

Isıtma Tesisatında Kullanılan Plastik Borular için Sürtünme Basınç Kaybı Gradyanı Çizelgesinin Hazırlanması ve Örnek Projeye Uygulanması

Mehmet Tahir ERDİNÇ¹, Alper YILMAZ^{*2}
Tuncay YILMAZ¹

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osmaniye,
²Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Otomotiv Müh. Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 09.10.2015

Kabul tarihi: 10.11.2015

Özet

Isıtma sistemlerinde son yıllarda plastik borular hafif ve korozyona karşı dirençli olduğundan dolayı tercih edilmeye başlamıştır. Isıtma tesisatında kullanılacak pompanın seçimi için bilindiği üzere kazan çıkışındaki su debisi yanında kritik devrenin toplam basınç kaybının da bulunması gerekmektedir. Çelik borular için sıcaklık farkı (ΔT) $\Delta T = 1^\circ\text{C}$ ve $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ için sürtünme basınç kaybı gradyanı (SBKG) R (Pa/m) çizelgesi bulunmaktadır. Bu çalışmada ise plastik borular için standartlarda verilen boru çapları kullanılarak $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ için sürtünme basınç kaybı gradyanı çizelgesi çıkartılmış olup, örnek bir tesisatta hem çelik boru hem de plastik boru kullanılması durumundaki basınç kaybı değerleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Isıtma, Plastik boru, Sürtünme basınç kaybı gradyanı

Determination of Chart for Friction Pressure Drop Gradient for Heating System Using Plastic Pipes with Application to a Sample Project

Abstract

In last years, plastic pipes are most preferred because they are light and resistant to corrosion. To select pump of the heating system; beside the water flow rate after the boiler, the total pressure drop in the critical cycle of the system must be known. For $\Delta T = 1^\circ\text{C}$ and $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ steel pipe friction pressure drop gradients R (Pa/m) are given in literature. In this study, for plastic pipes of different diameters, friction pressure drop gradients are determined for $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ and a case study for steel and plastic pipe application is carried out and result are compared.

Keywords: Heating, Plastic pipe, Friction pressure drop gradient.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Alper YILMAZ, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, 01330 Adana, alpyil@cu.edu.tr

1. GİRİŞ

Isıtma ihtiyacının yanında artık konfor ve enerji tasarrufu da önem kazanmaktadır. Buna bağlı olarak binalarda ısıtma sistemlerinde, daha iyi yalıtım malzemelerinin kullanılması, oda termostatlarının konulması, daha verimli kazanların ve değişken devirli pompaların kullanılması gibi yenilikler var olmaya başlamış ve buna bağlı olarak da bu konudaki standartlar ve kurallar da hızlı değişime uğramaktadır. Diğer önemli yenilikler ise pompalı ısıtma sistemlerinde plastik boruların ve ısı pay ölçerlerin (ısı sayacı) kullanımınıdır. Plastik boruların hafif ve korozyona karşı dirençli olması kullanımını bazı durumlarda cazip hale getirmektedir. Plastik borular hali hazırda sıhhi tesisatta yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle plastik teknolojisindeki gelişmeler sayesinde yüksek sıcaklıklara dayanıklı boruların üretilmesiyle bu boruların pompalı ısıtma tesisatlarında kullanımına olanak sağlanmıştır.

Diğer önemli bir yenilik ise ısı pay ölçerlerin ısıtma tesisatlarında kullanımınıdır. Isı pay ölçer üzerine yerleştirildiği ısıtma hattından geçen ısı enerjisi miktarını debi ve sıcaklık farkına göre ölçen cihazdır. Isı pay ölçerlerin kullanımı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan 14.04.2008 tarih ve 26847 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanan “Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik” ile yürürlüğe girmiştir [1].

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Isıtma sistemleri hesapları için hem ısı transferi hem de akışkanlar mekaniği bilgisi gerektirmektedir. Isıtma tesisatının pompa hesabı için kritik devrenin basınç kaybının bulunması gerekmektedir. Basınç kaybı sürtünmeden dolayı oluşan kayıplar ve yerel kayıplar olarak ikiye ayrılır. Sürtünmeden dolayı oluşan basınç kaybı türbülanslı akışta Reynolds sayısı yanında pürüzlülük katsayısının yani boru malzemesinin de fonksiyonudur. Bundan dolayı kullanılacak boru

malzemesinin önemi vardır. Boru boyutlandırmasının amacı en iyi ve en ekonomik şekilde tesisatın yapılmasıdır [2]. Literatürde, çelik borular için $\Delta T = 1^\circ\text{C}$ ve $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ için sürtünme basınç kaybı gradyanı (SBKG) R(Pa/m) çizelgesi standartlarda belirtilen çaplara göre ısıtma yükünün fonksiyonu olarak verilmektedir [3]. Isıtma tesisatlarında kritik devre seçimi ve boru çapı tayini ile ilgili detaylı bilgiler çelik ve bakır borular için basınç kaybı grafikleri Isısan [4] çalışmasında verilmiştir. Akar [5] yaptığı çalışmada plastik boruların gerekliliği ve özellikleri hakkında bilgi vermiştir. Çakmanus ve İman [6]’ in çalışmasında ve Ashrae [7]’ de plastik boru çeşitleri ve her birinin özellikleri ile ilgili ayrıntılı bilgi bulunmaktadır. Bulgurcu ve Özmen [8] yaptıkları bir çalışmada plastik boru ile çelik borudaki basınç kayıplarını deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Zgoul ve Habali [9] yaptıkları çalışmada enerji verimliliği bakımından plastik boruların çelik borulardan daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Ashrae [10] de plastik borular için basınç kaybı gradyanı bir grafikte debinin fonksiyonu olarak verilmiştir. Yapılan literatür çalışmasında ısıtma tesisatında kullanılan plastik borular için SBKG’nin ısıtma yüküne bağlı olarak çizelgeler bulunmamaktadır.

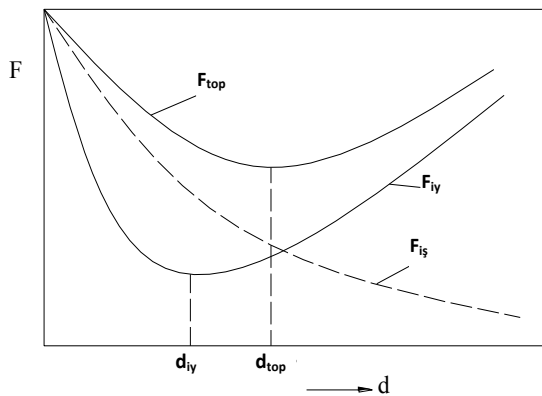
Bu çalışmada sıcak sulu ısıtma sistemi için $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ sıcaklık farkı durumunda plastik borular için belirtilen çizelgeler verilmiştir. $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ verilmesinin nedeni doğal gaz yakıtlı yoğunlaşmalı kazan kullanımının yaygınlaşmasıdır. Ayrıca örnek bir tesisat için çelik boru ile plastik boru kullanılarak basınç kayıpları karşılaştırılmıştır. Hesaplamalara ısı pay ölçer basınç kaybı da dahil edilmiştir.

