

Bölgesel Isıtma Sistemleri Boru Hatlarında Meydana Gelen Enerji ve Ekserji Kayıpları

Kemal ÇOMAKLI*
Bedri YÜKSEL**
Kadir BAKIRCI*

Özet

Türkiye'de konut sektöründe tüketilen enerji toplam enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri kadardır. Bundan dolayı konut sektöründeki enerji tasarrufu ve verimliliği üzerinde durulması gereken önemli konudur. Bu çalışmada bölgesel ısıtma sistemi kullanılan Atatürk Üniversitesi kampüsünde ki boru dağıtım hatlarında meydana gelen enerji ve ekserji kayıpları hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Merkezi Isıtma sistemi, enerji tasarrufu, borularda ısı kayıpları

1. GİRİŞ

Türkiye'de enerjinin yaklaşık olarak %92'si sanayi, ulaşım ve konut sektörlerinde tüketilmektedir. Yapılan araştırmalara göre sanayide enerjetik verim, yakıt kullanımı %52.8, elektrik kullanımında %79.3 olarak belirlenmiştir. Sanayi bir bütün olarak ele alındığında, enerji girdisinin %43.7'si kayıp olmaktadır. Bu sektörün toplam enerji verimi ise %56.3 olmaktadır. Konut ve işyerlerini kapsayan sektörlerde enerji girdisinin %43.4'ü kayıplara gitmektedir. Sektörün enerjetik verimi %56.6 olup, enerji tasarrufu için bu verimin mutlaka artırılması gerekmektedir [1].

Türkiye enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri konut sektöründe gerçekleşmektedir. Konutlarda, enerji tüketiminin %85'i ısıtma ve sıcak su için harcanmaktadır [2]. Bundan dolayı; konut ısıtması ve konut sıcak su tüketimi (şömine, soba, elektrikli ısıtıcılar ile ısıtma ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılan enerjinin şekli) toplam tüketim içindeki payı göz önüne alınacak olunur-

sa, bu alanda enerjinin etkin ve verimli kullanımı yolunda yapılacak çalışmalar sonucunda elde edilecek ekonomik kazancın büyüklüğü açıkça görülmektedir. Dolayısıyla konutlarda enerji verimliliği ve ekonomikliği, enerji tüketimi açısından önem arz etmektedir.

Enerji verimliliği ve ekonomikliği açısından ısıtma sistemlerinin türü ve özellikleri önem arz etmektedir. Isıtma sistemleri içerisinde, bölge ısıtması, enerji kaynaklarının etkin şekilde kullanılmasının yanısıra ısı ihtiyacının da düzenli, yeterli ve diğer yöntemlerden genellikle daha ucuza karşılanması açısından da önem kazanmaktadır.

Isıtma sistemleri üç ana grupta toplanmaktadır [3].

- Lokal ısıtma: Isı, ısıtılacak mahal içerisinde üretilir ve
- Merkezi ısıtma: Bir merkezde üretilen ısı, taşıyıcı

* Atatürk Ü. Müh. Fak. Makine Müh. Böl. - ERZURUM

** Balıkesir Ü. Müh.Mim.Fak. Makine Müh. Böl. - BALIKESİR

gönderilir (bir veya birkaç hacim ve/veya binanın bir kazan dairesinden ısıtılması gibi).

- Bölgesel ısıtma : Bir bölgedeki binaların, küçük bir kentin tamamının veya büyük bir kentin bir kısmının bir merkezde üretilen ısı tarafından ısıtılması şeklindedir (Üniversite kampüsleri gibi).

