

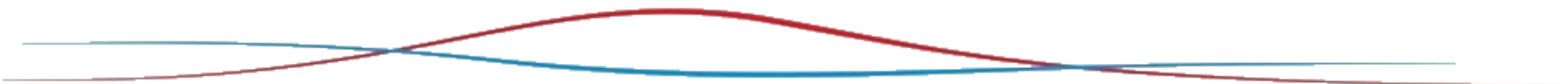


Σχεδιασμός δισωλήνιου κυκλώματος θέρμανσης

*Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός I
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΛΜΕΠΑ*

Δρ. Γεώργιος Μιχ. Σταυρακάκης
Χημ. Μηχανικός PhD, MSc ΕΜΠ

Εαρινό εξάμηνο 2020-21





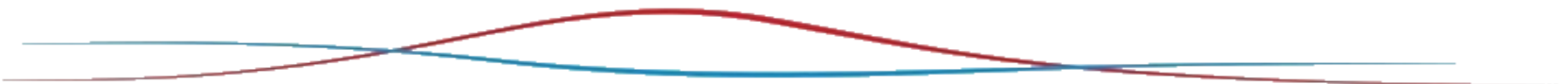
Εισαγωγικά

Όταν αναφερόμαστε στον «σχεδιασμό» ενός δικτύου διανομής εννοούμε την εκπόνηση των απαιτούμενων υπολογισμών ισοζυγίων μάζας και ενέργειας για την διαπίστωση των τεχνικών προδιαγραφών του δικτύου. Συνολικά, για το δίκτυο διανομής μας ενδιαφέρει να προδιαγράψουμε:

- Τις κατάλληλες σωληνώσεις (υλικό και διαστάσεις) των τμημάτων διανομής στα θερμαντικά σώματα.
- Τα κατάλληλα εξαρτήματα (διασύνδεσης, ρύθμισης και κατεύθυνσης ροής, κτλ.) που παρεμβάλλονται στις σωληνώσεις του δικτύου.
- Το απαραίτητο μανομετρικό ύψος του κυκλοφορητή για την άριστη εξυπηρέτηση του δικτύου.

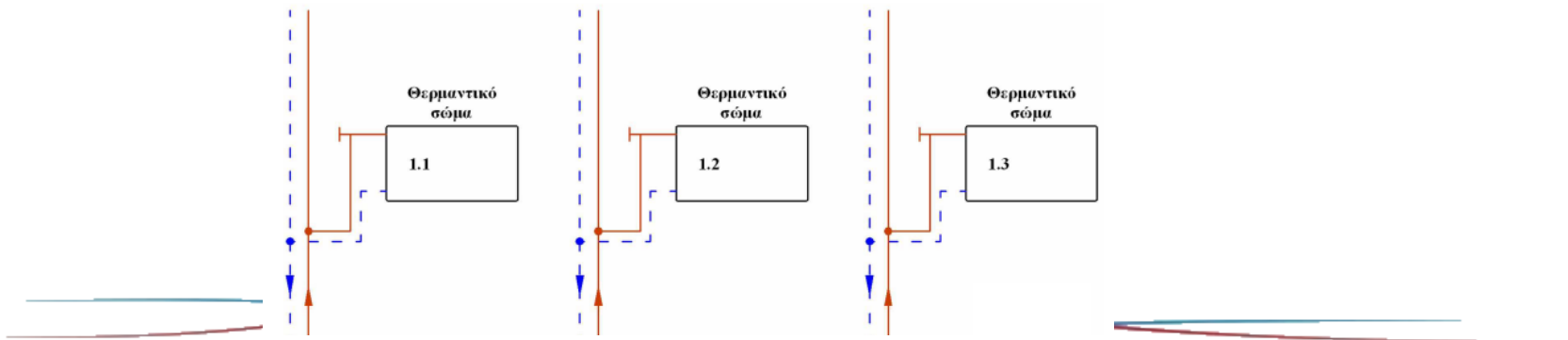
Τα παραπάνω προϋποθέτουν την εκτίμηση θεμελιωδών παραμέτρων της ροής/κυκλοφορίας του θερμού ρευστού στο κύκλωμα θέρμανσης που βασίζονται σε:

1. **Υπολογισμούς του θερμικού ισοζυγίου (θερμικούς υπολογισμούς)** για την εκτίμηση της μεταφερόμενης θερμικής ισχύος και την επιλογή των κατάλληλων θερμαντικών σωμάτων.
2. **Υδραυλικούς υπολογισμούς** για την εκτίμηση των πτώσεων πίεσης κατά μήκος των σωλήνων και των διαφόρων εξαρτημάτων αλλά και του ολικού μανομετρικού ύψους.



