

# KİRLİLİK DİRENCİNİN BİREYSEL ISITMA SİSTEMLERİNE ETKİSİ

*The Effect Of Fouling Resistance On Domestic Heating Systems*

**Havva DEMİRPOLAT**  
**Süleyman Orkun DEMİRPOLAT**

## ÖZET

Isıtma sistemlerinde kullanılan donanımın yaklaşık % 95'i, dolaşım suyunun içerisinde çözülmüş gazların bulunmasından ve sertliğinden dolayı kireçlenme ve oksitlenmeye maruz kalmaktadır. Bu kışır ve korozyon tabakası öncelikle ısı transferini olumsuz yönde etkilemekte sistemin termal verimini ciddi ölçüde azaltmaktadır. Verimi azalan sistemlerde işletme ve operasyon maliyetleri artarken emisyon değerleri de artmaktadır. Kışır ve kireç tabakasına bağlı olarak ısıtma sistem elemanlarında termal gerilimlerin artması ve konstrüksiyonun kısa zamanda zarar görmesi kaçınılmazdır. Ülkemizde su sertliklerinin de yüksek olduğu göz önünde bulundurulduğunda sistemin ekonomik ömrü kısalmaktadır. Korozyon ve kireçlenmeye karşı alınacak önlemler ise oldukça maliyetli ve zaman alıcı işlemlerdir.

Kirlilik direncinin oluşması pek çok faktöre bağlıdır, akışkan sıcaklığı, yüzey sıcaklığı, akış hızı, akışkanın sertliği ve kimyasal yapısı. Bireysel ısıtma sistemlerinde çok önemli bir sorun olan kirlilik direncinin etkileri incelenerek ısı transferinin gerçekleştiği yüzeylerdeki istenmeyen birikimlerden arındırmak için en uygun ve ekonomik yöntemin belirlenmesi amacı ile deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerin sonucunda, kirlilik direncinin bireysel ısıtma sistemlerinin verimini azaltarak yakıt giderlerini arttırdığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** bireysel ısıtma sistemleri, kirlilik direnci, basınçlı yıkama

## ABSTRACT

Approximately 95% of equipment which is used in heating systems is subject to calcification and oxidation due to the presence and hardness of dissolved gases in the circulation water. The heat transfer rate is affected negatively by rust and corrosion; it is caused a dramatic reduction in the thermal efficiency of the system. In non-efficient systems, operating and operating costs increase while the emission values increase. It is inevitable that the thermal stresses in the heating system components increase and the construction is damaged in a short time depending on the rust and limescale. Considering that the hardness of water is high in Turkey, the economic life of the system is shortened. The measures to be taken against corrosion and calcification are quite costly and time-consuming processes.

The formation of fouling resistance depends on many factors, such as fluid temperature, surface temperature, flow rate, fluid hardness and chemical structure. The effects of fouling resistance, which is a very important problem in domestic heating systems, have been examined and an experimental study has been carried out with the aim of determining the most economical method to remove the unwanted accumulation on the surface where the heat transfer. As a result of the tests it is seen that the fouling resistance increased the fuel costs and decreasing the efficiency of domestic heating systems.

**Keywords:** domestic heating system, fouling resistance, flushing

## GİRİŞ

Isı değiştiriciler ısıtma ve soğutma sistemlerinde, üretimde ve güç santrallerinde oldukça yaygın olarak kullanılan tesisat elemanlarıdır. Isı transferinin gerçekleştiği yüzeyler ise verimi arttırmak için farklı geometrilerde tasarlanmaktadır. Ancak farklı şekillerde dizayn edilen ısı değiştiricilerin yüzeyleri dolaşım suyunun kimyasal yapısı ve fiziksel koşullardan dolayı çok kısa sürede korozyona ve istenmeyen kışır birikintilerine maruz kalmaktadır. Bu tabaka zamanla ve artan bir hızla kalınlaşmakta ve yüzeyde adeta yalıtım vazifesi görmektedir. Zorlanmış taşınım ile ısı transferinin gerçekleştiği yüzeydeki bu tabakada ısı verim azalırken termal gerilmeler artmakta malzemeye zarar vermektedir. Verimi azalan sistemlerde yakıt sarfiyatının artması birim maliyetleri yükseltirken atık gaz emisyon değerlerinin de artmasına neden olmaktadır. Kalınlaşan kireç ve kışır tabakası lokal olarak aşırı ısınmaya neden olduğu için tesisat elemanlarında tamiri mümkün olmayan şekil bozukluklarına neden olmaktadır. Zamanla yüzeyden ayrılan parçalar dolaşım sistemindeki otomatik kontrol ve pompa sistemlerindeki hareketli parçalara zarar vermekte sistem çalışamaz hale gelmektedir. Yapılan çalışmalarda 1 mm kalınlığındaki kireç ve kışır tabakasının yaklaşık olarak %5-%8 aralığında verim kaybına neden olduğu gözlemlenmiştir. Isıtma sistemlerinde oluşan bu istenmeyen birikintilerin azaltılması ve yok edilmesi konusu ise henüz çözümlenmemiş çok önemli bir sorundur. Yapılan deneysel çalışmada ısı değiştiricilerde ve sistemin dolaşım hattında meydana gelen kirlilik direncinin zamana bağlı değişiminin cidar sıcaklığı, akışkan sıcaklığı, akışkan hızı, ısı değiştirici giriş ve çıkış sıcaklık farkı, ısı değiştirici giriş ve çıkış basınç farkı cinsinden ölçülerek değerlendirilmiştir. Ayrıca sisteme ilave edilen basınçlı yıkama sistemi ile belirli periyotta dolaşım sistemi temizlenerek sıcaklık hız ve basınç ölçümlerinin zamana bağlı olarak tekrar alınmış ve elde edilen veriler periyodik grafikler halinde sunulmuştur.