Bölgesel ısıtma sisteminde kullanılan akışkanın özelliğine, ısı dağıtım şebeke türüne ve üretilen ısının kullanım amaçlarına göre sınıflandırma yapılır.

a- Akışkan sıcaklığına göre;

- Sıcak sulu ısıtma sistemleri
- Kızgın sulu ısıtma sistemleri
- Buharlı ısıtma sistemleri

b- Isı taşıyıcı akışkanın ve boru şebekesinin binalara bağlanma şekillerine göre

- Direkt sistem: bu sistemde kazandan çıkan sıcak akışkan doğrudan radyatörlere verilir.
- İndirekt sistem: Bu sistemde genellikle kızgın su ve sıcak su devresi olmak üzere iki devre vardır. Birinci devrede kazanda üretilen kızgın su İkinci devrede sıcak su dolaşır. Hacimler -deki radyatörlerde ikinci devredeki 90/70 °C sıcaklıktaki su dolaştırılır.

c- Isı merkezinin türüne göre

- Yalnızca ısıtma amaçlı ısı üretimine dayalı bölgesel ısıtma
- Bileşik ısı güç santralli bölgesel ısıtma

Isıtma sistemlerinde en verimli ve ekonomik olan sistemler merkezi ve bölgesel ısıtma sistemleridir. İleri [4], yaptığı çalışmada enerji kaynaklarının (odun, havansal atıklar, kömür, petrol, güneş, jeotermal) ülkenin ısı ihtiyacını karşılaması için ferdi kullanılmasının basit ve ucuz bir çözüm olarak önerilemeyeceğini, bunun yerine bölgesel, bileşik ısı güç üretimi ve ısı pompası gibi daha teknik ve verimli büyük sistemlerin kullanılması gerekliliğini vurgulamıştır. Bölgesel ısıtma, başta hava kirliliğinin kontrolü olmak üzere çok çeşitli yakıtların kolayca kullanılabilmesi, yangın tehlikesinin yerleşim yerlerinden uzak olması, enerjinin daha verimli kullanılması gibi birçok avantajlar sağlamaktadır.

Fosil yakıtların yakılması ile SO₂ ve diğer zararlı duman gazları atmosfere atılmaktadır. Özellikle yanmanın iyi bir şekilde sağlanmadığı yerel tip (soba ve küçük kazanlar) yakıcılarda atmosfere atılan zararlı gaz ve atıkların miktarı, diğer yakma sistemlerine göre oldukça yüksektir. Bölge ısıtılmasında, yanma verimi daha yüksek olan kazanlar kullanıldığından ve ayrıca baca gazları filtre edilebildiğinden, yanma gazları içindeki zararlı emisyonlar minimize edilmiş olur.

Lokal ve küçük merkezi ısıtma sistemlerinde, ısı değeri yüksek ve temiz yakıtların kullanılması arzu edilir. Bu tür yakıtların fiyatlarının yüksek olması, ithal edilmeleri işletme masraflarını artırmaktadır. Bölge ısıtılmasında, yanma tek merkezde ve büyük kazanlarla yapıldığından verim ve ayrıca otomatik kontrol sistemlerinin kullanılması sebebiyle daha yüksek verim ve çok değişik, ucuz yakıtlarla tesisler işletilebilmektedir.

Bölgesel ısıtma ve bileşik ısı güç santralleri alanında oldukça çok çalışmalar yapılmıştır. Bojic et al.[5], tarafından yapılan çalışmada, merkezi ısıtma sistemlerinde meydana gelen ısınma problemleri incelenmiştir. Her birimin eşit sıcaklıkta ısınması için bir lineer matematik programı geliştiren çalışmacılar, sistemde hem homojenlik hem de binalarda eşit konfor sıcaklığı sağlanmışlardır.

Baker ve Sherif, Amerika Birleşik Devletlerinde bir hava alanının bölgesel ısıtma sisteminin enerji analizini yapmışlardır. Bu çalışmada, geliştirdikleri bilgisayar programı ile boru dağıtım şebekelerinin optimizasyon çalışmasını yapmışlardır. Boru tesisatının çok eski ve karmaşık olması nedeniyle önemli miktarda ısı kayıplarının meydana geldiğini belirleyerek, sistem için ekonomik yalıtım kalınlıkları ve optimum çalışma sıcaklıkları yeniden belirlemişlerdir. [6]

Bohm, yaptığı teorik çalışmada, bölgesel ısıtma sistemlerinde, toprağa gömülü sıcak su borularındaki farklı boru yalıtım kombinasyon durumları (yalıtımsız boru, yalıtımlı boru, iki borunun ayrı yalıtılması veya iki

borunun birlikte yalıtılması durumunda, boruların toprağa gömülme derinliği için ısı kayıp bağıntılarını elde ederek hesaplar yapmışlardır[7].