Εισαγωγικά

Στις κλασικές διατάξεις το ζεστό νερό αναχωρεί από το λέβητα και οδηγείται σε όλα τα θερμαντικά σώματα από το σωλήνα προσαγωγής. Μέσω των θερμαντικών σωμάτων το νερό οδεύει προς το σωλήνα επιστροφής και από εκεί πίσω στο λέβητα. Τα θερμαντικά σώματα επομένως παίζουν το ρόλο γέφυρας ανάμεσα στους σωλήνες προσαγωγής και επιστροφής. Συνήθως η σύνδεση των θερμαντικών σωμάτων με το δισωλήνιο δίκτυο διαμορφώνει κυκλώματα είτε «διπλής παράλληλης γραμμής» (κλασικό δισωλήνιο) είτε «ίσης πτώσης πίεσης» (τρισωλήνιο). Στα κυκλώματα διπλής παράλληλης γραμμής τα σώματα συνδέονται με το λέβητα μέσω του σωλήνα προσαγωγής και του σωλήνα επιστροφής. Κάθε σώμα συνδέεται στην άνω υποδοχή του με το σωλήνα προσαγωγής του θερμού νερού (συνήθως θερμοκρασίας 80-90°C) και στην κάτω υποδοχή του συνδέεται με το σωλήνα επιστροφής του λιγότερου ζεστού νερού (συνήθως θερμοκρασίας 65-75°C). Πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι όλα τα σώματα τροφοδοτούνται με νερό της ίδιας περίπου θερμοκρασίας. Δεχόμενοι το παραπάνω, μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε ότι ίδια θερμαντικά σώματα αποδίδουν στους διάφορους χώρους ίσα ποσά θερμότητας ή ότι η αποδιδόμενη θερμότητα από τα σώματα, εξαρτάται από τη θερμαινόμενη επιφάνεια των σωμάτων και από τη διαφορά θερμοκρασίας του νερού προσαγωγής – επιστροφής του λέβητα. Παραλλαγή του συστήματος αυτού είναι το σύστημα «σώμα-κύκλωμα», στο οποίο οι σωλήνες προσαγωγής – επιστροφής συνδέονται με τοπικούς συλλέκτες (κολλεκτέρ), από τους οποίους αναχωρούν χωριστά ζεύγη σωλήνων, συνήθως ενδοδαπέδια, προσαγωγής προς και επιστροφής από κάθε θερμαντικό σώμα.





Θερμικοί υπολογισμοί

Οι θερμικοί υπολογισμοί στοχεύουν πρωτίστως στον υπολογισμό της μεταφερόμενης θερμικής ισχύος προς τα θερμαντικά σώματα, η οποία αξιοποιείται στη συνέχεια στους λεπτομερείς υδραυλικούς υπολογισμούς του δικτύου. Η μεταφερόμενη θερμική ισχύς Q (kcal/h) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = \dot{m} * c * (T_V - T_R) \quad (1)$$

Όπου:

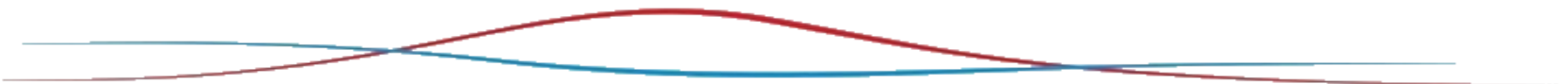
$\dot{m}$ είναι η μαζική παροχή (kg/s)

c είναι η ειδική θερμότητα του νερού ίση με 1 kcal/(kg*oC)

T_V , T_R είναι αντιστοίχως η θερμοκρασία προσαγωγής και επιστροφής του θερμού νερού στο θερμαντικό σώμα (oC).

Αν G (lt/h) και ρ_m (kg/lt) είναι αντιστοίχως η ογκομετρική παροχή και η πυκνότητα του θερμού νερού, τότε η (1) γίνεται:

$$Q = G * \rho_m * c * (T_V - T_R) \quad (2)$$





Θερμικοί υπολογισμοί

Είναι ρεαλιστικό να υποτεθεί ότι η μέση πυκνότητα του θερμού νερού είναι ίση με τον αριθμητικό μέσο όρο της πυκνότητας του νερού προσαγωγής και επιστροφής, δηλ.:

$$\rho_m = \frac{\rho_V + \rho_R}{2} = 0,9778 \text{ kg/l} \quad (3)$$

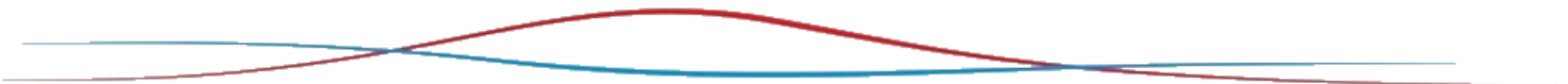
Η προαναφερόμενη τιμή εκτιμάται από την εύρεση της πυκνότητας του νερού από handbooks ιδιοτήτων ρευστών για θερμοκρασίες $T_V = 90^\circ\text{C}$ και $T_R = 70^\circ\text{C}$. Το νερό που αναχωρεί από το λέβητα στα κλασικά δισωλήνια συστήματα βρίσκεται συνήθως στις προαναφερόμενες θερμοκρασίες προσαγωγής και επιστροφής.

Από την εξίσωση συνέχειας (διατήρηση της μάζας) η ογκομετρική παροχή του νερού στο σωλήνα διέλευσης του θερμού νερού διαμέτρου d , θα είναι:

$$G = \pi * \frac{d^2}{4} * u \quad (4)$$

Όπου d είναι η διάμετρος του σωλήνα σε mm, και u είναι η ταχύτητα ροής του νερού σε m/s.