3. BORU ÇAPI HESABI

Boru çaplarının belirlenmesi için boruların kat planlarında ve kolon şemalarında belirtilmesi ve ısıtma sisteminde kullanılacak çeşitli armatür ile bağlantı yer ve şekillerinin belirtildiği bir kolon şemasının çizilmiş olması gereklidir. Kolon şemasında kazan, pompa ile vanalar ve sistemde

kullanılan kapalı genleşme kabı da belirtilir. Boru çapı hesapları için ilk önce kritik devrenin belirlenmesi gereklidir. Kritik devre basınç kaybının en yüksek olacağı devre olarak tanımlanır. Bu tanıma göre normal olarak yapılan pompalı ısıtma sistemlerinde kazandan en uzak ve ısı yükü en fazla olan devre kritik devre olarak adlandırılır. Eğer en uzak devre en yüksek ısı yükü taşımıyorsa, o zaman $A = \dot{Q}^2 \cdot L$ değeri yüksek olan devre kritik devre olarak belirlenebilir. Burada \dot{Q} ısı yükü ve L boru uzunluğudur. Buna rağmen seçilen devrenin kritik devre olmadığı diğer devrelerin hesaplanması sırasında anlaşıldığında, kritik devreyi önce yanlış tahmin etmenin fazladan hesap yapmış olmak dışında bir zararı olmaz.

Çapların belirlenmesinde çeşitli yöntemler vardır. Bunlardan en önemlileri hız metodu ve sabit sürtünme basınç gradyanı metodudur. Hız metodu basit bir metod olup, hesaplar kolaydır. Ancak sistemde basınç dengeleri gözetilmediği için istenen debilerin istenen ısıtıcılara gitmesi mümkün değildir. Bu durum ancak kolonlara konulacak kolon ayar vanaları ile zahmetli bir işle ayarlanabilir. Sabit sürtünme basınç gradyanı metodunda ise belirli bir basınç gradyanında en ekonomik boru çapının seçileceği durum dikkate alınır. Şekil 1’de ilk yatırım ve işletme giderlerinin boru çapından bağımlılığı şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. İlk yatırım, işletme ve toplam fiyatların boru çapı ile değişimi

İlk yatırım fiyatları (F_{iy}) boru çapı büyüdükçe artmaktadır. Boru çapı sıfıra gittiğinde de ilk yatırım masrafları, pompa sistemi çok büyüdüğünden, yine artacaktır. Bundan dolayı sadece ilk yatırım masrafları dahi düşünülse ekonomik bir optimum d_{iy} boru çapı vardır. İşletme masrafları (F_{iz}) boru çapı ile azalmaktadır, çünkü bilhassa pompanın harcadığı güç azalmaktadır. Bundan dolayı toplam masraflar bir d_{top} boru çapında en küçük olacaktır. Gayet tabiidir ki, d_{top} değeri d_{iy} değerinden daha büyüktür.

Yapılan sistemlerde edinilen deneylere göre ekonomik çap, belirli bir sürtünme basınç gradyanı için belirlenebilmekte ve bu değer genelde $R=50-400$ Pa/m olarak kabul edilebilmektedir. Enerji maliyetinin yüksek olduğu ülkelerde R küçük, düşük olduğu ülkelerde de R büyük seçilir. Ülkemizde daha çok $R=100$ Pa/m seçilmektedir.

4. SBKG ÇİZELGESİNİN BULUNMASI

Borudan geçen ısı miktarı Eş.(1) ile hesaplanabilir:

$$\dot{Q} = \dot{M} c_p \Delta T \quad (1)$$

Burada \dot{M} , c_p ve ΔT sırasıyla suyun kütleli debisi, özgül ısı ve kazan giriş-çıkış sıcaklık farkıdır. Suyun kütleli debisi ise

$$\dot{M} = \rho u A_i \quad (2)$$

şeklinde yazılarak,

$$\dot{Q} = \rho u A_i c_p \Delta T \quad (3)$$

elde edilir. Burada boru kesit alanı A_i ’ de

$$A_i = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4)$$

şeklinde bulunur. Bir metre borudaki sürtünmeden dolayı oluşan SBKG R (Pa/m);

$$R = \frac{\Delta P}{L} \quad (5)$$

şeklinde tarif edilir ve

$$R = \frac{f\rho u^2}{2d} \quad (6)$$

eşitliği ile hesaplanır. ρ , u , d ve L sırasıyla suyun yoğunluğu, su hızı, boru iç çapı ve boru uzunluğudur. Sürtünme katsayısı f ise Eşit.(7)' de verilen Colebrook denklemi [11] ile hesaplanır.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log_{10} \left(\frac{\varepsilon/d}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (7)$$

Burada ε , Re mutlak pürüzlülük ve Reynolds sayısıdır. Re sayısı da

$$Re = \frac{ud}{\nu} \quad (8)$$

bağıntısıyla belirlenir. ν suyun kinematik viskozitesidir.

Normal hesaplarda verilen bir R ve \dot{Q} değerlerinde gerekli boru çapı Eşit.(3)-(6) kullanılarak

$$d = \left(\frac{8f}{\rho\pi^2 R} \right)^{1/5} \left(\frac{\dot{Q}}{c_p \Delta T} \right)^{2/5} \quad (9)$$

şeklinde hesaplanır. Burada f iterasyonla Eşit.(7) den bulunur. İmal edilen borular için verilen çizelgelerden de hesaplanan çapa en uygun boru çapı belirlenir. Sonra da bu verilen borunun çapı ve pürüzlülüğü esas alınarak gerçek SBKG aşağıdaki eşitlikten belirlenir.

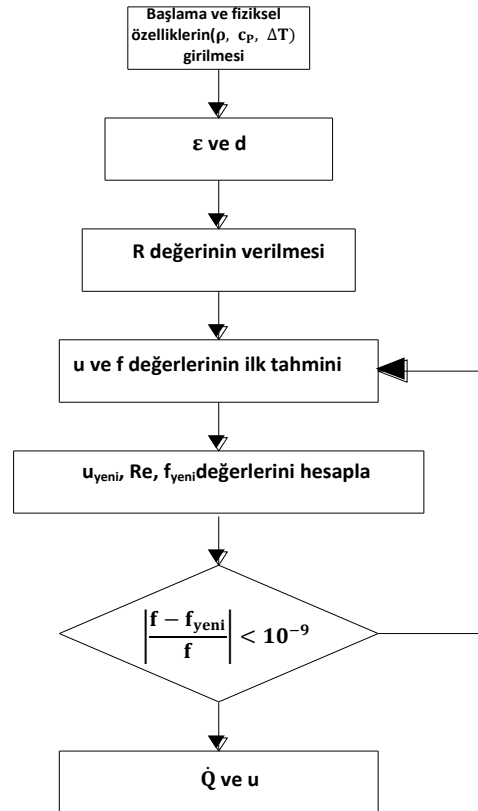
$$R = \frac{8f}{\rho\pi^2} \left(\frac{\dot{Q}}{c_p \Delta T} \right)^2 \frac{1}{d^5} \quad (10)$$

Bu çalışmada çizelgelerin belirlenmesinde, önce imal edilen bir boru çapı ve borunun pürüzlülüğü verilerek \dot{Q} ve u , SBKG R ' nin fonksiyonu olarak bulunacaktır:

$$\dot{Q} = c_p \Delta T \left(\frac{\rho\pi^2 d^5 R}{8f} \right)^{1/2} \quad (11)$$

Bu değerle de Eşitlik (3)'ten akış hızı u hesaplanacaktır.

