ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Β. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΘΕ2

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ

Α΄ έκδοση

Αθήνα, Ιούνιος 2011

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ομάδα εργασίας θεματικής ενότητας ΘΕ2 :

Μαλαχίας Γεώργιος	Δρ. ηλεκτρολόγος - μηχανολόγος μηχανικός, καθηγητής Ανώτατης Σχολής Ναυτικών Δοκίμων.
Μαντάς Δημήτριος	Μηχανολόγος μηχανικός, Ε.Μ.Π., M.Sc.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝσΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ... 3
1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΩΝ ... 3
1.2. ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ... 4
1.2.1. Μονάδες λεβήτων-καυστήρων ... 4
1.2.2. Ηλεκτρικοί λέβητες ... 6
1.2.3. Μονάδες αντλιών θερμότητας. ... 6
1.2.4. Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας (ΣΗΘ) ... 9
1.2.5. Αποκεντρωμένα συστήματα (Τ/Θ – ΣΗΘ). ... 9
1.3. ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ... 11
1.3.1. Δισωλήνιο (κλασσικό) σύστημα. ... 11
1.3.2. Μονοσωλήνιο σύστημα. ... 13
1.3.3. Τρισωλήνιο σύστημα (reverse return). ... 15
1.3.4. Τετρασωλήνιο σύστημα. ... 16
1.4. ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ... 17
1.4.1. Σώματα ακτινοβολίας (άβακες-radiators) ... 17
1.4.2. Σώματα φυσικής μεταφοράς (κονβέκτορες-convectors) ... 18
1.4.3. Σώματα βεβιασμένης μεταφοράς (αερόθερμα, FCU) ... 19
1.4.4. Ενσωματωμένα συστήματα ... 20
1.4.5. Ηλεκτρικές θερμαντικές μονάδες ... 21
1.5. ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΩΝ ... 24
2. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ... 33
2.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ... 33
2.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ... 33
2.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ... 40
2.3.1. Υπολογισμός των θερμαντικών σωμάτων στην περίπτωση δισωλήνιου συστήματος. ... 42
2.3.2. Υπολογισμός των θερμαντικών σωμάτων σε μονοσωλήνιο σύστημα. ... 44
2.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ... 52
2.4.1. Υπολογισμός των κατακόρυφων στηλών (σε δισωλήνιο και μονοσωλήνιο δίκτυο). ... 52
2.4.2. Υπολογισμός των σωληνώσεων του επιδαπέδιου συστήματος (τοπική διανομή στους βρόχους). ... 59
2.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑ ... 64
2.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ... 66
2.7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ ... 67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ... 72

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ

1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΩΝ

Η θέρμανση είναι μία από τις βασικές παροχές που πρέπει να προβλέπονται σε όλα τα κτήρια και τους χώρους κύριας χρήσης. Σκοπός των συστημάτων θέρμανσης είναι να εξασφαλίσουν τις απαραίτητες και προβλεπόμενες από τους σχετικούς κατά περίπτωση κανονισμούς, συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμική άνεση) για τους εξής λόγους :

- την ευχάριστη και υγιεινή διαβίωση των χρηστών στα κτήρια,
- τη διατήρηση ομαλών συνθηκών μέσα στα κτήρια προς αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων αυξημέν
  ης σχετικής υγρασίας με τα συνακόλουθα προβλήματα εμφανίσεων μούχλας, δυσάρεστων μυρωδιών και τέλος, φθοράς δομικών υλικών και άλλων στοιχείων των κτηρίων.

Τα συστήματα θέρμανσης των κτηρίων διακρίνονται και κατηγοριοποιούνται βάσει των εξής χαρακτηριστικών :

- την τοπολογία τους : κεντρικά, ημικεντρικά, τοπικά,
- το μέσο παραγωγής θερμότητας : λέβητας & καυστήρας, αντλία θερμότητας (Α/Θ), ηλεκτρική συσκευή, τοπική θερμάστρα, ανοικτή εστία-τζάκι, εναλλάκτης αποκεντρωμένου συστήματος π.χ. τηλεθέρμανση (Τ/Θ) ή σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας (ΣΗΘ), ηλιακό σύστημα (Η/Σ) κλπ.,
- την πηγή ενέργειας : πετρέλαιο, φυσικό αέριο, υγραέριο, βιομάζα, ηλεκτρική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, γεωθερμία-έμμεση αξιοποίηση μέσω γεωθερμικής Α/Θ κλπ.,
- τη θερμοκρασία λειτουργίας : υψηλών θερμοκρασιών (Υ/Θ), χαμηλών θερμοκρασιών (Χ/Θ),
- το μέσο διανομής της παρεχόμενης θερμότητας (εργαζόμενο μέσο): νερό, αέρας, ψυκτικό υγρό (φρέον), ατμός κλπ. και
- τις τερματικές συσκευές απόδοσης της θερμότητας : σώματα ακτινοβολίας, τοπικές συσκευές φυσικής ή βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα (κονβέκτορες / μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου), στόμια αέρα σε δίκτυο αεραγωγών, ενδοδαπέδια, ενδοτοίχια συστήματα ακτινοβολίας οροφής κλπ.

Όλα τα συστήματα έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και η επιλογή του – τεχνικοοικονομικά - ενδεδειγμένου κάθε φορά συστήματος, είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων, βασικότερες εκ των οποίων είναι οι εξής :

- απαιτήσεις θέρμανσης, δηλαδή συνδυασμός μεγέθους φορτίων και εξωτερικών συνθηκών,
- χρόνος λειτουργίας κτηρίου σε ημερήσια και εποχιακή θεώρηση,
- διαθεσιμότητα πηγών ενεργείας και αντίστοιχο κόστος αυτών κατά περιοχή,
- διαθεσιμότητα χώρων εγκατάστασης τόσο για τις συσκευές παραγωγής όσο και για τις τερματικές συσκευές απόδοσης,
- πιθανή ανάγκη για αυτονομία των επιμέρους λειτουργικών χώρων του κτηρίου,
- πιθανή πρόβλεψη και για κάλυψη αναγκών ψύξης-δροσισμού (και πιθανή κάλυψη από κοινό σύστημα με τη θέρμανση), ανάλογα με την περιοχή και τις απαιτήσεις του κτηρίου,
- απαιτήσεις για ζεστό νερό χρήσης και επιλογή συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ),
- κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας και

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- αισθητικοί ή άλλοι συναφείς λόγοι (αρχιτεκτονικοί και πολεοδομικοί περιορισμοί κλπ.).

Από την πληθώρα των διαθέσιμων επιλογών και των συνδυασμών των τεχνικών χαρακτηριστικών που συνθέτουν τις εγκαταστάσεις, τα πιο διαδεδομένα και δημοφιλή συστήματα τόσο στη χώρα μας όσο και στην πλειοψηφία των υπολοίπων χωρών με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες είναι τα ακόλουθα, ιεραρχημένα κατά συχνότητα εφαρμογής :

- συστήματα λέβητα με καυστήρα πετρελαίου, δίκτυο διανομής θερμού νερού υψηλής (ή και μέσης) θερμοκρασίας και συνήθη θερμαντικά σώματα (ακτινοβολίας, φυσικής συναγωγής ή συνδυασμός τους). Στις περιοχές όπου υπάρχει διαθεσιμότητα φυσικού αερίου, οι καυστήρες πετρελαίου συχνά - και με αυξανόμενο ρυθμό - αντικαθίστανται από καυστήρες φυσικού αερίου.
- τοπικές ηλεκτρικές συσκευές (συνήθως θερμοπομποί και σπανιότερα αερόθερμα και ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές),
- τοπικές ή ημικεντρικές αντλίες θερμότητας (κλιματιστικά) σε κτήρια κατοικιών και μικρής κλίμακας και κεντρικά συστήματα Α/Θ σε μεγαλύτερης (και συνήθως σχετικά μικρών φορτίων θέρμανσης) κλίμακας κτήρια του τριτογενούς τομέα (κτήρια εκτός κατοικιών).

Τα τελευταία 10 χρόνια, μεγάλο έδαφος έχουν κερδίσει και οι εγκαταστάσεις θέρμανσης δαπέδου (Θ/Δ) στις κατοικίες, ενίοτε – και με αλματωδώς αυξανόμενο ρυθμό – συνοδευόμενες από κεντρικές αντλίες θερμότητας νερού που αντικαθιστούν τα συμβατικά συστήματα λέβητα-καυστήρα.

Επίσης, έδαφος κερδίζουν και τα ημικεντρικά συστήματα αντλιών θερμότητας άμεσης εξάτμισης (DX) – δηλαδή με ψυκτικό μέσο στο δίκτυο διανομής - με μία εξωτερική μονάδα και πολλές εσωτερικές (συστήματα «multi» ή ημικεντρικά με μονάδες μεταβλητής παροχής ψυκτικού μέσου).

Τέλος, στον τριτογενή τομέα, πολύ συνηθισμένες είναι και οι εγκαταστάσεις κεντρικής ή ημι-κεντρικής διανομής αέρα για θέρμανση-ψύξη. Στις περιπτώσεις αυτές η παραγωγή ενέργειας γίνεται – σε κτήρια μεγάλων απαιτήσεων - από συνδυασμό λέβητα-καυστήρα (για τη θέρμανση) και ψύκτη (για την ψύξη), ή – σε μικρότερα κτήρια - αντλιών θερμότητας (για θέρμανση-ψύξη). Στις περιπτώσεις αυτές, εργαζόμενο μέσο είναι το νερό, δηλαδή νερό κυκλοφορεί στα δίκτυα διανομής.

Στα ακόλουθα γίνεται αναλυτικότερη παρουσίαση των συνήθων αυτών εγκαταστάσεων, για τη θέρμανση χώρων.

1.2. ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

1.2.1. Μονάδες λεβήτων-καυστήρων

Ο λέβητας θερμού νερού είναι το παλαιότερο και πιο δημοφιλές σύστημα θέρμανσης χώρων. Σε μεγάλες – κυρίως - βιομηχανικές εγκαταστάσεις (όπου υπάρχει συχνά ανάγκη χρήσης ατμού) χρησιμοποιούνται και λέβητες παραγωγής ατμού (ατμολέβητες). Στις περιπτώσεις αυτές και πάλι το τελικό εργαζόμενο μέσο (νερό) παράγεται από εναλλάκτες ατμού / νερού, όπου εκμεταλλευόμαστε την λανθάνουσα ενέργεια μεταβολής της φάσης του νερού (ατμός > υγρή φάση).

Τα βασικά στοιχεία του συστήματος παραγωγής είναι :

- ο λέβητας θερμού νερού, η συσκευή δηλαδή όπου γίνεται η αρχική συναλλαγή θερμότητας από τα παραγόμενα καυσαέρια της καύσης του καυσίμου, προς το νερό που κυκλοφορεί στο δίκτυο και περνάει μέσα από τον λέβητα,

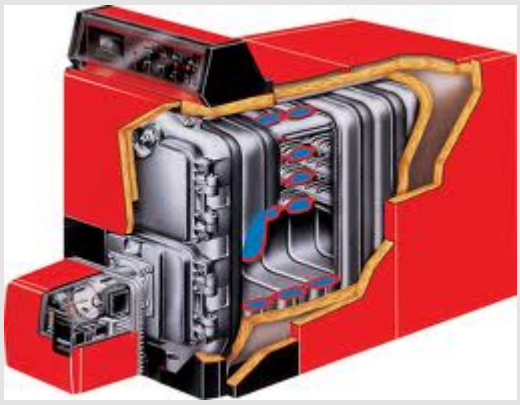
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- ο καυστήρας, που είναι η συσκευή στην οποία γίνεται η έγχυση και καύση του καυσίμου για την παραγωγή της φλόγας και των καυσαερίων στο θάλαμο του λέβητα.

Η φλόγα και τα παραγόμενα καυσαέρια, στη διαδρομή τους προς την καπνοδόχο, θερμαίνουν τα τοιχώματα του θαλάμου καύσης του λέβητα, από την άλλη πλευρά των οποίων διέρχεται το νερό του δικτύου και θερμαίνεται.

Οι λέβητες διακρίνονται :

- ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους σε χαλύβδινους και μαντεμένιους,
- ανάλογα με τον τύπο του εναλλάκτη σε ενιαίου θαλάμου, αεριαυλωτούς, απλής ή πολλαπλής διαδρομής καυσαερίων κλπ.,
- ανάλογα με τη δυνατότητά τους για αξιοποίηση της θερμότητας καυσαερίων και τις παραγόμενες θερμοκρασίες νερού, σε συμβατικούς (Υ/Θ), χαμηλών θερμοκρασιών (Χ/Θ) και συμπύκνωσης, όπου εκμεταλλευόμαστε την ανώτερη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου.



Σχήμα 1.2.1. *Ενδεικτική τομή λέβητα*

Αντίστοιχα, οι καυστήρες διακρίνονται :

- ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο καύσιμο σε πετρελαίου (απλοί ή με προθέρμανση του πετρελαίου πετρελαίου για βελτίωση της καύσης), φυσικού αερίου, διπλού καυσίμου (συνήθως πετρελαίου-αερίου), υγραερίου, μαζούτ, κωκ, ξυλείας κλπ.,
- ανάλογα με την πίεση λειτουργίας τους σε ατμοσφαιρικούς ή πιεστικούς,
- ανάλογα με τη δυνατότητά τους για προσαρμογή στη ζήτηση, σε μονοβάθμιους και πολυβάθμιους.

Προκειμένου ο βαθμός απόδοσης όλου του συστήματος παραγωγής να είναι υψηλός, πρέπει να εξασφαλίζονται οι εξής βασικές παράμετροι :

- ο καυστήρας να διαθέτει καλή απόδοση μετατροπής της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε θερμική ενέργεια των καυσαερίων, δηλαδή να εξασφαλίζει την καλή και αποδοτική καύση του καυσίμου,
- η κατάλληλη παροχή (και θερμοκρασία) αέρα καύσης στον καυστήρα,
- ο λέβητας να έχει καλή απόδοση μετάδοσης της θερμότητας από τα καυσαέρια στο νερό,
- ο συνδυασμός καυστήρα και λέβητα να είναι ο ενδεδειγμένος τόσο σε ό,τι αφορά τις παραμέτρους καύσης-εξόδου των καυσαερίων (πίεση, θερμοκρασία, ρευστοδυναμικά χαρακτηριστικά ροής καυσαερίων) όσο και την καλή γεωμετρική συνεργασία τους (στήριξη, μέγεθος σωλήνα καύσης (μπούκας) στον λέβητα,

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- ο κατάλληλος ελκυσμός της καπνοδόχου μέσω της σωστής διαστασιολόγησης και μόνωσής της.

Να σημειωθεί εδώ πως οι περισσότεροι καυστήρες έχουν και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (λόγω της ύπαρξης αντλίας έγχυσης) και συνεπώς, η ηλεκτρική αυτή κατανάλωσή τους θα πρέπει να αξιολογείται στο πλαίσιο υπολογισμών ενεργειακής απόδοσης (π.χ. Κ.Εν.Α.Κ.) με εισαγωγή της αντίστοιχης κατανάλωσης στα βοηθητικά συστήματα (βλ. Κεφ. 1.5).

1.2.2. Ηλεκτρικοί λέβητες

Σε μικρές εγκαταστάσεις συναντώνται μερικές φορές ηλεκτρικοί λέβητες που διατίθενται σε σχετικά μικρές ισχείς, μέχρι 15-20 kW. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα δοχείο με νερό (παρόμοιο ενός ηλεκτρικού θερμοσίφωνα), όπου το νερό θερμαίνεται μέσω ηλεκτρικών αντιστάσεων.

Τα βασικά τους πλεονεκτήματα είναι πως πρόκειται για μικρές και «καθαρές» συσκευές (απουσία δεξαμενών ή παροχικών δικτύων καυσίμου κλπ.), με ευκολία στην τοποθέτηση (δεν υπάρχουν απαιτήσεις αερισμού και καπνοδόχου δεδομένης της απουσίας καύσης).

Στον αντίποδα, το βασικό τους μειονέκτημα είναι το κόστος λειτουργίας τόσο για το χρήστη όσο και για το περιβάλλον. Το κόστος σε επίπεδο χρήστη είναι βέβαια και συνάρτηση της τιμής των καυσίμων και αν μία τέτοια συσκευή χρησιμοποιείται και τις ώρες μειωμένου τιμολογίου του ηλεκτρικού δικτύου (π.χ. ΔΕΗ) μπορεί - λόγω και των πρόσφατων αυξήσεων της τιμής του πετρελαίου - να προκύψει συγκρίσιμο ή και μικρότερο του κόστους για συμβατικά συστήματα.

Ωστόσο, σε επίπεδο κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (που πλέον αξιολογείται βάσει Κ.ΕνΑ.Κ.), είναι μη αποδοτική συσκευή – όπως άλλωστε και κάθε άλλη ηλεκτρική συσκευή - σε σχέση 2,7/1 με το πετρέλαιο και 2,8/1 με το φυσικό αέριο.

Σχήμα 1.2.2. *Ηλεκτρικός λέβητας (επίτοιχος).*

1.2.3. Μονάδες αντλιών θερμότητας.

Η αντλία θερμότητας είναι αρκετά παλιό σύστημα παραγωγής θέρμανσης και ψύξης, ωστόσο μέχρι πρόσφατα – τουλάχιστον στη χώρα μας – Α/Θ χρησιμοποιούντο κυρίως για την ψύξη χώρων και μάλιστα στην απλούστερη μορφή τους, αυτή των τοπικών μονάδων διαιρούμενου τύπου (split), τα

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

γνωστά μας «κλιματιστικά». Ωστόσο τα τελευταία χρόνια και με αλματωδώς αυξανόμενο ρυθμό, η χρήση Α/Θ έχει πλέον διευρυνθεί τόσο σε ποσότητα όσο και σε τύπους μηχανημάτων.

Ειδικότερα, είναι πλέον αρκετά διαδεδομένα τα ημικεντρικά συστήματα άμεσης εξάτμισης (DX) μεταβλητής ποσότητας παρεχόμενου ψυκτικού μέσου (VRV, VRF κλπ.), τα οποία όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται και ως βασικά συστήματα θέρμανσης, αν και η βασική τους χρήση παραμένει για την κάλυψη ψυκτικών φορτίων.

Στην εξάπλωση των συστημάτων αυτών βοήθησε κυρίως η συνεχώς και πιο επιτακτική ανάγκη για εγκατάσταση συστημάτων ψύξης που ευνοεί την εγκατάσταση συστημάτων τα οποία μπορούν να παρέχουν και θέρμανση και ψύξη, αλλά επίσης και η σχετικά απλή εγκατάστασή τους, καθώς και η – τελευταία ακόμη περισσότερο – οικονομικότερη (και αυτόνομη) λειτουργία τους σε σχέση με συμβατικά συστήματα.

Πέρα όμως από τα προαναφερόμενα συστήματα, αρκετά διαδεδομένη είναι πλέον και η προτίμηση σε Α/Θ νερού που μπορούν να συνδεθούν σε δίκτυα νερού, εξαλείφοντας έτσι το μειονέκτημα των προηγουμένων συστημάτων άμεσης εξάτμισης, όπου η θέρμανση γίνεται με αέρα, μέθοδος που είναι χαμηλότερης «ποιότητας αίσθησης» σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα.

Οι Α/Θ νερού είναι μηχανές που αποτελούνται κατά βάση από δύο διακεκριμένα τμήματα :

- το πρωτεύον κύκλωμα του (αντιστρεφόμενου ανάλογα με την εποχή) ψυκτικού κύκλου με εργαζόμενο μέσο κάποιο ψυκτικό υγρό (π.χ. R407, R410a κλπ.) και
- το δευτερεύον κύκλωμα με εργαζόμενο μέσο νερό, το οποίο θερμαίνεται το χειμώνα και ψύχεται το καλοκαίρι, μέσω εναλλάκτη ψυκτικού υγρού – νερού.

Η πλευρά του δευτερεύοντος κυκλώματος (νερό), συνδέεται στα δίκτυα διανομής του κτηρίου προκειμένου να τροφοδοτήσει τις τερματικές συσκευές.

Οι Α/Θ νερού χαρακτηρίζονται από δύο βασικές τεχνικές διαφορές έναντι των συμβατικών συστημάτων λέβητα-καυστήρα σε ό,τι αφορά την κάλυψη των φορτίων θέρμανσης :

α) το παρεχόμενο θερμό νερό είναι χαμηλότερης θερμοκρασίας (συνήθως ~40-45°C κατά μέγιστο μέχρι 50-55°C ανάλογα και με τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες), στοιχείο που πρακτικά οδηγεί σε συστήματα διανομής / τερματικής απόδοσης χαμηλών θερμοκρασιών, δηλαδή κατά κύριο λόγο θερμάνσεις δαπέδου και μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (FCU), σπανιότερα και σε συστήματα θέρμανσης τοίχου / οροφής,

β) η απόδοσή τους πέφτει ραγδαία με την πτώση της εξωτερικής θερμοκρασίας, όταν δηλαδή και η ζήτηση προσεγγίζει το ονομαστικό φορτίο σχεδιασμού της εγκατάστασης.

Παρ' όλα αυτά, οι Α/Θ χαρακτηρίζονται και από πληθώρα πλεονεκτημάτων και κατά συνέπεια η εφαρμογή τους κερδίζει έδαφος συνεχώς. Βασικά πλεονεκτήματά τους είναι τα εξής :

- καλοί βαθμοί απόδοσης με αντίστοιχο αντίκτυπο τόσο σε πρωτογενή ενέργεια όσο και σε κόστος λειτουργίας για τον χρήστη,
- σχετικά απλή και καθαρή εγκατάσταση,
- ενιαίο σύστημα για θέρμανση-ψύξη, ενίοτε και για ΖΝΧ.

Στην αγορά διατίθενται πλέον και Α/Θ υψηλών θερμοκρασιών (~70-75°C) διπλού κύκλου συμπίεσης, με πολύ καλούς βαθμούς απόδοσης, αλλά και αυξημένο κόστος κτήσης (και συχνά δυνατότητα μόνο για θέρμανση), οπότε στην περίπτωση αυτή εξαλείφεται το βασικό πλεονέκτημα της χρήσης ενιαίου συστήματος για θέρμανση-ψύξη. Ωστόσο, η τεχνολογία στην περιοχή αυτή, των Α/Θ μικρής – μεσαίας κλίμακας τρέχει με μεγάλο ρυθμό και συνεχώς κατασκευάζονται μηχανήματα με

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

μείωση των προαναφερόμενων μειονεκτημάτων (πλήν του κόστους κτήσης που ακόμη παραμένει μεγαλύτερο σε σχέση με συμβατικά συστήματα).

Επίσης, όσον αφορά το δεύτερο βασικό πρόβλημα των Α/Θ νερού, δηλαδή την μεγάλη πτώση στην απόδοσή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες, οι νέες γενιές μηχανημάτων έχουν πολύ καλές αποδόσεις (με μικρή απόκλιση από την ονομαστική τους) ακόμη και για εξωτερικές θερμοκρασίες μικρότερες των 3^oC εξωτερικού περιβάλλοντος. Όμως, ο μελετητής θα πρέπει πάντα να προσέχει ώστε η επιλογή της Α/Θ να αντιστοιχεί στο ονομαστικό φορτίο σχεδιασμού αλλά για τις συνθήκες σχεδιασμού και όχι για τις τυπικές συνθήκες αναφοράς των ονομαστικών αποδόσεων των μονάδων που συνήθως είναι για 7^oC.

Σε ό,τι αφορά την αρχιτεκτονική των Α/Θ υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες επιλογές στην αγορά ανάλογα με :

- τον τύπο (αερόψυκτες, υδρόψυκτες, γεωθερμικές κλπ.),
- την τοπολογία (διαιρούμενου ή ενιαίου τύπου),
- το είδος του συμπιεστή και τα στάδια συμπίεσης (ένα ή περισσότερα) κλπ.

Σχήμα 1.2.3. *Αντλίες θερμότητας νερού : αερόψυκτη (αριστερά) – γεωθερμική δεξιά.*

Τελευταία, διατίθεται και πληθώρα Α/Θ με δυνατότητα εξόδου ΖΝΧ, ενώ ένα ακόμη βήμα παραπέρα είναι οι Α/Θ με ανάκτηση θερμότητας που σε λειτουργία ψύξης παρέχουν ΖΝΧ εντελώς δωρεάν και μάλιστα με βελτίωση του βαθμού απόδοσης (EER) λόγω της ψύξης του συμπυκνωτή.

Η Α/Θ αποτελεί μια μηχανή με μεγάλες δυνατότητες βελτίωσης στο μέλλον, για το λόγο αυτό άλλωστε αντιμετωπίζεται ενίοτε από τους ενεργειακούς κανονισμούς και ως εναλλακτική λύση της εφαρμογής συστημάτων ΑΠΕ. Όμως η πρακτική υποστήριξη της εφαρμογής Α/Θ αποφεύγεται σε πολλές χώρες – όπως και η χώρα μας – για λόγους ενεργειακής πολιτικής, δεδομένου πως αντίθετα προς το θεωρητικό πλεονέκτημα που προσφέρει σε επίπεδο τελικής (πρωτογενούς) κατανάλωσης ενέργειας, συνεπάγεται και την ανάγκη κατασκευής νέων εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία συνεπάγονται πρόσθετο υψηλό κόστος.

Σε χώρες με έλλειψη επάρκειας ηλεκτρικής ισχύος τις εποχές και τις ώρες αιχμής, αυτό αποτελεί ένα σοβαρό εμπόδιο στην υποστήριξη της διευρημένης εγκατάστασης ηλεκτρικών μηχανών εν γένει.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.4. Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας (ΣΗΘ)

Σε κτήρια όπου λειτουργούν μηχανές (συμβατικές – π.χ. ΜΕΚ) τοπικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη – Η/Ζ), οπότε και υπάρχει σημαντική παραγωγή θερμού νερού (π.χ. το νερό ψύξης των κινητήρων), δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησης του νερού αυτού, αυξάνοντάς σημαντικά τη συνολική απόδοση των συστημάτων.

Σχήμα 1.2.4. *Μονάδα συμπαραγωγής*

Όπως και με την Τ/Θ, είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς πόσο – ενεργειακά – πλεονεκτική μπορεί να είναι η εφαρμογή ΣΗΘ. Ωστόσο, βασικά μειονεκτήματα της εφαρμογής ΣΗΘ, σε μικρή τουλάχιστον κλίμακα – όπου θεωρητικά θα μπορούσε να αντικαταστήσει τους λέβητες κεντρικής θέρμανσης είναι :

- η σχέση ~1/3 ηλεκτρισμού / θερμότητας που είναι περίπου αντίστροφη της συνήθους ζήτησης των τελικών μορφών ενέργειας σε μικρή κλίμακα (π.χ. κατοικία),
- η ανάγκη για μόνιμη απορρόφηση της ηλεκτρικής ενέργειας όταν το ΣΗΘ λειτουργεί με βασικό σκοπό την κάλυψη της θέρμανσης, που συνεπάγεται την ανάγκη για επιπλέον εγκαταστάσεις (μπαταρίες, μετατροπείς συχνότητας, ανορθωτές κλπ.) για αποθήκευση-εξομαλυμένη απόδοση της ηλεκτρικής ενέργειας σε συνάρτηση με τη ζήτηση που και κοστίζουν και ανάγκη συντήρησης έχουν.

Τα ΣΗΘ συνήθως βρίσκουν πεδίο εφαρμογής σε μεγάλα κτήρια του τριτογενή τομέα, καθώς και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις με ανάγκη παραγωγής θερμότητας και παράλληλα μεγάλη – αναλογικά – και μόνιμη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Στις περιπτώσεις αυτές η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το ΣΗΘ μπορεί να καταναλώνεται άμεσα καλύπτοντας μέρος της βασικής ηλεκτρικής κατανάλωσης των εγκαταστάσεων.

Επίσης, παρά το μεγάλο κόστος τους σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης, τα ΣΗΘ ενίοτε αποτελούν μια καλή λύση σε απομακρυσμένες περιοχές, εκτός δικτύου ηλεκτρικών παροχών (π.χ. ΔΕΗ), έστω κι αν είναι απαιτητές και οι προαναφερόμενες εγκαταστάσεις εξισορρόπησης ηλεκτρικής παροχής και ζήτησης.

1.2.5. Αποκεντρωμένα συστήματα (Τ/Θ – ΣΗΘ).

Εκτός των δύο προαναφερόμενων συστημάτων παραγωγής (λέβητες και Α/Θ) σε συστήματα κεντρικής θέρμανσης, που καλύπτουν και τη συντριπτική πλειοψηφία του υπάρχοντος κτηριακού

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

αποθέματος της χώρας, σε κάποιες περιπτώσεις συναντώνται και τα ακόλουθα δύο – αποκαλούμενα «αποκεντρωμένα» - συστήματα θέρμανσης :

<u>Τηλεθέρμανση (Τ/Θ)</u>: πρόκειται για δίκτυα θερμού νερού σε μεγάλη κλίμακα (οικοδομικό τετράγωνο, χωριό, πόλη κλπ.) που κατασκευάζονται σε περιοχές όπου υπάρχει κάποια μόνιμη πηγή παραγωγής μεγάλης ποσότητας και αξιοποιήσιμης θερμοκρασιακής στάθμης θερμού νερού.

Τέτοια παραδείγματα μπορεί να είναι μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις με εξώθερμες διεργασίες μεγάλης κλίμακας, σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μεγάλες παροχές νερού ψύξης που συνήθως αποβάλλεται όχι μόνο ανεκμετάλλευτο αλλά και με δυσμενείς συνέπειες για το περιβάλλον (π.χ. θερμική μόλυνση ποταμών, λιμνών κλπ.), οπότε η Τ/Θ αποτελεί εκτός από μια λύση αύξησης της αξιοποίησης της ενέργειας και ένα μέσον προστασίας του περιβάλλοντος.

Στις περιπτώσεις Τ/Θ, το θερμό νερό του δικτύου τροφοδοτεί τοπικούς ανά κτήριο / σύστημα κλπ. εναλλάκτες (πρωτεύον δίκτυο) που με τη σειρά τους τροφοδοτούν τα τοπικά δίκτυα (δευτερεύοντα) διανομής θέρμανσης. Από τον εναλλάκτη και μετά, το δίκτυο διανομής είναι κατά βάση το ίδιο όπως και στα συμβατικά συστήματα θέρμανσης.