Έτσι, λόγω της (4) η σχέση (2) γράφεται:





Θερμικοί υπολογισμοί

Έτσι, λόγω της (4) η σχέση (2) γράφεται:

$$Q = \pi * \frac{d^2}{4} * u * \rho_m * c * (T_V - T_R) \quad (5)$$

Με αντικατάσταση των γνωστών μεγεθών παραπάνω και με εφαρμογή των κατάλληλων συντελεστών για τη διασφάλιση της συμβατότητας των μονάδων, θα είναι:

$$(5) \Rightarrow Q = 3,14 * \frac{10^{-6} d^2}{4} * 3600 * u * 10^3 0,9778 * 1 * (T_V - T_R) \Leftrightarrow$$

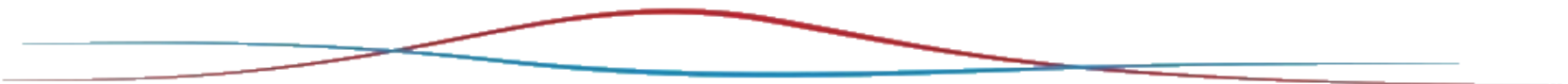
$$\Leftrightarrow Q = 2,763 * d^2 * u * (T_V - T_R) \quad (6)$$

όπου:

d :	η διάμετρος του σωλήνα σε mm
Q :	η απαιτούμενη θερμική ισχύς σε kcal/h
u :	η ταχύτητα ροής σε m/s
T_V :	η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής σε °C
T_R :	η θερμοκρασία του νερού επιστροφής σε °C.

Μόνο στην περίπτωση που $T_V = 90^{\circ}\text{C}$ και $T_R = 70^{\circ}\text{C}$ προκύπτει η μεταφερόμενη θερμική ισχύς:

$$Q = 55,3 * d^2 * u \quad (7)$$





Υδραυλικοί υπολογισμοί

Προσεγγιστικοί υπολογισμοί

Καθώς η θερμική ισχύς Q για κάθε σώμα προσδιορίζεται από τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών του υπό μελέτη χώρου που καλούμαστε να καλύψουμε/αντισταθμίσουμε, με γνωστή τη θερμική ισχύ υπολογίζονται η διάμετρος της σωλήνωσης ή η ταχύτητα ροής.

Από σχέση (6):

$$d = 0,6 \sqrt{\frac{Q}{u(T_V - T_R)}} \quad (\text{όταν } T_V = 90^\circ\text{C και } T_R = 70^\circ\text{C, τότε } d = 0,134 \sqrt{\frac{Q}{u}}) \quad (8)$$

$$u = 0,36 \frac{Q}{d^2(T_V - T_R)} \quad (\text{όταν } T_V = 90^\circ\text{C και } T_R = 70^\circ\text{C, τότε } u = 0,018 \frac{Q}{d^2}) \quad (9)$$

Βάσει των παραπάνω, θεωρητικά τουλάχιστον, το πρόβλημα του υπολογισμού της αναγκαίας παροχής θερμότητας σε κάθε σώμα ανάγεται στον καθορισμό της παροχής ζεστού νερού. Δηλαδή, για κάθε σώμα αρκεί η εκλογή μιας ταχύτητας ροής, όταν είναι γνωστή η διάμετρος του σωλήνα, ή μίας διαμέτρου του σωλήνα προσαγωγής, όταν είναι δεδομένη η ταχύτητα ροής. Στην πράξη βέβαια υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες και σοβαροί περιορισμοί. Η ροή, όπως είναι γνωστό, μέσα από σωλήνες συνεπάγεται την εμφάνιση τριβών, οι οποίες αυξάνονται αλματωδώς, όσο αυξάνει η ταχύτητα ροής. Αυτές οι αντιστάσεις/τριβές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό του συστήματος προκειμένου να υπολογιστούν ορθώς οι πτώσεις πίεσης και το μανομετρικό ύψος του κυκλοφορητή.





Υδραυλικοί υπολογισμοί

Πρακτικοί υπολογισμοί σχεδιασμού

Όπως στο σχεδιασμό του μονοσωλήνιου συστήματος, έτσι και στο δισωλήνιο η συνολική πτώση πίεσης H (mmΥΣ) λόγω αντιστάσεων τριβών κατά τη ροή, σε μια κλειστή διαδρομή η οποία περιλαμβάνει το λέβητα, το θερμαντικό σώμα και τις αντίστοιχες σωληνώσεις της συγκεκριμένης διαδρομής, είναι:

$$H = \sum_{i=1}^{\nu} (R_i * L_i) + Z \quad (10)$$

Όπου:

ν είναι ο συνολικός αριθμός των τμημάτων του δικτύου, με διαφορετική παροχή νερού το καθένα

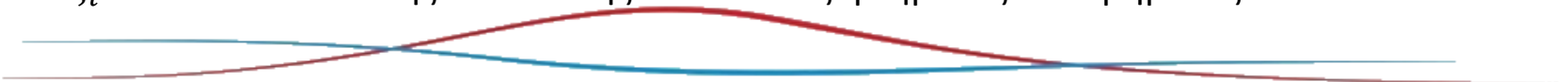
R_i η ανηγμένη ανά m μήκους πτώση πίεσης του τμήματος i του δικτύου (mmΥΣ/m)

L_i το μήκος του τμήματος i του δικτύου (m) (λαμβάνεται από τα σχέδια του δικτύου)

Z η συνολική πτώση πίεσης λόγω τοπικών αντιστάσεων (εξαρτημάτων) του δικτύου (mmΥΣ). Υπολογίζεται ως εξής:

$$Z = \sum_{i=1}^{\nu} \zeta_i * \frac{\rho * u_i^2}{2} \quad (11)$$

Όπου: ζ_i είναι ο συντελεστής αντίστασης του κάθε εξαρτήματος του τμήματος i του δικτύου.