Çizelge hesabında $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ alınmıştır. Çizelgede hız u ve ısı yükünü \dot{Q} doğrudan hesaplanamadığı için bir programlama dili kullanılarak nümerik olarak hesaplanmıştır. Programın akış şeması Şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 2. Program akış şeması

5. ÇİZELGE ÖRNEKLERİ

Plastik borularda $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ için SBKG Çizelge 1' de verilmiştir. Boru çapları için DIN 8077 de verilen değerler esas alınmıştır. Çelik borularda $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ için SBKG ise Çizelge 2' de verilmiştir. Diğer sıcaklık farkları ΔT_d için \dot{Q} değeri olarak sanal bir \dot{Q}_s değeri aşağıdaki gibi seçilmelidir.

$$\dot{Q}_s = \dot{Q} \frac{\Delta T}{\Delta T_d} \quad (12)$$

Bu değerler ile verilen çizelgeler aynen kullanılabilir.

6. ÖRNEK TESİSAT HESAPLAMALARI

Örnek tesisat kolon şeması ve daire kat planı Şekil 3' te gösterilmiştir. Burada yönetmelik dikkate alınarak pay ölçerli sistem seçilmiştir. Bu sistem hem plastik hem de çelik borular için hesaplanacaktır. Hesaplarda sürtünme basınç gradyanının yaklaşık $R=100$ Pa/m civarında ve hızların da kazan çıkışında $0,8$ m/s'den, daire içerisinde $0,5$ m/s'den büyük olmamaları dikkate alınmıştır.

6.1. Plastik Boru için Hesaplamalar

Yerel basınç kayıp katsayısı ζ değerleri çizelgesi Çizelge 2' de, boru hesabı cetveli Çizelge 3' te ve ısı pay ölçer basınç kaybı grafiği Şekil 4' te verilmiştir. Bir j borusundaki basınç kaybı

$$\Delta P_j = L_j * R_j + \left(\sum_i \zeta_i \left(\frac{\rho u^2}{2} \right)_{i,j} \right) \quad (13)$$

olarak hesaplanır.

Çizelge 4' ten görüleceği gibi

$$\Delta P_T = 19029 \text{ Pa}$$

olarak bulunur. j boru numarasını ve i de j borusundaki yerel kayıpları göstermektedir. ΔP_T ise toplam basınç kaybıdır.

8/17 de Isı sayacı DN 20, $\dot{V}_n = 2,5$ m³/h seçilmiştir. $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ fark ve

$$\dot{M}_{8/17} = \frac{17 \text{ kW}}{4,182 * 10} = 0,4 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 1461 \text{ kg/h}$$

$$\dot{V}_{8/17} = 1,48 \text{ m}^3/\text{h}$$

değeriyle ısı sayıcısındaki basınç kaybı (ΔP_{IS}),

$$\Delta P_{IS} = 8600 \text{ Pa}$$

olarak okunur.

Toplam basınç kaybı (ΔP_T)

$$\Delta P_T = 19029 + 8600 = 27629 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_T = 2,85 \text{ mSS}$$

ve kazan su debisi

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{\rho * c_p * \Delta T} = \frac{238 \text{ kW}}{985 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 4,182 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) * 10^\circ\text{C}}$$

$$\dot{V} = 5,77 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 20,79 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

olarak hesaplanır ve bu değerlerle pompa seçilir. Pompa seçilirken firmaların pompa karakteristik eğrileri ile pompa verim eğrileri dikkate alınır.

6.2. Çelik Boru için Hesaplamalar

Çelik borular için ζ değerleri Çizelge 4'te, boru hesabı cetveli Çizelge 5'te ve ısı pay ölçer basınç kaybı grafiği Şekil 4' te verilmiştir. Toplam boru basınç kaybı Eşitlik (11) ile Çizelge 6'dan da görüleceği gibi;

$$\Delta P_T = 22632 \text{ Pa} \text{ olarak bulunur.}$$

Isı pay ölçer basınç kaybı plastik boru hesabı ile aynıdır. Buradan,

$$\Delta P_T = 22632 + 8600 = 31232 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_T = 3,19 \text{ mSS}$$

Çizelge 1. Plastik borularda $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ için pompalı tesisatta SBKG R çizelgesi (Boru standartı: DIN 8077)