Σχήμα 1.2.5. *Εγκατάσταση τηλεθέρμανσης*

Τα συστήματα Τ/Θ σε πρώτη θεώρηση αποτελούν προφανή και επιβεβλημένη επιλογή για τη μεγιστοποίηση της αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων. Ωστόσο προϋποθέτουν ή/και συνεπάγονται και μεγάλες εγκαταστάσεις υποδομής οι οποίες – ιδιαίτερα σε υφιστάμενα δομημένα περιβάλλοντα – τεχνικοοικονομικά είναι δυστυχώς από ασύμφορες έως ανέφικτες στις περισσότερες περιπτώσεις.

Φυσικά η θεώρηση αυτή αλλάζει συνεχώς και δυναμικά, όσο το ενεργειακό πρόβλημα γίνεται και εντονότερο, με συνέπεια η βαρύτητα της κάθε παραμέτρου (εξοικονόμηση ενέργειας, κόστος υποδομών, κοινωνική όχληση κλπ.) να μεταβάλλεται σημαντικά.

Στη χώρα μας, οι λίγες εγκαταστάσεις Τ/Θ υπάρχουν συνήθως κοντά σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ (π.χ. Μεγαλόπολη, Πτολεμαίδα κλπ.).

<u>Συμπαραγωγή (ΣΗΘ)</u> : στα αποκεντρωμένα συστήματα περιλαμβάνοναι και οι μεγάλης κλίμακας μονάδες συμπαραγωγής με τα στοιχεία που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.3. ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Τα δίκτυα διανομής είναι το σύνολο των σωληνώσεων μέσα στα οποία κυκλοφορεί το μέσο μεταφοράς θερμότητας – θερμό νερό στην περίπτωση των κεντρικών θερμάνσεων, μέσω του οποίου αποδίδεται η θερμότητα στους θερμαινόμενους χώρους.

Τα δίκτυα διανομής είναι κλειστοί βρόχοι : το νερό αναχωρεί θερμό από τη μονάδα παραγωγής (λέβητας, Α/Θ, εναλλάκτης Τ/Θ ή ΣΗΘ κλπ.), φτάνει στις τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας και επιστρέφει – ψυχρότερο και πάλι στη μονάδα παραγωγής για αναθέρμανση. Το γεγονός πως πρόκειται για κλειστά κυκλώματα, συνεπάγεται σχετικά μικρές απώλειες ροής, αφού δεν υπάρχει γεωδετικό ύψος να αντιμετωπισθεί. Για το λόγο αυτό, στις περιπτώσεις των δικτύων βεβιασμένης κυκλοφορίας – όπως η συντριπτική πλέον πλειονότητα των συστημάτων – η αντλία κυκλοφορίας του νερού (ή ρευστού εν γένει), αποκαλείται κυκλοφορητής. Πρόκειται δηλαδή για αντλίες μικρού σχετικά μανομετρικού ύψους – ίσου προς τις απώλειες ροής (κυκλοφορίας) και μόνο.

Όπως αναλύεται και στην ενότητα 1.5 (Βοηθητικά Συστήματα) παλαιότερα συνηθέστερα αλλά και σπανιότερα στη σημερινή πρακτική, όταν οι απώλειες ροής διατηρούνται χαμηλές (μικρά μήκη δικτύου, λίγες και ήπιες αλλαγές διεύθυνσης δικτύου, μικρές παροχές, μεγάλες διατομές σωλήνων και τερματικές μονάδες μικρής μανομετρικής αντίστασης), η κυκλοφορία του νερού μπορεί να γίνεται και με φυσικό τρόπο – χωρίς την παρεμβολή κυκλοφορητή δηλαδή – λόγω της διαφοράς πίεσης που αναπτύσσεται μεταξύ κλάδων προσαγωγής-επιστροφής εξ' αιτίας της θερμοκρασιακής διαφοράς του νερού. Ωστόσο, κατά συντριπτική πλειοψηφία τα δίκτυα διανομής είναι σήμερα βεβιασμένης κυκλοφορίας. Ανάλογα με την αρχιτεκτονική τους, διακρίνουμε τους παρακάτω τύπους δικτύων διανομής.

1.3.1. Δισωλήνιο (κλασσικό) σύστημα.

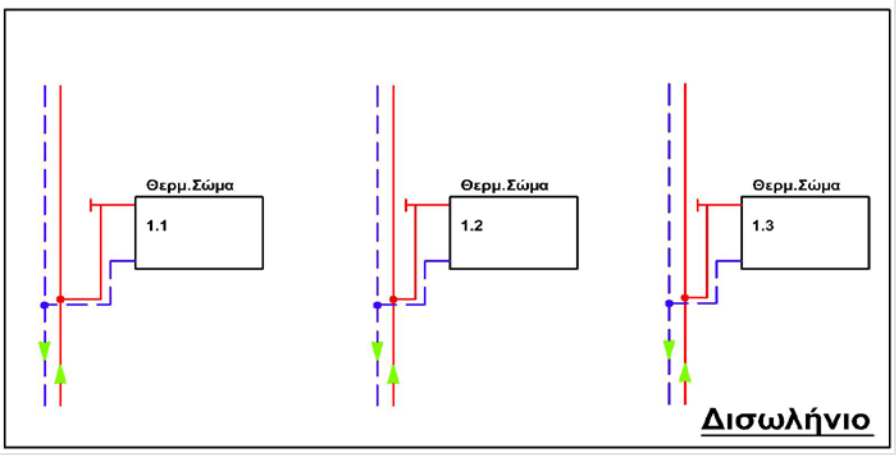
Ουσιαστικά όλα τα κλειστά συστήματα είναι δισωλήνια υπό την έννοια πως αναγκαστικά υπάρχει ο/οι κλάδος/οι προσαγωγής που αναχωρεί/ούν από το σύστημα παραγωγής και ο/οι κλάδος/οι επιστροφής που επιστρέφει/ουν στη μονάδα παραγωγής για να κλείσει το κύκλωμα.

Στην τεχνική ορολογία των θερμάνσεων, ο όρος «δισωλήνιο σύστημα» παραπέμπει στην αρχιτεκτονική της σύνδεσης των τερματικών μονάδων απόδοσης θερμότητας στο δίκτυο διανομής και αντιστοιχεί σε ένα σύστημα όπου όλες οι τερματικές μονάδες συνδέονται άμεσα στους κεντρικούς κλάδους προσαγωγής-επιστροφής (παράλληλη σύνδεση). Οι δε συνδέσεις γίνονται ψηλά για την προσαγωγή και χαμηλά για την επιστροφή, προκειμένου η διαφορά πίεσης που αναπτύσσεται φυσικά από την ψύξη του νερού μέσα στην τερματική μονάδα, να διευκολύνει τη ροή του νερού : το θερμό νερό μπαίνει ψηλά στο σώμα και όσο κρυώνει στη ροή του μέσα στη μονάδα, βαραίνει και οδεύει προς το χαμηλό σημείο όπου και θα επιστρέψει στον κλάδο επιστροφής.

Το δισωλήνιο είναι ο παλαιότερος και συνηθέστερος τύπος δικτύου κεντρικής θέρμανσης και συναντάται σχεδόν αποκλειστικά σε όλα τα κτήρια προ του ~1980, οπότε και άρχισε σταδιακά η εφαρμογή συστημάτων αυτόνομης θέρμανσης στα ελληνικά κτήρια.

Τυπική εικόνα ενός δισωληνίου συστήματος είναι η γνώριμη των περισσοτέρων κτηρίων εκείνης της εποχής, όπου υπάρχουν πολλές κατακόρυφες στήλες διανομής (ζευγάρια προσαγωγής-επιστροφής) και σε σχετικά μικρή απόσταση – αν όχι δίπλα – βρίσκονται τα θερμαντικά σώματα που συνδέονται με τον προαναφερόμενο τρόπο στις κεντρικές στήλες.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 1.3.1. *Σχηματική παράσταση δισωληνίου συστήματος*

Αρκετά συνήθης παραλλαγή δισωληνίου δικτύου είναι και αυτή που συναντάται συνήθως σε ισόγεια κτήρια με υπόγειο, όπου στην οροφή του υπογείου αναπτύσσεται οριζόντιο δίκτυο από το οποίο αναχωρούν κατακόρυφοι κλάδοι σύνδεσης στα σημεία όπου στο ισόγειο βρίσκονται τα θερμαντικά σώματα.

Μια δεύτερη συναφής παραλλαγή, είναι το οριζόντιο δίκτυο να τρέχει στην οροφή του χώρου που τοποθετούναι τα θερμαντικά σώματα (συνηθέστερα σε ψευδοροφή), οπότε στην περίπτωση αυτή οι κατακόρυφοι κλάδοι σύνδεσης είναι καθοδικοί. Το σύστημα αυτό συχνά αποκαλείται «ομπρέλα» στην τεχνική καθομιλουμένη.

Το δισωλήνιο είναι ένα σύστημα με πολλά πλεονεκτήματα :

- όλα τα σώματα (τερματικές μονάδες) έχουν τυπικά την ίδια μέση θερμοκρασία, αφού συνδέονται άμεσα στους κλάδους προσαγωγής-επιστροφής,
- απαιτούνται σχετικά με άλλα συστήματα αρκετά μικρότερα μήκη δικτύου,
- τα μανομετρικά του δικτύου είναι σχετικά μικρότερα, στοιχείο που συνεπάγεται και μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ροής,
- μικρομετατοπίσεις σωμάτων είναι εύκολες, δεδομένου πως υπάρχουν αρκετές κατακόρυφες στήλες για σύνδεση, ενώ οι ίδιοι οι σωλήνες σύνδεσης μπορούν – συνήθως – σχετικά εύκολα να τρέξουν στα σοβατεπί ή με άλλους παρεμφερείς τρόπους,
- το δίκτυο στα περισσότερα σημεία του είναι συνήθως ευκολότερα προσβάσιμο σε περίπτωση που απαιτηθούν επισκευές, συντηρήσεις κλπ. (ωστόσο αυτό δεν ισχύει πάντα για την κεντρική διανομή των κατακόρυφων στηλών).

Τα βασικά μειονεκτήματα του δισωλήνιου δικτύου είναι τα εξής :

- η αυτονομία θέρμανσης είναι δυσκολότερη και πιο δαπανηρή στην κατασκευή της, αφού προϋποθέτει την εγκατάσταση συστήματος ελέγχου και θερμιδομέτρησης σε κάθε σώμα ξεχωριστά,
- η ύπαρξη των κατακόρυφων στηλών είναι δεσμευτική για ριζικές αλλαγές εσωτερικής αρχιτεκτονικής χώρων, αφού μπορεί να «ξεμένουν» διερχόμενες στήλες σε ενδιάμεσους (καθ'ύψος χώρους),
- οι κατακόρυφες στήλες μέσα στα διαμερίσματα είναι πλέον απαράδεκτες στη σύγχρονη αρχιτεκτονική αισθητική.

Αν και λειτουργικά το δισωλήνιο σύστημα υπερέχει σχετικά του μονοσωληνίου που αναλύεται ακολούθως, η δυσχέρειά του στην εφαρμογή αυτόνομου ανά λειτουργική περιοχή ελέγχου, το έχει

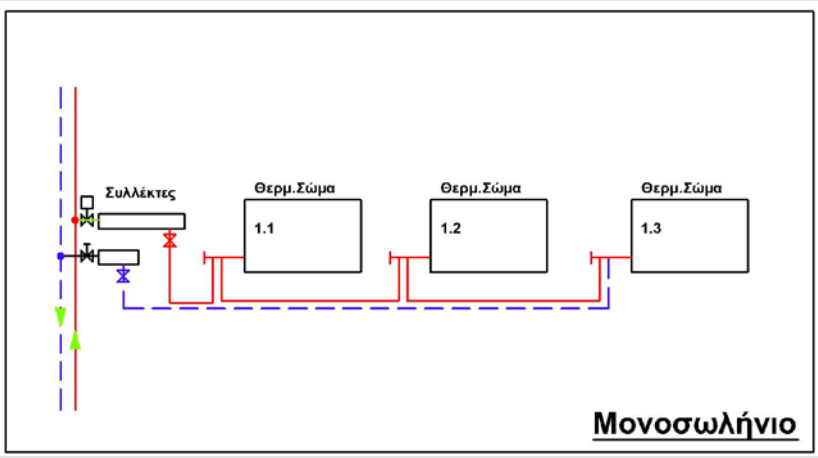
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

πρακτικά αποκλείσει ως επιλογή στις περιπτώσεις όπου η αυτονομία αποτελεί σημαντικό κριτήριο (π.χ. πολυκατοικίες – αυτονομία διαμερισμάτων).

1.3.2. Μονοσωλήνιο σύστημα.

Σε αντίθεση με το δισωλήνιο, το μονοσωλήνιο σύστημα που αποτελεί πλέον τον «μονόδρομο» τουλάχιστον για τις περιπτώσεις που απαιτείται αυτονομία θέρμανσης ιδιοκτησιών σε μικρή σχετικά κλίμακα κτηρίων (π.χ. πολυκατοικίες – αυτονομία διαμερισμάτων), εμφανίζει ορισμένα τεχνικά προβλήματα, ωστόσο η υπεροχή του στο θέμα της αυτονομίας το καθιστά βασική επιλογή, τουλάχιστον στο εύρος των περιπτώσεων εφαρμογής του (π.χ. σε μεγάλης κλίμακας κτήρια, όπου η αυτονομία είναι και πάλι ζητούμενο).

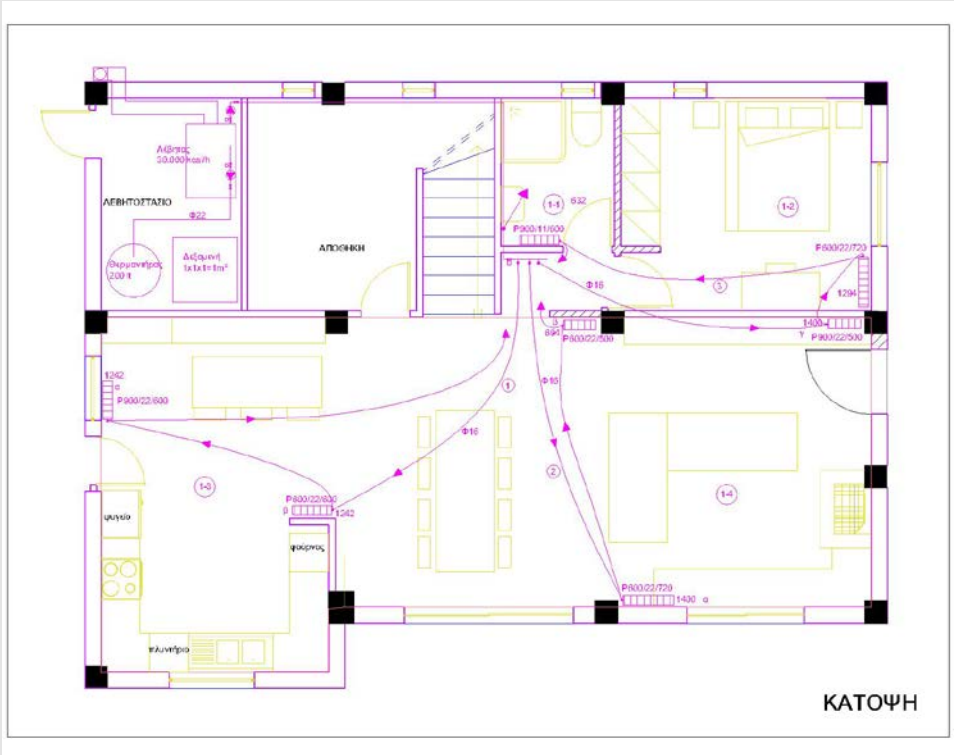
Ο όρος «μονοσωλήνιο» και πάλι αναφέρεται στον τρόπο σύνδεσης των σωμάτων στους κλάδους προσαγωγής-επιστροφής. Στην περίπτωση του μονοσωληνίου – όπου και πάλι προφανώς υπάρχουν δύο σωλήνες σύνδεσης για κάθε σώμα – υπάρχουν βρόχοι μεταξύ των κλάδων προσαγωγής-επιστροφής, πάνω στους οποίους συνδέονται εν σειρά (παρεμβάλλονται δηλαδή) τα θερμαντικά σώματα. Έτσι, η εξαγωγή (επιστροφή) ενός σώματος αποτελεί την εισαγωγή (προσαγωγή) για το επόμενο κ.ο.κ.



Σχήμα 1.3.2. *Σχηματική παράσταση μονοσωληνίου συστήματος*

Το πλεονέκτημα του συστήματος αυτού, η ταχεία εγκατάσταση των σωληνώσεων διανομής και η εύκολη αυτονομία, η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι οι βρόχοι θέρμανσης κάθε ανεξάρτητης λειτουργικά περιοχής («αυτονομίας») αναχωρούν (και επιστρέφουν) από (και σε) συλλέκτες (κολλεκτέρ) διανομής που συνδέονται σε κεντρικές στήλες προσαγωγής και επιστροφής. Παρεμβάλλοντας σε έναν από τους δύο συλλέκτες (συνήθως στην προσαγωγή) μία ηλεκτροβάννα (Η/Β) που ελέγχεται από αντίστοιχο θερμοστάτη χώρου (Θ/Χ), είναι πολύ απλό να ελέγχουμε ανεξάρτητα την περιοχή την οποία καλύπτουν οι βρόχοι αυτοί. Η ανάπτυξη των βρόχων γίνεται στο δάπεδο των χώρων (επιδαπέδια εγκατάσταση).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 1.3.3. *Ανάπτυξη βρόχων μονοσωληνίου συστήματος στο δάπεδο*

Ωστόσο, η χρηστική αυτή ευκολία συνοδεύεται από ορισμένα προβλήματα που τεχνικά μπορεί να υποβαθμίσουν την ποιότητα των μονοσωληνίων συστημάτων. Συγκεκριμένα, τα προβλήματα του μονοσωληνίου δικτύου είναι κατά βάση τα εξής :

- τα σώματα (τερματικές μονάδες) έχουν διαφορετική μέση θερμοκρασία, αφού συνδέονται σειριακά το ένα μετά το άλλο στους βρόχους θέρμανσης. Αυτό ενοχλεί σε αίσθηση, αφού συχνά οι διαφορές αυτές είναι αντιληπτές από τους χρήστες. Επιπλέον η επιλογή των σωμάτων θέλει περισσότερη ακρίβεια, δεδομένου πως εκτός του φορτίου κάλυψης για τη διαστασιολόγηση του σώματος έχει σημασία και η θέση του στο βρόχο,
- σε συνέχεια των προηγουμένων, ενίοτε σε βρόχους με πολλά σώματα (που πρέπει να αποφεύγεται), π.χ. 3 ή 4, υπάρχει περίπτωση το τελευταίο σώμα να υποτροφοδοτείται και η απόδοσή του να καταλήγει ανεπαρκής, χωρίς να είναι πάντα εύκολο να βρεθεί λύση,
- απαιτούνται αρκετά μεγαλύτερα μήκη δικτύου (που γίνονται ακόμη μεγαλύτερα αν επιλεγεί η λύση του εκφυλισμένου δισωληνίου, δηλαδή βρόχος και σώμα),
- τα μανομετρικά του δικτύου είναι μεγαλύτερα, στοιχείο που συνεπάγεται και μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας ροής,
- ακόμη και μικρομετατοπίσεις σωμάτων είναι σχετικά δύσκολες, δεδομένου πως θα χρειαστεί να κατασκευασθούν εμφανείς σωληνώσεις επέκτασης των συνδέσεων (που θα είναι σε αισθητική ασυμφωνία με την υπόλοιπη εγκατάσταση, ενώ μπορεί να δημιουργηθούν και ανεπιθύμητα σημεία σιφωνισμού), είτε θα πρέπει να ξηλωθούν δάπεδα,
- το τοπικό δίκτυο διανομής στο μεγαλύτερο μήκος του είναι μη προσβάσιμο (στο δάπεδο), στοιχείο που συνεπάγεται εκτός από την προφανή δυσκολία επισκευών και την καθυστερημένη επίγνωση / ειδοποίηση πιθανής βλάβης που μπορεί εν τω μεταξύ να έχει οδηγήσει σε ευρύτερα προβλήματα (διάβρωση δαπέδων και οροφών του υποκείμενου χώρου, προστριβές με συνενοίκους κλπ.). Το μειονέκτημα αυτό αναιρείται εν μέρει αν οι επιδαπέδιες σωληνώσεις είναι από πλαστικό υλικό και τοποθετούνται εντός πλαστικών εύκαμπτων

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

σωλήνων μεγαλύτερης διαμέτρου οπότε η αφαίρεση ενός τμήματος βρόχου είναι σχετικά ευχερής όπως και η επανατοποθέτησή νέου τμήματος. Ωστόσο, για να είναι εφικτή μια τέτοια ενέργεια θα πρέπει η αρχική εγκατάσταση να έχει γίνει με κάποιες προδιαγραφές (μικρά μήκη βρόχων, μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας κλπ.) προκειμένου να μπορεί να τραβηχθεί η παλιά σωλήνωση και να τοποθετηθεί νέα. Επίσης, όταν το υλικό των σωληνώσεων είναι πλαστικό, προσοχή πρέπει να δίνεται στην ασφαλή παραλαβή των μεγαλύτερων συστολοδιαστολών που παρουσιάζουν τα πλαστικά υλικά.

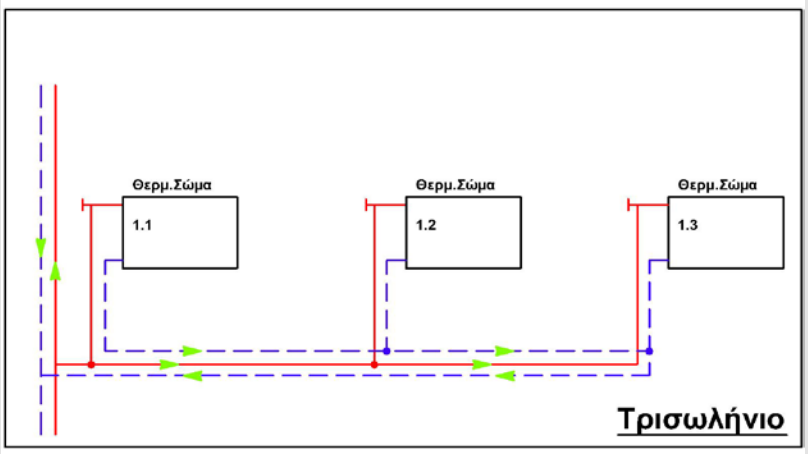
Το λειτουργικό – τεχνικό πρόβλημα της ανισοκατανομής της θερμοκρασίας των σωμάτων αλλά και της υδραυλικής εξισορρόπησης των βρόχων, λύνεται εύκολα (και συνήθως αποτελεσματικότερα σε σχέση με συμβατικά δισωλήνια δίκτυα) με την εφαρμογή των λεγόμενων συστημάτων «σπαγγέτι», δηλαδή βρόχος και σώμα. Αυτό όμως συνεπάγεται αυξημένο κόστος εγκατάστασης, αλλά στον αντίποδα – εκτός της καλύτερης απόδοσης του συστήματος – μικρότερα μανομετρικά για τον κυκλοφορητή.

Συχνά συναντά κανείς, παραλλαγές των δύο συστημάτων που προσπαθούν να προσεγγίσουν κατά το δυνατόν τα πλεονεκτήματα καθενός εκ των δύο χωρίς τα αντίστοιχα μειονεκτήματα. Πάντοτε, η τοπολογία, το μέγεθος του κτηρίου και οι απαιτήσεις (κριτήρια σχεδιασμού) είναι τα στοιχεία που θα καθορίσουν τη βέλτιστη λύση και για το λόγο αυτό ο ρόλος του μηχανικού είναι σημαντικός ακόμη και σε σχετικά μικρά δίκτυα.

Πολλές φορές συνδυάζονται και τα δύο συστήματα, ωστόσο ο μηχανικός πρέπει να έχει πάντα υπ' όψιν τα ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά των δύο συστημάτων προκειμένου να εξασφαλισθεί η σωστή λειτουργία και απόδοσή τους. Σύνηθες λάθος σε περιπτώσεις συνδυασμού δικτύων, είναι η χρήση κοινών κυκλοφορητών / κεντρικών κλάδων παροχής για τις περιοχές μονοσωληνίου και δισωληνίου, με αποτέλεσμα την δύσκολη έως και ενίοτε αδύνατη υδραυλική εξισορρόπηση των περιοχών λόγω της σημαντικής διαφοράς σε απώλειες ροής.

1.3.3. Τρισωλήνιο σύστημα (reverse return).

Το σύστημα ανάστροφης επιστροφής ή τρισωλήνιο (λόγω της ύπαρξης τριών κεντρικών οριζόντιων κλάδων) αποτελεί μια παραλλαγή δισωλήνιας διανομής σε περιπτώσεις δικτύων με πολύ μεγάλο μήκος.



Σχήμα 1.3.4. *Σχηματική παράσταση τρισωληνίου συστήματος*

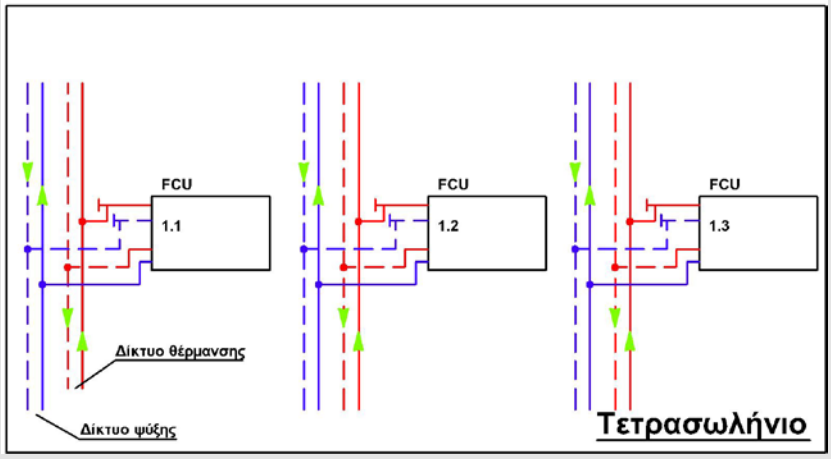
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Όπως προαναφέρθηκε, η σύνδεση των τερματικών μονάδων σε δισωλήνια δίκτυα είναι παράλληλη, δηλαδή όλα τα σώματα συνδέονται άμεσα μεταξύ κλάδων (οριζόντιων ή κατακόρυφων) προσαγωγής – επιστροφής. Έτσι, στο σώμα που συνδέεται «πρώτο» - πιο κοντά δηλαδή στους κεντρικούς κλάδους – το νερό πηγαίνει πιο εύκολα σε σχέση με το σώμα που συνδέεται «τελευταίο». Όταν οι αποστάσεις των σωμάτων γίνονται μεγάλες, η διαφορά των απωλειών ροής μεταξύ μονάδας παραγωγής-πρώτου σώματος και μονάδας παραγωγής-τελευταίου σώματος, γίνεται σημαντική και η εξισορρόπηση του δικτύου με ειδικά ρυθμιστικά βανάκια (στραγγαλιστικά παροχής) καθίσταται δυσκολότερη.

Στις περιπτώσεις αυτές, υπάρχει η δυνατότητα αυτοεξισορρόπησης του δικτύου συνδέοντας τα σώματα με αντίστροφή φορά στους κλάδους προσαγωγής – επιστροφής : το σώμα που συνδέεται πρώτο στην προσαγωγή συνδέεται τελευταίο στην επιστροφή κ.ο.κ. Πρόκειται για μια απλούστατη και αποδοτική αυτοεξισορρόπηση που γίνεται συχνά σε μεγάλα ή και σε κυκλικά δίκτυα. Μόνο μειονέκτημα αποτελεί η κατασκευή ενός επιπλέον κλάδου, δηλαδή το κόστος μεγαλύτερης εγκατάστασης.

1.3.4. Τετρασωλήνιο σύστημα.

Τα τετρασωλήνια συστήματα συναντώνται μόνο σε μεγάλα κτήρια και ειδικότερα εκεί που οι τερματικές συσκευές χρησιμοποιούνται και για τη θέρμανση και για την ψύξη των χώρων. Πρόκειται δηλαδή για δίκτυα που τροφοδοτούν μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (FCU). Ουσιαστικά πρόκειται για δύο παράλληλα και ανεξάρτητα δισωλήνια δίκτυα που απλώς καταλήγουν σε κοινές τερματικές μονάδες.



Σχήμα 1.3.5. *Σχηματική παράσταση τετρασωληνίου συστήματος*

Οι λόγοι επιλογής τετρασωλήνιων συστημάτων – που προφανώς είναι σχεδόν διπλάσιου κόστους έναντι των δισωλήνιων – είναι οι εξής :

- την περίοδο θέρμανσης υπάρχουν ζώνες του κτηρίου που λειτουργούν σε ψύξη (π.χ. εσωτερικές περιοχές γραφείων με πολύ υψηλά εσωτερικά κέρδη, χώροι πληροφορικής κλπ.),
- οι μονάδες παραγωγής είναι εντελώς ανεξάρτητες (π.χ. λέβητας, ψύκτης) και δεδομένων των διαφορετικών παροχών / μανομετρικών των δικτύων θέρμανσης / ψύξης (τα δίκτυα ψύξης χαρακτηρίζονται συνήθως από πολύ μεγαλύτερες απαιτήσεις παροχής και μανομετρικού), κρίνεται σκοπιμότερο να κατασκευασθούν ανεξάρτητα δίκτυα.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.4. ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Οι τερματικές μονάδες είναι οι συσκευές που μεταφέρουν τελικά την θερμότητα στους προς θέρμανση χώρους. Πρόκειται δηλαδή για εναλλάκτες μεταξύ του μέσου μεταφοράς της θερμότητας από το σύστημα παραγωγής και μέσω του δικτύου διανομής στους χώρους.