Υδραυλικοί υπολογισμοί

Πρακτικοί υπολογισμοί σχεδιασμού

Προσδιορισμός της ανηγμένης αντίστασης R_i

Στον **Πίνακα 7.23** του συγγράμματος «Δ.Α. Κατσαπρακάκης, Μ. Μονιάκης, [Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός](#)» δίνεται η ανηγμένη Πτώση πίεσης R (mmH₂O/m) για διάφορες διαμέτρους d ευθύγραμμων σιδηροσωλήνων και χαλυβδοσωλήνων, η οποία αντιστοιχεί σε διάφορους συνδυασμούς θερμικής παροχής Q_{20} (Mcal/h) για $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ και ταχύτητας ροής u (m/s) ζεστού νερού (στους 80°C).

Δείγμα Πίνακα

Πίνακας 7.23: Πτώση πίεσης R (mm H₂O/m) και ταχύτητα ροής u (m/s) ζεστού νερού (80°C), σε συνάρτηση με τη θερμική παροχή Q_{20} (Mcal/h) για $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ και τη διάμετρο d (mm) για ευθύγραμμους σιδηροσωλήνες και χαλυβδοσωλήνες.

d R	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	57/63	64/70	70/76	76/82	82/89	95/102	106/114	119/127	125/133
0,05	Q_{20} u		0,74 0,02	1,66 0,03	2,5 0,03	4,95 0,04	6,80 0,04	9,30 0,04	11,8 0,05	15,0 0,05	18,8 0,05	27,1 0,06	37,2 0,06	50,5 0,07	58,3 0,07
0,06		0,40 0,02	0,82 0,03	1,84 0,03	2,78 0,03	5,5 0,04	7,56 0,04	10,4 0,05	13,2 0,05	16,7 0,05	20,7 0,06	30,0 0,06	39,3 0,06	53,8 0,07	61,5 0,07
0,07		0,44 0,02	0,89 0,03	2,02 0,03	3,04 0,04	6,03 0,05	8,3 0,05	11,3 0,05	14,4 0,05	18,2 0,06	22,7 0,06	32,8 0,07	45,2 0,07	61,5 0,08	70,5 0,08
0,08		0,48 0,03	0,96 0,03	2,17 0,04	3,30 0,04	6,50 0,05	8,9 0,05	12,2 0,06	15,5 0,06	19,7 0,06	24,5 0,07	35,2 0,07	49,0 0,08	66,5 0,09	76,5 0,09
0,09		0,51 0,03	1,03 0,03	2,33 0,03	3,51 0,04	7,00 0,05	9,6 0,05	13,1 0,06	16,6 0,06	21,7 0,07	26,2 0,07	37,8 0,07	52,5 0,08	71,0 0,09	81,5 0,09
0,10		0,54 0,03	1,10 0,03	2,48 0,04	3,75 0,05	7,45 0,05	10,1 0,06	14,0 0,06	17,7 0,07	25,5 0,07	28,0 0,08	40,0 0,08	55,5 0,09	75,5 0,10	86,5 0,10
0,11		0,57 0,03	1,16 0,04	2,62 0,04	3,96 0,05	7,85 0,06	10,7 0,06	14,7 0,07	18,7 0,07	23,7 0,07	29,6 0,08	42,4 0,09	58,7 0,10	80,0 0,10	91,5 0,11

ΠΡΟΣΟΧΗ!

Οι τιμές του Πίνακα ισχύουν μόνο για $\Delta T = 20^\circ\text{C}$. Σε άλλη περίπτωση, η θερμική παροχή πρέπει να αναχθεί σε $\Delta T = 20^\circ\text{C}$, με βάση τη σχέση:

$$Q_{20} = Q_{\Delta T} \cdot \frac{20}{\Delta T}$$



Υδραυλικοί υπολογισμοί

Πρακτικοί υπολογισμοί σχεδιασμού

Προσδιορισμός της ανηγμένης αντίστασης R_i

Προϋπόθεση για να δουλέψουμε με τα δεδομένα του παραπάνω Πίνακα είναι να γνωρίζουμε, εκτός από τη θερμική ισχύ ή την παροχή ζεστού νερού που κυκλοφορεί στο κάθε υπό μελέτη τμήμα σωλήνωσης, τη διάμετρο του σωλήνα. **Που θα τη βρούμε???**

Μπορεί να αξιοποιηθεί σχετικός Πίνακας προσωρινού προσδιορισμού της διαμέτρου με ικανοποιητική προσέγγιση (βλ. **Πίνακα 7.24** του συγγράμματος «Δ.Α. Κατσαπρακάκης, Μ. Μονιάκης, Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός»).

Πίνακας 7.24: Προσωρινή διάμετρος εκτίμηση σωληνώσεων δισωληνίου συστήματος κεντρικής θέρμανσης.