R (Pa/m)	Dış çap=14 mm Et kalınlığı=2 mm İç çap=10 mm		Dış çap=16 mm Et kalınlığı=2 mm İç çap=12 mm		Dış çap=17 mm Et kalınlığı=2 mm İç çap=13 mm		Dış çap=18 mm Et kalınlığı=2 mm İç çap=14 mm		Dış çap=20 mm Et kalınlığı=2,3 mm İç çap=15,4 mm	
	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)
10	201,9	0,06	335,7	0,07	419,2	0,08	514,8	0,08	670	0,09
20	304,7	0,09	504,9	0,11	629,7	0,12	772,4	0,12	1004	0,13
30	386,9	0,12	639,9	0,14	797,5	0,15	977,5	0,15	1269	0,17
40	457,9	0,14	756,3	0,16	942,2	0,17	1154	0,18	1498	0,20
50	521,5	0,16	860,7	0,18	1072	0,20	1313	0,21	1703	0,22
60	579,8	0,18	956,3	0,21	1190	0,22	1458	0,23	1890	0,25
70	634,1	0,20	1045	0,22	1301	0,24	1592	0,25	2065	0,27
80	685	0,21	1129	0,24	1404	0,26	1719	0,27	2228	0,29
90	733,3	0,23	1208	0,26	1502	0,27	1838	0,29	2383	0,31
100	779,3	0,24	1283	0,28	1596	0,29	1952	0,31	2530	0,33
110	823,3	0,25	1355	0,29	1685	0,31	2061	0,32	2671	0,35
120	865,5	0,27	1424	0,31	1771	0,32	2166	0,34	2806	0,37
130	906,3	0,28	1491	0,32	1853	0,34	2267	0,36	2936	0,38
140	945,7	0,29	1555	0,33	1933	0,35	2364	0,37	3062	0,40
150	983,9	0,30	1617	0,35	2011	0,37	2459	0,39	3184	0,41
160	1021	0,32	1678	0,36	2086	0,38	2550	0,40	3302	0,43
170	1057	0,33	1737	0,37	2159	0,39	2640	0,42	3417	0,45
180	1092	0,34	1794	0,38	2230	0,41	2726	0,43	3529	0,46
190	1126	0,35	1850	0,40	2299	0,42	2811	0,44	3639	0,47
200	1160	0,36	1905	0,41	2367	0,43	2894	0,46	3745	0,49
210	1193	0,37	1958	0,42	2433	0,44	2975	0,47	3850	0,50
220	1225	0,38	2011	0,43	2498	0,46	3054	0,48	3952	0,51
230	1256	0,39	2062	0,44	2562	0,47	3131	0,49	4052	0,53
240	1287	0,40	2112	0,45	2624	0,48	3207	0,51	4150	0,54
250	1317	0,41	2162	0,46	2686	0,49	3282	0,52	4246	0,55
260	1347	0,42	2210	0,47	2746	0,50	3355	0,53	4341	0,57
270	1376	0,43	2258	0,48	2805	0,51	3427	0,54	4434	0,58
280	1405	0,43	2305	0,49	2863	0,52	3498	0,55	4526	0,59
290	1433	0,44	2351	0,50	2920	0,53	3568	0,56	4616	0,60
300	1461	0,45	2397	0,51	2976	0,54	3637	0,57	4704	0,61
310	1489	0,46	2441	0,52	3032	0,55	3704	0,58	4791	0,62
320	1516	0,47	2485	0,53	3087	0,56	3771	0,59	4877	0,64
330	1542	0,48	2529	0,54	3141	0,57	3837	0,60	4962	0,65
340	1569	0,48	2572	0,55	3194	0,58	3902	0,61	5046	0,66
350	1595	0,49	2614	0,56	3246	0,59	3966	0,63	5128	0,67
360	1620	0,50	2656	0,57	3298	0,60	4029	0,64	5210	0,68
370	1646	0,51	2697	0,58	3349	0,61	4091	0,64	5290	0,69
380	1671	0,52	2738	0,59	3400	0,62	4153	0,65	5370	0,70
390	1696	0,52	2779	0,60	3450	0,63	4214	0,66	5448	0,71
400	1720	0,53	2818	0,60	3499	0,64	4274	0,67	5526	0,72

Çizelge 1. Devam

R (Pa/m)	Dış çap=25 mm Et kalınlığı=2,8 mm İç çap=19,4 mm		Dış çap=32 mm Et kalınlığı=3,6 mm İç çap=24,8 mm		Dış çap=40 mm Et kalınlığı=6,7 mm İç çap=26,6 mm		Dış çap=50 mm Et kalınlığı=8,4 mm İç çap=33,2 mm		Dış çap=63 mm Et kalınlığı=10,5 mm İç çap=42 mm	
	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)
10	1266	0,10	2480	0,12	3003	0,13	5491	0,15	10390	0,18
20	1890	0,16	3691	0,19	4465	0,19	8126	0,23	15370	0,27
30	2385	0,20	4650	0,23	5623	0,25	10200	0,29	19300	0,34
40	2811	0,23	5475	0,28	6619	0,29	11970	0,34	22680	0,40
50	3193	0,26	6213	0,31	7508	0,33	13540	0,38	25690	0,45
60	3542	0,29	6887	0,35	8321	0,36	14960	0,42	28430	0,50
70	3866	0,32	7512	0,38	9075	0,40	16280	0,46	30980	0,54
80	4170	0,34	8098	0,41	9782	0,43	17500	0,50	33370	0,58
90	4457	0,37	8652	0,43	10450	0,46	18650	0,53	35620	0,62
100	4730	0,39	9179	0,46	11090	0,48	19740	0,56	37760	0,66
110	4992	0,41	9683	0,49	11690	0,51	20770	0,59	39810	0,70
120	5243	0,43	10170	0,51	12280	0,54	21760	0,62	41770	0,73
130	5484	0,45	10630	0,53	12840	0,56	22700	0,65	43660	0,76
140	5718	0,47	11080	0,56	13380	0,58	23600	0,67	45480	0,80
150	5944	0,49	11520	0,58	13900	0,61	24470	0,70	47250	0,83
160	6164	0,51	11940	0,60	14410	0,63	25310	0,73	48960	0,86
170	6377	0,52	12350	0,62	14910	0,65	26120	0,75	50620	0,89
180	6585	0,54	12750	0,64	15390	0,67	26900	0,77	52240	0,91
190	6787	0,56	13140	0,66	15860	0,69	27660	0,80	53820	0,94
200	6985	0,57	13520	0,68	16320	0,71	28400	0,82	55360	0,97
210	7179	0,59	13890	0,70	16770	0,73	29110	0,84	56860	1,00
220	7368	0,60	14260	0,72	17210	0,75	29810	0,86	58330	1,02
230	7553	0,62	14610	0,73	17640	0,77	30490	0,88	59780	1,05
240	7735	0,63	14960	0,75	18060	0,79	31150	0,90	61190	1,07
250	7914	0,65	15310	0,77	18470	0,81	31790	0,92	62570	1,10
260	8089	0,66	15640	0,79	18880	0,82	32410	0,94	63930	1,12
270	8261	0,68	15970	0,80	19270	0,84	33030	0,96	65270	1,14
280	8430	0,69	16300	0,82	19670	0,86	33620	0,98	66580	1,17
290	8597	0,71	16620	0,83	20050	0,88	34210	1,00	67870	1,19
300	8761	0,72	16940	0,85	20430	0,89	34780	1,02	69140	1,21
310	8923	0,73	17250	0,87	20800	0,91	35340	1,04	70400	1,23
320	9082	0,75	17550	0,88	21170	0,92	35880	1,06	71630	1,25
330	9239	0,76	17850	0,90	21540	0,94	36420	1,07	72840	1,28
340	9393	0,77	18150	0,91	21890	0,96	36940	1,09	74040	1,30
350	9546	0,78	18440	0,93	22250	0,97	37460	1,11	75220	1,32
360	9697	0,80	18730	0,94	22600	0,99	37960	1,12	76390	1,34
370	9846	0,81	19020	0,96	22940	1,00	38450	1,14	77540	1,36
380	9993	0,82	19300	0,97	23280	1,02	38940	1,16	78680	1,38
390	10140	0,83	19580	0,98	23610	1,03	39410	1,17	79800	1,40
400	10280	0,84	19850	1,00	23950	1,05	39880	1,19	80910	1,42