Γενικά, η θερμότητα μεταδίδεται με τρείς βασικούς τρόπους :

- αγωγή (conduction) όπου η μετάδοση της θερμότητας γίνεται μέσω της φυσικής επαφής από ένα σώμα σε άλλο,
- συναγωγή ή μεταφορά (convection) όπου η θερμότητα μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο με την παρεμβολή κάποιας ροής (φυσικής ή βεβιασμένης) ρευστού (συνήθως αέρας) και
- ακτινοβολία.

Η λειτουργία των τερματικών μονάδων θέρμανσης, βασίζεται κυρίως στη μεταφορά και την ακτινοβολία, ενώ συνηθέστερα συνδυάζονται και οι δύο τρόποι. Το ποσοστό μετάδοσης της θερμότητας με τον ένα ή τον άλλο τρόπο εξαρτάται από τον τύπο της τερματικής μονάδας και τη θερμοκρασία λειτουργίας της. Οι συνηθέστεροι τύποι τερματικών μονάδων θέρμανσης είναι οι ακόλουθοι :

1.4.1. Σώματα ακτινοβολίας (άβακες-radiators)

Είναι ο δημοφιλέστερος τύπος θερμαντικού σώματος, όπου η θερμότητα ακτινοβολείται στο περιβάλλον από τις θερμές επιφάνειες του σώματος. Φυσικά, σημαντικό τμήμα της μετάδοσης θερμότητας γίνεται και με μεταφορά, από την – φυσική – κυκλοφορία του αέρα γύρω από το σώμα.

Σχήμα 1.4.1. *Σώματα τύπου πάνελ (αριστερά) και σωληνωτά- Ακάν (δεξιά).*

Ανάλογα με τη διαμόρφωση των επιφανειών του σώματος, η σχέση ακτινοβολίας / μεταφοράς μεταβάλλεται : έτσι, σώματα με σχετικά επίπεδες επιφάνειες (π.χ. σώματα πάνελ) παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό ακτινοβολίας, ενώ σώματα με πτυχές, φέτες, μαιάνδρους κλπ. (π.χ. παραδοσιακά σώματα τύπου Ακάν) αποδίδουν περισσότερο με μεταφορά.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Τα σώματα ακτινοβολίας πλεονεκτούν στην αίσθηση θέρμανσης, μιας και η ακτινοβολία είναι η πιο ευχάριστη πηγή θερμότητας, καθώς και στο μικρότερο πάχος τους. Από την άλλη μεριά, μειονεκτούν στο μεγαλύτερο γενικά μήκος και κυριότερα στην απαίτηση να είναι «ελεύθερα», δεδομένου πως κάθε κοντινό εμπόδιο αποτελεί φράγμα ακτινοβολίας (π.χ. τα ξύλινα κελύφη που συχνά τοποθετούνται για αισθητικούς λόγους και τα οποία – σε σώματα κυρίως ακτινοβολίας – μειώνουν σημαντικά την απόδοση θερμότητας στο χώρο).

1.4.2. Σώματα φυσικής μεταφοράς (κονβέκτορες-convectors)

Είναι σώματα από τα οποία η θερμότητα μεταδίδεται κατά κύριο λόγο με μεταφορά από τα ρεύματα αέρα γύρω από το σώμα. Η μεταφορά (συναγωγή) θερμότητας είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η ενεργή επιφάνεια συναλλαγής του σώματος και όσο μεγαλύτερη η ταχύτητα του ρεύματος αέρα. Για τους λόγους αυτούς, οι – συνήθως αποκαλούμενοι – κονβέκτορες χαρακτηρίζονται από πληθώρα «ψυκτρών», δηλαδή πτυχών που αποτελούν τις ενεργές επιφάνειες συναλλαγής.

Οι κονβέκτορες, πλεονεκτούν σε γενικές διαστάσεις, πλην του βάθους τους που συνήθως είναι μεγαλύτερο των σωμάτων ακτινοβολίας. Πλεονεκτούν επίσης σε απόκριση, λόγω της άμεσης δημιουργίας θερμών ρευμάτων αέρα – ιδιαίτερα στην περίπτωση σωμάτων με βεβιασμένη κυκλοφορία (βλ. ακόλουθη ενότητα).

Σχήμα 1.4.2. *Σώματα φυσικής μεταφοράς (Convectors)*

Τα βασικά τους μειονεκτήματα συνίστανται στην χαμηλότερης αίσθησης ποιότητα θέρμανσης και στο γεγονός πως πάνω από τα σώματα αυτά δημιουργούνται συχνά «μαυρίλες» («μουστάκια») που οφείλονται στα ρεύματα αέρα που στα σημεία έντονης κυκλοφορίας (πάνω από τα σώματα) «λερώνουν» τους τοίχους αφήνοντας πάνω τους – ανθρακούχα κυρίως - μικροσωματίδια. Προφανώς το πρόβλημα αυτό είναι εντονότερο στα αστικά περιβάλλοντα με αυξημένα επίπεδα μόλυνσης (ιδιαίτερα άνθρακα).

Όπως συμβαίνει και με τα σώματα ακτινοβολίας, έτσι και στους κονβέκτορες ένα ποσοστό της θερμότητας μεταδίδεται και με ακτινοβολία. Αυτό δεν συμβαίνει μόνο στην υποπερίπτωση των «αερόθερμων», δηλαδή σωμάτων με βεβιασμένη μεταφορά, όπου οι θερμές επιφάνειες του σώματος είναι κρυμμένες σε κέλυφος και συνεπώς η θερμότητα μεταδίδεται μόνο με τα θερμά ρεύματα αέρα.

Οι κονβέκτορες είναι προτιμιτέοι σε περιπτώσεις όπου τα σώματα, για λόγους κυρίως λειτουργικούς και αισθητικούς, είναι επιθυμητό να είναι «κρυμμένα». Επίσης επιλέγονται και ως σώματα άμεσης απόκρισης σε χώρους μεγάλους και με μεγάλες κρύες επιφάνειες (π.χ. εκτεταμένα υαλοστάσια), όπου τα θερμά ρεύματα αέρα είναι – τοπικά - επιθυμητά για αποφυγή συμπυκνώσεων στο εσωτερικό των επιφανειών αυτών. Σε τέτοιους χώρους μπορεί και επιλέγεται συχνά η λύση συνδυασμού και των δύο τύπων σωμάτων, προκειμένου να εξυπηρετηθούν τόσο οι απαιτήσεις αποφυγής υγρασιών και άμεσης απόκρισης, όσο και η ευχάριστη αίσθηση της ακτινοβολίας.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.4.3. Σώματα βεβιασμένης μεταφοράς (αερόθερμα, FCU)

Προκειμένου να αυξηθεί η απόδοση ενός σώματος μεταφοράς, όπως προαναφέρθηκε μία εκ των δύο βασικών παραμέτρων είναι η αύξηση της ταχύτητας του ρεύματος αέρα. Ετσι, προκύπτει και η περίπτωση των σωμάτων με βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα μέσω αντίστοιχου ανεμιστήρα. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει μετάδοση με ακτινοβολία, αφού το σώμα αποτελείται από έναν εναλλάκτη, όπου από την πλευρά του αέρα, η κυκλοφορία είναι εξαναγκασμένη και με πολύ μεγαλύτερη παροχή και ταχύτητα από ό,τι στα σώματα φυσικής κυκλοφορίας.

Όταν τα σώματα αυτά καλύπτουν μόνο τη θέρμανση χώρων, αποκαλούνται «αερόθερμα» και χαρακτηρίζονται από τα ίδια σε γενικές γραμμές πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που χαρακτηρίζουν και τους κονβέκτορες. Επιπλέον μειονέκτημα αποτελεί ο θόρυβος της κίνησης του αέρα αλλά και του ίδιου του ανεμιστήρα, παράμετρος ιδιαίτερα σημαντική σε χώρους όπου η η ησυχία είναι βασικό προαπαιτούμενο (π.χ. υπνοδωμάτια). Ωστόσο, λόγω της βεβιασμένης μεταφοράς, οι αποδόσεις τους είναι σημαντικά μεγαλύτερες, ενώ το ίδιο ισχύει και για τις ροές θερμού αέρα.

Σχήμα 1.4.3. *Σώματα βεβιασμένης κυκλοφορίας (αερόθερμα - FCUs)*

Συνήθεις εφαρμογές χρήσης αερόθερμων, εκτός από τις περιπτώσεις κατοικιών με μεγάλα φορτία και πολλές ψυχρές επιφάνειες, είναι και οι περιπτώσεις επαγγελματικών και βιομηχανικών χώρων, λόγω της άμεσης απόκρισης των συστημάτων αυτών.

Δεδομένου πως μιά τέτοια συσκευή αποτελείται από έναν εναλλάκτη (στοιχείο) και έναν ανεμιστήρα, όταν χρησιμοποιούνται και για την ψύξη χώρων, οι συσκευές αυτές αποκαλούνται μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (fan coil units – FCU). Ουσιαστικά δηλαδή το αερόθερμο είναι ένα FCU εκφυλισμένο να καλύπτει μόνο τις απαιτήσεις θέρμανσης.

Βέβαια, δεδομένου πως στην ψύξη αναπόσπαστο τμήμα της επεξεργασίας του αέρα είναι – εκτός από την αισθητή ψύξη του – και η αφύγρανσή του, τα FCU διαθέτουν και λεκάνη συλλογής συμπυκνωμάτων καθώς και αγωγό αποχέτευσής τους (με αντλία ή φυσικό τρόπο ανάλογα με τον τύπο του FCU). Αποτελούν δηλαδή συσκευές με περισσότερα μηχανικά στοιχεία σε σχέση με τα απλά αερόθερμα, που – τουλάχιστον στη λειτουργία ψύξης – πραγματοποιούν πληρέστερη επεξεργασία του αέρα και όχι μόνο την αισθητή ψύξη του.

Πέραν των προαναφερθέντων πλεονεκτημάτων των αερόθερμων (μεγάλη απόδοση, άμεση απόκριση, δημιουργία θερμών ρευμάτων αέρα για αποφυγή συμπυκνώσεων σε ψυχρές επιφάνειες), ειδικότερα τα FCU προτιμώνται σε περιπτώσεις, όπου και η ψύξη είναι βασική απαίτηση.

Τα FCU (αλλά και τα αερόθερμα, σε μικρότερη γκάμα ωστόσο) είναι διαθέσιμα σε πολλούς τύπους:

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- δαπέδου εμφανή ή κρυφά (που παραδίδονται χωρίς κάλυμμα και ο χρήστης τοποθετεί κάλυμμα της αρεσκείας του),
- τοίχου εμφανή (όπως τα γνωστά μας «κλιματιστικά»),
- οροφής εμφανή (για χρήση κυρίως σε καταστήματα και γενικότερα χώρους μειωμένων αισθητικών απαιτήσεων),
- «καναλάτα», δηλαδή κατάλληλα για σύνδεση με δίκτυο αεραγωγών που συνήθως αναπτύσσεται μέσα σε ψευδοροφές. Αυτός ο τύπος είναι ακριβότερος τόσο άμεσα (ως συσκευή δηλαδή) όσο και έμμεσα (απαιτούνται επιπλέον εργασίες, οικοδομικές όπως π.χ. η εγκατάσταση ψευδοροφών και μηχανολογικές, όπως τα δίκτυα αεραγωγών). Πλεονεκτούν ωστόσο σε αισθητική (η μονάδα είναι κρυφή) και φυσικά σε καλύτερη και πιό ομοιογενή κάλυψη του χώρου.

1.4.4. Ενσωματωμένα συστήματα

Τα τελευταία χρόνια έχει διευρυνθεί και στη χώρα μας η εφαρμογή «ενσωματωμένων» συστημάτων, δηλαδή συστημάτων απόδοσης θερμότητας που ενσωματώνονται σε οικοδομικά στοιχεία των χώρων.

Μεταξύ αυτών των συστημάτων το πιο διαδεδομένο είναι η θέρμανση δαπέδου, που σε άλλες χώρες αποτελεί ήδη το βασικό σύστημα θέρμανσης. Βασικό πλεονέκτημα της θέρμανσης δαπέδου είναι η ήπια ακτινοβολία που συνεπάγεται την καλύτερη δυνατή αίσθηση ποιότητας θέρμανσης, λόγω και της πολύ καλής καθ' ύψος ομοιογένειας στις θερμοκρασίες χώρου.

Σχήμα 1.4.4. *Ενσωματωμένο σύστημα – ενδοδαπέδιο*

Συμπληρωματικά η θέρμανση δαπέδου αποτελεί μια πιο οικονομική – λειτουργικά – θέρμανση, δεδομένου πως πρόκειται για ένα αδρανειακό σύστημα χαμηλών θερμοκρασιών, ενώ συγχρόνως αφήνει ελεύθερους χώρους και δεν προκαλεί το πρόβλημα των «μαυρίλων» που συνοδεύει τα σώματα υψηλών θερμοκρασιών.

Επίσης, πλεονέκτημα της θέρμανσης δαπέδου αποτελεί και η δυνατότητα χρήσης εναλλακτικών συστημάτων παραγωγής, όπως οι Α/Θ, που με τη σειρά τους χαρακτηρίζονται από καλές αποδόσεις (σε επίπεδο κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας), χαμηλό λειτουργικό κόστος και συγχρόνως χρήση τους και για κάλυψη των απαιτήσεων δροσισμού / ψύξης.

Οι ενδοδαπέδιες εγκαταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ήπιο δροσισμό με μικρές μόνο συμπληρώσεις στην εγκατάσταση (πρόνοια για αποφυγή συμπυκνώσεων στο δάπεδο κλπ.).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Στον αντίποδα, αποτελεί ένα σύστημα πιο ακριβό στην εγκατάστασή του (~20-40% σε σχέση με συμβατικές εγκαταστάσεις με απλά θερμαντικά σώματα) και με μικρές έως μηδενικές δυνατότητες τροποποίησης της εγκατάστασης σε περίπτωση αναδιαμόρφωσης χώρων (άρα και απαιτήσεων).

Σε ζεστά κλίματα και σε κλίματα με απότομες αλλαγές προς το θερμότερο (ξαφνική ηλιοφάνεια και άνοδος θερμοκρασίας), η θέρμανση δαπέδου χαρακτηρίζεται από ένα ακόμη μειονέκτημα που οφείλεται ακριβώς στο εγγενές βασικό της πλεονέκτημα, την αδρανειακή λειτουργία. Λόγω της υστέρησης στην απόκριση, όπως συμβαίνει με κάθε αδρανειακό σύστημα, απότομη βελτίωση του καιρού (η ηλιακή ακτινοβολία είναι βασική παράμετρος), μπορεί να επιφέρει μικροϋπερθερμάνσεις, για μικρές σχετικά χρονικές περιόδους (λίγες ώρες).

Επιπλέον, υπήρξαν στο παρελθόν και κάποιες ενστάσεις σχετικές με θέματα υγείας (λόγω της επαφής των ποδιών με θερμές επιφάνειες), όμως έχουν μάλλον εγκαταληφθεί, ως μειωμένης αξιοπιστίας.

Παρεμφερή συστήματα αποτελούν πλέον και οι ενδοτοίχιες θερμάνσεις αλλά και οι θερμάνσεις οροφής (συνήθως με ειδικές ψευδοροφές που φέρουν ενσωματωμένο πλέγμα σωλήνων μικρής διατομής). Τα συστήματα αυτά γεννήθηκαν κυρίως για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης σε περιόδους ψύξης, δεδομένου πως η ενδοδαπέδια μπορεί να προσφέρει μόνο ήπιο δροσισμό. Πράγματι, σε κάποιο βαθμό το επιτυγχάνουν, όμως αποτελούν ακόμη ακριβά συστήματα και με αρκετούς περιορισμούς (όλοι οι περιβάλλοντες τους χώρους τοίχοι και οι οροφές τους καλύπτονται σε σημαντικό ποσοστό από τις εγκαταστάσεις αυτές).

Σχήμα 1.4.5. *Ενσωματωμένο σύστημα – ενδοτοίχιο*

1.4.5. Ηλεκτρικές θερμαντικές μονάδες

Αν και δεν αποτελούν στοιχεία «κεντρικών θερμάνσεων», για την πληρότητα της κάλυψης των συστημάτων θέρμανσης, αναφέρονται και οι ηλεκτρικές τοπικές μονάδες.

Διακρίνονται στους ακόλουθους βασικούς τύπους :

- Ηλεκτρικοί θερμοπομποί (άμεσης απόδοσης) : πρόκειται για απλά ηλεκτρικά σώματα ακτινοβολίας / μεταφοράς (οπτικά και λειτουργικά προσομοιάζουν στα θερμαντικά σώματα τύπου πάνελ). Πλεονεκτήματά τους η απλότητα και το μικρό μέγεθος των ίδιων των συσκευών αλλά και της εγκατάστασης (απαιτείται μόνο ισχυρή ηλεκτρική εγκατάσταση), το μικρό τους κόστος (ιδιαίτερα αν συνυπολογισθεί πως δεν απαιτούνται άλλες εγκαταστάσεις και χώροι) και

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

η καλή ποιότητα θέρμανσης. Βασικό μειονέκτημά τους το κόστος λειτουργίας, που ωστόσο με τις πρόσφατες ανατιμήσεις των τιμών πετρελαίου θέρμανσης, έχει σχεδόν εξαλειφθεί.

Σχήμα 1.4.6. *Ηλεκτρικός θερμοπομπός (αριστερά) και αερόθερμο (δεξιά)*

- Ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές : Και εδώ η πηγή θερμότητας είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο, οι συσκευές αυτές είναι φτιαγμένες να λειτουργούν τις χρονικές περιόδους μειωμένου τιμολογίου από τον ηλεκτρικό πάροχο (π.χ. νυχτερινό ΔΕΗ), να αποθηκεύουν την θερμότητα σε υλικά μεγάλης θερμικής μάζας (π.χ. «πυρότουβλα») και να την αποδίδουν στο χώρο όταν ζητείται. Το προφανές πλεονέκτημά τους σε σχέση με τους θερμοπομπούς άμεσης απόδοσης, είναι η λειτουργική οικονομία (λόγω μειωμένου τιμολογίου) αλλά και η ακόμη πιο ποιοτική θέρμανση, λόγω της σταδιακής απόδοσης της θερμότητας κατά της διάρκεια της ημέρας. Είναι όμως ογκοδέστερες και γενικότερα μειωμένης αισθητικής συσκευές, ακριβότερες, ενώ απαιτούν και ακόμη πιο ισχυρές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Επιπλέον, «περιβαλλοντικό» κατά κάποιον τρόπο πλεονέκτημά τους είναι και η αξιοποίηση ηλεκτρικής ενέργειας εκτός ωρών αιχμής. Ωστόσο, η γενική τους τεχνικοοικονομική υπεροχή εξαρτάται κατά πολύ από την πολιτική μειωμένου τιμολογίου, που συχνά αλλάζει με αποτέλεσμα οι θερμοσυσσωρευτές που σε άλλες εποχές αποτελούσαν βασική επιλογή, πλέον να είναι πολύ μειωμένης προτίμησης.

Σχήμα 1.4.7. *Ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές*

- Ηλεκτρικά αερόθερμα : είναι συσκευές αντίστοιχες των αερόθερμων που περιγράφηκαν παραπάνω, με τη διαφορά πως η πηγή ενέργειας είναι ο ηλεκτρισμός : ανεμιστήρας ανακυκλώνει τον αέρα του χώρου περνώντας τον σε επαφή με ηλεκτρική αντίσταση.

Σημειώνεται επίσης, πως διατίθενται στην αγορά και ηλεκτρικά ενσωματωμένα συστήματα : δεν κυκλοφορεί δηλαδή νερό ή άλλο μέσο, αλλά εγκαθίστανται ηλεκτρικές αντιστάσεις σε μορφή τυποποιημένων, ενσωματωμένων στα οικοδομικά στοιχεία πλεγμάτων. Στη χώρα μας, τα συστήματα αυτά συναντώνται σπάνια.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πρέπει ακόμη να επισημανθεί πως βασικό πλεονέκτημα όλων των ηλεκτρικών συστημάτων, είναι η αυτονομία που προσφέρουν στους χώρους που καλύπτουν.

Στον αντίποδα όμως, βασικό κοινό μειονέκτημα για όλες τις ηλεκτρικές συσκευές, αποτελεί η κακή τους απόδοσή σε επίπεδο κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, στοιχείο το οποίο πλέον αξιολογείται (Κ.Εν.Α.Κ.) και τις καθιστά σχεδόν απαγορευτικές, τουλάχιστον για τα νέα κτήρια.

Ελαφρά πλεονεκτικότερη στον τομέα αυτό, είναι η σχετικά νεόφερτη στη χώρα μας τεχνολογία των σωμάτων υπέρυθρης ακτινοβολίας, δηλαδή ακτινοβολίας μικρότερου μήκους κύματος λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας επιφανείας τους (95-110°C). Τα σώματα αυτά αποδίδουν κατά κύριο λόγο με ακτινοβολία, δημιουργώντας καλή αίσθηση θέρμανσης και με χαμηλότερες καταναλώσεις σε σχέση με τους συμβατικούς ηλεκτρικούς θερμοπομπούς. Είναι επίσης πολύ λεπτές και κομψές συσκευές. Συνεχίζουν όμως – έστω και σε μικρότερο βαθμό – να συνοδεύονται από το βασικό πρόβλημα της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, που εκ των πραγμάτων συνεπάγεται κακή «περιβαλλοντική απόδοση», λόγω μικρής απόδοσης ωφέλιμης προς πρωτογενώς καταναλισκόμενης ενέργειας.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.5. ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΩΝ

Εκτός της μονάδας παραγωγής θέρμανσης (συγκρότημα λέβητα-καυστήρα, Α/Θ κλπ.) που αποτελεί το πρωταρχικό συστατικό της εγκατάστασης θέρμανσης, απαραίτητες είναι και μια σειρά άλλων συσκευών που βρίσκονται στο «λεβητοστάσιο» (ή μηχανοστάσιο) και συμπληρώνουν, εξυπηρετούν και ασφαλίζουν τη σωστή λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος. Από αυτές, άλλες καταναλώνουν ενέργεια και άλλες απλώς διασφαλίζουν τη σωστή λειτουργία της εγκατάστασης.

Το σύνολο των συστημάτων αυτών αποκαλείται ενιαία με τον όρο «βοηθητικά συστήματα και εξοπλισμός λεβητοστασίου», ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος και το είδος της εγκατάστασης, αλλά κατ' ελάχιστον περιλαμβάνει τις ακόλουθες συσκευές :

Καυστήρας: Οπως προαναφέρθηκε στο Κεφ. 1.2.1, σε ό,τι αφορά την ηλεκτρική κατανάλωση των καυστήρων (όταν υπάρχουν) θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στα βοηθητικά συστήματα προκειμένου να αξιολογείται στο πλαίσιο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και των συστημάτων τους.

Σχήμα 1.5.1. *Καυστήρας*

Κυκλοφορητής / ές: Είναι η συσκευή που αναγκάζει το θερμό νερό να κυκλοφορεί στο κλειστό δίκτυο διανομής, ξεκινώντας σε υψηλότερη θερμοκρασία από την έξοδο του συστήματος παραγωγής θερμότητας, περνώντας μέσα από τις τερματικές μονάδες απόδοσης της θερμότητας στους χώρους και επιστρέφοντας σε χαμηλότερη θερμοκρασία (συνήθως κατά 10-20°C) στο σύστημα παραγωγής για επαναθέρμανση.

Πρόκειται για ηλεκτρικές αντλίες που αποκαλούνται «κυκλοφορητές», δεδομένου πως χαρακτηρίζονται από σχετικά χαμηλά «μανομετρικά ύψη», δηλαδή ικανότητα ανάκτησης υδραυλικής πίεσης λόγω απωλειών στο δίκτυο, αφού σκοπός τους είναι να καλύψουν μόνο τις απώλειες ροής του νερού στις σωληνώσεις.

Σε παλαιότερα συστήματα, η κυκλοφορία του θερμού νερού γινόταν με φυσικό τρόπο, λόγω της διαφοράς πίεσης που αναπτυσσόταν μεταξύ του (θερμότερου) κλάδου προσαγωγής και του (ψυχρότερου) κλάδου επιστροφής, εξ' αιτίας της διαφοράς πυκνότητας του νερού.

Ωστόσο, στην σημερινή πρακτική έχει καταργηθεί αυτός ο τρόπος κυκλοφορίας για δύο βασικούς λόγους :

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- την ανάγκη για μεγάλες διατομές σωλήνων (προκειμένου να διατηρηθούν χαμηλές οι απώλειες πίεσης ροής ώστε να επαρκεί η διαθέσιμη διαφορά πίεσης λόγω διαφοράς θερμοκρασίας) και
- την αδυναμία λειτουργίας σε συστήματα με μεγάλες απώλειες ροής (μεγάλες οριζόντιες διαδρομές, μονοσωλήνια συστήματα κλπ.).

Σχήμα 1.5.2. *Κυκλοφορητής*

Οι κυκλοφορητές είναι διατάξεις που καταναλώνουν ενέργεια, σχεδόν πάντοτε ηλεκτρική. Τελευταία μάλιστα έχει γίνει μεγάλη τεχνολογική πρόοδος στην παραγωγή κυκλοφορητών πολύ βελτιωμένης απόδοσης.

Δοχείο διαστολής : Λόγω της σημαντικής μεταβολής της θερμοκρασίας του νερού στο κλειστό δίκτυο θέρμανσης (από 10°C σε συνθήκες ηρεμίας του συστήματος σε μέχρι και 90°C σε συστήματα Υ/Θ) και της πρακτικής ασυμπιεστότητας του νερού, υπάρχει η ανάγκη ασφαλούς παραλαβής των συστολοδιαστολών του δικτύου, τόσο για λόγους μηχανικής προστασίας των σωληνώσεων, των στηρίξεών τους και των λοιπών συσκευών, όσο και για την αποφυγή εισροής αέρα στο δίκτυο κυκλοφορίας, που μειώνει την απόδοση του συστήματος αλλά δημιουργεί και άλλα τεχνικά προβλήματα (θόρυβος, καταπόνηση συσκευών, σπηλαίωση πτερωτών των κυκλοφορητών κλπ.).

Στα παλαιότερα συστήματα συνήθως χρησιμοποιούντο ανοικτά δοχεία διαστολής, τα οποία τοποθετούνται στα δώματα και γενικότερα σε κάποιο προσβάσιμο σημείο του κτηρίου, λίγο υψηλότερα του τελευταίου καθ' υψος σώματος. Είναι ένας πολύ απλός και γενικά λειτουργικά ικανοποιητικός τρόπος παραλαβής των συστολοδιαστολών, ωστόσο συγχρόνως χαρακτηρίζεται και από συγκεκριμένα προβλήματα που σήμερα λύνονται με τη χρήση κλειστών δοχείων διαστολής.

Συγκεκριμένα:

- το ανοιχτό δοχείο διαστολής στο δώμα είναι γενικά μια αισθητικά ανεπιθύμητη πλέον συσκευή και
- λόγω του τρόπου λειτουργίας του (διατήρηση μιας ελαφράς μανομετρικής υπερπίεσης στο δίκτυο) συχνά εμφανίζονταν εισροές αέρα στο δίκτυο λόγω τοπικών υποπιέσεων, συνήθως στα υψηλότερα σημεία του δικτύου (σε συνδυασμό με την τοποθέτηση του κυκλοφορητή στην είσοδο του νερού στο λέβητα, στον κλάδο επιστροφής).

Στη σημερινή πρακτική χρησιμοποιούνται πλέον τα αποκαλούμενα κλειστά δοχεία διαστολής, όπου η παραλαβή των συστολοδιαστολών λόγω αυξομειώσεων της πίεσης του δικτύου, γίνεται μέσω

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ενός δοχείου που παρεμβάλλεται στο κλειστό δίκτυο θέρμανσης και φέρνει το νερό του σε επαφή με ένα χώρο αέρα (φούσκα μέσα στο δοχείο ή μεμβράνη που διαχωρίζει το δοχείο σε τμήμα νερού και τμήμα αέρα). Ο αέρας αυτός λόγω της συμπιεστότητάς του, παραλαμβάνει όλες τις συστολοδιαστολές του δικτύου.

Η χρήση κλειστών δοχείων διαστολής είναι πλέον η βασική λύση παραλαβής συστολοδιαστολών, δεδομένου πως εκτός της βελτίωσης της λειτουργίας του συστήματος, πλεονεκτεί και στο γεγονός της εγκατάστασης της συσκευής στο λεβητοστάσιο, όπου βρίσκονται και οι υπόλοιπες συσκευές.

Μόνη περίπτωση όπου η αντικατάσταση ενός παλαιού ανοικτού δοχείου διαστολής από ένα κλειστό (όπως συνήθως γίνεται σε ανακατασκευές συστημάτων θέρμανσης) μειονεκτεί, είναι η επιφύλαξη για την αντοχή του υφιστάμενου (παλαιού) δικτύου σε λειτουργία υπό υψηλότερη πίεση όπως συνήθως γίνεται με την εφαρμογή Κ.Δ.Δ. Τα δοχεία διαστολής, ανοικτού και κλειστού τύπου, δεν καταναλώνουν ενέργεια.