Adamo et al.. İtalya'da yaptıkları çalışmada. üçvüç

etmektedir. Boru hatlarından olan ısı kayıpları, bölge ısıtma sistemlerinin ekonomikliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Bundan dolayı, kanallardan olan ısı kayıpları en aza indirilmelidir. Boru hatlarında olan ısı kayıpları için deşisik kavnaklarda cesitli vöntemler verilmiştir.

İnallı vd., GAP'da yapılan çalışmada, yaklaşık (300) km boru dağıtım şebekesine sahip bir bölgesel ısıtma sisteminde termoekonomik analiz metodunu kullanarak optimum boru çaplarını ve yalıtım kalınlıklarını hesaplamışlardır. Optimum değerlere uyulması durumunda boru dağıtım şebekesinden yılda 55380 \$ (dolar) tasarruf edilebileceğini ortaya koymuşlardır[8].

Gustafson, yaptığı çalışmada, eski binalarda kullanılan enerjiyi azaltmak için optimizasyon yapmış ve bunun için bir simülasyon programı geliştirmiştir. Bu programı kullanarak ısıtma sistemlerinde ömür-çevrim maliyet karşılaştırması yapmıştır. Burada en önemli vurgulanan sonuç, bölgesel ısıtma sistemlerinde işletme maliyetlerinin düşük olması için binalarda yeniden yalıtım yapılması ve ısı kayıplarının en aza indirilecek şekilde binaların dizayn edilmesidir[9].

İnallı vd., GAP için yaptıkları çalışmada kojenerasyon sistemlerinin teknik ve ekonomik açılarından uygunluğu araştırılarak GAP bölgesi için önemi vurgulanmıştır. GAP bölgesinde uygulanacak kojenerasyon sistemlerinin, enerjinin verimli kullanılmasına ve çevre sağlığına katkısı olacağı ifade edilmiştir[10].

Yukarıda açıklanan literatür çalışmalarından görüldüğü gibi enerji ve ekserji analizi, enerji sistemleri için oldukça önem arz etmektedir. Önemli bir enerji tüketimine sahip olan Atatürk Üniversitesi ısıtma sistemi boru hatlarında enerji ve ekserji analizinin yapılması oldukça yararlı olacaktır. Bunlar dikkate alınarak, bu çalışmada, 11985m uzunluğunda kızgın su dağıtım hatlarından oluşan ve yaklaşık %7,8 hat kayıplarına sahip, Atatürk Üniversitesi ısıtma sistemindeki dağıtım hattında enerji ve ekserji analizi yapılmıştır.

2. Boru Hatlarındaki Enerji ve Ekserji Kayıpları

Merkezi ve bölge ısıtmasında, hem ilk yatırım olarak hemde işletme sırasındaki enerji kayıplarından dolayı boru hatlarının projelendirmesi ve yapımı önem arz eder[11].

35
2006

Re : Toprak direnci

$$Re = \left[\frac{1}{2pk_c} \ln \frac{h_c}{r_c} \left(1 + \frac{D_c}{h_c} \right)^2 \right] \left(1 - \left(\frac{D_c}{h_c} \right)^2 \right) \quad (4)$$

$$r_c = \left[\frac{K\phi}{2p} \right] \quad (5)$$

İçerisindeki enerji kayıplarını hesaplamak için, birim uzunluğunda iki kanaldan oluşan ısı kaybı yaklaşık olarak hesap edilebileceği bir yöntem verilmiştir[11]. Bu amaçla Şekil 1'de görüldüğü gibi bir model kurulmuştur.