Çizelge 1. Devam

R (Pa/m)	Dış çap=75 mm Et kalınlığı=12,5 mm İç çap=50 mm		Dış çap=90 mm Et kalınlığı=15 mm İç çap=60 mm		Dış çap=110 mm Et kalınlığı=18,3 mm İç çap=73,4 mm		Dış çap=125 mm Et kalınlığı=20,8 mm İç çap=83,4 mm		Dış çap=160 mm Et kalınlığı=26,6 mm İç çap=106,8 mm	
	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)
10	16640	0,21	27200	0,23	46770	0,27	65870	0,29	127700	0,35
20	24580	0,30	40110	0,34	68840	0,39	96860	0,43	187400	0,51
30	30840	0,38	50280	0,43	86210	0,49	121200	0,54	234300	0,63
40	36210	0,45	58990	0,51	101100	0,58	142100	0,63	274400	0,74
50	40990	0,51	66760	0,57	114300	0,66	160600	0,71	310000	0,84
60	45360	0,56	73840	0,63	126400	0,72	177600	0,79	342500	0,93
70	49400	0,61	80400	0,69	137600	0,79	193200	0,86	372600	1,01
80	53190	0,66	86540	0,74	148000	0,85	207900	0,92	400700	1,09
90	56770	0,70	92340	0,79	157900	0,91	221700	0,98	427300	1,16
100	60170	0,74	97850	0,84	167300	0,96	234900	1,04	452500	1,23
110	63420	0,78	103100	0,88	176300	1,01	247400	1,10	476500	1,29
120	66540	0,82	108200	0,93	184800	1,06	259400	1,15	499500	1,35
130	69530	0,86	113000	0,97	193100	1,11	271000	1,20	521700	1,41
140	72430	0,89	117700	1,01	201100	1,15	282200	1,25	543100	1,47
150	75220	0,93	122200	1,05	208800	1,20	293000	1,30	563800	1,53
160	77940	0,96	126600	1,09	216300	1,24	303400	1,35	583800	1,58
170	80580	1,00	130900	1,12	223500	1,28	313600	1,39	603200	1,63
180	83140	1,03	135000	1,16	230600	1,32	323500	1,44	622200	1,69
190	85640	1,06	139100	1,19	237500	1,36	333100	1,48	640600	1,74
200	88080	1,09	143000	1,23	244200	1,40	342500	1,52	658600	1,78
210	90470	1,12	146900	1,26	250700	1,44	351700	1,56	676200	1,83
220	92800	1,15	150700	1,29	257100	1,47	360600	1,60	693300	1,88
230	95090	1,18	154400	1,32	263400	1,51	369400	1,64	710100	1,92
240	97320	1,20	158000	1,36	269600	1,55	378000	1,68	726600	1,97
250	99520	1,23	161500	1,39	275600	1,58	386500	1,72	742800	2,01
260	101700	1,26	165000	1,42	281500	1,61	394700	1,75	758600	2,05
270	103800	1,28	168400	1,45	287400	1,65	402900	1,79	774200	2,10
280	105900	1,31	171800	1,47	293100	1,68	410900	1,83	789400	2,14
290	107900	1,33	175100	1,50	298700	1,71	418700	1,86	804500	2,18
300	109900	1,36	178400	1,53	304200	1,74	426500	1,89	819300	2,22
310	111900	1,38	181600	1,56	309700	1,78	434100	1,93	833800	2,26
320	113900	1,41	184700	1,59	315000	1,81	441600	1,96	848100	2,30
330	115800	1,43	187800	1,61	320300	1,84	449000	1,99	862300	2,34
340	117700	1,45	190900	1,64	325500	1,87	456200	2,03	876200	2,37
350	119600	1,48	193900	1,66	330600	1,90	463400	2,06	889900	2,41
360	121400	1,50	196900	1,69	335700	1,93	470500	2,09	903500	2,45
370	123200	1,52	199800	1,72	340700	1,95	477500	2,12	916800	2,48
380	125000	1,55	202800	1,74	345700	1,98	484400	2,15	930000	2,52
390	126800	1,57	205600	1,76	350500	2,01	491200	2,18	943000	2,55
400	128600	1,59	208500	1,79	355400	2,04	498000	2,21	955900	2,59

Çizelge 2. Çelik borularda $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ için pompalı tesisatta SBKG R çizelgesi

R (Pa/m)	Vidalı Yarı Ağır Borular DIN 2440									
	$d_{iç} = 15,75 \text{ mm}$		$d_{iç} = 21,25 \text{ mm}$		$d_{iç} = 27 \text{ mm}$		$d_{iç} = 35,75 \text{ mm}$		$d_{iç} = 41,25 \text{ mm}$	
	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)
10	652,7	0,08	1492	0,10	2878	0,12	6188	0,15	9125	0,17
20	973,8	0,12	2215	0,15	4256	0,18	9114	0,22	13417	0,24
30	1227	0,15	2784	0,19	5338	0,23	11406	0,28	16772	0,30
40	1444	0,18	3270	0,22	6261	0,27	13359	0,32	19630	0,36
50	1638	0,20	3702	0,25	7082	0,30	15093	0,36	22166	0,40
60	1814	0,23	4096	0,28	7828	0,33	16668	0,40	24470	0,44
70	1977	0,25	4460	0,31	8518	0,36	18124	0,44	26597	0,48
80	2130	0,27	4800	0,33	9163	0,39	19483	0,47	28583	0,52
90	2274	0,28	5121	0,35	9770	0,41	20762	0,50	30453	0,55
100	2410	0,30	5426	0,37	10346	0,44	21976	0,53	32225	0,59
110	2541	0,32	5716	0,39	10895	0,46	23132	0,56	33914	0,62
120	2666	0,33	5994	0,41	11421	0,48	24239	0,59	35530	0,65
130	2786	0,35	6261	0,43	11926	0,51	25302	0,61	37082	0,67
140	2902	0,36	6519	0,45	12413	0,53	26327	0,64	38577	0,70
150	3014	0,38	6768	0,46	12883	0,55	27316	0,66	40022	0,73
160	3122	0,39	7009	0,48	13339	0,57	28274	0,68	41420	0,75
170	3227	0,40	7243	0,50	13781	0,58	29204	0,71	42777	0,78
180	3330	0,41	7470	0,51	14211	0,60	30107	0,73	44095	0,80
190	3430	0,43	7692	0,53	14629	0,62	30987	0,75	45379	0,82
200	3527	0,44	7908	0,54	15037	0,64	31844	0,77	46629	0,85
210	3622	0,45	8119	0,56	15435	0,65	32681	0,79	47850	0,87
220	3715	0,46	8325	0,57	15824	0,67	33498	0,81	49042	0,89
230	3806	0,47	8526	0,58	16205	0,69	34298	0,83	50209	0,91
240	3895	0,49	8724	0,60	16577	0,70	35080	0,85	51351	0,93
250	3982	0,50	8917	0,61	16942	0,72	35847	0,87	52470	0,95
260	4067	0,51	9107	0,62	17301	0,73	36600	0,88	53567	0,97
270	4151	0,52	9294	0,64	17652	0,75	37338	0,90	54643	0,99
280	4234	0,53	9477	0,65	17997	0,76	38063	0,92	55701	1,01
290	4315	0,54	9656	0,66	18337	0,78	38775	0,94	56740	1,03
300	4395	0,55	9833	0,67	18670	0,79	39476	0,95	57761	1,05
310	4473	0,56	10007	0,68	18999	0,81	40165	0,97	58767	1,07
320	4551	0,57	10179	0,70	19322	0,82	40844	0,99	59756	1,09
330	4627	0,58	10348	0,71	19640	0,83	41512	1,00	60730	1,10
340	4702	0,59	10514	0,72	19954	0,85	42170	1,02	61690	1,12
350	4776	0,59	10678	0,73	20263	0,86	42819	1,04	62636	1,14
360	4849	0,60	10840	0,74	20568	0,87	43459	1,05	63569	1,15
370	4921	0,61	10999	0,75	20869	0,88	44090	1,07	64489	1,17
380	4992	0,62	11157	0,76	21166	0,90	44713	1,08	65397	1,19
390	5062	0,63	11312	0,77	21459	0,91	45328	1,10	66294	1,20
400	5132	0,64	11466	0,78	21748	0,92	45935	1,11	67179	1,22