Σχήμα 1.5.3. *Δοχείο διαστολής*

Στον πίνακα 1.5.1 δίνονται ενδεικτικά χαρακτηριστικά για την επιλογή κλειστών δοχείων διαστολής για τελική πίεση 2,5 bar, βάσει του στατικού ύψους σε ΜΣΥ και της μέγιστης απόδοσης του λέβητα σε kW.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.5.1. *Επιλογή Κλειστών Δοχείων Διαστολής (για τελική πίεση 2,5 bar - υπερπίεση - και επιλογή βαλβίδας 3 bar)*

									Για θερμοκρασία 80°C
Τύπος Μέγεθος	**Αρχική πίεση (στατικό ύψος)**		**Μέγιστη ποσότητα νερού στην εγκατάσταση**	**Μέγιστη απόδοση λέβητα**	**Τύπος Μέγεθος**	**Αρχική πίεση (στατικό ύψος)**		**Μέγιστη ποσότητα νερού στην εγκατάσταση**	**Μέγιστη απόδοση λέβητα**
(λίτρα)	**bar**	**ΜΣΥ**	**(λίτρα)**	**(kW)**	**(λίτρα)**	**bar**	**ΜΣΥ**	**(λίτρα)**	**(kW)**
1	0,5	5	20	1,6	140	0,5	5	2.800	230
	1	10	15	1,3		1	10	2.100	175
	1,5	15	10	0,8		1,5	15	1.400	115
8	0,5	5	160	13,5	200	0,5	5	4.000	330
	1	10	120	10,0		1	10	3.000	250
	1,5	15	80	6,5		1,5	15	2.000	165
12	0,5	5	240	20,0	250	0,5	5	5.000	415
	1	10	180	15,0		1	10	3.750	310
	1,5	15	120	10,0		1,5	15	2.500	205
18	0,5	5	360	30,0	320	0,5	5	6.400	530
	1	10	270	22,5		1	10	4.800	400
	1,5	15	180	15,0		1,5	15	3.200	340
25	0,5	5	500	42,0	400	0,5	5	7.700	640
	1	10	375	30,0		1	10	5.800	480
	1,5	15	250	20,0		1,5	15	3.850	320
35	0,5	5	700	57,0	420	0,5	5	8.400	700
	1	10	524	43,0		1	10	6.300	520
	1,5	15	350	30,0		1,5	15	4.200	350
50	0,5	5	1000	83,0	525	0,5	5	10.500	870
	1	10	750	62,0		1	10	7.850	650
	1,5	15	500	42,0		1,5	15	5.250	440
80	0,5	5	1.600	133,0	640	0,5	5	12.800	1.060
	1	10	1.200	100,0		1	10	9.600	800
	1,5	15	800	66,0		1,5	15	6.400	530
110	0,5	5	2.200	182,0	1000	0,5	5	14.000	1.150
	1	10	1.650	137,0		1	10	12.000	1.000
	1,5	15	1.100	90,0		1,5	15	10.600	830

Διάταξη πλήρωσης δικτύου (αυτόματος πλήρωσης): Είναι μια υδραυλική διάταξη που τοποθετείται μεταξύ δικτύου ύδρευσης και κλάδου επιστροφής του κλειστού δικτύου θέρμανσης, με σκοπό να διατηρεί την πίεση του δικτύου θέρμανσης στα προβλεπόμενα από τους υπολογισμούς όρια. Η διάταξη αυτή αποτελείται ουσιαστικά από το συνδυασμό μιάς βαλβίδας αντεπιστροφής (προκειμένου να αποτρέπεται η επιστροφή «βρώμικου» νερού από το κλειστό δίκτυο θέρμανσης προς το δίκτυο ύδρευσης του κτηρίου) και ενός αυτόματου ρυθμιστικού διακόπτη ο οποίος κλείνει μόλις η πίεση από τη μεριά του κλειστού δικτύου θέρμανσης, φθάσει στην προβλεπόμενη (και ρυθμισμένη) πίεση.

Η πλήρωση του δικτύου μπορεί να γίνεται και χειροκίνητα με έναν απλό υδραυλικό διακόπτη υπό την επίβλεψη κάποιου χειριστή, προκειμένου η πίεση να φθάσει στο επιθυμητό όριο. Συνήθως όμως προτιμάται η χρήση των αποκαλούμενων «αυτόματων πλήρωσης» για λόγους ευκολίας.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ωστόσο, ακόμα και στην περίπτωση αυτή που είναι και η συνηθέστερη, ο αυτόματος πλήρωσης πρέπει να παραμένει κλειστός και να ανοίγει μόνο όταν υπάρχει πτώση στην πίεση του δικτύου θέρμανσης.

Δυστυχώς, για λόγους ευκολίας, συνήθως οι αυτόματες διατάξεις πλήρωσης – λανθασμένα – παραμένουν πάντα ανοικτές. Αυτό διευκολύνει τόσο τους συντηρητές των συστημάτων (κυρίως αυτούς) αφού δεν υπάρχει – θεωρητικά - λόγος τακτικής επίσκεψης και επιθεώρησης των εγκαταστάσεων, όσο και τους χρήστες των συστημάτων αφού έτσι μειώνεται η οικονομική επιβάρυνσή τους από τη συντήρηση των συστημάτων.

Όμως συγχρόνως εγκυμονεί και σοβαρούς κινδύνους για την εγκατάσταση και το κτήριο :

σε ένα σωστά κατασκευασμένο και ρυθμισμένο δίκτυο, η ποσότητα του νερού του δικτύου θέρμανσης και συνεπώς η πίεσή του σε κατάσταση ηρεμίας δεν έχει λόγο να αλλάζει (κατά τη λειτουργία παρουσιάζει φυσιολογικές μεταπτώσεις).

Πτώση πίεσης που συνεπάγεται το αυτόματο άνοιγμα του αυτόματου πλήρωσης γίνεται όταν υπάρχει απώλεια νερού στο δίκτυο. Αυτό προκύπτει συνήθως από εξαερώσεις του δικτύου, από αντικαταστάσεις σωμάτων ή άλλες επεμβάσεις στο δίκτυο χωρίς σωστή επαναπλήρωσή του ή από διαρροή του συστήματος.

Σχήμα 1.5.4. *Αυτόματος διακόπτης πλήρωσης*

Η διατήρηση ενός αυτόματου πλήρωσης μονίμως ανοικτού, διευκολύνει στην διατήρηση της πίεσης δικτύου στα προβλεπόμενα όρια, ωστόσο «κρύβει» τυχόν διαρροές και συναφείς αστοχίες του δικτύου, που κάποια στιγμή μπορεί να αποβούν καταστρεπτικές (πλημμύρες διαμερισμάτων από «κρυφές» διαρροές, διαβρώσεις οικοδομικών στοιχείων από συνεχείς μικροδιαρροές, συνακόλουθα βραχυκυκλώματα κλπ.).

Το πρόβλημα αυτό γίνεται συχνά ακόμη εντονότερο, από την λανθασμένη ρύθμιση των αυτόματων πλήρωσης σε υψηλές πιέσεις και όχι στις προβλεπόμενες πιέσεις από τον τύπο του δικτύου, το ύψος της εγκατάστασης και πάντα σε συνδυασμό και με τις ρυθμίσεις της πίεσης του δοχείου διαστολής (αν είναι κλειστού τύπου).

Επιπλέον, η διατήρηση του αυτόματου πλήρωσης σε ανοικτή θέση, είναι επικίνδυνη και σε περιπτώσεις πτώσης της πίεσης δικτύου ύδρευσης (π.χ. προσωρινή διακοπή), οπότε αν η αντεπίστροφη διάταξη του αυτόματου πλήρωσης αστοχήσει (σύνηθες πρόβλημα όλων των αντεπίστροφων διατάξεων λόγω επικάθησης αλάτων στις έδρες των διακοπτών), θα εισρεύσει «βρώμικο» νερό στο δίκτυο ποσίμου του κτηρίου.

Για όλους αυτούς τους λόγους είναι απαραίτητο :

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- να ρυθμίζεται ο αυτόματος πλήρωσης στη σωστή πίεση, να πληρώνεται το δίκτυο θέρμανσης και ο αυτόματος να κλείνει,
- να υπάρχει συχνή εποπτεία της εγκατάστασης από τον συντηρητή ή από χρήστη με γνώση και αντίληψη των βασικών παραμέτρων της εγκατάστασης,
- όποιες επεμβάσεις γίνονται στο δίκτυο θέρμανσης να πραγματοποιούνται με γνώση του συντηρητή της εγκατάστασης προκειμένου να επαναληφθούν οι σχετικές ρυθμίσεις του δικτύου.

Οι αυτόματοι πλήρωσης δεν καταναλώνουν ενέργεια.

Διατάξεις προστασίας – ελέγχου του δικτύου: Είναι υδραυλικά συστήματα που αποσκοπούν στην προστασία των δικτύων από υπερπιέσεις, εισροή αέρα και μικροσωματιδίων. Συνήθως συναντώνται οι εξής διατάξεις:

- Ασφαλιστικό : πρόκειται για υδραυλικό διακόπτη που ανοίγει αυτόματα όταν η πίεση του δικτύου υπερβεί μια προκαθορισμένη τιμή που υπολογίζεται σε συνδυασμό με την πίεση λειτουργίας της εγκατάστασης και τη ρύθμιση του δοχείου διαστολής. Τοποθετείται συνήθως στην έξοδο των συστημάτων παραγωγής θερμότητας και πριν τον/τους κυκλοφορητή/ές.
- Εξαεριστικό : είναι υδραυλική συσκευή που αφήνει τον αέρα που μαζεύεται στα υψηλότερα σημεία των κατακόρυφων στηλών του δικτύου να φύγει χωρίς όμως να μπορεί εξωτερικός αέρας να εισχωρήσει στο δίκτυο. Εξαεριστικά πρέπει να τοποθετούνται σε όλους τους κατακόυφους κλάδους. Ωστόσο, αντίθετα από τον προορισμό τους, συχνά τα εξαεριστικά, λόγω κακής ποιότητας της ίδιας της συσκευής ή του εργαζόμενου μέσου του δικτύου που οδηγεί σε επικαθήσεις αλάτων και τελικά ελλιπή λειτουργία της συσκευής, αποτελούν σημεία εισχώρησης αέρα στα δίκτυα. Για το λόγο αυτό, είναι σκόπιμο εκτός από τα εξαεριστικά να τοποθετούνται και απαερωτές δικτύου (βλ. ακολούθως), ειδικά σε εγκαταστάσεις με πολλές αλλαγές διεύθυνσης και μεγάλους οριζόντιους κλάδους. Τα εξαεριστικά, αυτόματα και χειροκίνητα, δεν καταναλώνουν ενέργεια.

Σχήμα 1.5.5. *Απαερωτής-διαχωριστής σωματιδίων (δεξιά), κυκλοφορητής (αριστερά) και Κ.Δ.Δ. (κάτω)*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- Απαερωτής : είναι υδραυλική συσκευή που διαχωρίζει τον αέρα από το εργαζόμενο μέσο του δικτύου και τον αποβάλλει. Συνήθως τοποθετείται στην έξοδο των συστημάτων παραγωγής πριν τον/τους κυκλοφορητή/ές και γενικότερα στα σημεία υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής πίεσης του δικτύου.
- Διαχωριστής σωματιδίων : είναι υδραυλική συσκευή που διαχωρίζει τυχόν μικροσωματίδια από το εργαζόμενο μέσο του δικτύου (σκουριές, σκόνη κλπ.) και τα αποβάλλει. Συχνά συνδυάζονται στην ίδια συσκευή με τους απαερωτές. Τόσο οι απαερωτές όσο και οι διαχωριστές σωματιδίων δεν καταναλώνουν ενέργεια.
- Βαλβίδες διαφορικής πίεσης : είναι υδραυλικές βάννες που ανοίγουν όταν η διαφορά της πίεσης στα δύο μέρη τους υπερβεί μια προκαθορισμένη τιμή (γενικά την ονομαστική πίεση λειτουργία της εγκατάστασης πλέον ενός εύρους ανοχής). Σκοπός τους είναι να διατηρούν την λειτουργική πίεση του δικτύου σε προκαθορισμένα όρια, κυρίως για την προστασία των κυκλοφορητών και την άσκοπη κατανάλωση ενέργειας, αλλά και για άλλους λειτουργικούς λόγους (π.χ. αποφυγή θορύβου και εμφάνιση τοπικών υποπιέσεων από μεγάλες ταχύτητες νερού κλπ.). Οι βαλβίδες διαφορικής πίεσης αποτελούν ένα φθηνό και επαρκές μέσο εξισορρόπησης μικρών δικτύων, ωστόσο σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις με μεγάλες διακυμάνσεις στις υδραυλικές παροχές/πιέσεις (π.χ. συστήματα θέρμανσης με πολλές αυτονομίες) είναι ανεπαρκείς. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να προτιμάται η χρήση κυκλοφορητών μεταβλητού σημείου λειτουργίας (Δp/v) με κινητήρες μεταβλητής συχνότητας (inverter).
- Ηλεκτροβάννες αυτονομίας : είναι υδραυλικοί διακόπτες δύο θέσεων (on/off), συνήθως σφαιρικού τύπου (ball valve), που κινούνται από ηλεκτρικό κινητήρα ο οποίος με τη σειρά του εντέλεται από τον πίνακα αυτονομίας του κτηρίου. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα συστήματα αυτονομίας για την αποκοπή κυκλωμάτων χώρων, στους οποίος ο αντίστοιχος θερμοστάτης (υδροστάτης για την περίπτωση θερμαντήρων) είναι «κλειστός» (δεν ζητείται δηλαδή θέρμανση, ψύξη ή ζεστό νερό για την περίπτωση θερμαντήρων).

Σχήμα 1.5.6. *Ηλεκτροβάννα αυτονομίας (κορμός κάτω – μοτέρ πάνω).*

- Συστήματα αντιστάθμισης : είναι συστήματα που σκοπό έχουν την μείωση της θερμοκρασίας προσαγωγής ζεστού νερού, ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες και τη ζήτηση στους χώρους.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ολα τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, διαστασιολογούνται (παροχή και Δt προσαγωγής-επιστροφής) για τις αποκαλούμενες «συνθήκες σχεδιασμού» στις οποίες εμφανίζεται και το μέγιστο φορτίο του συστήματος. Ωστόσο, ανάλογα με τη χρήση (λειτουργία) του εκάστοτε κτηρίου, την ποσότητα των αυτονομιών, δηλαδή τις περιοχές στις οποίες η εξυπηρέτηση είναι ανεξάρτητη, αλλά και – το κυριότερο – τις κατά περίπτωση επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες (βασικότερα της θερμοκρασίας αέρα), η πραγματική ζήτηση κατά το μεγαλύτερο μέρος της ζωής κάθε συστήματος, είναι μικρότερη του ονομαστικού φορτίου σχεδιασμού, σε ποσοστά που ποικίλουν ανάλογα με την εποχή και τις προαναφερόμενες παραμέτρους.

Σκοπός του συστήματος αντιστάθμισης είναι λοιπόν να προσαρμόζει την απόδοση του συστήματος παροχής θερμότητας στην εκάστοτε ζήτηση. Συνηθέστερα, η παροχή και το μανομετρικό ύψος ανά δίκτυο διανομής, θέλουμε να διατηρούνται σταθερά, προκειμένου οι ροές εργαζόμενου μέσου στο δίκτυο και το σημείο λειτουργίας των κυκλοφορητών να παραμένει είτε σταθερό (συμβατικοί κυκλοφορητές), είτε με σχετικά σταθερή απόδοση (κυκλοφορητές μεταβλητού σημείου – inverter).

Έτσι, η βασική παράμετρος που απομένει για την εξισορρόπηση μεταξύ παροχής θερμότητας και ζήτησης, είναι η θερμοκρασία του προσαγόμενου μέσου. Το σύστημα αντιστάθμισης, φροντίζει ώστε η θερμοκρασία αυτή να είναι κάθε φορά η ενδεδειγμένη.

Κατ' ελάχιστον, ένα σύστημα αντιστάθμισης συνίσταται από τις ακόλουθες συσκευές:

- ένα αισθητήριο εξωτερικής θερμοκρασίας (db) αέρα, που τοποθετείται σε ανήλιο και προστατευμένο από ανέμους σημείο,
- έναν ελεγκτή (controller) που διαχειρίζεται τις πληροφορίες που δέχεται (κατ' ελάχιστον την εξωτερική θερμοκρασία) και εντέλει την βάννα αντιστάθμισης,
- ένα αισθητήριο θερμοκρασίας προσαγωγής μέσου, που τοποθετείται πάνω στο δίκτυο προσαγωγής (αισθητήριο επαφής) ή σε ειδικό κυάθιο στο δίκτυο προσαγωγής (εμβαπτιζόμενο αισθητήριο),
- την βάννα αντιστάθμισης, που είναι μια υδραυλική αναλογική βάννα, η οποία ανοιγοκλείνει ανάλογα με τις εντολές του ελεγκτή, προκειμένου η θερμοκρασία προσαγωγής να διατηρείται στην κατά περίπτωση ενδεικνυόμενη τιμή. Η βάννα αντιστάθμισης μοιάζει με την ηλεκτροβάννα που προαναφέρθηκε, ωστόσο διαφέρει και ουσιαστικά :

  α) στο ότι είναι τρίοδη ή τετράοδη και όχι δίοδη και

  β) στο ότι είναι αναλογική και όχι δύο θέσεων (on/off).

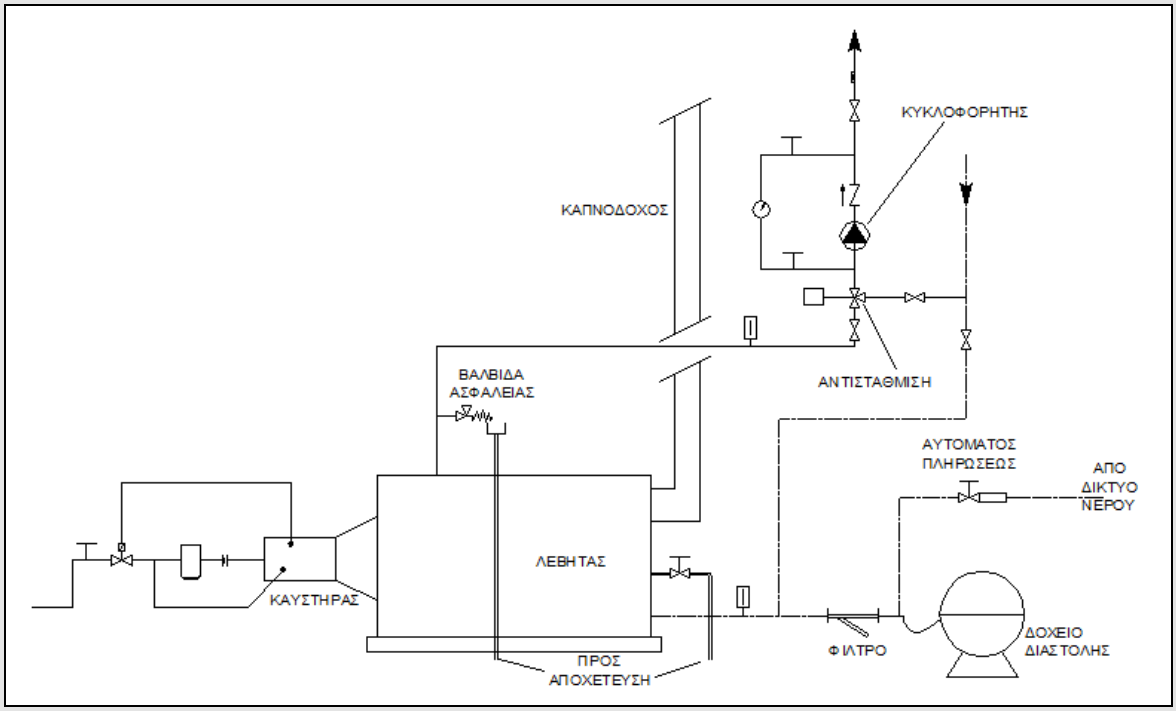
Σχήμα 1.5.7. *Τρίοδη βάννα αντιστάθμισης αυτόματης-χειροκίνητη λειτουργίας.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σε ό,τι αφορά την επιλογής τρίοδης ή τετράοδης βάννας, οι τετράοδες είναι θεωρητικά πιο σωστή επιλογή λόγω της διατήρησης κυκλοφορίας νερού και στην πλευρά του λέβητα (ή εν γένει της μονάδας παραγωγής), είναι όμως πιο ογκώδεις, απαιτούν μία σύνδεση παραπάνω (βλ. σχετικά διαγράμματα) και κοστίζουν λίγο ακριβότερα. Οι τρίοδες είναι λίγο απλούστερες διατάξεις και συχνά προτιμώνται. Χαρακτηρίζονται όμως από το μειονέκτημα πως στη θέση off, όταν δηλαδή γίνεται 100% ανακυκλοφορία εργαζόμενου μέσου στο δίκτυο διανομής, η μονάδα παραγωγής μένει χωρίς κυκλοφορία και αυτό ενίοτε δημιουργεί προβλήματα ελέγχου λειτουργίας της μονάδας (κυρίως σε Α/Θ όπου υπάρχει συνήθως απαίτηση μόνιμης κυκλοφορίας μέσου) ή και τεχνικά θέματα για την ίδια τη μονάδα (κυρίως σε μαντεμένιους λέβητες όπου οι απότομες αλλαγές θερμοκρασίας του νερού μπορεί να οδηγήσουν σε θραύση του λέβητα).

Εκτός των παραπάνω, υπάρχουν και πιο προηγμένα συστήματα αντιστάθμισης που μπορούν να αποφασίζουν για την θερμοκρασία προσαγωγής βάσει περισσοτέρων παραμέτρων, όπως :

- η θερμοκρασία επιστροφής του μέσου (ένδειξη της ζήτησης / απόδοσης ενέργειας στους χώρους),
- η εξωτερική σχετική υγρασία και η ταχύτητα αέρα,
- η «πρόγνωση» καιρού που γίνεται σε πιο έξυπνα συστήματα και όταν υπάρχει σχετικός λόγος (π.χ. συστήματα αργής απόκρισης όπως π.χ. οι θερμάνσεις δαπέδου).



Σχήμα 1.5.8. *Σχηματικό διάγραμμα λεβητοστασίου*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ

2.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι βασικοί κανόνες που πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψη κατά τον σχεδιασμό (διαστασιολόγηση συστημάτων θέρμανσης είναι οι εξής:

- Η χρήση του κτηρίου : κατοικία, γραφείο, εμπορικό κατάστημα κ.ά. Ανάλογα την χρήση του κτηρίου, καθορίζονται τόσο το ωράριο λειτουργίας όσο και η περίοδος λειτουργίας (θερινή, χειμερινή, ετήσια).
- Το κτηριολογικό πρόγραμμα : χώροι με διαφορετική λειτουργία, απαίτηση για αυτονομίες, ειδικές χρήσεις χώρων κλπ.
- Οι συνθήκες σχεδιασμού : ανάλογα με την υπό μελέτη περιοχή.
- Οι τοπικές συνθήκες και οι απαιτήσεις του εργοδότη, που θα καθορίσουν την επιλογή συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού κλπ..
- Η πιθανότητα και η δυνατότητα λειτουργίας των συστημάτων σε πλήρες ή/και μερικό φορτίο, στην ίδια υψηλή ενεργειακή απόδοση.
- Η πιθανή εφαρμογή συστημάτων ΑΠΕ : ηλιοθερμικά, φωτοβολταϊκά, γεωθερμικά συστήματα κλπ.
- Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κάθε συστήματος.

2.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Για τον υπολογισμό της μεταβιβαζόμενης θερμότητας μεταξύ τοίχων, οροφών και δαπέδων χρησιμοποιούνται οι εξής ορισμοί:

α) *Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας «λ»* ενός υλικού ονομάζεται η ποσότητα θερμότητας σε Joule, που διέρχεται ανά sec κάθετα δια μέσου στρώσης του υλικού αυτού πάχους 1 m, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο πλευρών του είναι 1°C. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας εκφράζεται σε W/m K.

β) *Συντελεστής θερμικής μετάβασης «α»* από την επιφάνεια δομικού στοιχείου προς τον αέρα που έρχεται σε επαφή (και αντίστροφα) ονομάζεται η ποσότητα θερμότητας σε Joule, που μεταδίδεται σε σταθερή θερμική κατάσταση ανά sec μεταξύ 1 m^2 επιφάνειας του στοιχείου και του αέρα, όταν μεταξύ τους υπάρχει διαφορά θερμικρασίας 1°C. Ο συντελεστής θερμικής μετάβασης εκφράζεται σε W/m^2 K.

γ) *Συντελεστής θερμοπερατότητας «U»* (παλαιότερα «k») είναι ο συνολικός συντελεστής που χαρακτηρίζει τη μετάδοση θερμότητας διαμέσου ενός δομικού στοιχείου, λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοδιαφυγή διά μέσω των διαφόρων υλικών του στοιχείου (αγωγή), καθώς και τη θερμική μετάβαση από τις δύο πλευρές αυτού (μεταφορά ή συναγωγή).

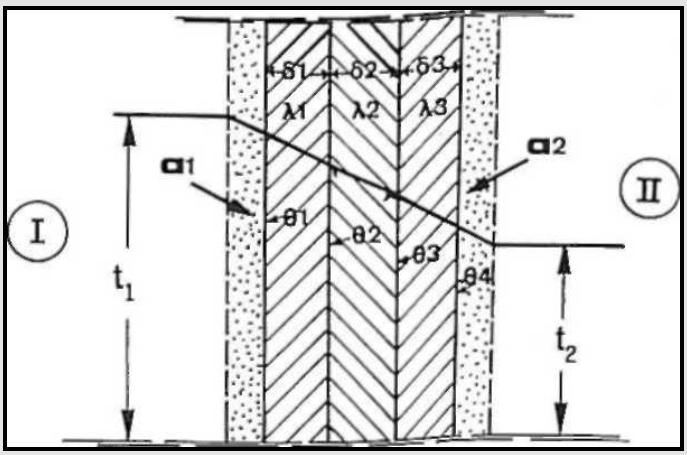
Ο συντελεστής θερμοπερατότητας «U» ισούται με την ποσότητα θερμότητας σε Joule, που μεταδίδεται σε σταθερή θερμοκρασιακή κατάσταση ανά sec διά μέσου επιφάνειας 1 m^2 του δομικού στοιχείου κατασκευής όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο πλευρές του, είναι 1°C. Εκφράζεται σε W/m^2 K.

Το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας U, είναι η θερμική αντίσταση «R» του δομικού στοιχείου κατασκευής, που εκφράζεται σε (m^2.K) / W.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Έστω στην συνέχεια μικτή μετάδοση θερμότητας μεταξύ δύο χώρων που διαχωρίζονται από επίπεδο τοίχωμα. Ας ονομάσουμε Q την ανά sec διερχόμενη θερμότητα μέσω της επιφανείας F του τοιχώματος από τον χώρο I θερμοκρασίας t_1 προς τον χώρο II θερμοκρασίας t_2· Θεωρούμε ότι το τοίχωμα αποτελείται από τρία (π.χ.) διαφορετικά υλικά που έχουν συντελεστές αγωγιμότητας λ_1, λ_2, λ_3 και πάχη δ_1, δ_2, δ_3 αντίστοιχα.

Έστω επίσης α_1 ο συντελεστής μετάβασης του αέρα στον χώρο I και α_2 ο αντίστοιχος συντελεστής στον χώρο II. Αν είναι επίσης θ_1, θ_2, θ_3 και θ_4 οι θερμοκρασίες στις διαχωριστικές επιφάνειες του τοιχώματος, από τις οποίες οι θερμοκρασίες θ_1 και θ_4 είναι οι θερμοκρασίες της επιφάνειας του τοιχώματος σε επαφή προς τα στρώματα του αέρα στους χώρους I και II αντίστοιχα.



Σχήμα 2.2.1. *Ροή θερμότητας σε δομικό στοιχείο.*

Αν U είναι ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του δομικού στοιχείου και R αντίστοιχα η συνολική θερμική αντίσταση του στοιχείου, ισχύει:

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2} \qquad \text{σε } (m^2.K) / W$$

και

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}} \qquad \text{σε } W/(m^2.K)$$

Γενικεύοντας για την περίπτωση που ένα δομικό στοιχείο αποτελείται από ν στρώσεις υλικών, η σχέση γίνεται :

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad i = 1, 2, ..\nu. \qquad \text{σε } W/(m^2.K)$$

Συντελεστές αγωγιμότητας λ (W/m/K) διαφόρων υλικών, συντελεστές θερμικής μετάβασης για διάφορες περιπτώσεις και οι αντίστοιχες θερμικές αντιστάσεις δίνονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Με βάση τα παραπάνω, η θερμική απώλεια Qo λόγω αγωγιμότητας δια μέσω επιφάνειας F ενός τοίχου, ή ανοίγματος ή οροφής ή δαπέδου, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Qo = U\,F\,(ti-ta), \quad \text{σε Watt}$$

όπου :
U : ο συντελεστής θερμοπερατότητας της επιφάνειας σε $W/m^2\,K$,
F : το εμβαδόν της επιφάνειας σε m^2,
ti : η επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου σε °C
ta : η εξωτερική θερμοκρασία ή αντίστοιχα η θερμοκρασία των γειτονικών χώρων σε °C.

Η συνολική θερμική απώλεια και κατανάλωση ενός χώρου Q_K υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_K = Q_A + Q_a, \quad \text{σε Watt}$$

όπου :
Q_A: η συνολική θερμική κατανάλωση λόγω αγωγιμότητας.
Q_a: η θερμική κατανάλωση λόγω διείσδυσης του αέρα από χαραμάδες ανοιγμάτων κλπ.

Η θερμική κατανάλωση λόγω αγωγιμότητας Q_A υπολογίζεται από την σχέση:

$$Q_A = \sum (Q_o) \cdot (1 + Z_\Pi + Z_\Delta), \quad \text{σε Watt}$$

όπου :
ΣQo : το σύνολο των θερμικών απωλειών αγωγιμότητας από τις επιφάνειες του χώρου,
Z_Π : συντελεστής προσαύξησης λόγω προσανατολισμού,
Z_Δ : συντελεστής προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας και εξίσωσης θερμοκρασιών.

Η θερμική κατανάλωση λόγω διείσδυσης του αέρα υπολογίζεται από την .σχέση:

$$Q_a = \frac{\sum (\alpha \cdot l) \cdot R \cdot H \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_\alpha) \cdot Z_\Gamma}{3{,}6} = 0{,}36 \cdot \sum (\alpha \cdot l) \cdot R \cdot H \cdot (t_i - t_\alpha) \cdot Z_\Gamma \quad \text{σε Watt}$$

όπου :
α : Συντελεστής διείσδυσης αέρα από τις χαραμάδες του ανοίγματος σε $[m^3/(h.m)]$,
l : Το μήκος των χαραμάδων σε m,
R : Συντελεστής διεισδυτικότητας,
H : Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης,
ρ : Η πυκνότητα του αέρα (σε Κ.Σ. = 1,29 kg/m^3),
c : Η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα (= 1,0 kJ/kg K),
ti : Η επιθυμητή θερμοκρασία αέρα των θερμαινόμενων χώρων (^oC),
ta : Η εξωτερική θερμοκρασία αέρα (^oC) ή η θερμοκρασία του άερα μέσω του οποίου γίνεται η διείσδυση),
Z_Γ : Συντελεστής προσαύξησης γωνιακών παραθύρων (Z_Γ=1,20).