Θερμικό φορτίο (kcal/h)	Προσωρινή Διάμετρος
0 – 3.000	½"
3.000 – 5.000	½" ή ¾"
5.000 – 8.500	¾"
8.500 – 10.000	¾" ή 1"
10.000 – 17.000	1"
17.000 – 25.000	1" ή 1 ¼"
25.000 – 35.000	1 ¼" ή 1 ½"
35.000 – 50.000	1 ½" ή 2"
50.000 – 65.000	2"
65.000 – 75.000	2" ή 51 / 63
75.000 – 85.000	57 / 63
85.000 – 100.000	64 / 70

Στη συνέχεια, με βάση την επιλογή της προσωρινής διαμέτρου που αντιστοιχεί στο θερμικό φορτίο (μεταφερόμενη θερμική ισχύς) μπορεί να επιλεγεί η προσωρινή πτώση πίεσης από Πίνακα 7.23.

Η διαδικασία προσωρινού υπολογισμού ακολουθείται για τον «δυσμενέστερο» κλάδο του δικτύου και στη συνέχεια επαληθεύεται/διορθώνεται (διόρθωση/επαλήθευση σωλήνων) με επαναυπολογισμό για τους λοιπούς κλάδους (εξέταση αν καλύπτονται τα θερμικά φορτία).



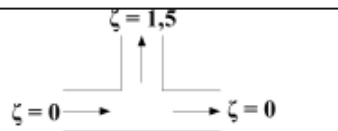
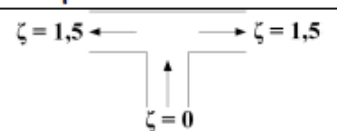
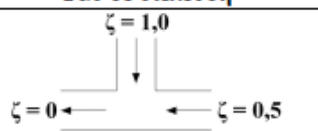
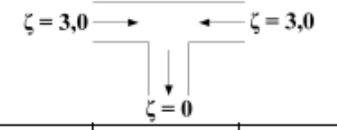
Υδραυλικοί υπολογισμοί

Πρακτικοί υπολογισμοί σχεδιασμού

Προσδιορισμός της πτώσης πίεσης λόγω τριβών Z

Οι τιμές του συντελεστή ζ του κάθε εξαρτήματος που συναντάται σε κάθε εξεταζόμενο τμήμα στο δίκτυο μπορεί να λαμβάνεται από τον **Πίνακα 7.25** του συγγράμματος «Δ.Α. Κατσαπρακάκης, Μ. Μονιάκης, [Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός](#)».

Πίνακας 7.25: Τιμές του συντελεστή αντίστασης ζ εξαρτημάτων δικτύων κεντρικής θέρμανσης.

Θερμαντικό σώμα	2,5			
Λέβητας	2,5			
Διχάλα (πανταλόνι)	1,5			
Ταν σε διακλάδωση				
				
Ταν σε διέλευση				
				
Ταν σε διασταύρωση				
				
Καμπύλη 90°	$r/d = 1,5$	0,50	$r/d = 2,5$	0,30
	$r/d = 2,0$	0,35	$r/d = 3,0$	0,30

Σύρτης		Διάμετρος (mm)			
		10 έως 15 (3/4", 1/2")	20, 25 (3/4", 1")	32, 42 (1 1/4", 1 1/2")	50 και άνω
Ρυθμιστικός διακόπτης	Ευθύς	16	12	9	-
	Γωνιακός	9	7	-	-
Κρουνός	Ευθύς	4	2	-	-
	Γωνιακός	7	4	-	-
Βάνα		1	0,5	0,5	0,5
Γωνία και γωνιακός σύνδεσμος		2,0	1,5	1,0	1,0
Διπλή καμπύλη		1,0			
Βαλβίδα αντεπιστροφής		4,0			
Συλλέκτης, είσοδος		1,0			
Συλλέκτης, έξοδος		0,5			



Υδραυλικοί υπολογισμοί

Πρακτικοί υπολογισμοί σχεδιασμού

Προσδιορισμός της πτώσης πίεσης λόγω τριβών Z

Αφου υπολογίσουμε το άθροισμα των συντελεστών τριβής των εξαρτημάτων του κάθε τμήματος Σζ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο **Πίνακας 7.26** του συγγράμματος «Δ.Α. Κατσαπρακάκης, Μ. Μονιάκης, [Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός](#)», ο οποίος παρέχει την πτώση πίεσης λόγω τριβών Z (mmΥΣ) για διάφορες περιπτώσεις Σζ και για διάφορες τιμές ταχύτητας ροής ζεστού νερού.

Δείγμα Πίνακα

Πίνακας 7.26: Πτώση πίεσης Z (σε mmH₂O) όταν είναι γνωστό το άθροισμα των συντελεστών τοπικών εξαρτημάτων (Σζ) και η ταχύτητα ροής του νερού u (m/s).

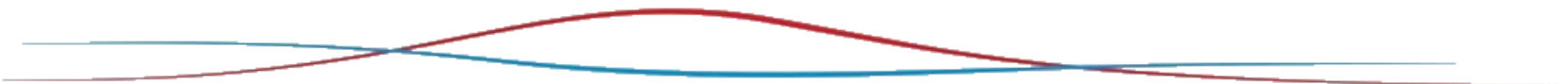
Ταχύτητα ροής (m/s)	Τιμές του Z για Σζ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
0,02	0,02	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
0,03	0,05	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
0,04	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8
0,05	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3
0,06	0,2	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8
0,07	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2	1,3	1,7	2,0	2,2	2,5
0,08	0,3	0,7	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2
0,09	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0
0,10	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