Çizelge 2. devamı

R (Pa/m)	Dikişsiz Çelik Borular DIN 2449											
	d _{iç} = 39,5 mm		d _{iç} = 51,5 mm		d _{iç} = 64 mm		d _{iç} = 70 mm		d _{iç} = 82,5 mm		d _{iç} = 100,5 mm	
	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)
10	8113	0,16	16636	0,19	29883	0,23	38024	0,24	59094	0,27	100219	0,31
20	11935	0,24	24392	0,28	43706	0,33	55560	0,35	86197	0,39	145896	0,45
30	14924	0,30	30446	0,35	54479	0,41	69216	0,44	107281	0,49	181382	0,55
40	17472	0,35	35598	0,41	63637	0,48	80821	0,51	125186	0,57	211496	0,65
50	19732	0,39	40165	0,47	71749	0,54	91099	0,57	141036	0,64	238140	0,73
60	21785	0,43	44312	0,52	79113	0,60	100426	0,63	155414	0,71	262300	0,80
70	23681	0,47	48138	0,56	85904	0,65	109027	0,69	168670	0,77	284568	0,87
80	25452	0,50	51710	0,60	92241	0,70	117051	0,74	181033	0,82	305332	0,93
90	27119	0,54	55072	0,64	98204	0,74	124601	0,79	192665	0,87	324863	0,99
100	28699	0,57	58257	0,68	103853	0,78	131753	0,83	203681	0,92	343357	1,05
110	30205	0,60	61292	0,71	109234	0,82	138564	0,87	214171	0,97	360966	1,10
120	31646	0,63	64196	0,75	114381	0,86	145080	0,91	224205	1,02	377806	1,16
130	33030	0,65	66984	0,78	119323	0,90	151335	0,95	233836	1,06	393969	1,21
140	34364	0,68	69670	0,81	124082	0,94	157359	0,99	243111	1,10	409533	1,25
150	35652	0,71	72264	0,84	128679	0,97	163176	1,03	252067	1,14	424559	1,30
160	36899	0,73	74775	0,87	133127	1,00	168806	1,06	260734	1,18	439099	1,34
170	38109	0,75	77211	0,90	137442	1,04	174267	1,10	269138	1,22	453199	1,39
180	39285	0,78	79578	0,93	141634	1,07	179571	1,13	277303	1,26	466895	1,43
190	40429	0,80	81881	0,95	145713	1,10	184733	1,17	285248	1,30	480221	1,47
200	41545	0,82	84125	0,98	149688	1,13	189764	1,20	292990	1,33	493206	1,51
210	42634	0,84	86316	1,01	153567	1,16	194672	1,23	300543	1,36	505874	1,55
220	43697	0,87	88456	1,03	157356	1,19	199466	1,26	307921	1,40	518247	1,59
230	44738	0,89	90549	1,06	161062	1,22	204155	1,29	315135	1,43	530346	1,62
240	45756	0,91	92597	1,08	164689	1,24	208744	1,32	322197	1,46	542188	1,66
250	46754	0,93	94605	1,10	168242	1,27	213240	1,34	329114	1,49	553788	1,69
260	47733	0,95	96573	1,13	171726	1,30	217648	1,37	335897	1,52	565161	1,73
270	48693	0,96	98504	1,15	175145	1,32	221973	1,40	342552	1,56	576320	1,76
280	49636	0,98	100401	1,17	178502	1,35	226221	1,43	349086	1,58	587276	1,80
290	50563	1,00	102264	1,19	181801	1,37	230394	1,45	355506	1,61	598040	1,83
300	51475	1,02	104097	1,21	185044	1,40	234496	1,48	361818	1,64	608622	1,86
310	52371	1,04	105899	1,23	188234	1,42	238532	1,50	368026	1,67	619031	1,89
320	53254	1,05	107673	1,25	191374	1,44	242504	1,53	374137	1,70	629274	1,93
330	54123	1,07	109420	1,27	194466	1,47	246415	1,55	380153	1,73	639361	1,96
340	54979	1,09	111141	1,29	197511	1,49	250268	1,58	386080	1,75	649297	1,99
350	55823	1,11	112838	1,31	200513	1,51	254066	1,60	391922	1,78	659089	2,02
360	56655	1,12	114511	1,33	203473	1,53	257810	1,63	397681	1,81	668744	2,05
370	57476	1,14	116161	1,35	206393	1,56	261504	1,65	403362	1,83	678267	2,07
380	58286	1,15	117789	1,37	209274	1,58	265148	1,67	408967	1,86	687662	2,10
390	59086	1,17	119396	1,39	212117	1,60	268745	1,69	414500	1,88	696937	2,13
400	59876	1,19	120983	1,41	214925	1,62	272297	1,72	419963	1,91	706094	2,16