Οι παραπάνω συντελεστές προσαυξήσεων Z_Π, Z_Δ, α, R, και H δίνονται στους παρακάτω πίνακες.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

α. Ο συντελεστής Ζπ λόγω προσανατολισμού λαμβάνεται από τον επόμενο πίνακα συναρτήσει του προσανατολισμού.

Πίνακας 2.2.1. *Τιμές συντελεστή Z_{Π} (%).*

Προσανατολισμός	ΒΑ	Β	ΒΔ	Δ	Α	ΝΑ	Ν	ΝΔ
Ζπ	5%	5%	5%	0	0	-5%	-5%	-5%

β. Προσαύξηση λόγω ύψους. Για χώρους με ύψος μεγαλύτερο των 4m προσαυξάνουμε τις απώλειες αγωγιμότητας για κάθε επί πλέον μέτρο κατά 2%. Πάντως η συνολική αύξηση δεν μπορεί να υπερβεί το 20%.

γ. Συντελεστής προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας και εξίσωσης θερμοκρασιών (Z_{Δ}). Υπολογίζεται βάσει των ωρών λειτουργίας της εγκατάστασης θέρμανσης και του συντελεστή μέσης διαθέρμανσης D ο οποίος ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$D = \frac{\sum Q_o}{F_{o\lambda} \cdot (t_i - t_\alpha)}$$

όπου:

ΣQ_o : Το σύνολο των θερμικών απωλειών αγωγιμότητας των επιφανειών του χώρου (χωρίς προσαυξήσεις), σε Watt,

$F_{o\lambda}$: Το συνολικό εμβαδόν όλων των επιφανειών του χώρου στους οποίους αναμένεται συναλλαγή θερμότητας με άλλους χώρους, σε m^2.

t_i : Η επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου

t_α : Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (εξωτερική θερμοκρασία)

Ο συντελεστής Z_{Δ} επιλέγεται ανάλογα την ημερήσια περίοδο λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης και λαμβάνεται από τον παρακάτω πίνακα 2.2.2.

Πίνακας 2.2.2. *Τιμές συντελεστή Z_{Δ} (%).*

Συντελεστής μέσης διαθέρμανσης D			**<0,34**	**0,35-0,80**	**0,81-1,73**	**>= 1,74**
Λειτουργία της εγκατάστασης ανά 24ώρο	I	Συνεχής Λειτουργία	7%	7%	7%	7%
	II	Λειτουργία 12-16ωρών ημερησίως	20%	15%	15%	15%
	III	Λειτουργία 8-12 ωρών ημερησίως	30%	25%	20%	15%

Στους παρακάτων πίνακες δίνονται οι συντελεστές αεροδιαπερατότητας α (πίνακας 2.2.3), διεισδυτικότητας R (πίνακας 2.2.4), θέσης και ανεμόπτωσης Η (πίνακας 2.2.5).

Στον πίνακα 3.26. της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010, δίνονται μέσες τυπικές τιμές για τον συντελεστή αερισμού (λόγω χαραμάδων) των ανοιγμάτων, σε m^3/h ανά m^2 κουφώματος, για συγκεκριμένες τιμές συντελεστών: R = 0,7, Η = 1,87, κανονική ανεμόπτωση, ελεύθερη θέση και για ελεύθερες όψεις κτηρίου (μη ερχόμενες σε επαφή με όμορου. Οι τυπικές αυτές τιμές αυτές χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και δεν αντιπροσωπεύουν την δυσμενέστερη περίπτωση διείσδυσης αέρα, η οποία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό του συτήματος θέρμανσης.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.2.3. *Συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμάδες ανοιγμάτων για τον υπολογισμό του αερισμού.*

Συντελεστής αεροδιαπερατότητας α		
Υλικό πλαισίου	**Είδος ανοίγματος**	**α [m^3/(h.m)]**
Ξύλο	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	3,0
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	2,5
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με πιστοποίηση	2,0
Μέταλλο ή Συνθετικό	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	1,5
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	1,4
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με πιστοποίηση	1,2

Πίνακας 2..2.4. *Συντελεστής διεισδυτικότητας R για τον υπολογισμό του αερισμού από χαραμάδες των κουφωμάτων.*

Συντελεστής διεισδυτικότητας R		
Εξωτερικό παράθυρο ή πόρτα	**Λόγος εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα**	**R**
Κούφωμα με ξύλινο πλαίσιο	< 3	0,9
	3 ÷ 9	0,7
Κούφωμα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο	< 6	0,9
	≥ 6	0,7

Πίνακας 2.2.5. *Συντελεστής λόγω θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωση Η για τον υπολογισμό του αερισμού από χαραμάδες των κουφωμάτων.*

Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης Η			
Ανεμόπτωση	**Θέση εξωτερικής επιφάνειας**	**Τρόπος δόμησης**	
		Όψεις σε επαφή με όμορου	**Ελεύθερες όψεις**
Κανονική	Προστατευμένη	0,78	1,10
	Ελεύθερη	1,32	1,87
	Άκρως απροστάτευτη	1,94	2,71
Ισχυρή	Προστατευμένη	1,32	1,87
	Ελεύθερη	1,94	2,71
	Άκρως απροστάτευτη	2,65	3,65

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

δ. Συντελεστής γωνιακών παραθύρων $Z_Γ$. Λαμβάνεται πάντα ίσος προς 1,20 όταν φυσικά υπάρχουν γωνιακά παράθυρα.

Ο καθορισμός της επιθυμητής θερμοκρασίας **ti** για κάθε χώρο (θερμοκρασία σχεδιασμού) γίνεται από τους σχετικούς πίνακες της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 ανάλογα με τη χρήση του χώρου.

Αντίστοιχα λαμβάνεται και η εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού από τους σχετικούς πίνακες των ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010.

Οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας U, τόσο για τα αδιαφανή όσο και για τα διαφανή στοιχεία, καθορίζεται από τον μελετητή ως εξής :

- Για νέα κτήρια πρέπει να είναι σύμφωνος προς τον Ελεγχο Θερμομονωτικής Επάρκειας Κτηρίων (ΤΟΤΕΕ 20701-2), όπου δίνονται οι μέγιστοι κατά περίπτωση επιτρεπόμενοι συντελεστές U, ανάλογα με τον τύπο (διαφανές ή αδιαφανές) του δομικού στοιχείου, τη θέση του (οροφή, τοίχος, δάπεδο κλπ.) και την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει (Α, Β, Γ ή Δ).
- Για υφιστάμενα κτήρια, εκτιμάται από πραγματικά στοιχεία (διερευνητικές τομές, θερμογραφική εκτίμηση θερμοπερατότητας) ή – συνηθέστερα – λαμβάνεται κατ'εκτίμηση ανάλογα με την εποχή και τον τρόπο κατασκευής του κτηρίου. Στην ΤΟΤΕΕ 20701-1, δίνονται σχετικοί βοηθητικοί πίνακες.

Στην περίπτωση όπου ο θερμαινόμενος χώρος γειτνιάζει με μή θερμαινόμενο κλειστό χώρο, τότε η θερμοκρασία του ΜΘΧ λαμβάνεται βάσει του ακόλουθου πίνακα. Επίσης, ακόμη και στην περίπτωση που ο θερμαινόμενος χώρος γειτνιάζει με χώρο άλλου θερμαινόμενου κτηρίου, για λόγους ασφάλειας των υπολογισμών, πρέπει ο γειτονικός αυτός χώρος να θεωρηθεί σε θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη υου μελετούμενου χώρου.

Και για την περίπτωση αυτή, η θερμοκρασία αυτή δίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2.2.6. *Θερμοκρασίες θερμαινόμενων ή μη θερμαινόμενων χώρων που βρίσκονται σε επαφή με τους θερμαινόμενους χώρους της μελέτης.*

1.	Θερμοκρασία χώρου που θερμαίνεται και βρίσκεται σε επαφή με το υπό μελέτη κτίριο.	15 °C
2.	Θερμοκρασία χώρου που δεν θερμαίνεται και βρίσκεται σε επαφή με το υπό μελέτη κτίριο. Ζώνη Α Ζώνη Β Ζώνη Γ Ζώνη Δ	 10°C 7°C 3°C 1°C
3.	Θερμοκρασία χώρου που βρίσκεται κάτω από επικλινή μη μονωμένη στέγη (κεραμοσκεπή), λαμβάνεται ίση με τη μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία προσαυξημένη κατά 3°C	$t_{Μ.Ε.Εξ}$+3°C
5.	Θερμοκρασία ημιυπόγειων ή υπογείων χώρων που δεν θερμαίνονται και έχουν πόρτες ή παράθυρα προς το εξωτερικό περιβάλλον. Ζώνη Α Ζώνη Β Ζώνη Γ Ζώνη Δ	 10°C 7°C 3°C 1°C
6.	Ως διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού χώρου σε επαφή με το έδαφος και θερμοκρασίας εδάφους λαμβάνεται το μισό της διαφοράς της θερμοκρασίας του υπό μελέτη χώρου και της μέσης ελάχιστης εξωτερικής θερμοκρασίας.	Δt = (1/2) $t_{εσ}$- $t_{Μ.Ε.Εξ}$

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Δίνεται ακολούθως ενδεικτικό φύλλο υπολογισμού θερμικών απωλειών χώρων.

Πίνακας 2.2.7. *Φύλλο υπολογισμού θερμικών απωλειών.*

ΥΠΟΛΟΓΣΙΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ												**ΦΥΛΛΟ ……**			
ΜΕΛΕΤΗ ……												**ΟΡΟΦΟΣ: ……..**			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
			ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ**				**ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ**			
Είδος επιφάνειας	**Προσανατολγισμός**	**Πάχος τοίχου**	**Μήκος**	**Ύψος ή πλάτος**	**Επιφάνεια**	**Όμοιες επιφάνειες**	**Αφαιρούμενη επιφάνεια**	**Τελική επιφάνεια**	**Συντελεστής K**	**Διαφορά θερμοκρασίας**	**Απώλειες θερμότητας χωρίς προσυξήσεις**	**Προσανατολισμού Z_{Π}**	**Διακοπών κ.λ.π. Z_{Δ}**	**Συντελεστής προσαύξησης**	**Απώλειες θερμότητας χώρου**
		cm	**m**	**m**	**m^2**		**m^2**	**m^2**	**W / $m^2.^oC$**	**^oC**	**W**	**%**	**%**	**1+%**	**W**

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Το θερμαντικό σώμα είναι ο εναλλάκτης μεταξύ του μέσου που μεταφέρει τη θερμότητα (θερμό νερό) και του πρός θέρμανση χώρου. Ο υπολογισμός των θερμαντικών σωμάτων γίνεται ως εξής:

Αν :
Q (W) : η θερμική απόδοση ενός σώματος,
F : η ενεργή επιφάνεια συναλλαγής του σώματος σε m^2,
Ko : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του σώματος σε W/m^2 °C,
tm : η μέση ενεργός θερμοκρασία του σώματος σε °C,

τότε ισχύει:

$$Q = F \cdot K_o \cdot t_m \quad \text{σε (Watt)}$$

όπου η μέση ενεργός θερμοκρασία του σώματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_m = \frac{(t_v + t_R)}{2} - t_i\,, \quad \text{σε (°C)}$$

όπου :
tv η θερμοκρασία εισόδου του νερού στο σώμα (°C)
t_R η θερμοκρασία εξόδου του νερού από το σώμα (°C)
ti η θερμοκρασία του χώρου (°C)

Στην συνέχεια έχουμε:

q (W/m^2) : η ειδική θερμική απόδοση του σώματος ανά μονάδα επιφάνειας,
f (m^2/στοιχείο) : η ειδική θερμαντική επιφάνεια του σώματος,
N : ο αριθμός των στοιχείων του σώματος.

Για τα παραπάνω μεγέθη ισχύει:

$$q = Ko.\ tm \qquad (W/m^2)$$

$$F = N\ .\ f \qquad (m^2)$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του σώματος Ko είναι συνάρτηση της μορφής του σώματος και της μέσης θερμοκρασίας tm. Εάν Ko_1 ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπό μέση ενεργό θερμοκρασία tm_1 και Ko_2 ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπό μέση ενεργό θερμοκρασία tm_2 ισχύει:

$$\frac{K_{o1}}{K_{o2}} = \left(\frac{t_{m1}}{t_{m2}}\right)^{0,33}$$

Επίσης εάν q_1 η ειδική θερμική απόδοση του σώματος υπό μέση ενεργό θερμοκρασία tm_1 και q_2 η ειδική απόδοση υπό μέση ενεργό θερμοκρασία tm_2 θα ισχύει:

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

$$\frac{q_1}{q_2} = \left(\frac{t_{m1}}{t_{m2}}\right)^{1,33} \qquad \text{(Εξίσωση Schmidt-Kraussold)}$$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η ειδική θερμική απόδοση ενός σώματος είναι συνάρτηση της μορφής του σώματος και της μέσης ενεργού θερμοκρασίας tm. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές των f, Ko, q για τα κλασσικά κοινά χαλύβδινα σώματα ελληνικής κατασκευής (Ακάν). Τα σώματα αυτά διατίθενται σε δίστηλα, τρίστηλα και τετράστηλα και σε ύψη (απόσταση κέντρων μούφας σύνδεσης πάνω-κάτω) 905mm, 655mm, 505mm και 355mm.

Πίνακας 2.3.1. *Απόδοση κοινών χαλύβδινων θερμαντικών σωμάτων με «φέτες» (Ακάν), για μέση ενεργό θερμοκρασία 60 °C.*

Αρ. Στοιχείων (φέτες)	Μέγεθος	Μονάδα	Ονομαστικό Ύψος Σώματος (mm)			
			905	655	505	355
II	f	m^2/στοιχ.	0,20	0,15	0,12	0,09
	K_{o60}	$W/m^2\,^oC$	8,60	8,83	9,10	9,30
	q60	W/m^2	517	530	545	560
III	F	m^2/στοιχ.	0,30	0,23	0,18	0,14
	K_{o60}	$W/m^2\,^oC$	8,25	8,50	8,72	8,95
	q60	W/m^2	494	512	523	535
IV	F	m^2/στοιχ.	0,42	0,32	0,25	0,19
	K_{o60}	$W/m^2\,^oC$	7,90	8,14	8,37	8,60
	q60	W/m^2	477	488	500	517

Στο τέλος της ενότητας δίνονται πίνακες αποδόσεων των δύο συνηθέστερων τύπων σωμάτων, όπως τα κλασσικά χαλύβδινα με φέτες (ΑΚΑΝ) και τα σώματα panel. Οι απόδόσεις δίνονται για μέση θερμοκρασία 60°C, δηλαδή το συνήθως αποκαλούμενο στην τεχνική διάλεκτο Q_{60}.

Η απόδοση κάθε τύπου σωμάτων διαφοροποιείται ελαφρά ανάλογα με τον κατασκευαστή. Ωστόσο, οι διαφορές είναι σχετικά μικρές, σχεδόν αμελητέες στους υπολογισμούς. Αυτό όμως που έχει σημασία κατά την επιλογή του σώματος, είναι οι διαθέσιμες διαστάσεις του και στον τομέα αυτό υπάρχουν συχνά σημαντικές διαφορές.

Επίσης, βασικό είναι να υπολογίζεται κάθε σώμα βάσει της πραγματικής (προκαθορισμένης από τη σχετική μελέτη) ενεργού θερμοκρασίας του. Αν είναι γνωστή η θερμική απόδοση Q ενός σώματος για μέση θερμοκρασία tm τότε η ονομαστική θερμική απόδοση του σώματος Q60 για μέση ενεργό θερμοκρασία 60 °C υπολογίζεται ως εξής :

$$Q_{60} = Q\,(60/tm)^{1,33} = Q\,K$$

Ο παράγοντας $K = (60/tm)^{1,33}$ ονομάζεται συντελεστής αναγωγής και δίνεται στον παρακάτω ττίνάκα συναρτήσει της μέσης ενεργού θερμοκρασίας t_m.

Όπως γίνεται αντιληπτό, βασική παράμετρος για τη διαστασιολόγηση των θερμαντικών σωμάτων είναι η μέση θερμοκρασία λειτουργίας κάθε σώματος. Συνεπώς ο υπολογισμός για δισωλήνια και μονοσωλήνια δίκτυα διαφέρει λόγω του διαφορετικού τρόπου που αυτά συνδέονται στους κλάδους προσαγωγής – επιστροφής.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.3.2. *Συντελεστής αναγωγής K σε συνάρτηση με τη μέση ενεργό θερμοκρασία tm.*

tm	K	tm	K	tm	K	tm	K	tm	K
70,0	0,81	64,5	0,91	59,0	1,02	53,5	1,16	48,0	1,34
69,5	0,82	64,0	0,92	58,5	1,03	53,0	1,18	47.5	1,36
69,0	0,83	63,5	0,93	58,0	1,05	52,5	1,19	47,0	1,38
68,5	0,84	63,0	0,94	57,5	1,06	52,0	1,21	46,5	1,40
68,0	0,85	62,5	0,95	57,0	1,07	51,5	1,22	46,0	1,42
67,5	0,86	62,0	0,96	56,5	1,08	51,0	1,24	45,5	1,44
67,0	0,86	61,5	0,97	56,0	1,10	50,5	1,26	45,0	1,47
66,5	0,87	61,0	0,98	55,5	1,11	50,0	1,27		
66,0	0,88	60,5	0,99	55,0	1,12	49,5	1,29		
65,5	0,89	60,0	1,00	54,5	1,14	49,0	1,31		
65,0	0,90	59,5	1,01	54,0	1,15	48,5	1,33		

2.3.1. Υπολογισμός των θερμαντικών σωμάτων στην περίπτωση δισωλήνιου συστήματος.

Έστω ότι χώρος «i» συγκεκριμένου ορόφου έχει θερμικές απώλειες Q_i. Για την εκλογή του κατάλληλου θερμαντικού σώματος Σi εργαζόμαστε ως εξής :

Έστω ότι η θερμοκρασία του νερού που εξέρχεται από τον λέβητα είναι tv και η θερμοκρασία του νερού επιστροφής t_R. Αρα η το δίκτυο λειτουργεί σε ονομαστική (μή συνυπολογιζομένων των απωλειών του δικτύου) θερμοκρασιακή διαφορά $\Delta t_{VR} = tv - t_R$ (συνήθως 15-20^oC), που είναι και η διαφορά Δt βάσει της οποίας υπολογίζεται το σώμα.

Η θερμοκρασία εισόδου του νερού στο σώμα Σi θα είναι :

$$tvi = tv - \Delta tvi$$

όπου :

Δtvi : η πτώση της θερμοκρασίας εισαγωγής η οποία εξαρτάται από τον όροφο, το συνολικό μήκος του δικτύου προσαγωγής και από το εάν το δίκτυο είναι θερμομονωμένο ή όχι.

Αντίστοιχα, η θερμοκρασία εξόδου από το σώμα θα είναι :

$$t_Ri = tv - \Delta t_{vR}$$

Η πτώση της θερμοκρασίας μπορεί εμπειρικά να ληφθεί 0,5-1^oC ανά όροφο για μονωμένα δίκτυα και 1,0-2^oC για αμόνωτα δίκτυα.

Για τα θερμαντικά σώματα και ισογείου και υπογείου θεωρούμε : Δtvi=0

Τελικά, για το ανωτέρω σώμα Σi η μέση ενεργός θερμοκρασία του θα είναι:

$$tmi = (tvi + t_Ri) / 2 - ti$$

όπου :

ti : η θερμοκρασία του χώρου σε ^oC

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Τότε η θερμική απόδοση του σώματος ανά μονάδα επιφάνειας θα είναι :

$$q = K\ tmi \quad \text{σε } (W/m^2)$$

Άρα εάν το σώμα Σi με μέση ενεργό θερμοκρασία tmi καλύπτει τις απώλειες του χώρου i, τότε η ονομαστική του απόδοση υπολογίζεται βάσει των προηγουμένων ως εξής :

$$Q_{60} = Q\ (60/tm)^{1,33} = Q\ K$$

όπου ο παράγοντας K προσδιορίστηκε προηγουμένως με βάσει τη μέση θερμοκρασία tm από τον πίνακα 2.3.2.

Τελικά με βάση την ανηγμένη θερμική ισχύ Q_{i60} εκλέγουμε το κατάλληλο σώμα από τους αντίστοιχους πίνακες των θερμαντικών σωμάτων οι οποίοι δίνουν την ονομαστική ισχύ για μέση θερμοκρασία 60^oC.

Παράδειγμα :

Έστω θερμαντικό σώμα (905-III) στον 4° όροφο το οποίο προορίζεται να καλύψει τις θερμικές απώλειες χώρου οι οποίες υπολογίστηκαν σε 2000 W.

Το νερό εξέρχεται από τον λέβητα στους 80^oC και επιστρέφει στους 65^oC.μέσω μονωμένου δικτύου προσαγωγής-επιστροφής. Η επιθυμητή θερμοκρασία χώρου είναι 20^oC.

Ο υπολογισμός γίνεται ως εξής:

Θεωρούμε πτώση της θερμοκρασίας 1^oC ανά όροφο άρα $\Delta ti=4^oC$.

Άρα : tvi=tv-4=80-4=76^oC και αντίστοιχα tRi=76-15=-61^oC

Υπολογίζουμε :

$$tmi = (76 + 61)\ /2 – 20 = 48,5^oC$$

Από τον πίνακα 2.3.2 προκύπτει K=1,33.

Ετσι, η ισοδύναμη (ονομαστική) θερμική ισχύς του σώματος ανηγμένη στην θερμοκρασία των 60^oC θα είναι :

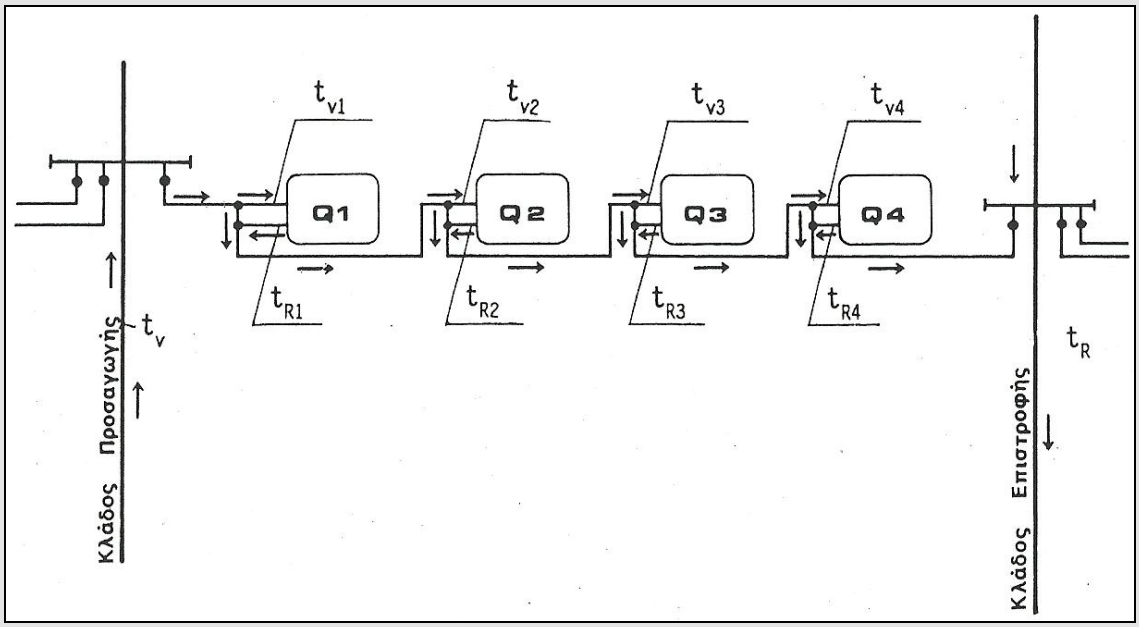
$$Q_{60}=Q\cdot K = 2000x1,33=2660\ W$$

Από τους πίνακες επιλέγεται σώμα 905-III-26.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.3.2. Υπολογισμός των θερμαντικών σωμάτων σε μονοσωλήνιο σύστημα.

Ο υπολογισμός των θερμαντικών σωμάτων στην περίπτωση του μονοσωλήνιου συστήματος γίνεται βάσει της ίδιας λογικής με το δισωλήνιο. Η βασική διαφοροποίηση στη διαδικασία, αφορά στον υπολογισμό της θερμοκρασιακής διαφοράς Δt για κάθε σώμα ξεχωριστά, δεδομένης της σειριακής σύνδεσης των σωμάτων στους βρόχους του μονοσωληνίου.



Σχήμα 2.3.1. *Υπολογισμός θερμαντικών σωμάτων σε μονοσωλήνιο δίκτυο.*

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε έναν βρόχο με 4 θερμαντικά σώματα (σχήμα 2.3.1) που συνδέονται μεταξύ σωλήνα προσαγωγής με θερμοκρασία tv (π.χ. 90°C και σωλήνα επιστροφής με θερμοκρασία t_R (π.χ. 70°C).

Σε κάθε σώμα δεν εισέρχεται - συνήθως - ολόκληρη η ποσότητα του νερού που κυκλοφορεί στο βρόχο, αλλά ένα ποσοστό (συνήθως 50%) βάσει της «προρύθμισης π%». Προρύθμιση καλείται ο λόγος της παροχής του νερού μέσα στο σώμα προς την ολική παροχή βρόχου (κυκλώματος).

Υπολογίζεται κατ'αρχάς το ολικό θερμικό φορτίο του κυκλώματος :

$$Qt = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 \ (W)$$

όπου :

Qi : τα απαιτούμενα θερμικά φορτία των επιμέρους σωμάτων (i=1,2,3,4).

Αν καλέσουμε:

t_{v1} = θερμοκρασία εισαγωγής στο σώμα 1

t_{v2}= θερμοκρασία εισαγωγής στο σώμα 2

t_{V3} = θερμοκρασία εισαγωγής στο σώμα 3

t_{V4} = θερμοκρασία εισαγωγής στο σώμα 4

t_{R1} = θερμοκρασία επιστροφής από το σώμα 1

t_{R2} = θερμοκρασία επιστροφής από το σώμα 2

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

t_{R3} = θερμοκρασία επιστροφής από το σώμα 3
t_{R4} = θερμοκρασία επιστροφής από το σώμα 4

και
π_1 την προρύθμιση του διακόπτη του σώματος 1
π_2 την προρύθμιση του διακόπτη του σώματος 2
π_3 την προρύθμιση του διακόπτη του σώματος 3
π_4 την προρύθμιση του διακόπτη του σώματος 4 (συνήθως οι προρυθμίσεις είναι 50%)

θα έχουμε:
- ολική παροχή του κυκλώματος, G (lt/h) = 0,86 Qt (W) / (tv – t_R), (συνήθως t_v - t_R = 15-20°C),
- παροχή σώματος Σi, Gi = G πi, (συνήθως βάσει προρύθμισης Gi = 0,5 G),
- η πτώση της θερμοκρασίας σε κάθε σώμα, Δti = Qi / Gi,
- η θερμοκρασία εξόδου από κάθε σώμα, t_Ri = tvi – Δti, που είναι και η θερμοκρασία εισόδου στο επόμενο σώμα (tv1 = tv για το πρώτο σώμα και tvi = tv(i-1) – Q(i-1)/G για τα επόμενα).

Ετσι, η μέση ενεργός θερμοκρασία κάθε σώματος “I” υπολογίζεται σε :

$$tmi = (tvi + tri) / 2 – ti = tvi – (\Delta ti/2) – Ti = tvi – \Delta ri - Ti$$

όπου :
Δri=Δti/2, είναι οι καλούμενες «ημιπτώσεις θερμοκρασίας» στα αντίστοιχα σώματα.

Τέλος για τον προσδιορισμό των θερμαντικών σωμάτων πρέπει να προσδιορισθεί η ονομαστική θερμική ισχύς στους 60°C, ώστε να είναι δυνατόν να εκλεγεί ο κατάλληλος τύπος από τους σχετικούς πίνακες οι οποίοι αναφέρουν την ισχύ στους 60°C.

Ο τύπος αναγωγής στο φορτίο επιλογής Q_{60}, είναι κατά τα γνωστά :

$$Q_{60} = Q\ (60/tm)^{1,33} = Q\ K$$

όπου :
Q : η θερμική ισχύς στην υπολογισθείσα μέση ενεργό θερμοκρασία tm και
K : ο συντελεστής αναγωγής στην θερμοκρασία 60^oC.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Παράδειγμα :

Ας θεωρήσουμε για τα 4 σώματα τα εξής θερμικά φορτία (απώλειες χώρου):

Q1=1.163W,

Q2=930W

Q3=1.744W

Q4=1.395W

tv=90°C,

tR=20°C,

ΔtN=tv-tR = 20°C,

π1 = π2=π3=π4=50%

Υπολογίζουμε : Qt = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 = 5.232W.

Επιλέγουμε θερμοκρασία χώρων Ti = 20°C.

Ζητούνται η ονομαστική ισχύς κάθε σώματος στους 60°C και η εκλογή τους από τους σχετικούς πίνακες γιά κοινά χαλύβδινα σώματα τρίστηλα ύψους 905mm.