Bu modele göre 1 m uzunluğundaki kanaldan oluşan ısı kaybı;

$$Q_{kk} = 2 \frac{(T_{ort} - T_{aort})}{(R_Y + R_B + R_K + R_T)} \quad (1)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

T_{ort}: Gidiş ve dönüş suyu sıcaklık ortalaması

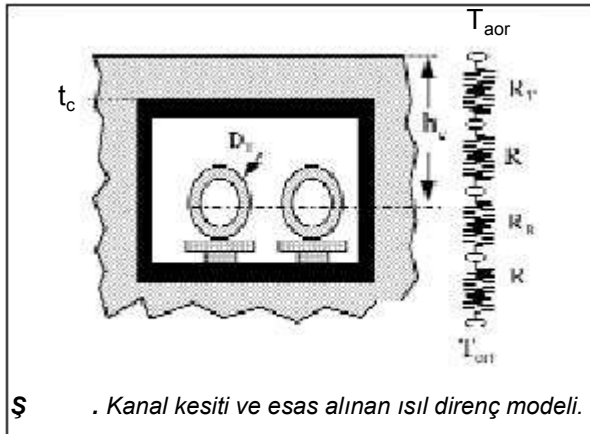
T_{aort}: Günlük ortalama atmosfer sıcaklığı

R_i : Yalıtım malzemesi direnci

$$R_i = \frac{1}{2pk_i} \ln(r_i / r_p) \quad (2)$$

R_c : Kanal direnci

$$R_c = \frac{1}{2pk_c} \ln[(rc + tc) / rc] \quad (3)$$



Şekil 1. Kanal kesiti ve esas alınan ısı direnç modeli.

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 91,

bağıntısı ile hesaplanır.

3. Sonuç ve Tartışma

Isıtma sisteminde ısının merkezden eşanjör dairelerine aktarılması için kullanılan boru hatlarında meydana gelen enerji kayıpları oldukça önem arz etmektedir. Isı dağıtım şebekesi, çapları 65mm ile 250mm arasında değişen ve toplam uzunluğu yaklaşık 12 km olan boru şebekesidir. Borulardaki ısı kayıpları, günlük ortalama

R_b : Kanal boşluğun direnci

$$R_b = \frac{1}{(2\pi r_i h_b)} \left[\frac{1}{\sqrt{\dots}} \right] \quad (6)$$

şeklinde tanımlanır. Burada KÇ kanal çevre uzunluğu ve h_b kanal içi boşluğunun ısı taşınım katsayısıdır. Taşınım katsayısı Nusselt sayısından bulunur.

$$h = \frac{k}{D} Nu_D \quad (7)$$

Bu konuda birçok bağıntıyı derleyen Churchill, sabit sıcaklıktaki bir silindir etrafındaki yerel Nusselt sayısı için aşağıdaki bağıntıyı önermiştir [13].

$$Nu = 0.60 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \quad (8)$$

Burada Ra Rayleigh sayısı olup aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$Ra_D = \frac{g b (T_s - T_f) D^3}{\nu \alpha} \quad (9)$$

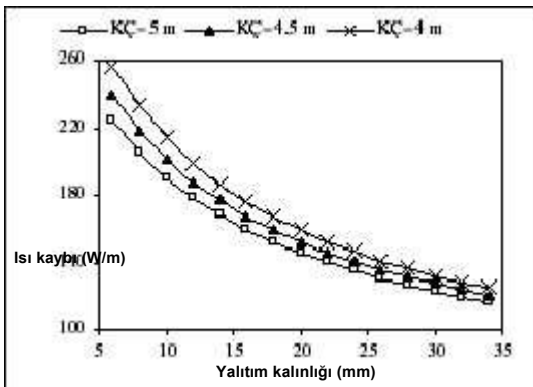
Yukarıdaki bağıntılardan yararlanılarak boru hatlarındaki ısı kayıpları hesaplanmış olur. Dolayısıyla ısı kayıplarından hareketle ekserji kayıpları Ek ise;