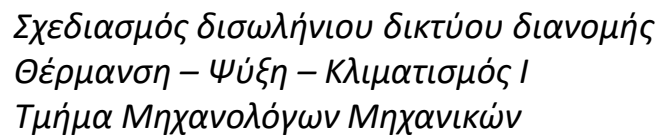


Μεθοδολογία υπολογισμών

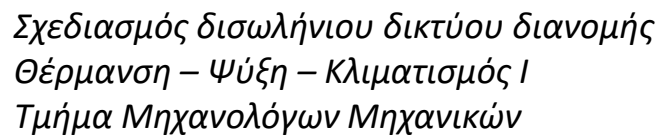
Αλγόριθμος – Βήματα υπολογισμών

1. Επιλογή θερμαντικών σωμάτων βάσει των θερμικών απωλειών των χώρων.
2. Βέλτιστη τοποθέτηση θερμαντικών σωμάτων σύμφωνα με τις βασικές αρχές ορθής χάραξης (βλ. σημειώσεις εργαστηρίου). Σχεδίαση σωλήνων => Μήκη τμημάτων L .
3. Εφαρμογή θερμικού ισοζυγίου και υπολογισμός της μεταφερόμενης θερμικής ισχύος ανά ευθύγραμμο τμήμα του δικτύου.
4. Επιλογή προσωρινής διαμέτρου (από Πίνακα 7.24) βάσει της θερμικής ισχύος του κάθε τμήματος.
5. Προσδιορισμός της ταχύτητας ροής του ζεστού νερού και της ανηγμένης πτώσης πίεσης R από Πίνακα 7.23 για κάθε τμήμα του δικτύου. Υπολογισμός της πτώσης πίεσης ευθύγραμμων τμημάτων των σωλήνων $R \cdot L$.
6. Υπολογισμός ΣZ των εξαρτημάτων από Πίνακα 7.25 για κάθε τμήμα σωληνώσεων.
7. Καθορισμός πτώσης πίεσης λόγω τριβών Z , βάσει του ΣZ , από Πίνακα 7.26.
8. Υπολογισμός συνολικής πτώσης πίεσης του δικτύου από σχέση (10).
9. Επαναυπολογισμός – Διόρθωση/επαλήθευση, Οριστικός υπολογισμός.





Γενικά Στοιχεία				Προσωρινοί υπολογισμοί δικτύου (προσωρινοί διάμετροι)						Οριστικός υπολογισμός δικτύου (Οριστικές διαμέτροι)					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
a.a	Τμήμα σωλήνα	Q	L	d	u	R	L·R	Σζ	Z	d	u	R	L·R	Σζ	Z
		(kcal/h ή kW)	(m)	(mm ή in)	(m/s)	mmH ₂ O /m	mmH ₂ O		mmH ₂ O	(mm ή in)	(m/s)	mmH ₂ O /m	mmH ₂ O		mmH ₂ O
Παρατηρήσεις:				Προσωρινή ολική αντίσταση διαδρομής H=Σ(R·L)+Z						Τελική ολική αντίσταση διαδρομής H=Σ(R·L)+Z					



Για το παρακάτω μονογραμμικό διάγραμμα δισωλήνιου συστήματος να εκπονηθούν οι προσωρινοί υδραυλικοί υπολογισμοί για τον κλάδο Σ2 με χρήση των κατάλληλων Πινάκων. Δίδονται (όπου Λ: Λέβητας):

The diagram illustrates a district heating network with the following components and flow data:

- Heat Exchangers (Σ):**
 - Σ2: 570kcal/h
 - Σ1: 530kcal/h
 - Σ3: 200kcal/h
 - Σ4: 570kcal/h and 890kcal/h
- Pumps/Heat Exchangers (H, I, A, M, O):**
 - H: 510kcal/h
 - I: 530kcal/h
 - A: 530kcal/h
 - M: 270kcal/h
 - O: 570kcal/h
- Flow Rates and Pipe Diameters (1/2''):**
 - Ανώγειο: 570kcal/h, 530kcal/h, 200kcal/h, 1.460kcal/h
 - Ισόγειο: 1.060kcal/h, 530kcal/h, 470kcal/h, 570kcal/h, 2.030kcal/h
 - Other flows: 1.080kcal/h, 1.060kcal/h, 530kcal/h, 470kcal/h, 2.600kcal/h



Άσκηση

Θερμικοί υπολογισμοί – Μεταφερόμενη θερμική ισχύς

Τμήμα ΛΣ: $Q_{\Lambda\Sigma} = Q_{\Sigma} + Q_{\Sigma'} = (470 + 530 + 1060 + 1080) + 2600 = 5740 \text{ kcal/h}$

Τμήμα ΣΑ: $Q_{\Sigma\Lambda} = Q_{\Lambda\Sigma} - Q_{\Sigma'} = 5740 - 2600 = 3140 \text{ kcal/h}$

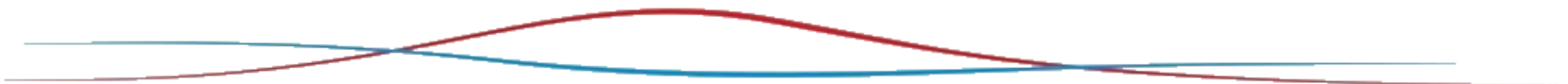
Τμήμα ΑΒ: $Q_{\Lambda\text{B}} = Q_{\Sigma\Lambda} - Q_{\Lambda\text{N}} = 3140 - 470 = 2670 \text{ kcal/h}$