Βάσει των παραπάνω υπολογίζουμε :

- ολική παροχή βρόχου (κυκλώματος) G = Qt / ΔtN = 0,86 / 5.232 W / 20 = 225 lt/h,

- παροχές σωμάτων G1 = G2 = G3 = G4 = 225 x 0,5 = 112,5 lt/h,

- θερμοκρασιακή πτώση στα σώματα :

  Δt1 = 0,86 / 1.163 / 112,5 = 8,89^{o}C

  Δt2 = 0,86 / 930 / 112,5 = 7,11^{o}C

  Δt3 = 0,86 / 1.744 / 112,5 = 13,33^{o}C

  Δt4 = 0,86 / 1.395 / 112,5 = 10,67^{o}C,

- ημιπτώσεις θερμοκρασίας :

  Δr1 = 4,45^{o}C

  Δr2 = 3,55^{o}C

  Δr3 = 6,67^{o}C

  Δr4 = 5,33^{o}C,

- θερμοκρασίες εισαγωγής στα σώματα :

  tv1 = tv = 90°C,

  tv2 = tv1 - Q1/G = 90 -1000/225 = 90 - 4,45 = 85,55°C

  tv3 = tv2 - Q2/G = 85,5 - 800/225 = 85,55 - 3,55 = 82°C

  tv4 = tv3 - Q3/G = 82,0 -1500/225 = 82,0 - 6,67 = 75,33°C,

- θερμοκρασίες εξαγωγής από τα σώματα :

  tR1 = tv1 – Δt1 = 90 - 8,89 = 81,11°C

  tR2 = tV2 – Δt2 = 85,55 - 7,11 = 78,44°C

  tR3 = tV3 - Δt3 = 82,00 -13,33 = 68,67°C

  tR4 = tV4 - Δt4 = 75,33 -10,67 = 64,66°C

- μέσες ενεργές θερμοκρασίες ανά σώμα :

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

tm1 =tv1 – Δτ1- ti = 90 - 4,45 – 20 = 65,55^{o}C
tm2=tv2 - Δτ2 – ti = 85,55 - 3,55 – 20 = 62°C
tm3=tv3 - Δτ3 – ti = 82,00 - 6,67 – 20 = 55,33°C
tm4=tv4 - Δτ4 – ti = 75,33 - 5.33 – 20 = 50°C.

Οι αντίστοιχοι συντελεστές αναγωγής προκύπτουν από τον πίνακα 2.3.2 με βάση το tmi και είναι:
K1 = 0,89,
K2 = 0,96,
K3 = 1,11,
K4 = 1,27

Ετσι, η ονομαστική ισχύς των σωμάτων στους 60°C υπολογίζεται σε :
Q_{160} = K1 Q1 = 0,89 x 1163 = 1.035 W
Q_{260} = K2 Q2 = 0,96 x 930 = 893 W
Q_{360} = K3 Q3 = 1,11 x 1774 = 1.936 W
Q_{460} = K4 Q4= 1,27 x 1395 = 1.772 W

Τέλος τα αντίστοιχα σώματα προκύπτουν από τους πίνακες επιλογής σωμάτων Ακάν και είναι:
Για τον χώρο 1 : 905 - III - 7
Για τον χώρο 2 : 905 - III - 6
Για τον χώρο 3 : 905 - III -13
Για τον χώρο 4 : 905 - III -12

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ενδεικτικό φύλλο υπολογισμού της διαστασιολόγησης θερμαντικών σωμάτων σε μονοσωλήνια δίκτυα.

Πίνακας 2.3.3. *Φύλλο υπολογισμού θερμαντικών σωμάτων σε μονοσωλήνιο δίκτυο.*

Ενδεικτικός αριθμός χώρου	**Ενδεικτικός αριθμός θερμ. σώματος**	**Θερμίκες απώλειες χώρου Q (W)**	**Παροχή νε-ρού & προρύ-θμιση διακόπτη σώματος G=0,86·(Q_t/$Δt_N$)π% (lt/hr)**	**Θερμοκρασία χώρου ti(°C)**	**Θερμ/σία εισ/γής σώματος tv(°C)**	**Ημίπτωση Θερμοκρασίας σώματος Δτ=0,86·(Q_t/2Gπ%) (^{o}C)**	**Θερμοκρασία εξόδου Q/G(oC)**	**Μέση θερμ. σώματος tm=tv-Δt-ti**	**Συντελεστής Αναγωγής K**	**Ονομαστική ισχύς του σώματος σε 60 oC**	**Θερμαντικό σώμα**
1	1	1163	225-50%	20	90	4,45	85,5	65,55	0,89	1035	905-III-7
2	2	930	225-50%	20	85,55	3,55	82,0	62,00	0,96	893	905-III-6
3	3	1744	225-50%	20	82,00	6,67	75,3	55,33	1,11	1936	905-111-13
4	4	1395	225-50%	20	75,33	5,33	70,0	50,00	1,27	1772	905-111-12

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.3.4. Φύλλο υπολογισμού στοιχείων σε μονοσωλήνιο δίκτυο.

Φύλλο ……

Υπολογισμός Στοιχείων Μονοσωληνίου Κυκλώματος Κ.Θ.

Όροφος ……	**Ενδεικτικός αριθ. κυκλώματος ……**
Ολικό θερμικό φορτίο Q_t = …… (W)	**Θερμοκρασιακή πτώση νερού Δ_{tN} ……(^oC)**
Παροχή G = 0,86 · Q_t / Δ_{tN} …… (lt/h)	**Διάμετρος σωλήνων κυκλώμ. d= ……. (mm)**
Ταχύτητα ροής V = …… (m/s)	**Αντιστάσεις στη ροή R= …… (mmΥΣ/m)**

Ενδεικτικός αριθμός χώρου	Ενδεικτιός αριθμός θερμαντικού σώματος	Θερμικές απώλειες χώρου Q (W)	Παροχή νερού & προρύθμιση διακόπτη σώματος G=0,86·(Q_t/Δt_N)·π% (lt/hr)	Θερμοκρασία χώρου t_i (^oC)	Θερμοκρασία εισαγωγής σώματος t_{vi} (^oC)	Ημίπτωση Θερμοκρασίας σώματος Δτ=0,86·(Q_t/2·G·π%) (^oC)	Θερμοκρασία εξόδου Q/G (^oC)	Μέση θερμοκρασία σώματος t_m=t_i -Δ_t–t_i (^oC)	Συντελεστής Αναγωγής Κ	Ονομαστική ισχύς του σώματος σε 60^oC (W)	Θερμαντικά σώματα

Ισοδύναμο μήκος θερμικού κυκλώματος

Είδος αντίστασης	Ποσότητα	Συντελεστές αντιστάσεων	Ισοδύναμο μήκος (m)
Διακόπτες θερμ. σωμ.			
Βαλβίδες			
Καμπύλες			

Πραγματικό μήκος σωληνώσεων: L_1 = …….. (m)

Ισοδύναμο μήκος σωληνώσεων: L_2 = …….. (m)

Ολικό μήκος : L= L_1+L_2 = …….. (m)

Συντελεστής αναγωγής Κ βάσει της μέσης θερμοκρασίας t_m

t_m	k	t_m	k	t_m	k
70	0,81	61,5	0,97	53	1,18
69,5	0,82	61	0,98	52,5	1,19
69	0,83	60,5	0,99	52	1,21
68,5	0,84	60	1,00	51,5	1,22
68	0,85	59,5	1,01	51	1,24
67,5	0,86	59	1,02	50,5	1,26
67	0,86	58,5	1,03	50	1,27
66,5	0,87	58	1,05	49,5	1,29
66	0,88	57,5	1,06	49	1,31
65,5	0,89	57	1,07	48,5	1,33
65	0,90	56,5	1,08	48	1,34
64,5	0,91	56	1,10	47,5	1,36
64	0,92	55,5	1,11	47	1,38
63,5	0,93	55	1,12	46,5	1,40
63	0,94	54,5	1,14	46	1,42
62,5	0,95	54	1,15	45,5	1,44
62	0,96	53,5	1,16	45	1,47

ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

$R_{o\lambda}$ = L x R = ……. (m) x …….. (mm ΥΣ/m) = …….. (mm ΥΣ)

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.3.5 : *Αποδόσεις κλασσικών θερμαντικών σωμάτων τύπου ΑΚΑΝ.*

ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ

[redacted]

AKAN

Ύψη	M² ανά φέτα	Kal/h ανά φέτα	Τύποι σωμάτων		
905	0,42	170	IV		
	0,30	130	III		
	0,20	90	II		
655	0,32	135	IV		
	0,23	100	III		
	0,15	70	II		
505	0,25	110	IV		
	0,18	80	III		
	0,12	50	II		
355	0,19	80	IV		
	0,14	65	III		

[redacted]

Ύψη	M² ανά φέτα	Kal/h ανά φέτα	Τύποι σωμάτων		
905	0,42	170	IV		
	0,30	130	III		
	0,20	90	II		
655	0,32	135	IV		
	0,23	100	III		
	0,15	70	II		
505	0,25	110	IV		
	0,18	80	III		
	0,12	50	II		
355	0,19	80	IV		
	0,14	65	III		
	0,09	45	II		

	ΔΙΣΤΗΛΑ				ΤΡΙΣΤΗΛΑ				ΤΕΤΡΑΣΤΗΛΑ			
ΤΥΠΟΙ	**905**	**655**	**505**	**355**	**905**	**655**	**505**	**355**	**905**	**655**	**505**	**355**
Ολικό Ύψος H1	995	745	595	445	995	745	595	445	995	745	595	445
Πλάτος C	83	83	83	83	136	136	136	136	192	192	192	192
Απόσταση στοιχείων απ' αλλήλων	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Απόσταση των κέντρων των οπών H2	905	655	505	355	905	655	505	355	905	655	505	355
Θερμαντική επιφάνεια	0.20	0.15	0.12	0.09	0.30	0.23	0.18	0.14	0.42	0.32	0.25	0.19
Περιεκτ. ύδατος εκάστου στοιχείου σε λίτρα	0,84	0,68	0,54	0,47	1,35	1,00	0,87	0,70	1,60	1,16	1,06	0,80

ΙΟΥΛΙΟΣ 2008

158

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.3.6α : *Τεχνικά στοιχεία συνήθων θερμαντικών σωμάτων τύπου πάνελ.*

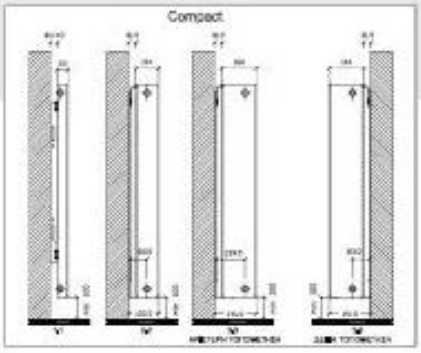
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΑ ΣΩΜΑΤΩΝ

Τα μεταλλικά γωνιακά στηρίγματα χρησιμοποιούνται στους τύπους 1.1, 2.2 και 3.3 του Europanel Elegant αλλά και στον τύπο 1.1 του Europanel Compact, ενώ οι ιμάντες σύνδεσης χρησιμοποιούνται για την στήριξη των σωμάτων Europanel Compact τύπου 2.2 και 3.3

[redacted]

Ιμάντες σύνδεσης



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ύψος mm	Τύπος	Κέντρα Μουφών mm	Πλάτος mm	Βάρος Kgr/m	Περιεκτικότητα νερού lit/m	"Μήκος σώματος mm"
400	1.1	349	53	12,32	2,12	400-2000
	2.2	349	104	23,58	4,22	400-2000
	3.3	349	160	35,4	6,25	400-2000
600	1.1	549	53	18,52	3	400-2000
	2.2	549	104	35,8	5,97	400-2000
	3.3	549	160	53,02	8,87	400-2000
900	1.1	849	53	28,04	4,3	400-2000
	2.2	849	104	53,61	8,75	400-2000
	3.3	849	160	78,53	13	400-2000

Έλεγχος πίεσης (bar)	Μέγιστη πίεση λειτουργίας	Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας (C)
13	10	120

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.3.6β : *Αποδόσεις συνήθων θερμαντικών σωμάτων τύπου πάνελ.*

ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΩΝ [redacted]

Ύψος mm		400			600			900		
Τύπος		1.1	2.2	3.3	1.1	2.2	3.3	1.1	2.2	3.3
Μήκος m	Μονάδες θερμικών αποδόσεων									
0,40	Kcal / hr Watt	352 409	656 763	928 1.079	488 567	915 1.063	1.293 1.503	680 791	1.221 1.420	1.757 2.043
0,50	Kcal / hr Watt	441 512	820 953	1.161 1.350	611 710	1.114 1.295	1.617 1.880	851 989	1.526 1.774	2.197 2.554
0,60	Kcal / hr Watt	529 682	983 1.143	1.393 1.619	733 852	1.372 1.595	1.940 2.256	1.021 1.187	1.831 2.129	2.636 3.065
0,70	Kcal / hr Watt	617 717	1.147 1.333	1.625 1.889	855 994	1.601 1.861	2.263 2.631	1.191 1.384	2.136 2.483	3.075 3.575
0,80	Kcal / hr Watt	705 820	1.311 1.524	1.857 2.159	977 1.136	1.830 2.127	2.586 3.007	1.361 1.582	2.442 2.839	3.514 4.086
0,90	Kcal / hr Watt	793 922	1.475 1.715	2.089 2.429	1.099 1.278	2.058 2.393	2.910 3.383	1.531 1.780	2.747 3.194	3.954 4.597
1,00	Kcal / hr Watt	881 1.024	1.639 1.906	2.321 2.698	1.221 1.419	2.287 2.659	3.233 3.759	1.701 1.977	3.052 3.548	4.393 5.108
1,10	Kcal / hr Watt	969 1.127	1.803 2.096	2.553 2.968	1.343 1.561	2.516 2.925	3.556 4.135	1.871 2.175	3.357 3.903	4.832 5.618
1,20	Kcal / hr Watt	1.057 1.229	1.969 2.289	2.785 3.238	1.465 1.703	2.744 3.190	3.880 4.511	2.041 2.373	3.662 4.258	5.272 6.130
1,30	Kcal / hr Watt	1.145 1.331	2.130 2.477	3.047 3.508	1.587 1.845	2.973 3.457	4.203 4.887	2.211 2.570	3.968 4.614	5.711 6.641
1,40	Kcal / hr Watt	1.233 1.434	2.244 2.667	3.249 3.778	1.709 1.987	3.202 3.723	4.526 5.262	2.381 2.768	4.273 4.968	6.150 7.151
1,50	Kcal / hr Watt	1.321 1.536	2.458 2.858	3.481 4.048	1.832 2.130	3.431 3.989	4.850 5.639	2.552 2.967	4.578 5.323	6.590 7.662
1,60	Kcal / hr Watt	1.409 1.638	2.622 3.049	3.714 4.319	1.954 2.272	3.659 4.254	5.173 6.015	2.722 3.165	4.883 5.678	7.029 8.173
1,70	Kcal / hr Watt	1.498 1.742	2.786 3.239	3.946 4.588	2.076 2.414	3.888 4.520	5.496 6.390	2.892 3.362	5.188 6.032	7.468 8.683
1,80	Kcal / hr Watt	1.586 1.844	2.950 3.430	4.178 4.858	2.198 2.555	4.117 4.787	5.819 6.766	3.062 3.560	5.494 6.388	7.907 9.194
2,00	Kcal / hr Watt	1.762 2.049	3.278 3.812	4.642 5.397	2.442 2.840	4.574 5.319	6.466 7.518	3.402 3.956	6.104 7.097	8.786 10.216

ΔT (°C)	10	20	30	40	50	60
0	0,09	0,23	0,40	0,58	0,79	1,00
1	0,11	0,25	0,42	0,60	0,81	1,02
2	0,12	0,26	0,43	0,62	0,83	1,04
3	0,13	0,28	0,45	0,64	0,85	1,07
4	0,15	0,30	0,47	0,66	0,87	1,09
5	0,16	0,31	0,49	0,68	0,89	1,11
6	0,17	0,33	0,51	0,70	0,91	1,13
7	0,19	0,35	0,53	0,72	0,93	1,16
8	0,20	0,36	0,55	0,74	0,96	1,18
9	0,22	0,38	0,56	0,76	0,98	1,20

ΔT = 60° C $\Delta T = (T_i + T_o) / 2 - T_R$

T_i = [illegible]
T_o = [illegible]
T_R = [illegible]

Παράδειγμα :

Να υπολογισθεί η απόδοση του σώματος Europanel 1.1, με ύψος 600mm και μήκος 1,00m, υπό τις ακόλουθες συνθήκες:

$$\Delta T = \frac{T_i + T_o}{2} - T_R = \frac{88+76}{2} - 20 = 62^{\circ}C$$

- Από τον πίνακα συντελεστών διόρθωσης για **ΔT=62°C** είναι: 1,04.
- Η απόδοση για **ΔT=60°C** είναι **1221 Kcal/h, 1419 Watt**
- Απόδοση για **ΔT=62°C 1269,84 Kcal/h = (1221 x 1,04) Kcal/h, 1475,76 Watt = (1419 x 1,04) Watt**

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

2.4.1. Υπολογισμός των κατακόρυφων στηλών (σε δισωλήνιο και μονοσωλήνιο δίκτυο).

Στα μονοσωλήνια συστήματα θέρμανσης "κατακόρυφες στήλες" (ενίοτε αποκαλούμενες και «κολώνες» στην τεχνική διάλεκτο) είναι οι κεντρικοί κλάδοι διανομής που αναχωρούν από το σύστημα παραγωγής (π.χ. λέβητα) και καταλήγουν στον ακραίο συλλέκτη του μονοσωληνίου συστήματος. Δηλαδή, αν και αποκαλούμενες «κατακόρυφες» οι στήλες αυτές συχνά περιλαμβάνουν και κάποια τμήματα οριζόντιας όδευσης.

Στο δισωλήνιο σύστημα, η διάρθρωση του δικτύου αποτελείται από πολλές κατακόρυφες στήλες (σε ζεύγη προσαγωγής – επιστροφής) που συνδέονται σε κεντρικά οριζόντια δίκτυα διανομής, συνήθως στις οροφές υπογείων και ισογείων, από και πρός το σύστημα παραγωγής (π.χ. προσαγωγή από και επιστροφή στον λέβητα). Οι κατακόρυφες αυτές στήλες αποτελούν τους βασικούς κλάδους διανομής της θερμότητας στους χώρους, αφού πάνω τους συνδέονται τα θερμαντικά σώματα των χώρων.

Οι κατακόρυφες στήλες συνήθως κατασκευάζονται από σιδηροσωλήνες με ραφή ή χαλκοσωλήνες (μέχρι διαμέτρου 2" ή DN54 αντίστοιχα), ενώ για μεγαλύτερες διατομές από χαλυβδοσωλήνες χωρίς ραφή (tubo). Σε συστήματα χαμηλών θερμοκρασιών συχνά προτιμώνται και οι πλαστικοί σωλήνες υψηλής πίεσης (Pn20 bar) συνήθως πολυπροπυλενίου. Τα τελευταία χρόνια με την πρόοδο της τεχνολογίας στον τομέα αυτό οι σωλήνες αυτοί χρησιμοποιούνται και για συστήματα μέσων θερμοκρασιών (~80°C).

Ο υπολογισμός της κατακόρυφης στήλης γίνεται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

α) Η ταχύτητα διέλευσης του νερού να μη υπερβαίνει τα 0,40+0,50 m/sec, διότι για μεγαλύτερες τιμές προκύπτει μεγάλη πτώση πίεσης (άρα και σπατάλη ενέργειας), αλλά και θόρυβος στις σωληνώσεις.

β) Η συνολική πτώση πίεσης του κατακόρυφου δικτύου να μη υπερβαίνει την τιμή των 2 mΣΥ. Η συνολική πτώση πίεσης περιλαμβάνει τις γραμμικές αντιστάσεις στα ευθύγραμμα τμήματα των σωληνώσεων και τις τοπικές αντιστάσεις που οφείλονται στις καμπύλες, εξαρτήματα, βάννες κ.λπ.

Αν Η (mΣΥ) η συνολική πτώση πίεσης της στήλης ισχύει η σχέση :

$$H = \Sigma (Ri\ li) + \Sigma Zi,\ i=1\ldots v \qquad (1)$$

όπου:

Ri : η ανηγμένη πτώση πίεσης των ευθυγράμμων τμημάτων σε mmΣΥ/m

li : το μήκος του αντίστοιχου τμήματος σε m.

Zi : η πτώση πίεσης λόγω τοπικής αντίστασης (εξάρτημα, αλλαγή διεύθυνησης κλπ.) σε m.

Η πτώση πίεσης λόγω τοπικής αντίστασης Zi υπολογίζεται από την εξίσωση :

$$Zi = Ri\ l'i \qquad (2)$$

όπου :

l'i : το ισοδύναμο μήκος ευθύγραμμου τμήματος το οποίο είναι συνάρτηση του είδους του εξαρτήματος και της διαμέτρου της σωλήνωσης.

Επομένως ο τύπος (1) με βάση τη σχέση (2) παίρνει τη μορφή :

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

$$H = \Sigma (Ri\ li + l'i),\ i=1\ldots v \qquad (3)$$

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται τα ισοδύναμα μήκη των τοπικών αντιστάσεων σε m για διάφορες βαλβίδες και για εξαρτήματα σωλήνων για σιδηροσωλήνες, χαλυβδοσωλήνες ή χαλκοσωλήνες

Πίνακας 2.4.1 : *Απώλειες πίεσης στα εξαρτήματα σωλήνων (Ισοδύναμο μήκος σωλήνας σε m)*

Ονομαστική Διαμέτρους Σωλήνος		**Καμπύλ 90°**	**Καμπύλ 90° Μεγ. Ακτ. Καμπυλ**	**Καμπύλη 90" Αρσ/ θυλ**	**Καμπύλη 45°**	**Καμπύλη 45° Αρσεν/ Θυληκο**	**Καμπύλη 180°**	**Ταυ διακλ/ διελ.**	**Συστολικό 1:4**	**Συστολικό 1:2**
IN	MM									
3/8	10	0,42	0,27	0,70	0,21	0,33	0,70	0,80	0,36	0,42
1/2	12,5	0,48	0,30	0,75	0,24	0,39	0,75	1,00	0,42	0,48
3/4	20,0	0,60	0,42	0,96	0,27	0,48	1,96	1,20	0,57	0,60
1	25,0	0,78	0,51	1,20	0,39	0,63	1,20	1,50	0,70	0,80
1 1/4	32,0	1,00	0,69	1,70	0,51	0,90	1,70	2,10	0,90	1,00
1 1/2	40,	1,20	0,78	1,90	0,63	1,02	1,90	2,40	1,10	1,20
2	50,0	1,50	1,00	2,50	0,78	1,35	2,50	3,00	1,40	1,50
2 1/2	65,0	1,80	1,20	3,00	0,96	1,56	3,00	3,60	1,70	1,80
3	75,0	2,25	1,50	3,60	1,20	1,90	3,60	4,50	2,10	2,20
3 1/2	90,0	2,70	1,77	4,50	1,40	2,20	4,50	5,40	2,40	2,70
4	100	3,00	2,00	5,10	1,56	2,50	5,10	6,30	2,70	3,00
5	125	3,90	2,50	6,30	1,95	3,30	6,30	7,50	3,60	3,90
6	150	4,80	3,00	7,50	2,40	3,90	7,50	9,00	4,20	4,80
8	200	6,00	3,90	-	3,00	-	9,90	12,00	5,40	6,00
10	250	7,50	4,80	-	3,90	-	12,50	15,00	6,90	7,50
12	300	9,00	5,70	-	4,80	-	15,00	18,00	7,80	9,0

Πίνακας 2.4.2 : *Απώλειες πίεσης στις βαλβίδες (ισοδύναμο μήκος σωλήνα σε m)*

Ονομαστική Διαμέτρους Σωλήνος		**Διακόπτης ευθύς**	**Διακόπτης 60°-Υ**	**Διακόπτης 45°-Υ**	**Διακόπτης Γωνιακός**	**Βάννα**	**Βαλβίδα Αντεπι-στροφής**	**Φίλτρο Νερού-Υ (Strainer)**	
IN	MM							Φλαντ	Βιδ.
3/8	10,0	5,10	2,40	1,80	0,18	1,50	-	-	-
1/2	12,5	5,40	2,70	2,10	2,10	0,21	1,80	-	0,90
3/4	20,0	6,60	3,30	2,70	2,70	0,27	2,40	-	1,20
1	25,0	8,70	4,50	3,60	3,60	0,30	3,00	-	1,50
1 1/4	32,0	11,40	6,00	4,50	4,50	0,45	4,20	-	2,70
1 1/2	40,0	13,00	7,20	5,40	5,40	0,54	4,80	-	3,00
2	50,0	16,50	9,00	7,20	7,20	0,70	6,00	8,10	4,20
2 1/2	65,0	21,00	10,50	8,70	8,70	0,84	7,50	8,40	6,00
3	75,0	25,00	12,90	10,50	10,50	0,96	9,00	12,6	12,00
3 1/2	90,0	30,00	15,00	12,30	12,30	1.20	10,50	14,40	-
4	100	36,00	17,40	14,10	14,10	1,35	12,00	18,00	-
5	125	42,00	21,30	17,40	17,40	1,80	15,00	24,00	-
6	150	51,00	26,40	21,00	21,00	2,10	18,00	33,00	-
8	200	66,00	34,50	25,50	25,50	2,70	24,00	45,00	-
10	250	84,00	43,50	31,50	31,50	3,60	30,00	57,00	-
12	300	96,00	49,50	39,00	39,00	39,00	36,00	75,00	-

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Στους επόμενους πίνακες δίνεται η πτώση πίεσης και η ταχύτητα συναρτήσει της παροχής και της διαμέτρου των σωλήνων για διέλευση θερμού νερού σε δίκτυα σιδηροσωλήνων μαύρων με ραφή, χαλυβδοσωλήνων και χαλκοσωλήνων.

Πίνακας 2.4.3 : *Υπολογισμός πτώσης πίεσης και ταχύτητας για διέλευση θερμού νερού σε δίκτυα από μαύρους σιδηροσωλήνες με ραφή.*

Παροχή LT/H	**Πτώση Πίεσης (mmΥΣ/m) / Ταχύτητα (m/sec)**					
	1/2"	**3/4"**	**1"**	**1 1/4"**	**1 1/2"**	**2"**
25	0,36/0,05	0,09 / 0,03	-	-	-	-
50	1,20/0,09	0,30/0,50	0,90 / 0,030	-	-	-
75	2,40/0,13	0,60 / 0,07	0,17 / 0,04	0,05 / 0,03	-	-
100	4,00/0,17	1,00/0,10	0,28 / 0,06	0,07/0,03	-	-
125	6,00 / 0,22	1,40/0,12	0,41 /0,07	0,10/0,04	0,05 / 0,03	-
150	8,00 / 0,24	1,90/0,14	0,60/0,09	0,14/0,05	0,07/0,04	-
175	10,0/0,29	2,60/0,16	0,80/0,10	0,18/0,05	0,09 / 0,04	-
200	14,0/0,34	3,30/0,19	0,95/0,12	0,22 / 0,06	0,11 /0,05	-
225	16,0/0,38	4,50 / 0,22	1,20/0,13	0,28 / 0,07	0,14/0,05	-
250	20,0 / 0,42	5,00 / 0,24	1,40/0,14	0,33 / 0,08	0,17/0,06	0,05 / 0,04
275	25,0 / 0,46	5,80/0,25	1,70/0,16	0,40 / 0,09	0,19/0,06	0,06/0,04
300	27,0/0,48	6,80 / 0,29	1,90/0,17	0,45 / 0,09	0,22 / 0,07	0,07/0,05
325	32,0/0,53	7,80 / 0,31	2,30/0,19	0,54/0,10	0,26 / 0,08	0,08 / 0,05
350	35,0 / 0,60	9,00/0,34	2,60 / 0,20	0,60/0,11	0,30 / 0,08	0,09 / 0,05
375	42,0/0,62	10,0/0,36	2,90 / 0,21	0,70/0,12	0,33 / 0,09	0,10/0,05
400	48,0 / 0,68	11,0/0,38	3,30/0,22	0,75/0,12	0,36/0,09	0,11 /0,06
425	54,0/0,72	12,0/0,40	3,60 / 0,24	0,85/0,13	0,40/0,10	0,13/0,06
450	60,0/0,75	14,0/0,42	4,00/0,26	0,92/0,14	0,45./ 0,10	0,14/0,06
475	62,0/0,77	15,0/0,44	4,40 / 0,28	1,05/0,15	0,50/0,11	0,15/0,07
500	70,0 / 0,85	17,0 / 0,47	5,00 / 0,30	1,10/0,15	0,55/0,12	0,17 / 0,07
525	78,0/0,88	18,0/0,48	5,20/0,31	1,20/0,16	0,60/0,12	0,18/0,07
550	88,0/0,93	20,0/0,50	6,00 / 0,32	1,30/0,17	0,65/0,13	0,20 / 0,08
575	90,0/0,95	22,0/0,53	6,10/0,33	1,40/0,18	0,70/0,13	0,22 / 0,08
600		24,0 / 0,59	6,80/0,34	1,60/0,19	0,75/0,14	0,24 / 0,09
625		26,0/0,61	7,00/0,35	1,70/0,20	0,80/0,14	0,25 / 0,09
650		28,0 / 0,63	7,90 / 0,37	1,80/0,20	0,90/0,15	0,27/0,10
675		29,0 / 0,64	8,20 / 0,39	1,90/0,20	0,95/0,15	0,28/0,10
700		30,0 / 0,65	9,00 / 0,40	2,00/0,22	1,00/0,16	0,30/0,10
725		32,0 / 0,67	9,20/0,41	2,20/0,22	1,10/0,17	0,33/0,10
750		34,0/0,69	10,0/0,42	2,30/0,23	1,15/0,17	0,34/0,10
775		36,0/0,71	10,3/0,43	2,40 / 0,24	1,20/0,18	0,36/0,11
800		39,0/0,74	11,5/0,46	2,60/0,26	1,30/0,19	0,38/0,11
825		41,0/0,76	12,0/0,48	2,70/0,26	1,35/0,20	0,40/0,12
850		43,0/0,77	13,0/0,49	2,80/0,27	1,40/0,20	0,42/0,12
875		45,0/0,79	13,5/0,49	3,00/0,28	1,50/0,20	0,45/0,12
900		48,0/0,82	14,0/0,50	3,15/0,28	1,55/0,22	0,48/0,13
925		50,0 / 0,85	14,5/0,51	3,30/0,28	1,60/0,22	0,50/0,13
950		53,0/0,88	15,0/0,53	3,50 / 0,29	1,70/0,22	0,52/0,13
975		57,0/0,92	16,0/0,55	3,60/0,30	1,80/0,22	0,55/0,14
1000		60,0/0,95	16,5/0,56	3,80/0,31	1,90/0,24	0,58/0,15
1050		70,0/1,00	18,0/0,60	4,00/0,32	2,00 / 0,24	0,60/0,15
1100		73,0/1,03	20,0/ 0,65	4,50 / 0,34	2,20 / 0,26	0,70/0,16
1150		77,0/1,07	22.0 / 0,67	5,00 / 0,36	2,40/0,26	0,75/0,16
1200		80,0/1,10	24,0/0,69	5,50 / 0,38	2,60/0,26	0,80 / 0,17