$$E_k = Q_{kk} \left(1 - \frac{T_0}{T_{ort}} \right) \quad (10)$$

agina sınıpır. Borulardaki ısı kayıpları, günlük ortalama dış sıcaklık değerleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Sonuçlar çizelge 1'de verilmiştir. Borularda ısı kayıplarının azalmasına etki eden en etken faktör boru yalıtım malzemesi kalınlığıdır. Mevcut borularda 6-10 cm kalınlıklarında yalıtım kullanılmıştır. Zaman zaman yapılan tamiratlar dolayısı ile yalıtım kalınlıklarında farklılıklar meydana gelmiştir. Bu yüzden tüm borularda ortalama 8 cm kalınlığında yalıtım kullanıldığı dikkate alınmıştır. Ayrıca kanalın çevre uzunluğu ortalama 5m alınmıştır. Yalıtım kalınlığı arttıkça ısı kaybı azalmaktadır. Özellikle 20 cm yalıtım kalınlığına kadar yalıtım malzemesi kalınlığının artması ile ısı kayıplarında önemli miktarda azalma meydana gelmektedir.

Çizelge 1. Borularda meydana gelen ısı ve ekserji kayıpları [$k_e=1$ W/mK, $k_c=2.5$ W/mK, $k_f=0.065$ W/mK (150°C), $h_c=1.2$ m]

D [mm]	Boru Boyu [m]	Isı Kaybı [kJ]	Ekserji Kaybı [kJ]
250	3227	11.032 x10 ⁹	3.067 x10 ⁹
200	1870	5.825 x10 ⁹	1.619 x10 ⁹
150	984	2.701 x10 ⁹	0.751 x10 ⁹
125	2759	7.008 x10 ⁹	1.948 x10 ⁹
100	1495	3.457 x10 ⁹	0.961 x10 ⁹
80	1393	3.092 x10 ⁹	0.859 x10 ⁹
65	260	0.528 x10 ⁹	0.147 x10 ⁹
Toplam		33.643 x10 ⁹	9.352 x10 ⁹

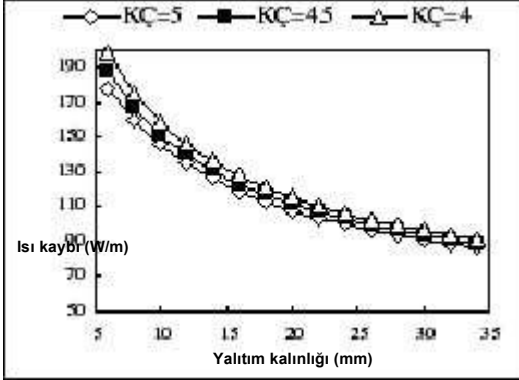


Şekil 2. Borudaki ısı kaybının yalıtım kalınlığı ile değişimi (f250 L=1 m T_d= -15°C)

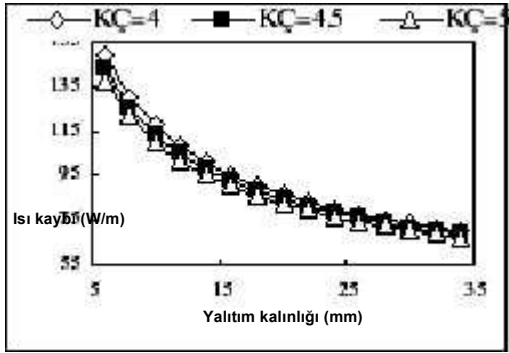


değişimi (f65 L=1 m T_d= -15°C)

Şekil 2, 3 ve 4'de farklı boru çaplarında meydana gelen ısı kayıplarının yalıtım kalınlığı ile değişimi görülmektedir. Borularda 8 cm yalıtım kalınlığı yerine 20 cm yalıtım kalınlığı kullanılması durumunda ısı kayıplarında yaklaşık ortalama %25 civarında bir azalma sağlanmış olacaktır.