Τμήμα ΒΓ: $Q_{\text{B}\Gamma} = Q_{\Lambda\text{B}} - Q_{\text{B}\Lambda} = 2670 - 530 = 2140 \text{ kcal/h}$

Τμήμα ΓΔ: $Q_{\Gamma\Delta} = Q_{\text{B}\Gamma} - Q_{\Gamma\text{K}} = 2140 - 1060 = 1080 \text{ kcal/h}$

Τμήμα ΔΗ: $Q_{\Delta\text{H}} = 1080 \text{ kcal/h}$

Τμήμα ΗΘ: $Q_{\text{H}\Theta} = Q_{\Delta\text{H}} - Q_{\text{H}} = 1080 - 510 = 570 \text{ kcal/h}$





Άσκηση

Υδραυλικοί υπολογισμοί

Τμήμα ΛΣ

$Q_{\Lambda\Sigma} = 5740 \text{ kcal/h} \Rightarrow$ Από Πίνακα 7.24 $\Rightarrow$ προσωρινή διάμετρος $d = 3/4''$

Από Πίνακα 7.23 εντοπίζουμε την πλησιέστερη θερμική ισχύ στην $Q_{\Lambda\Sigma}$ για $d = 3/4''$, είναι η 6,2 Mcal/h. Συνεπώς προκύπτουν: $u = 0,3 \text{ m/s}$ και $R = 7 \text{ mm}\Psi/\text{m}$.

Οπότε: $H_{R,\Lambda\Sigma} = L_{\Lambda\Sigma} * R_{\Lambda\Sigma} = 2 * 7 = 14 \text{ mm}\Psi$

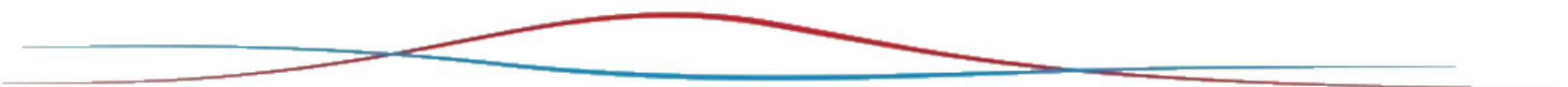
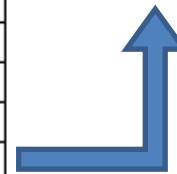
Εξαρτήματα:

Εύρεση ζ από Πίνακα 7.25 για κάθε εξάρτημα.

Τμήμα ΛΣ: Φ3/4''			
Εξάρτημα	Τεμάχια	ζ	$\Sigma\zeta$
Λέβητας	1	2,5	2,5
Βάννες λέβητα	3	1,0	3,0
Ταυ διέλευσης	2	1,0	2,0
Καμπύλες 90°	3	0,5	1,5
Συλλέκτης, είσοδος	1	1,0	1,0
Συλλέκτης, έξοδος	1	0,5	0,5
$\Sigma\zeta$			10,5

Από Πίνακα 7.26 για $u = 0,3 \text{ m/s}$ βρίσκεται

$$Z_{\Lambda\Sigma} = 45 * \frac{10,5}{10} = 47,3 \text{ mm}\Psi$$





Άσκηση

Υδραυλικοί υπολογισμοί

Τμήμα ΣΑ

$Q_{\Sigma A} = 3140 \text{ kcal/h} \Rightarrow$ Από Πίνακα 7.24 $\Rightarrow$ προσωρινή διάμετρος $d = 3/4''$

Από Πίνακα 7.23 εντοπίζουμε την πλησιέστερη θερμική ισχύ στην $Q_{\Sigma A}$ για $d = 3/4''$, είναι η 3,21 Mcal/h. Συνεπώς προκύπτουν: $u = 0,15 \text{ m/s}$ και $R = 2,2 \text{ mmYΣ/m}$.

Οπότε: $H_{R,\Sigma A} = L_{\Sigma A} * R_{\Sigma A} = 6,3 * 2,2 = 13,9 \text{ mmYΣ}$

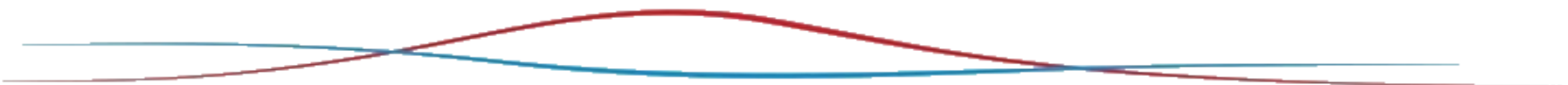
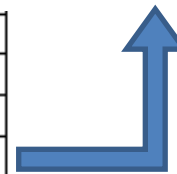
Εξαρτήματα:

Εύρεση ζ από Πίνακα 7.25 για κάθε εξάρτημα.

Από Πίνακα 7.26 για $u = 0,15 \text{ m/s}$
βρίσκεται

$$Z_{\Sigma A} = 4,5 \text{ mmYΣ}$$

Τμήμα ΣΑ: Φ3/4''			
Βάννες	2	1,0	2,0
Καμπύλες 90°	4	0,5	2,0
Σζ			4,0





Άσκηση

Υδραυλικοί υπολογισμοί

Τμήμα AB

$Q_{AB} = 2670 \text{ kcal/h} \Rightarrow$ Από Πίνακα 7.24 $\Rightarrow$ προσωρινή διάμετρος $d = 1/2''$

Από Πίνακα 7.23 εντοπίζουμε την πλησιέστερη θερμική ισχύ στην Q_{AB} για $d = 1/2''$, είναι η 2,78 Mcal/h. Συνεπώς προκύπτουν: $u = 0,24 \text{ m/s}$ και $R = 7 \text{ mmYΣ/m}$.