Çizelge 2. devamı

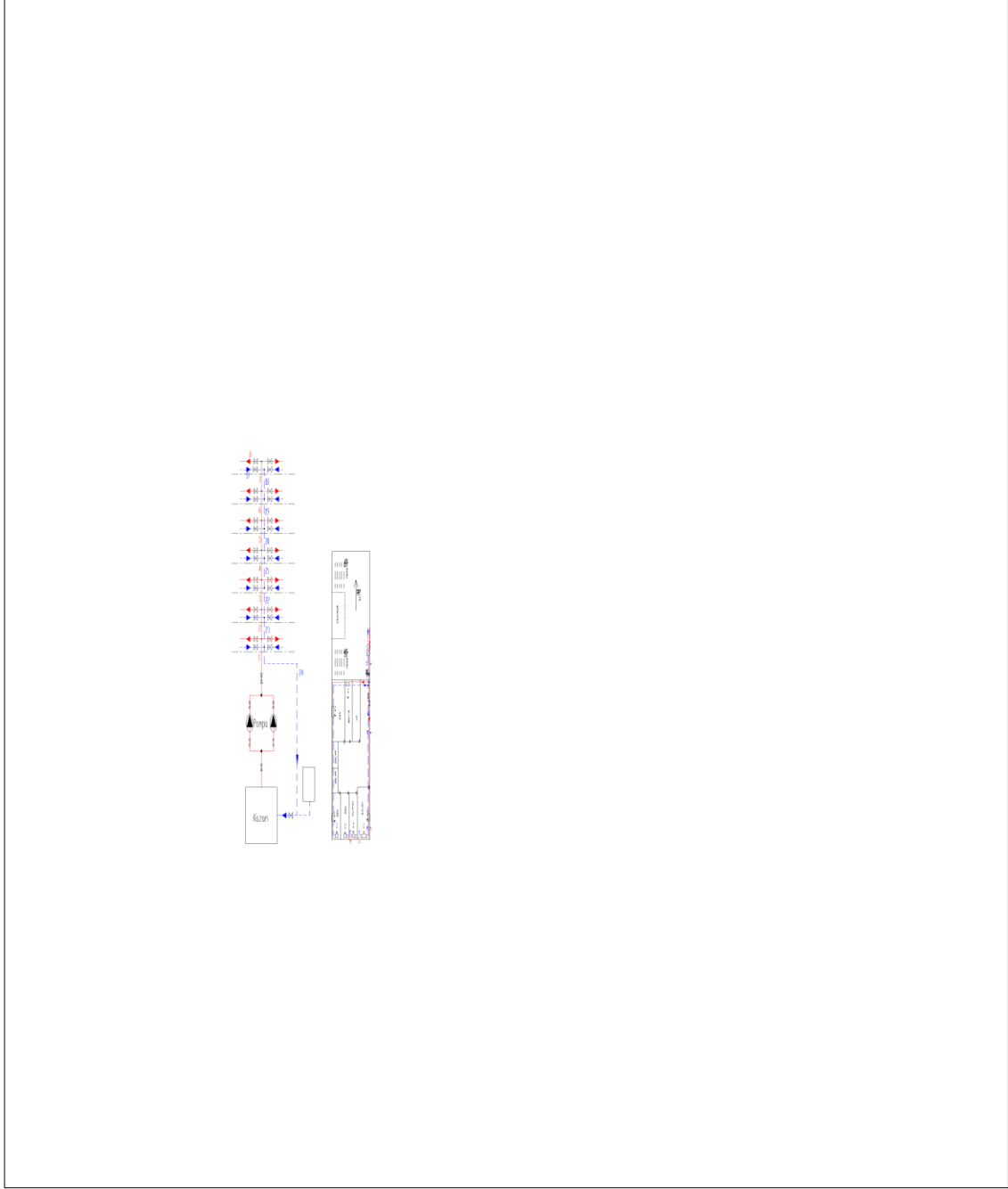
Dikişsiz Çelik Borular DIN 2449														
R (Pa/m)	d _{iç} = 113 mm		d _{iç} = 125 mm		d _{iç} = 150 mm		d _{iç} = 180 mm		d _{iç} = 204 mm		d _{iç} = 228 mm		d _{iç} = 254 mm	
	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)	Q(W)	u(m/s)
10	137064	0,33	179396,2	0,35	291472,7	0,40	473063,8	0,45	659250,4	0,49	885044,2	0,53	1177639	0,56
20	199308	0,48	260620,4	0,52	422750,3	0,58	685062,2	0,65	953707,8	0,71	1279223	0,76	1700715	0,81
30	247632	0,60	323641,3	0,64	524502,6	0,72	849223	0,81	1181579	0,88	1584104	0,94	2105095	1,01
40	288622	0,70	377080,4	0,75	610733,5	0,84	988266,8	0,94	1374518	1,02	1842172	1,10	2447291	1,17
50	324879	0,79	424336,6	0,84	686957,2	0,94	1111130	1,06	1544964	1,15	2070110	1,23	2749482	1,32
60	357749	0,87	467171,8	0,92	756029,9	1,04	1222436	1,17	1699352	1,26	2276545	1,35	3023128	1,45
70	388040	0,94	506640,8	1,00	819659,9	1,13	1324951	1,26	1841527	1,37	2466629	1,47	3275076	1,57
80	416281	1,01	543434,6	1,07	878966,2	1,21	1420484	1,35	1974006	1,47	2643733	1,57	3509802	1,68
90	442841	1,07	578035,3	1,14	934729,2	1,28	1510297	1,44	2098542	1,56	2810208	1,67	3730426	1,79
100	467991	1,13	610795,8	1,21	987519,2	1,36	1595312	1,52	2216417	1,65	2967769	1,76	3939225	1,89
110	491934	1,19	641982,1	1,27	1037768	1,43	1676228	1,60	2328600	1,73	3117715	1,85	4137924	1,98
120	514829	1,25	671802,5	1,33	1085812	1,49	1753584	1,67	2435845	1,81	3261053	1,94	4327859	2,07
130	536804	1,30	700422,9	1,39	1131918	1,55	1827816	1,74	2538752	1,88	3398589	2,02	4510099	2,16
140	557962	1,35	727977,8	1,44	1176304	1,62	1899275	1,81	2637810	1,96	3530977	2,10	4685513	2,24
150	578388	1,40	754578,3	1,49	1219150	1,67	1968250	1,88	2733422	2,03	3658755	2,17	4854815	2,32
160	598153	1,45	780317,6	1,54	1260606	1,73	2034984	1,94	2825926	2,10	3782375	2,25	5018604	2,40
170	617318	1,49	805274,4	1,59	1300800	1,79	2099683	2,00	2915605	2,16	3902219	2,32	5177385	2,48
180	635935	1,54	829516,2	1,64	1339841	1,84	2162523	2,06	3002705	2,23	4018613	2,39	5331593	2,55
190	654047	1,58	853101,3	1,69	1377822	1,89	2223655	2,12	3087436	2,29	4131839	2,46	5481601	2,63
200	671695	1,63	876080,4	1,73	1414826	1,94	2283212	2,18	3169982	2,35	4242143	2,52	5627736	2,70
210	688912	1,67	898498,1	1,78	1450925	1,99	2341310	2,23	3250504	2,41	4349741	2,59	5770283	2,76
220	705728	1,71	920393,7	1,82	1486181	2,04	2398051	2,29	3329144	2,47	4454822	2,65	5909494	2,83
230	722171	1,75	941802,2	1,86	1520652	2,09	2453526	2,34	3406028	2,53	4557556	2,71	6045594	2,90
240	738264	1,79	962754,7	1,90	1554388	2,13	2507817	2,39	3481269	2,58	4658093	2,77	6178782	2,96
250	754028	1,82	983279,2	1,94	1587434	2,18	2560995	2,44	3554969	2,64	4756568	2,83	6309237	3,02
260	769483	1,86	1003401	1,98	1619831	2,22	2613128	2,49	3627217	2,69	4853104	2,88	6437122	3,08
270	784647	1,90	1023143	2,02	1651615	2,27	2664274	2,54	3698098	2,75	4947811	2,94	6562582	3,14
280	799535	1,93	1042526	2,06	1682820	2,31	2714488	2,59	3767685	2,80	5040789	3,00	6685751	3,20
290	814162	1,97	1061569	2,10	1713477	2,35	2763818	2,64	3836047	2,85	5132129	3,05	6806749	3,26
300	828541	2,00	1080288	2,14	1743613	2,39	2812311	2,68	3903247	2,90	5221916	3,10	6925689	3,32
310	842684	2,04	1098701	2,17	1773255	2,43	2860006	2,73	3969342	2,95	5310226	3,16	7042670	3,37
320	856604	2,07	1116822	2,21	1802426	2,48	2906943	2,77	4034385	3,00	5397129	3,21	7157788	3,43
330	870309	2,11	1134664	2,24	1831148	2,51	2953155	2,82	4098425	3,04	5482691	3,26	7271129	3,48
340	883810	2,14	1152240	2,28	1859440	2,55	2998677	2,86	4161506	3,09	5566972	3,31	7382772	3,54
350	897115	2,17	1169560	2,31	1887322	2,59	3043538	2,90	4223671	3,14	5650027	3,36	7492791	3,59
360	910233	2,20	1186637	2,35	1914811	2,63	3087766	2,94	4284958	3,18	5731910	3,41	7601256	3,64
370	923172	2,23	1203481	2,38	1941923	2,67	3131387	2,99	4345404	3,23	5812668	3,45	7708230	3,69
380	935938	2,26	1220099	2,41	1968673	2,70	3174425	3,03	4405041	3,27	5892346	3,50	7813774	3,74
390	948539	2,30	1236502	2,44	1995076	2,74	3216904	3,07	4463903	3,31	5970987	3,55	7917943	3,79
400	960980	2,33	1252697	2,48	2021144	2,78	3258844	3,11	4522018	3,36	6048630	3,59	8020789	3,84

