....	100
10.2.2 Τερμιτικές Μονάδες Νερού (σχ. 10.2γ) .....	102
10.2.3 Τερμιτικές Μονάδες Αέρα – Νερού .....	103
10.3 Αυτοόψυνη Τοπικές Κλιματιστικές Μονάδες .....	105

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

### Εξαερισμός

11.1 Γενικά .....	106
11.2 Απαιτήσιμες εξαερισμού .....	106
11.3 Αξονικοί και φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες .....	108

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

### Συστήματα ελέγχου

12.1 Γενικό .....	109
12.2 Μέρη ενός συστήματος αυτοματισμού .....	110
12.3 Συστήματα κλιματού και ανοικτού κυκλώματος .....	110
12.4 Τρόποι δράσης του συστήματος ελέγχου .....	112
12.5 Κατηγορίες συστημάτων αυτοματισμού .....	114

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

### Συντήρηση εγκαταστάσεων κλιματισμού

13.1 Ειδή Συντηρήσεως .....	115
13.1.1 Θερμοπεντική συντήρηση .....	115
13.1.2 Προληπτική συντήρηση .....	116
13.2 Σχεδίση Προγράμματος για Προληπτική Συντήρηση .....	116
13.2.1 Απογραφή της εγκαταστάσεως ( Υπόδειγμα 1) .....	119
13.2.2 Σύνταξη συνολικού πίνακα αναγκών συντηρήσεως ( Υπόδειγμα 2) .....	119
13.2.3 Σύνταξη χρονοδιαγράμματος και έκδοση εντολών Συντηρήσεως ( Υπόδειγμα 3) ..	121
13.2.4 Παρακολούθηση του Προγράμματος Προληπτικής Συντηρήσεως – Τήρηση Αρχείων ( Υπόδειγμα 4) .....	121
13.2.5 Απομιούργια κιτάλληλου συνεργείου Συντηρήσεως .....	124

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### Προστασία περιβάλλοντος και εξουικονόμηση ενέργειας σε κλιματιστικές εγκαταστάσεις

14.1 Γενικά .....	125
14.2 Μόλινση περιβάλλοντος .....	125
14.3 Εξουικονόμηση ενέργειας .....	126
14.4 Ενδεικτικά μέτρα και βελτίωση για την εξουικονόμηση ενέργειας στον κλιματισμό .....	126

---

**COPYRIGHT ΙΑΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ**

---