Οπότε: $H_{R,AB} = L_{AB} * R_{AB} = 4,6 * 7 = 32,2 \text{ mmYΣ}$

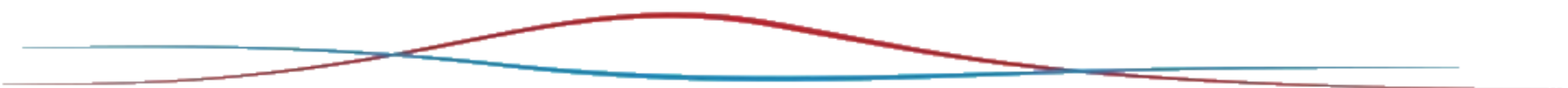
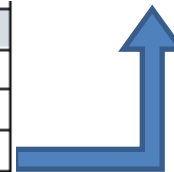
Εξαρτήματα:

Εύρεση ζ από Πίνακα 7.25 για κάθε εξάρτημα.

Από Πίνακα 7.26 για $u = 0,24 \text{ m/s}$ βρίσκεται

$$Z_{\Sigma A} = 5,7 \text{ mmYΣ}$$

Εξάρτημα	Τεμάχια	ζ	$\Sigma \zeta$
Τμήμα AB: $\Phi 1/2''$			
Ταν διέλευσης	2	1,0	2,0
$\Sigma \zeta$			2,0





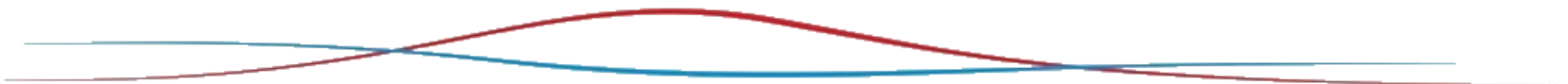
Άσκηση

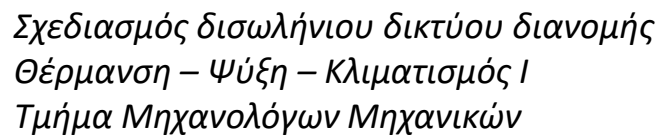
Υδραυλικοί υπολογισμοί

Λοιπά τμήματα ΒΓ, ΓΔ, ΔΗ, ΗΘ

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως για τα προηγούμενα τμήματα λαμβάνοντας υπόψη τα Εξαρτήματα:

Εξάρτημα	Τεμάγια	ζ	Σζ
Τμήμα ΒΓ: Φ1/2"			
Ταν διέλευσης	2	1,0	2,0
Σζ			2,0
Τμήμα ΓΔ: Φ1/2"			
Ταν διέλευσης	2	1,0	2,0
Γωνία	2	2,0	4,0
Σζ			6,0
Τμήμα ΔΗ: Φ1/2"			
Βάννες	2	1,0	2,0
Καμπύλες 90°	2	0,5	1,0
Σζ			3,0
Τμήμα ΗΘ: Φ1/2"			
Ταν διέλευσης	2	1,0	2,0
Γωνία	2	2,0	4,0
Ρυθμιστής διακόπτης, ευθύς	2	16,0	32,0
Θερμαντικό σώμα	1	2,5	2,5
Σζ			40,5





Αποτελέσματα προσωρινών υπολογισμών

Γενικά Στοιχεία				Προσωρινοί υπολογισμοί δικτύου (προσωρινοί διάμετροι)						Οριστικός υπολογισμός δικτύου (Οριστικές διαμέτροι)					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
α.α	Τμήμα σωλήνα	Q	L	d	u	R	L·R	Σζ	Z	d	u	R	L·R	Σζ	Z
		(Mcal/h)	(m)	(mm ή in)	(m/s)	mmH ₂ O /m	mmH ₂ O		mmH ₂ O	(mm ή in)	(m/s)	mmH ₂ O /m	mmH ₂ O		mmH ₂ O
	ΛΣ	5,74	2,0	3/4"	0,3	7	14,0	10,5	47,3						
	ΣΑ	3,14	6,3	3/4"	0,15	2,2	13,9	4	4,5						
	ΑΒ	2,67	4,6	1/2"	0,24	7	32,2	2	5,7						
	ΒΓ	2,14	2,7	1/2"	0,18	4,5	12,2	2	3,2	(Όπως οι προσωρινοί υπολογισμοί)					
	ΓΔ	1,08	6,8	1/2"	0,09	1,4	9,5	6	2,4						
	ΔΗ	1,08	3,0	1/2"	0,09	1,4	4,2	3	1,2						
	ΗΘ	0,57	7,0	1/2"	0,05	0,45	3,2	40,5	5,2						
							89,2		69,5						
Παρατηρήσεις:				Προσωρινή ολική αντίσταση διαδρομής H=Σ(R·L)+Z = 89,2+69,5 =					158,7	Τελική ολική αντίσταση διαδρομής H=Σ(R·L)+Z					