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Παροχή LT/H	Πτώση Πίεσης (mmΥΣ/m) / Ταχύτητα (m/sec)					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
1250		90,0/1,20	26,0/0,71	6,00 / 0,40	3,00/0,30	0,85 / 0,17
1300			27,0/0,75	6,30 / 0,41	3,10/0,30	0,90/0,18
1350			28,0/0,78	6,70/0,43	3,20 / 0,31	1,00/0,19
1400			30,0/0,78	6,70/0,43	3,20/0,31	1,00/0,19
1450			32,0 / 0,82	7,50/0,46	3,60/0,34	1,10/0,20
1500			34,0 / 0,84	8,00 / 0,48	3,80 / 0,35	1,15/0,21
1550			35,0/0,85	8,50/0,49	4,00/0,36	1,20/0,22
1600			38,0 / 0,88	9,00/0,50	4,25/0,37	1,30/0,22
1650			41,0/0,91	9,50/0,52	4,50/0,38	1,35/0,23
1700			43,0 / 0,94	10,0/0,55	5,00/0,40	1,40/0,24
1750			48,0 / 0,98	10,5/0,56	5,25 / 0,41	1,50/0,24
1800			50,0/1,00	11,0/0,57	5,50 / 0,42	1,60/0,26
1850			52,0/1,02	11,5/0,58	5,75/0,43	1,65/0,26
1900			55,0/1,06	12,0/0,60	6,00/0,44	1,75/0,27
1950			57,0/1,08	12,0/0,61	6,50 / 0,45	1,80/0,28
2000			60,0/1,10	13,0/0,63	6,50 / 0,46	1,90/0,28
2100			65,0/1,15	15,0/0,67	7,00 / 0,48	2,10/0,29
2200			70,0/1,20	16,0/0,70	7,50/0,49	2,20/0,30
2300			77,0/1,25	17,0/0,72	8,30/0,52	2,50 / 0,33
2400			81,0/1,31	18,0/0,76	9,00/0,55	2,60/0,34
2500			89,0/1,40	20,0/0,80	9,50/0,58	2,80/0,34
2600				21,0/0,81	10,5/0,62	3,00/0,36
2700				23,0/0,83	11,0/0,63	3,30/0,36
2800				25,0 / 0,85	12,0/0,65	3,50/0,38
2900				26,0/0,88	13,0/0,67	3,60/0,40
3000				28,0 / 0,92	13,5/0,69	4,00 / 0,42
3100				30, 0/ 0,95	14,5/0,72	4,20 / 0,43
3200				32,0/1,00	15,0/0,73	4,40 / 0,45
3300				33,0/1,05	16,0/0,75	4,60 / 0,46
3400				34,0/1,07	17,0/0,76	4,80 / 0,48
3500				35,0/1,10	18,0/0,78	5,20 / 0,50
3600				37,0/1,10	19,0/0,81	5,50 / 0,52
3700				40,0/1,10	20,0/0,85	5,80/0,53
3800				42,0/1,15	21,5/0,87	6,00 / 0,55
3900				45,0/1,20	23,0 / 0,90	6,50 / 0,57
4000				47,0/1,25	24,0/0,92	6,60 / 0,58
4100				50,0/1,30	25,0/0,95	7,00 / 0,60
4200				53,0/1,32	26,0 / 0,97	7,20 / 0,60
4300				55,0/1,35	27,0/0,99	7,50 / 0,60
4400				57,0/1,37	28,0/1,03	8,00/0,60
4500				60,0/1,40	29,0/1,06	8,20/0,61
4600				63,0/1,42	30,0/1,10	8,50/0,62
4700				63,0/1,42	30,0/1,10	8,50 / 0,62
4800				67,0/1,47	32,0/1,16	9,00 / 0,65
4900				70,0/1,50	34,0/1,18	9,50 / 0,67
5000				72,0/1,60	35,0/1,20	10,0/0,70

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.4.4 : *Υπολογισμός πτώσης πίεσης και ταχύτητας για διέλευση θερμού νερού σε δίκτυα από μαύρους χαλυβδοσωλήνες χωρίς ραφή (tubo).*

Παροχή LT/H	**Πτώση Πίεσης (mmΥΣ/ m) / Ταχυτητα (m / sec)**								
	57/63	**64/70**	**70/76**	**76/82**	**82/89**	**95/102**	**106/114**	**125/133**	**150/160**
1000	0,33/0,11	0,19/0,09	0,12/0,07	0,08/0,06	0,06/0,06	-	-	-	-
1500	0,70/0,17	0,36/0,13	0,26/0,11	0,17/0,10	0,11/0,08	0,06/0,06	-	-	-
2000	1,10/0,22	0,65/0,18	0,42.0,16	0,28/0,13	0,19/0,11	0,10/0,08	0,06/0,60	-	-
2500	1,60/ 0,28	0,95/0,23	0,62.0,19	0,42/0,15	0,28/0,13	0,15/0,10	0,08/0,08	-	-
3000	2,30/0,33	1,30/0,26	0,85/0,23	0,60/0,19	0,38/0,16	0,20/0,12	0,11/0,10	0,06/0,07	-
3500	3,00/0,40	1,75/0,31	1,10/0,26	0,75/0,22	0,50/0,19	0,26/0,14	0,15/0,11	0,07/0,08	-
4000	3,80/0,45	2,20/0,36	1,42.0,30	0,95/0,25	0,65/0,21	0,34/0,16	0,19/0,13	0,09/0,09	-
4500	4,70/0,50	2,70/0,39	1,75/0,33	1,20/0,28	0,80/0,24	0,42/0,18	0,24/0,15	0,11/0,11	-
5000	5,50/0,57	3,30/0,44	2,20/0,38	1,50/0,32	0,95/0,27	0,50/0,22	0,28/0,16	0,13/0,12	0,06/0,08
6000	8,00/0,65	4,60/0,56	3,00/0,44	2,00/0,38	1,30/0,32	0,70/0,24	0,40/0,20	0,18/0,14	0,07/0,09
7000	10,5/0,78	6,20/0,61	4,00/0,55	2,60/0,44	1,70/0,36	0,90/0,28	0,50/0,22	0,24/0,17	0,10/0,12
8000	13,5/0,88	7,80/0,69	5,00/0,60	3,30/0,50	2,20/0,42	1,20/0,34	0,65/0,25	0,30/0,19	0,12,0,13
9000	17,0/1,00	10,0/0,80	6,20/0,67	4,00/0,55	2,80/0,48	1,40/0,36	0,80/0,28	0,37/0,20	0,15//0,14
10000	20,0/1,10	12,0/0,90	7,80/0,74	5,00/0,65	3,30/0,55	1,70/0,40	1,00/0,32	0,45/0,24	0,18/0,16
11000	25,0/1,20	14,0/1,00	9,00/0,80	6,00/0,70	4,00/0,60	2,00/0,44	1,20/0,36	0,55/0,26	0,22/0,18
12000	30,0/1,40	16,0/1,10	11,0/0,86	7,00/0,75	4,50/0,65	2,40/0,50	1,40/0,40	0,65/0,29	0,26/0,19
13000	32,0/1,45	19,0/1,20	13,0/0,97	8,00/0,80	5,40/0,68	2,80/0,55	1,60/0,42	0,74/0,31	0,33/0,22
14000	37,/1,55	22,0/1,30	14,0/1,00	9,00/0,85	6,00/0,75	3,30/0,60	1,80/0,46	0,85/0,33	0,35/0,23
15000	45,0/1,70	25,0/1,30	16,0/1,10	10,0/0,90	7,00/0,80	3,60/0,60	2,00/0,48	0,95/0,35	0,38/0,24
16000	50,0/1,80	28,0/1,40	18,0/1,20	12,0/1,00	8,00/0,85	4,00/0,65	2,30/0,54	1,05/0,37	0,43/0,25
17000	56,0/1,95	30,0/1,50	20,0/1,30	14,0/1,10	9,00/0,90	4,60/0,72	2,60/0,55	1,20/0,40	0,48/0,27
18000	62,0/2,10	35,0/1,60	23,0/1,40	15,0/1,15	10,0/1,00	5,00/0,75	2,80/0,60	1,30/0,42	0,55/0,30
19000	-	37,0/1,70	25,0/150	16,0/1,20	11,0/1,00	5,80/0,78	3,30/0,65	1,40/0,44	0,60/0,32
20000	-	45,0/1,80	30,0/1,60	18,0/1,30	12,0/1,00	6,20/0,82	3,50/0,65	1,60/0,48	0,65/0,33
21000	-	-	31,0/1,62	20,0/1,40	13,0/1,10	6,80/0,88	3,80/0,67	1,70/0,50	0,70/0,34
22000	-	-	33,0/1,65	22,0/1,45	14,0/1,20	7,50/0,94	4,20/0,72	1,90/0,55	0,78/0,36
23000	-	-	35,0/1,70	25,0/1,50	15,0/1,30	8,00/0,94	4,50/0,75	2,00/0,55	0,85/0,38
24000	-		38,0/1,75	26,0/1,60	17,0/1,35	8,50/0,97	4,90/0,79	2,20/0,55	0,90/0,40
25000	-		40,0/1,80	27,0/1,60	18,0/1,40	9,00/1,02	5,40/0,81	2,40/0,60	0,95/0,41
26000	-		50,0/2,00	28,0/1,70	20,0/1,40	10,0/1,10	5,50/0,82	2,60/0,60	1,00/0,42
27000				32,0/175	22,0/1,50	11,0/1,10	6,00/0,85	2,80/0,65	1,10/0,44

Παροχή LT/H	Πτώση Πίεσης (mmΥΣ/ m) / Ταχυτητα (m / sec)								
	57/63	64/70	70/76	76/82	82/89	95/102	106/114	125/133	150/160
28000				33,0/1,76	23,0/1,50	11,5/1,15	6,50/0,90	3,00/0,65	1,15/0,45
29000				35,0/1,80	25,0/1,60	12,0/1,20	7,00/0,95	3,20/0,68	1,25/0,47
30000				37,0/1,90	27,0/1,60	13,0/1,25	7,50/0,97	3,30/0,70	1,30/0,48
31000				40,0/2,00	28,0/1,70	14,0/1,30	8,00/1,00	3,50/0,74	1,40/0,50
32000					30,0/1,80	15,0/1,35	8,50/1,05	3,70/0,76	1,50/0,50
33000					32,0/1,80	16,0/1,40	9,00/1,10	3,90/0,78	1,60/0,54
34000					33,0/1,90	17,0/1,45	9,50/1,15	4,20/0,82	1,70/0,60
35000					34,0/1,90	17,5/1,47	10,0/1,20	4,40/0,85	1,80/0,60
36000					35,0/1,90	18,0/1,50	10,5/1,22	4,60/0,86	1,85/0,60
37000					38,0/1,90	20,0/1,60	11,0/1,25	4,80/0,88	1,90/0,62
38000					40,0/2,00	21,0/1,62	11,5/1,27	5,00/0,90	2,10/0,62
39000						22,0/1,64	12,0/1,30	5,30/0,93	2,20/0,65
40000						23,0/1,66	13,0/1,35	5,70/0,97	2,30/0,65
42000						24,0/1,68	14,0/1,40	6,00/1,00	2,50/0,67
44000						25,0/1,70	15,2/1,46	6,80/1,05	2,70/0,70
46000						28,0/1,85	16,5/1,52	7,30/1,10	2,90/0,73
48000						32,0/2,00	18,0/1,60	8,00/1,10	3,20/0,77
50000							20,0/1,70	9,00/1,30	3,60/0,85
52000							21,0/1,73	9,20/1,30	3,70/0,86
54000							23,0/1,77	10,0/1,30	4,00/0,90
56000							25,0/1,80	10,2/1,32	4,20/0,93
58000							26,0/1,87	11,0/1,36	4,50/0,95
60000							28,0/1,93	12,0/1,40	4,70/0,96
65000							30,0/2,00	14,0/1,50	5,50/1,02
70000								16,0/1,70	6,20/1,12
75000								18,0/1,80	7,20/1,22
80000								20,0/1,90	8,00/1,30
90000								26,0/2,10	10,0/1,50

ΙΚΟ ΕΛΛΑΣ

Πίνακας 2.4.5 : *Υπολογισμός πτώσης πίεσης και ταχύτητας για διέλευση θερμού νερού σε δίκτυα χαλκοσωλήνων.*

Παροχή LT/H	**Πτώση πίεσης (πίπίΥΣ/γπ) / Ταχύτητας (m/sec)**						
	Φ15	**Φ18**	**Φ22**	**Φ28**	**Φ35**	**Φ42**	**Φ54**
25	0,38/0,05	0,12/0,03					
50	1,50/0,11	0,48/0,07	0,15/0,04				
75	3,00/0,18	1,00/0,11	0,32/0,07	0,08/0,04			
100	5,00/0,25	1,80/0,16	0,55/0,09	0,13/0,05			
125	8,00/0,30	2,50/0,19	0,80/0,12	0,19/0,06	0,05/0,03		
150	10,0/0,35	3,70/0,22	1,20/0,15	0,28/0,08	0,07/0,04		
175	15,0/0,45	5,00/0,28	1,50/0,17	0,36/0,09	0,09/0,05		
200	19,0/0,50	6,50/0,32	2,00/0,20	0,48/0,11	0,13/0,06	0,05/0,04	
225	24,0/0,56	7,50/0,35	2,00/0,22	0,60/0,12	0,16/0,07	0,06/0,05	
250	29,0/0,64	9,00/0,39	3,00/0,24	0,70/0,13	0,19/0,08	0,07/0,05	
275	35,0/0,70	12,0/0,45	3,50/0,28	0,85/0,15	0,24/0,08	0,08/0,06	
300	45,0/0,80	14,0/0,48	4,50/0,30	1,10/0,16	0,30/0,10	0,11/0,06	
325	53,0/0,85	15,0/0,52	5,00/0,32	1,30/0,18	0,33/0,11	0,13/0,07	
350	60,0/0,90	18,0/0,58	6,00/0,36	1,50/0,20	0,38/0,12	0,14/0,07	
375	63,0/0,96	21,0/0,61	6,50/0,38	1,60/0,21	0,42/0,12	0,15/0,08	
400	80,0/1,10	23,0/0,65	7,50/0,40	1,90/0,22	0,50/0,13	0,19/0,09	
425		26,0/0,70	8,00/0,42	2,10/0,24	0,55/0,14	0,20/0,09	0,05/0,50
450		28,0/0,73	9,00/0,45	2,30/0,25	0,60/0,15	0,23/0,10	0,06/0,05
475		30,0/0,77	10,0/0,49	2,60/0,27	0,67/0,16	0,25/0,10	0,06/0,06
500		35,0/0,81	11,0/0,50	2,90/0,30	0,75/0,16	0,28/0,11	0,07/0,06
550		42,0/0,90	13,0/0,55	3,50/0,32	0,90/0,18	0,33/0,12	0,07/0,06
600		50,0/0,97	15,0/0,62	4,00/0,35	1,00/0,19	0,39/0,13	0,11/0,07
650		57,0/1,08	18,0/0,67	4,80/0,38	1,20/0,21	0,46/0,14	0,13/0,08
700		80,0/1,25	21,0/0,73	5,50/0,41	1,50/0,24	0,55/0,16	0,14/0,09
750			25,0/0,80	6,00/0,45	1,70/0,25	0,58/0,16	0,16/0,09
800			30,0/0,86	7,00/0,47	1,90/0,27	0,67/0,1 B	0,18/0,10
850			32,0/0,90	8,00/0,50	2,10/0,29	0,72/0,19	0,20/0,11
900			36,0/0,96	8,50/0,53	2,30/0,31	0,80/0,20	0,21/0,12
950			38,0/1,00	9,50/0,57	2,50,0,33	0,95/0,22	0,23/0,12
1000			43,0/1,08	11,0/0,60	2,90/0,35	1,10/0,23	0,27/0,13
1100			55,0/1,20	13,0/0,67	3,40/0,38	1,20/0,24	0,30/0,14
1200			60,0/1,30	15,0/0,72	4,00/0,41	1,40/0,27	0,33/0,15
1300			80,0/1,48	17,0/0,80	4,50/0,45	1,70/0,29	0,42/0,16
1400				20,0/0,88	5,20/0,50	2,00/0,32	0,50/0,18
1500				23,0/0,91	6,00/0,52	2,02/0,34	0,57/0,19
1600				26,0/1,00	7,00/0,57	2,50/0,36	0,63/0,21
1700				29,0/1,08	7,50/0,60	2,70/0,40	0,67/0,22
1800				32,0/1,11	9,00/0,65	3,00/0,41	0,75/0,23
1900				37,0/1,20	10,0/0,70	3,50/0,44	0,87/0,25
2000				40,0/1,30	11,0/0,72	4,00/0,48	1,00/0,28
2200				46,0/1,40	13,0/0,80	4,50/0,51	1,20/0,30
2400				55,0/1,50	15,0/0,88	5,10/0,56	1,40/0,32
2600					17,0/0,95	6,00/0,61	1,60/0,35
2800					20,0/1,00	7,00/0,66	1,90/0,37
3000					24,0/1,13	8,50/0,75	2,20/0,40
3200					28,0/1,30	9,50/0,78	2,50/0,45
3400					30,0/1,32	11,0/0,84	2,70/0,47
3600					34,0/1,40	12,0/0,88	3,00/0,50
3800					36,0/1,42	13,0/0,93	3,40/0,52

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Παροχή LT/H	Πτώση πίεσης (πίπίΥΣ/γπ) / Ταχύτητας (m/sec)						
	Φ15	Φ18	Φ22	Φ28	Φ35	Φ42	Φ54
4000					40,0/1,50	14,0/0,97	3,70/0,55
4200						16,0/1,05	4,00/0,58
4400						17,0/1,08	4,40/0,62
4600						19,0/1,20	4,80/0,65
4800						20,0/1,22	5,20/0,68
5000						22,0/1,30	6,00/0,72
6000						30,0/1,50	8,00/0,85
7000							11,0/1,00

Με βάση τα αναφερόμενα στους προηγούμενους πίνακες συντάσσεται ο παρακάτω πίνακας για την αρχική επιλογή των διαμέτρων των σιδηροσωλήνων και χαλυβδοσωλήνων χωρίς ραφή με κριτήριο η ταχύτητα του νερού να μη υπερβαίνει τα 0,50m/sec, σε συνάρτηση με το διερχόμενο θερμικό φορτίο σε kW και για θερμοκρασιακή πτώση του νερού 15°C(80°-65°C).

Πίνακας 2.4.6 *: Επιλογή Διαμέτρου Σωλήνων για V < 0,50m/sec*

Φορτίο kW	Διάμετρος	Φορτίο kW	Διάμετρος
0 – 5,4	1/2"	78,5 – 96,5	64/70
5,4 – 9,6	3/4"	96,5 - 114,0	70/76
9,6 – 15,7	1"	114,0 – 139,5	76/82
15,7- 27,9	1 1/4"	139,5 - 162,8	82/89
27,9 – 39,2	1 1/2"	162,8 – 209,3	95/102
39,2 – 61,0	2"	209,3 – 267,4	106/114
61,0 - 78,5	57/63	267,4 – 372,0	125/133

Για τον τελικό υπολογισμό του δικτύου των σωληνώσεων και για τον προσδιορισμό της ολικής πτώσης πίεσης από το σύστημα παραγωγής (π.χ. λέβητα) μέχρι τον ακραίο συλλέκτη του μονοσωληνίου συστήματος συντάσσεται σχετικός πίνακας υπολογισμού στον οποίο προσδιορίζονται τα αντίστοιχα στοιχεία για τα διάφορα τμήματα του δικτύου και στη συνέχεια προσδιορίζεται με άθροιση η ολική πτώση πίεσης.

Στη περίπτωση κατά την οποία η πτώση πίεσης κριθεί υπερβολική, προβαίνουμε σε διόρθωση ορισμένων διαμέτρων οπότε συντάσσεται εκ νέου ο πίνακας υπολογισμού μέχρι εύρεσης της επιθυμητής τιμής ολικής πτώσης πίεσης.

2.4.2. Υπολογισμός των σωληνώσεων του επιδαπέδιου συστήματος (τοπική διανομή στους βρόχους).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στις επιδαπέδιες σωληνώσεις του μονοσωληνίου συστήματος χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον :

α) Οι εύκαμπτοι χαλύβδινοι σωλήνες με πλαστική επένδυση διαμέτρου 15x1 mm, 16x1 mm, 18x1 mm όπου ο πρώτος αριθμός δηλώνει την εξωτερική διάμετρο του σωλήνα – χωρίς την επένδυση όπου υπάρχει - και ο δεύτερος το πάχος του τοιχώματος του σωλήνα.

β) Οι εύκαμπτοι χάλκινοι σωληνώσες με πλαστική επένδυση με τις πιο πάνω διαμέτρους και

γ) Οι πλαστικοί σωλήνες από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο διαμέτρου 16x2mm και 18x2mm.

Η εκλογή και ο υπολογισμός της διαμέτρου της αντίστοιχης επιδαπέδιας σωλήνωσης γίνεται με τα πιο κάτω κριτήρια :

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

α) Κάθε βρόχος (κλάδος) να εξυπηρετεί σε σειρά το πολύ 5 σώματα. Συνιστάται η σύνδεση μέχρι 3 σωμάτων.

β) Η ταχύτητα του νερού να μη υπερβαίνει τη τιμή των 0,60-0,70m/sec.

γ) Το συνολικό μήκος του βρόχου να μη υπερβαίνει τα 50 m.

δ) Η συνολική αντίσταση του βρόχου (από τον συλλέκτη προσαγωγής μέχρι το συλλέκτη επιστροφής) να μη υπερβαίνει την τιμή των 3500 mmΣΥ.

ε) Η τοποθέτηση των σωληνώσεων μεταξύ των διαδοχικών σωμάτων να γίνεται κατά προτίμηση με καμπύλα τμήματα και όχι ευθύγραμμα για τη δυνατότητα παραλαβής συστολοδιαστολών.

Με βάση την απαίτηση σε ταχύτητα το μέγιστο θερμικό φορτίο για χαλύβδινες και χάλκινες σωληνώσεις δίνεται στον παρακάτω πίνακα συναρτήσει της διαμέτρου.

Πίνακας 2.4.7 *: Μέγιστο θερμικό φορτίο για επιδαπέδιες χαλύβδινες και χάλκινες σωληνώσεις μονοσωληνίου συστήματος.*

Διάμετρος mm	**Μέγιστο θερμικό φορτίο σε kW**
15x1	7,0
16x1	8,7
18x1	11,6

Επίσης στον παρακάτω πίνακα προσδιορίζεται το μέγιστο θερμικό φορτίο για σωληνώσεις πλαστικές από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο.

Πίνακας 2.4.8 : *Μέγιστο θερμικό Φορτίο για επιδαπέδιες σωληνώσεις από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (PE).*

Διάμετρος mm	**Μέγιστο θερμικό φορτίο σε kW**
16x2	6,4
18x2	8,7

Στους παρακάτω πίνακες δίνεται η πτώση πίεσης και η ταχύτητα συναρτήσει της παροχής και της διαμέτρου των σωλήνων για διέλευση ζεστού νερού σε δίκτυα χαλύβδινων, χάλκινων εύκαμπτων επιδαπέδιων σωληνώσεων όπως και σωληνώσεων από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.4.9 : *Υπολογισμός πτώσης πίεσης και ταχύτητας νερού για εύκαμπτους* ***χαλύβδινους*** *σωλήνες.*

Παροχή LT/H	**Πτώση πίεσης (mmΣΥ/m) / Ταχύτητας (m/sec)**		
	15x1 mm	**16x1 mm**	**18x1 mm**
50	1,90/0,10	1,40/0,09	
55	2,10/0,11	1,60/0,10	
60	2,40/0,12	1,80/0,10	
65	2,80/0,13	2,00/0,11	1,20/0,09
70	3,10/0,14	2,30/0,12	1,30/0,10
75	3,60/0,15	2,60/0,13	1,40/0,10
80	3,90/0,16	2,80/0,14	1,50/0,11
85	4,40/0,17	3,10/0,15	1,60/0,11
90	4,80/0,18	3,40/0,16	1,80/0,12
95	5,40/0,19	3,70/0,17	2,00/0,12
100	5,80/0,20	4,40/0,18	2,40/0,13
110	7,00/0,22	5,00/0,19	2,70/0,14
120	8,00/0,24	6,00/0,21	3,00/0,15
130	9,00/0,26	6,50/0,23	3,50/0,18
140	10,0/0,28	7,80/0,24	4,00/0,19
150	12,0/0,30	8,50/0,25	4,50/0,20
160	13,0/0,32	10,0/0,28	5,00/0,22
170	14,0/0,33	11,0/0,29	5,50/0,23
180	16,0/0,35	11,5/0,30	6,00/0,24
190	18,0/037	12,5/0,32	6,50/0,28
200	20,0/0,40	14,0/0,35	7,50/0,28
220	23,0/0,43	17,0/0,37	8,50/0,29
240	27,0/047	19,55/0,40	10,0/0,31
260	31,0/0,50	21,5/0,43	12,0/033
280	34,0/0,54	24,0/0,47	13,5/0,35
300	40,0/0,60	28,0/0,52	15,0/0,38
320	45,0/0,62	35,0/0,54	16,0/0,40
340	48,0/0,64	35,0/0,57	18,0/0,42
360	53,0/0,66	38,5/0.,60	20,0/0,46
380	58,0/0,72	42,0/0,64	22,0/0,48
400	64,0/0,76	46,0/067	24,0/0,51
420	70,0/0,78	50,0/0,70	26,0/0,53
440	76,0/0,79	55,0/0,73	29,0/0,55
460	80,0/0,81	63,0/0,78	31,0/0,58
480	89,0/0,85	63,0/0,78	43,0/0,62
500	94,0/0,95	68,0/0,80	36,0/0,64

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.4.10 : *Υπολογισμός πτώσης πίεσης και ταχύτητας για εύκαμπτους* ***χάλκινους*** *σωλήνες.*

Παροχή LT/H	**Πτώση ττίεσης (mmYZ/m) / Ταχύτητας (m/sec)**		
	16x1 mm	**16x1 mm**	**18x1 mm**
50	1,60/0,10	1,20,90	
55	1,80/0,11	1,40/0,10	
60	2,20/0,12	1,60/0,10	
65	2,40/0,13	1,80/0,11	1,00/0,09
70	2,80/0,14	2,00/0,12	1,10/0,10
75	3,10/0,15	2,30/0,13	1,20/0,10
80	3,60/0,16	2,60/0,14	1,40/0,11
85	3,90/0,17	2,80/0,15	1,50/0,11
90	4,40/0,18	3,20/0,16	1,70/0,12
95	4,80/0,19	3,40/0,17	1,80/0,12
100	5,40/0,20	3,80/0,18	2,00/0,13
110	6,00/0,22	4,40/0,19	2,40/0,14
120	7,00/0,24	5,00/0,21	2,70/0,15
130	8,00/0,26	6,00/0,23	3,00/0,18
140	9,00/0,28	6,50/0,24	3,50/0,19
150	11,0/0,30	7,70/0,25	4,00/0,20
160	12,0/0,32	9,00/0,28	4,50/0,22
170	13,0/0,33	9,50/0,29	5,00/0,23
180	14,0/0,35	10,0/0,30	5,50/0,24
190	16,0/0,37	12,0/0,32	6,00/0,25
200	18,0/0,40	13,0/0,35	6,50/0,28
220	20,0/0,43	14,5/0,37	7,50/0,29
240	24,0/0,47	17,0/0,40	9,00/0,31
260	28,0/0,50	19,0/0,43	10,0/0,33
280	30,0/0,54	22,0/0,47	12,0,035
300	36,0/0,60	26,0/0,52	13,0/0,38
320	40,0/0,62	28,0/0,54	14,0/040
340	42,0/0,64	30,0/0,57	16,0/042
360	48,0/0,66	34,0/0,60	18,0/0,46
380	52,0/0,72	36,0/0,64	19,0/0,48
400	57,0/0,76	40,0/0,67	21,0/0,51
420	60,0/0,78	44,0/0,70	23,0/0,53
440	65,0/0,79	48,0/0,73	25,0/0,55
460	70,0/0,81	50,0/0,75	28,0/0,58
480	80,0/0,85	55,0/0,78	30,0/0,62
500	85,0/0,95	60,0/0,80	31,0/0,64

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.4.11 : *Υπολογισμός πτώσης πίεσης και ταχύτητας νερού για* ***πλαστικούς*** *σωλήνες από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο.*

Παροχή	**Πτώση πίεσης (mmΣΥ/m) / Ταχύτητας (m/sec)**	
LT/H	**16x2mm**	**18x2mm**
50	2,50/0,12	
55	2,80/0,13	
60	3,50/0,15	
65	3,80/0,15	
70	4,50/0,17	
75	5,00/0,18	
80	5,40/0,20	
85	5,90/0,21	
90	7,00/0,22	
95	7,70/0,24	
100	8,50/0,25	4,00/0,18
110	11,0/0,28	5,00/0,20
120	12,5/0,31	5,50/0,22
130	14,0/0,33	6,50/0,24
140	16,5/0,36	7,00/0,25
150	18,0/0,38	8,00/026
160	20,5/0,41	9,00/0,27
170	23,0/0,43	10,0/0,29
180	25,0/0,45	11,0/0,31
190	28,0/0,48	12,0/0,33
200	30,0/0,50	13,5/0,37
220	37,0/0,56	16,0/0,41
240	42,0/0,61	18,0/0,45
260	48,0/0,66	22,0/0,48
280	54,0/0,70	25,0/052
300	60,0/0,75	28,0/0,56
320	70,0/0,80	32,0/0,60
340	76,0/0,84	35,0/0,63
360	83,0/0,91	38,0/0,66
380	93,0/0,96	42,0/0,70
400	100,0/1,0	46,0/0,74
420		50,0/0,78
440		54,0/0,81
460		60,0/0,87
480		65,0/0,90
500		70,0/0,95

Οι τοπικές αντιστάσεις του επιδαπέδιου δικτύου συνίστανται κυρίως στους διακόπτες των σωμάτων, τις ρυθμιστικές βαλβίδες και στις καμπύλες. Τα ισοδύναμα μήκη αυτών σε μέτρα λαμβάνονται από τον παρακάτω πίνακα 2.4.12. σε συνάρτηση με τη διάμετρο των σωλήνων για τους χαλύβδινους, τους χάλκινους και τους πλαστικούς σωλήνες.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 2.4.12 : *Ισοδύναμα μήκη τοπικών αντιστάσεων σε m για επιδαπέδιες σωληνώσεις μονοσωλήνιου συστήματος με χαλύβδινους, χάλκινους και πλαστικούς σωλήνες*

Είδος τοπικών αντιστάσεων	**Χαλύβδινοι και χάλκινοι σωλήνες**			**Πλαστικοί σωλήνες**	
	15x1 mm	**16x1 mm**	**18x1 mm**	**16x2 mm**	**18x2 mm**
Διακόπτης θερμ. σώματος	5,0	7,0	9,0	3,0	5,0
Ρυμθιοτικές βαλβίδες	7,0	9,0	11,0	3,0	5,0
Καμπύλες	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Ο υπολογισμός των αντιστάσεων ροής στα διάφορα κυκλώματα του επιδαπεδίου συστήματος γίνεται στο ίδιο έντυπο υπολογισμού των θερμαντικών σωμάτων.