Şekil 3. Borudaki ısı kaybının yalıtım kalınlığı ile değişimi (f125 L=1 m T_d= -15°C)



Şekil 4. Borudaki ısı kaybının yalıtım kalınlığı ile

Şekil 5. Isı kaybından dolayı kanallar üzerinde karların erimesi (fotoğraf, karın yağmasından bir gün sonra çekilmiştir)

Kızgın suyun aktarıldığı boru kanallarındaki ısı kayıpları da fazla miktarda yakıt tüketimine sebep olmaktadır. Yapılan hesaplamada bir yılda yaklaşık 780 ton yakıt boru kanallarındaki ısı kayıplarına harcanmaktadır. Sistemin yılda 10 bin ton yakıt harcadığı dikkate alınırsa sistemdeki hat kayıpları %7,8 olarak hesaplanır. Borulardaki mevcut yalıtım kalınlığı 12cm artırılması durumunda bu kayıplarda %25 civarında (180 ton yakıt) bir azalma sağlamak mümkün olacaktır. Ancak şu anda gerek yalıtımın gerekse bazı kanalların bozulmasının dolayı gerçekte bu miktar daha da artmaktadır. Bu durum kışın açıkça görülmektedir. Kış aylarında kar yağmasına ve hava sıcaklığının düşük olmasına rağmen kanalların birçok bölgesinde üzerinde hiçbir zaman kar olmamaktadır. Şekil 5. ve 6'da böyle



bir durum görülmektedir. Bu fotoğraflar kar yağdıktan bir gün sonra çekilmiştir.

Şekil 6. Isı kaybından dolayı kanallar üzerinde karların erimesi (fotoğraf, karın yağmasından bir gün sonra çekilmiştir)

4. Kaynaklar

- [1] Anonymous 1999. Türkiye enerji stratejisinin değerlendirilmesi. TÜSİAD-T/98-12/239.
- [2] Dağsöz A.K., 1999. Konutlarda ekonomik ısınma el kitabı. İzocam yayınları, 120, İstanbul.
- [3] TMMOB., 1995. Kalorifer tesisatı proje hazırlama teknik esasları. Makina Müh. Odası, Yayın No.84, İstanbul.
- [4] İleri, A., 1983. Isıtma yöntemlerinin karşılaştırılması. Isı Bilimi ve tekniği Dergisi, 6,1 .
- [5] Bojic, M., Trifunovic, N., and Gustafsson, S.I., 2000. Mixed 0-1 sequential linear programming optimiza-

district heating pipes. Int. J. Energy Research, 24, 1311-1334.

- [8] Adamo, I., Cammarata, A., Fichera, L., and Marletta, L., 1996. Improvement of a district network through thermoeconomic approach. Renewable Energy, 10, 2-3, 213-216.
- [9] Gustafsson, S.I., 2000. Optimisation of insulation measures on existing buildings. Energy and Building, 33,49-55.
- [10] İnalı, M., Yücel, H.L., Işık H., 2002. Koje -nerasyon sistemlerinin teknik ve ekonomik uygulanabilirliği. Mühendis ve Makina, 506 .
- [11] Yılmaz, T., 1988. Bölge ısıtması. Y. Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimler Ens. 3-40.
- [12] Incropera F.P. and Dewitt, D.P. Fundamentals of heat and mass transfer. 2nd ed, John Wiley, New

tion of heat distribution in a district-heating system,.
Energy and Building, 32, 309-317.

[6] Baker, D. K., and Sheriff, S. A.,1997. Heat transfer optimization of a district heating system using search methods. Int. J. Energy Research, 21, 233-252.

[7] Bohn, B., 2000. On transient heat losses from buried

York, USA 1985.

[13] Çomaklı K., 2003 Atatürk Ü. Isıtma sisteminin enerji ve ekserji analizi Atatürk Ü. Fen Bil. Enst.

Düzeltilme

Tarafımda hazırlanan ve Derginin 84. sayısında (Kasım-Aralık 2004) "Enerji Verimli Bina Tasarımı Yaklaşımı" adı ile çıkan yazı Sayın Prof. Dr. Gönül Utkuğ'un Teskon 1999'da yayınlanan "Binayı Oluşturan Sistemler Arasındaki Etkileşim ve Ekip Çalışmasının Önemi Mimar Tesisat Mühendisi İşbirliği" adlı makalesi esas alınarak ve ekteki referanslar dikkate alınarak hazırlanmıştır. Bu not yazının bitiminde ve kaynaklardan önce yer alması gerekirken sehven yer almıştır. Okuyucudan ve Sayın Prof. Dr. Gönül Utkuğ'dan özür dilerim.

İbrahim ÇAKMANUS