ve toplam su debisi de,

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{\rho c_p \cdot \Delta T} = \frac{238 \text{ kW}}{985 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot 4,182 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) \cdot 10^\circ\text{C}}$$

$$\dot{V} = 5,77 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 20,79 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

olarak elde edilir. Pompa seçilirken yine pompa karakteristik eğrisi ve pompa verim eğrisi dikkate alınmalıdır.



Şekil 3. Örnek tesisatın kolon şeması ve daire kat planı

Çizelge 6. Çelik boru için boru hesap cetveli

Boru Hesabı Cetveli														Sahife:				
.....Binası														Kat				
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	q	r	s	
Parçalar	Isı miktarı	Sıcaklık farkı ... ΔT olduğuna göre miktarı	boru parçası uzunluğu	Takribi boru Çapına Göre					Değiştirilmiş Boru Çapına Göre					Fark				
				d	u	R	LR	$\Sigma\phi$	Z	d	W	R	LR	v	ϕ	LR	Z	
No	kW	Watt	m	mm	m/s	Pa/m	Pa		Pa		m/b	Pa/m	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	
1/24	238		10	101	0,72	49,90	499,00	23	5962									
2/23	204		6	101	0,62	37,80	226,80	6	1153									
3/22	170		6	82,5	0,77	71,04	426,24	6	1779									
4/21	136		6	82,5	0,61	46,71	280,26	6	1116									
5/20	102		6	64	0,76	96,60	579,60	6	1733									
6/19	68		6	51,5	0,79	133,70	802,20	6	1872									
7/18	34		6	41,3	0,62	110,50	663,00	6	1153									
8/17	17		4	35,8	0,41	62,20	248,80	1,1	93,8									
9/16	9		16	27	0,37	77,40	1.238,40	1,5	103									
10/15	7		6	21,3	0,47	159,60	957,60	3,5	387									
11/14	4		8	21,5	0,27	57,40	459,20	0,5	18,2									
12/13	2		6	15,8	0,25	71,45	428,70	14,5	453									
TOPLAM LR =							6809,8	TOPLAM Z =			15.822,51							
GENEL TOPLAM =							22.632,31	Pa										

7. SONUÇ

Bu çalışmada ısıtma tesisatında kullanılan plastik borular için sürtünme basınç kaybı gradyanı (SBKG) çizelgesi $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ için hesaplanmıştır. Diğer sıcaklık farklarında Eşitlik (12) ye göre sanal bir \dot{Q}_s tarif edilerek verilen çizelgeler aynen kullanılabilir. Bu çizelge kullanılarak örnek bir tesisatta kritik devre boru çapları belirlenmiş ve basınç kayıpları hesaplanmıştır. Hesaplamalar çelik boru için de yapılmıştır. Verilen sonuçlardan görüleceği gibi plastik boru kullanılarak basınç kaybı yaklaşık %12 oranında azalmaktadır. Bu çalışmada ayrıca sistem analizinde ısı pay ölçer de dahil edilmiştir. Maliyet açısından incelendiğinde plastik boru fiyatlarının 30 mm iç çaplarından

sonra, çelik borulara göre arttığı görülmektedir. Ancak işçilik bakımından plastik boruların daha avantajlı olduğu da bilinmektedir.

8. KAYNAKLAR

1. 26847 Sayılı Resmi Gazete, 2008. Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 26847 Sayılı Resmi Gazete, 14.04.2008
2. T. Yılmaz, 2003. Isıtma Sistemleri ve Elemanları, ÇÜ MMF yayınları, Adana,
3. TMMOB, 2012. Kalorifer Tesisatı, MMO Yayınları/352/7

4. Isısan Çalışmaları, 2000. Borular, Vanalar, Pompa ve Boru Çapı Hesabı, Isıtma Tesisatı, Böl:7.
5. A.Akar, www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/60320be12a1c050_ek.pdf?dergi=149, erişim tarihi: 29.04.2015
6. İ. Çakmanus, H. İman, 2000. Mekanik Tesisat Sistemlerinde Kullanılan Borular, TTMD Dergisi, Sayı:10.
7. ASHRAE HVAC Systems and Equipment Handbook, Pipes, Tubes and Fittings, Part 41, 2004.
8. H. Bulgurcu, G. Özmen, 2011. Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Sıhhi Tesisat Elemanlarındaki Basınç Kayıplarının Kuramsal ve Deneysel Olarak Hesaplaması, X. Ulusal Tesisat Kongresi, İzmir, 1973-1992.
9. M. H. Zgoul, S. M. Habali, 2008. An Investigation Into Plastic Pipes as Hot Water Transporters in Domestic and Industrial Applications” Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, Vol.2, No:4, 191-200.
10. ASHRAE Handbook-Fundamentals, 2009. Pipe Sizing, Chapter 22.
11. C.F. Colebrook, 1939. Turbulent Flow in Pipes, with Particular Reference to the Transition Between the Smooth and Rough Pipe Laws, Journal of the Institute of Civil Engineers London, 11, 133-156.
12. Techem ısı sayaçları, 2015. www.techem.com.tr (Erişim tarihi: 16.06.2015).