2.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑ

Ο λέβητας μεταβιβάζει τη θερμότητα, η οποία παράγεται από την καύση του καυσίμου (π.χ. πετρελαίου, φυσικού αερίου κλπ.) στο νερό που αποτελεί τον φορέα παροχής θερμότητας στα θερμαντικά σώματα.

Μια βασική διάκριση των λεβήτων ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, είναι σε :

i. χυτοσιδηρούς (μαντεμένιους) λέβητες και

ii. χαλύβδινους λέβητες.

Τελευταία, όλοι οι λέβητες κατασκευάζονται «πιεστικής καύσης», διαθέτουν δηλαδή και τρίτη διαδρομή των καυσαερίων μέσα από φλογοσωλήνες που είτε κατασκευάζονται κυματοειδείς είτε περιέχουν σπείρες από ανοξείδωτο πυρίμαχο χάλυβα, οι οποίοι στροβιλίζουν τα καυσαέρια σε μια τυρβώδη ροή, ώστε να επιτυγχάνεται πλήρης απομάστευση του θερμικού τους φορτίου.

Με την παραπάνω μέθοδο, δηλαδή με την ισχυρή ακτινοβολία στο θάλαμο καύσης και την στροβιλώδη ροή στους φλογοσωλήνες, επιτυγχάνεται απόδοση μέχρι 50 kW/m^2, έναντι των 12kW/m^2 των παλαιών λεβήτων χαμηλής πίεσης (ατμοσφαιρικών). Ταυτόχρονα όμως επειδή οι τριβές των καυσαερίων είναι σχετικά μεγάλες, ο θάλαμος καύσης βρίσκεται σε υπερπίεση που μπορεί να φτάσει και τα 60mmΣΥ. Για το λόγο αυτό, απαιτούνται οι αποκαλούμενοι «πιεστικοί καυστήρες». Η υπερπίεση αυτή στο χώρο καύσης είναι ο λόγος που οι λέβητες αυτοί ονομάζονται «λέβητες πιεστικής καύσης» ή απλά «πιεστικοί λέβητες».

Οι λέβητες αυτοί έχουν σχετικά μικρές διαστάσεις σε σχέση προς τους παλαιούς λέβητες χαμηλής πίεσης λόγω της υψηλής τους απόδοσης (45 έως 55 kW/m^2).

Οι χαλύβδινοι λέβητες είναι «ολόσωμοι» και μπορούν να καλύψουν μεγάλη θερμική ισχύ. Τα πλεονεκτήματα των χαλύβδινων Λεβήτων έναντι των χυτοσιδήρων (μαντεμένιων) είναι :

- μεγάλη αντοχή στην έλλειψη νερού,
- μικρότερο Βάρος,
- δυνατότητα επισκευής με συγκόλληση,
- καταλληλότητα για υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες,
- μεγάλη ειδική φόρτιση.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Τα μειονεκτήματα τους είναι:

- μεγαλύτερος κίνδυνος διάβρωσης σε σχέση με τους χυτοσιδηρούς,
- έλλειψη δυνατότητας επέκτασης με προσθήκη στοιχείων

Οι χυτοσιδηροί λέβητες αποτελούνται συνήθως από στοιχεία (φέτες) τα οποία ενώνονται μεταξύ τους για να αποτελέσουν το επιθυμητό σύνολο από πλευράς θερμικής απόδοσης.
Πλεονεκτούν στο μικρότερο μέγεθος σε σχέση με τους χαλύβδινους αλλά και στην ευκολία μεταφορά σε μικρούς και δυσπρόσιτους σχετικά χώρους, αφού μπαίνουν στο χώρο σε τμήματα και «χτίζονται» στην τελική μορφή και διάστασή τους.
Επίσης απαιτούν μεγαλύτερο χρόνο για απόψυξη του νερού από ότι οι χαλύβδινοι λέβητες, στοιχείο θετικό γιατί το νερό παραμένει περισσότερο χρόνο θερμό. Είναι όμως ευαίσθητοι σε θραύση σε απότομες μεταβολές θερμοκρασίας του διερχόμενου νερού. Για το λόγο αυτό πρέπει πάντα να συνεργάζονται με τετράοδες και όχι τρίοδες βάννες αντιστάθμισης, προκειμένου να μην μένουν χωρίς παροχή νερού.

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά στοιχεία των λεβήτων είναι η θερμαινόμενη επιφάνεια και η ειδική φόρτιση :

- Θερμαινόμενη επιφάνεια ενός λέβητα είναι το σύνολο των μεταλλικών μερών του που έρχονται σε επαφή με την φλόγα και εκφράζεται σε m^2.
- Ειδική φόρτιση ενός λέβητα είναι η ποσότητα θερμότητας που αποδίδει κάθε m^2 θερμαινόμενης επιφάνειας του λέβητα ανά ώρα (σε καθορισμένες συνθήκες λειτουργίας).

Η ειδική φόρτιση, όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, εκφράζεται σε kW/m^2 και για τις συνηθισμένες περιπτώσεις των πιεστικών λεβήτων λαμβάνεται ~$45kW/m^2$.

Υπολογισμός της απαιτουμένης θερμικής ισχύος του λέβητα:

Για να υπολογίσουμε την απαιτούμενη θερμική ισχύ του λέβητα Q_Λ (kW), αρχικά υπολογίζουμε την ολική θερμική απαίτηση του κτιρίου Qολ η οποία προκύπτει ως το άθροισμα των θερμικών απωλειών των διαφόρων χώρων, συμπεριλαμβανομένων αυτών που οφείλονται σε αγωγιμότητα και αυτών που οφείλονται σε αερισμό, αθέλητο (π.χ. από χαραμάδες) και ελεγχόμενο (π.χ. μηχανικός αερισμός-εξαερισμός).

Τη θερμότητα αυτή προσαυξάνουμε κατά ένα ποσοστό, για τους εξής λόγους :

- κάλυψη των θερμικών απωλειών των σωληνώσεων μεταφοράς
- κάλυψη τυχόν αστοχιών της κατασκευής,
- επιτάχυνση της απόκρισης του συστήματος λόγω διακοπτόμενης θέρμανσης στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων.

Η προσαύξηση αυτή συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 25-30%.

Η τελική θερμική ισχύ επιλογής του λέβητα υπολογίζεται λοιπόν ως εξής :

Δηλαδή έχουμε $Q_\Lambda = (1 + q)\ QoA$ όπου q = 0,25 -0,30.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ

Ο καυστήρας είναι συσκευή συνήθως αυτόματης λειτουργίας που απαιτείται για την καύση του καυσίμου, μετά από την έγχυση, το διασκορπισμό και την ανάμειξή του με τον αέρα καύσης.

Στην πλειοψηφία των συστημάτων το καύσιμο είναι πετρέλαιο diesel, ενώ στις περιοχές όπου υπάρχει δίκτυο φυσικού αερίου, σταδιακά και με επιταχυνόμενο ρυθμό, αντικαθίστανται οι παλιοί καυστήρες από καυστήρες αερίου.

Οι συνηθέστεροι καυστήρες πετρελαίου για τους λέβητες θερμού νερού, είναι οι «καυστήρες διασκορπισμού». Στους καυστήρες διασκορπισμού έχουμε συμπίεση του πετρελαίου από μία ηλεκτροκίνητη αντλία σε υψηλή πίεση (7 - 20 at). Στη συνέχεια το πετρέλαιο οδηγείται σε ακροφύσιο διασκορπισμού (μπεκ), όπου διασκορπίζεται σε λεπτότατα σταγονίδια και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας εξατμίζεται. Ταυτόχρονα προσάγεται ο αέρας καύσης μέσω ανεμιστήρα χαμηλής πίεσης στο ακροφύσιο διασκορπισμού, όπου γίνεται η ανάμειξη με το νέφος του πετρελαίου. Η ανάφλεξη του μείγματος επιτυγχάνεται με σπινθήρα υψηλής τάσης και η καύση διατηρείται καθ'όσο χρόνο υπάρχει τροφοδοσία πετρελαίου και αέρα.

Στους καυστήρες διασκορπισμού υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της ποσότητας του πετρελαίου και του αέρα καύσης, προκειμένου να επιτύχουμε βέλτιστο διασκορπισμό και ανάμειξη. Για να εξασφαλιστεί αυτόματη και ασφαλής λειτουργία, οι καυστήρες διασκορπισμού πρέπει να έχουν τα ακόλουθα εξαρτήματα:

α) Αντλία πετρελαίου (ηλεκτρική) για την αναρρόφηση από την δεξαμενή καυσίμου,
β) Φίλτρο πετρελαίου με δυνατότητα εύκολου καθαρισμού,
γ) Ανεμιστήρα (ηλεκτρικό) προσαγωγής αέρα καύσης,
δ) Εκκινητές - αυτομάτους διακόπτες προστασίας των ηλεκτροκινητήρων,
ε) Σύστημα αυτόματης ανάφλεξης με σπινθηριστή, και
στ) Πυροστάτη με φωτοκύτταρο η φωτοαντίσταση.

Υπολογισμός της ικανότητας του καυστήρα:

Η ικανότητα του καυστήρα πετρελαίου σε kg/h δίνεται από τον τύπο :

$$G = \frac{Q_{\Lambda}}{Hu \cdot n} \qquad \text{σε (kg/h)}$$

όπου:

Q_{Λ}: η θερμική ισχύς του λέβητα σε kW,

Hu: η κατώτερη θερμογόνος δύναμη του καυσίμου σε (kWh/kg). Για πετρέλαιο diesel λαμβάνεται Hu ≈ 11,5 kWh/kg.

n : ο Βαθμός αποδόσεως του λέβητα = 0,80 - 0,90 (μέση τιμή 0,85).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ

Ο κυκλοφορητής είναι ο ιδιαίτερος τύπος μικρής αντλίας ο οποίος χρησιμεύει για την κυκλοφορία του θερμού νερού των εγκαταστάσεων θέρμανσης στο κλειστό κύκλωμα της διαδρομής από το σύστημα παραγωγής, στις τερματικές συσκευές των χώρων και πάλι πίσω στη μονάδα, εξασφαλίζοντας αφ'ενός την αναγκαία παροχή και αφ'ετέρου κάλυψη των αντιστάσεων του δικτύου μέχρι το δυσμενέστερο σημείο.

Οι κυκλοφορητές έχουν πάντοτε ενσωματωμένο σε ενιαίο κέλυφος (περίβλημα) τον ηλεκτροκινητήρα και την αντλία. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά ενός κυκλοφορητή είναι:

α. Η παροχή του νερού σε m3/h (ή l/h),

β. Το μανομετρικό ύψος Η σε mmΥΣ,

γ. Η ισχύς του κινητήρα σε hp ή W,

δ. Η διάμετρος (σε mm ή in) και ο τύπος (με ρακόρ ή φλάνζτα) των άκρων υδραυλικής σύνδεσης του κυκλοφορητή στο δίκτυο.

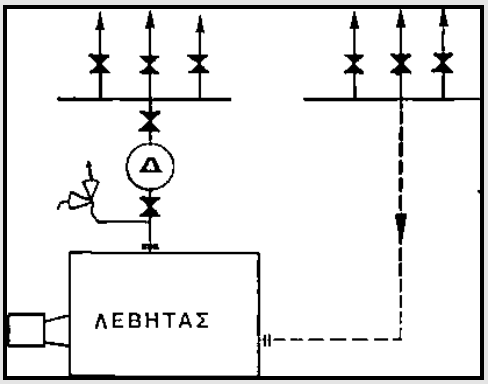
Οι κυκλοφορητές μπορούν να τοποθετούνται στον σωλήνα προσαγωγής ή επιστροφής του δικτύου θέρμανσης και κοντά στο λέβητα.

Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης με κλειστά δοχεία διαστολής συνιστάται η τοποθέτηση του κυκλοφορητή στο σωλήνα προσαγωγής του νερού προς τα σώματα, δηλαδή στην αναχώρηση του νερού από τον λέβητα (ή όποιο άλλο σύστημα παραγωγής), γιατί έτσι περιορίζεται η πιθανότητα δημιουργίας τοπικών υποπιέσεων σε σημεία του δικτύου, που θα οδηγούσε σε μειωμένη απόδοση και εισροή αέρα στο δίκτυο. Οι σύγχρονοι κυκλοφορητές αντέχουν σε θερμοκρασίες 110°C έως 130°C και επομένως δεν υπάρχει πρόβλημα αντοχής στη θερμοκρασία (όπως παλαιότερα συνέβαινε) από την τοποθέτησή τους στην έξοδο του ζεστού νερού από τον λέβητα.

Σε παλαιότερα δισωλήνια συστήματα ή γενικότερα σε συστήματα με ανοικτά δοχεία διαστολής, ο κυκλοφορητής τοποθετείται κατά βάση στην επιστροφή προς τον λέβητα.

Στην είσοδο και έξοδο του κυκλοφορητή πρέπει να τοποθετούνται βάννες απομόνωσης, για την εύκολη αντικατάσταση του κυκλοφορητή σε περίπτωση βλάβης, χωρίς εκκενώσεις του δικτύου θέρμανση.

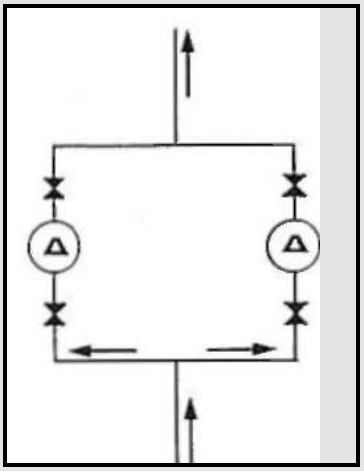
Επίσης για την ελεύθερη κυκλοφορία του νερού όταν αφαιρέσουμε τον κυκλοφορητή κατασκευάζεται σε ορισμένες περιπτώσεις παράλληλος προς τον κυκλοφορητή κλάδος παράκαμψης (by-pass) στον οποίο τοποθετείται και βαλβίδα αντεπιστροφής.



Σχήμα 2.7.1 *Τοποθέτηση κυκλοφορητή στην προσαγωγή.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Συχνά, ανάλογα με τη σημαντικότητα της εγκατάστασης θέρμανσης, τοποθετείται και εφεδρικός κυκλοφορητής, σε παράλληλη σύνδεση με τον κύριο κυκλοφορητή, ώστε να εξασφαλισθεί η κυκλοφορία του νερού στην περίπτωση βλάβης του κύριου κυκλοφορητή.



Σχήμα 2.7.2 *Παράλληλη λειτουργία κυκλοφορητών.*

Υπολογισμός του κυκλοφορητή :

Ο υπολογισμός του κυκλοφορητή συνίσταται βασικά στον προσδιορισμό της ονομαστικής (σε μέγιστο φορτίο δηλαδή) παροχής G (m^3 /h) και του ονομαστικού μανομετρικό ύψος H (m).

Η παροχή του κυκλοφορητή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$G = 0{,}86 \cdot \frac{Q_\Lambda}{\Delta_t} \qquad \text{σε } (m^3/h)$$

όπου :

Δt : η θερμοκρασιακή διαφορά του νερού (προσαγωγή - επιστροφής από/στον λέβητα) σε °C,

Q_Λ: η θερμική ισχύς του λέβητα σε kW

Για τον υπολογισμό του μανομετρικού ύψους του κυκλοφορητή υπολογίζονται:

α. Η πτώση πίεσης H_1 στον δυσμενέστερο κλάδο του οριζόντιου επιδαπέδιου κυκλώματος,

β. Η πτώση πίεσης H_2 στον κατακόρυφο κλάδο μέχρι το συλλέκτη του δυσμενέστερου επιδαπέδιου κυκλώματος η οποία μπορεί να εκτιμηθεί κατά προσέγγιση στις συνήθεις περιπτώσεις σε 1,0-1,50m.

γ. Η πτώση πίεσης H_3 στο λέβητα η οποία λαμβάνεται από 150-500mmΥΣ ανάλογα με τον τύπο του λέβητα.

δ. Η πτώση πίεσης H_4 στην τρίοδη ή τετράοδη βάννα (αν υπάρχει).

Το μανομετρικό ύψος H του κυκλοφορητή λαμβάνεται ίσο προς το άθροισμα των παραπάνω πτώσεων πίεσης προσαυξημένο κατά ένα συντελεστή ο οποίος συνήθως λαμβάνεται ίσος προς 50% δηλαδή είναι:

$$H = 1{,}50\ (H1 + H2 + H3 + H4)$$

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Η επιλογή του κυκλοφορητή γίνεται από τις καμπύλες παροχής - μανομετρικού ύψους (G - H) των διαφόρων κατασκευαστών.

Σε ό,τι αφορά το σημείο λειτουργίας τους και την προσαρμογή τους στις ανάγκες του δικτύου (χαρακτηριστική καμπύλη δικτύου) διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις :

- κυκλοφορητές σταθερού σημείου λειτουργίας,
- κυκλοφορητές 2, 3 ή 4 ταχυτήτων και αντίστοιχων καμπυλών G-H, οπότε επιλέγεται κατά περίπτωση η ταχύτητα που ταιριάζει στο δίκτυο,
- ηλεκτρονικοί κυκλοφορητές (Δp-c/v/T), αυτόματης προσαρμογής σημείου λειτουργίας (παροχή-μανομετρτικό), μέσω ηλεκτροκινητήρα με μετατροπέα συχνότητας (inverter).

Οι ηλεκτρονικοί κυκλοφορητές είναι η τελευταία τεχνολογία σε ό,τι αφορά την υψηλή απόδοση, τον αυτόματο έλεγχο λειτουργίας και τη χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση.

Η βασική αρχή λειτουργίας τους είναι ένας σύγχρονος κινητήρας με μόνιμο μαγνήτη για ρότοτρα (αντί του γνωστού ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα). Η λειτουργία ηλεκτρονικά ελεγχόμενων κινητήρων με μόνιμο μαγνήτη βασίζεται στις εξής φυσικές αρχές :

- Η μαγνητική ροή στον κινητήρα παράγεται από τον μόνιμο μαγνήτη στο ρότορα τόσο κατά την ακινησία όσο και κατά την περιστροφή.
- Η άσκηση δύναμης δημιουργείται από την αλληλεπίδραση μεταξύ της μαγνητικής ροής του μόνιμου μαγνήτη και της ηλεκτρικής ροής μέσα από τα τυλίγματα, ή αλλιώς μεταξύ ηλεκτρικών (στάτορας) και μαγνητικών πόλων (ρότορας) (έλξη αντίθετων πόλων, N – S).
- Η συνεχής περιστροφική κίνηση επιτυγχάνεται με περιοδική αλλαγή των τυλιγμάτων σε συνάρτηση με τη θέση του ρότορα (ηλεκτρονικός έλεγχος του ρεύματος).
- Η ταχύτητα περιστροφής είναι σύγχρονη με την ταχύτητα αλλαγής των τυλιγμάτων (σύγχρονος κινητήρας) και ρυθμίζεται αδιαβάθμητα μέσω ενός μετατροπέα.
- Ο εντοπισμός της θέσης του ρότορα πραγματοποιείται με τη βοήθεια αισθητηρίων (π.χ. αισθητήριο Hall) ή με μοντέρνες μεθόδους χωρίς αισθητήρια.
- Η επαγωγική τάση στα τυλίγματα του στάτορα δημιουργείται από την περιστροφή του μόνιμου μαγνήτη στον ρότορα σε συνάρτηση με την ταχύτητα περιστροφής, αλλά ανεξάρτητα από την ηλεκτρική ροή. Αυτή η ιδιότητα έχει μεγάλη σημασία για τις διαφορετικές μεθόδους ηλεκτρονικού ελέγχου και χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της θέσης του ρότορα χωρίς αισθητήριο.
- Ο ηλεκτρονικός έλεγχος πραγματοποιείται με μετατροπέα ο οποίος παρεμβάλλεται μεταξύ ηλεκτρικής τροφοδοσίας και κινητήρα. Για μείωση του θορύβου η ημιτονοειδής ηλεκτρική ροή δημιουργείται μέσω ηλεκτρονικής ισχύος, η οποία είναι ενσωματωμένη σε μοντέρνους κινητήρες.

Οι βασικότεροι τρόποι αυτόματου ελέγχου των ηλεκτρονικών κυκλοφορητών είναι οι εξής :

Δp-c: Ο κυκλοφορητής μεταβάλλει στροφές προσπαθώντας να διατηρήσει το μανομετρικό σταθερό σε μια προεπιλεγμένη τιμή. Το κλείσιμο δίοδων βανών σε παράλληλους κλάδους οδηγεί σε αύξηση του μανομετρικού του ηλεκτρονικού κυκλοφορητή, ο οποίος το αντιλαμβάνεται μέσω ενσωματωμένου συστήματος μέτρησης (καταγραφή του πραγματικού μανομετρικού έμμεσα, μετρώντας στροφές και απορροφώμενη ισχύ).

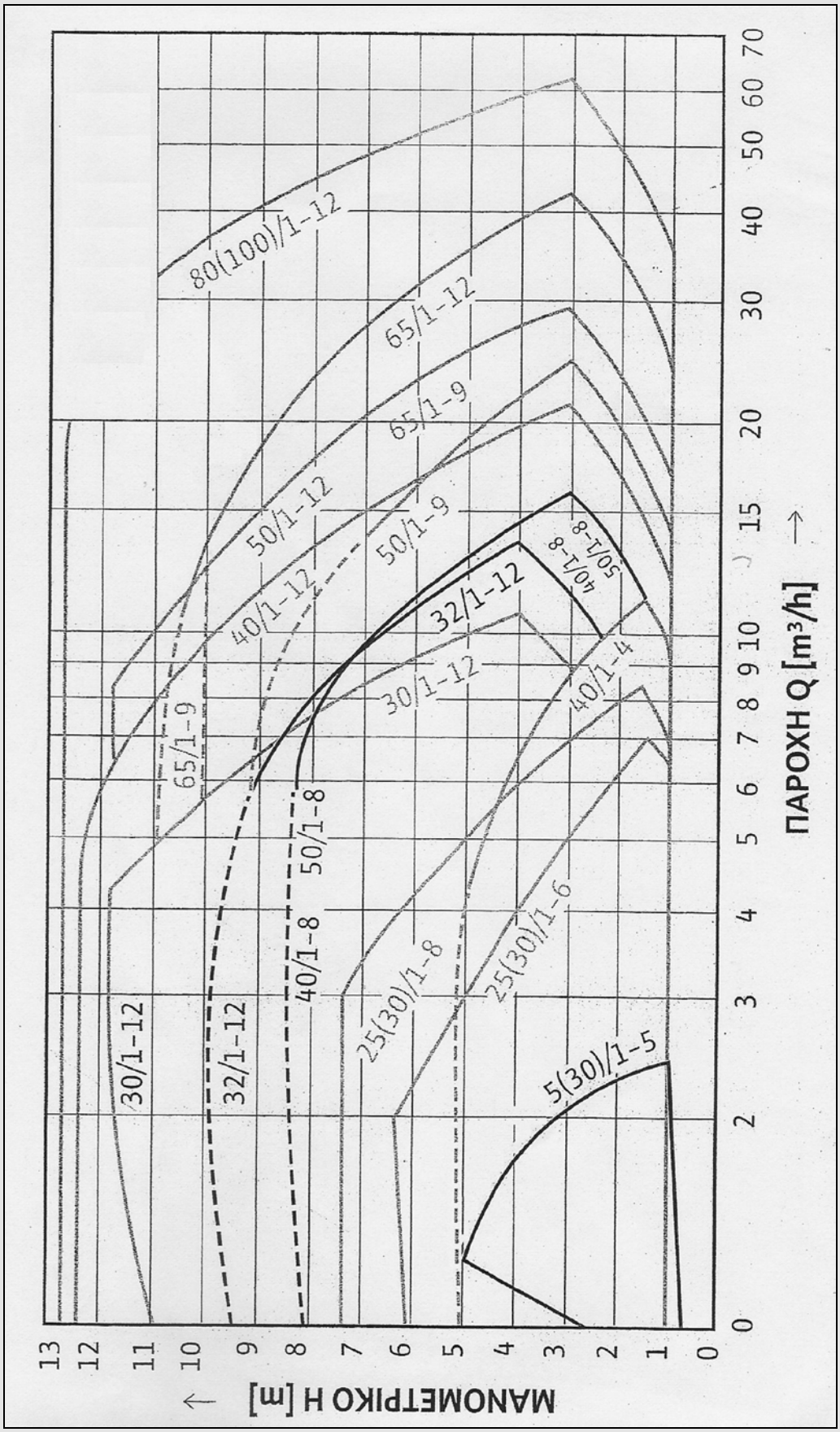
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Δp-v Ο τρόπος λειτουργίας μεταβλητού μανομετρικού (Δp-variable) εφαρμόζεται σε κυκλώματα όπου το συνολικό μανομετρικό κατά τη μέγιστη ζήτηση της εγκατάστασης, καταρτίζεται σε μεγάλο ποσοστό από πτώση πίεσης στην κεντρική προσαγωγή και επιστροφή (το απαιτούμενο μανομετρικό μειώνεται ραγδαία καθώς μειώνεται η παροχή).

Δp-T Οι σύγχρονοι υδρολίπαντοι ηλεκτρονικοί κυκλοφορητές μεταβλητών στροφών διαθέτουν ενσωματωμένο αισθητήριο θερμοκρασίας με το οποίο μετράνε τη θερμοκρασία νερού. Έτσι μπορούν να μεταβάλλουν το επιθυμητό μανομετρικό σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία νερού, είτε της προσαγωγής είτε της επιστροφής ανάλογα με τη θέση τοποθέτησης του κυκλοφορητή. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας συμβολίζεται με «Δp-T»

Στο σχήμα 2.7.3. αναφέρονται ενδεικτικά διαγράμματα λειτουργίας ηλεκτρονικών κυκλοφορητών.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 2.7.3 *Χαρακτηριστικές καμπύλες κυκλοφορητών.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την «Ενεργειακή απόδοση των κτηρίων». ΕΕΕΚ L.1, 4.1.2003, (2003).
2. Οδηγία 2010/31/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Μαΐου 2010 για την «Ενεργειακή απόδοση των κτηρίων» (Αναδιατύπωση). ΕΕΕΚ L.153, 18.6.2010, (2010).
3. Φ.Ε.Κ. 89, νόμος 3661/19-05-2008. «Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις».
4. Φ.Ε.Κ. Β΄ 407 / 9-4-2010, απόφαση Δ6/Β/οικ.5825 «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων».
5. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης». Υπουργική Απόφαση Αριθ. οικ.17178/2010 «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων», ΦΕΚ 1387/2-9-2010, έκδοση Β΄.
6. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων». Υπουργική Απόφαση Αριθ. οικ.17178/2010 «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων», ΦΕΚ 1387/2-9-2010, έκδοση Β΄.
7. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών Περιοχών». Υπουργική Απόφαση Αριθ. οικ.17178/2010 «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων», ΦΕΚ 1387/2-9-2010, έκδοση Β΄.
8. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2411/86, «Εγκαταστάσεις σε κτίρια και οικόπεδα. Διανομή κρύου - ζεστού νερού». ΦΕΚ 843Β/16-11-88, Έκδοση Δ΄.
9. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2421 – Μέρος 1/86, «Εγκαταστάσεις σε κτίρια. Δίκτυα διανομής ζεστού νερού για θέρμανση κτηριακών έργων». ΦΕΚ 67/Β/4-2-88, Έκδοση Δ΄.
10. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2421 - Μέρος 2/86 Εγκαταστάσεις σε κτίρια. Λεβητοστάσια παραγωγής ζεστού νερού για θέρμανση κτηριακών έργων. ΦΕΚ 148/Β/17-3-88, Έκδοση Δ΄.
11. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86, «Εγκαταστάσεις σε κτίρια. Κλιματισμός κτηριακών χώρων». ΦΕΚ 177/Β/31-3/88, Έκδοση Γ΄.
12. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86, «Εγκαταστάσεις σε κτίρια. Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων». Έκδοση Ε΄.
13. Μαλαχίας Ν. Γ., "Κεντρικές Θερμάνσεις με Μονοσωλήνιο Σύστημα». Εκδόσεις ΙΩΝ, 2η έκδοση, Αθήνα 2001.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

14. ASHRAE Handbook «Fundamentals». American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2009.
15. ASHRAE Handbook «HVAC-Systems and Equipment». American Society of Heating Refrigeration and Air- Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2008.
16. ASHRAE Green Guide (3rd edition). The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings. American Society of Heating Refrigeration and Air- Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2010.
17. ASHRAE Standard 55:2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, GA.
18. ASHRAE Standard 62.1:2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, GA.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