Enerji kaynağı olarak doğalgazın kullanımı ile birlikte enerji verimliliği ve ısıtma sistem optimizasyon konuları da önem kazanmıştır. Konutlarda ve üretim amaçlı proses yakıtı olarak doğalgaz kullanımı geçtiğimiz on yılda ülkemizde oldukça yaygınlaşmıştır. EPDK 2017 yılsonu verilerine göre ülkemizin nüfusunun %62'nin doğalgaza erişimi sağlanmıştır. Bireysel ısıtma sistemleri yaklaşık olarak 9 milyon abone iken merkezi ısıtma sistem abone sayısı yaklaşık 2,5 milyondur. Doğalgaz tüketiminde bireysel ısıtma sistemleri %19.35lik bir payla önemli bir yer tutmaktadır. Bireysel ısıtma sistemlerinde genel olarak tercih edilen atmosferik brülörlü cihazlarda bulunan ısı değiştiricilerde oluşan kireç ve kışır tabakası ise ısı verimi azaltırken cihazın çalışmasını engellemektedir. Kışır tabakasının kalınlaşmasına bağlı olarak metal yüzeyde meydana gelen bozulmalar sistemin güvenliğini tehdit etmektedir. Bireysel sistemlerde verimsiz çalışan her cihaz ülke ekonomisine ve çevreye zarar vermektedir.

Bütün bu sebeplerden dolayı bireysel ısıtma sistemlerinde bulunan ısı değiştiricilerin performansının zamanla değişimini gözlemlemek ve sistemin genel verim kayıplarını gözlemleyerek bunları önlemek için kullanılacak yöntemleri belirlemek amacıyla bir deney seti planlaması yapılmıştır. Bu sayede zamana bağlı değişimler anlık olarak kaydedilerek basınç ve sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen verim kayıpları hesaplanacaktır. %99 oranında ithal ettiğimiz doğalgazın daha verimli kullanımını sağlamak kurulum ve bakım maliyetlerini azaltarak kurulu sistemlerin atıl olmasını önlemek çalışmamızın başlıca amacıdır.

## LİTERATÜR ÖZETİ

Yapılan literatür araştırmasında genellikle bir süreç olarak ısı değiştiricilerde kireç oluşumu gözlemlenirken dolaşım suyunun kimyasal içeriği ile ilgilendiği görülmüştür. H.Müller-Steinhagen (1998) çalışmasında ısı değiştiricilerde kirliliği azaltmaya yönelik Kraft metodunu ve Bayer metodunu deneysel olarak gözlemlemiş ve sonuçları kıyaslamıştır. Bu deneysel çalışmada gözlemlenen metotlar dolaşım suyunun şartlanması esasına dayanmaktadır. Dolaşım suyuna ilave edilen kimyasal ile birlikte kirlilik direncini gözlemlemişlerdir ve ölçülen yığık sıcaklık ve başlangıç sıcaklığına bağlı olarak ısı transfer değerlerini hesaplayarak kirlilik direncini denklemini elde etmişlerdir. İlave edilen konsantrasyonun miktarına bağlı olarak kirlilik direncinin bir miktar azaldığını gözlemlemişlerdir. D. Kulkulaand M.Devgun (2007) ısı değiştiricilerde akışkan sıcaklığının kirlilik oluşumuna etkisini plakalı

eşanjör için deneysel olarak incelemişlerdir. Zamana bağlı olarak plakalı eşanjör yüzeyinde oluşan kireç tabakasını gözlemlemişlerdir. Karbon çeliği, paslanmaz çelik, alüminyum ve bakır ısı değiştiricilerde meydana gelen kireç ve kışır birikintilerini yatay ve düşey düzlemde 30-60-90 günlük periyotlarla fotoğraflayarak kıyaslamışlardır. H. Pahlavanzeh ve ark.(2007) Yüzeyi yay, ağ örgüsü ve kıvrımlı tel ile arttırılmış ısı değiştiricilerin performanslarını gözlemlemişler aynı zamanda her üç malzemenin kirlilik direncine etkisini gözlemlemişlerdir. Tel kafes şeklindeki yüzeyde kirlilik direnci oluşumunun yay şeklindeki yüzeyden daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. C.Rodriguezand R. Smith ısı değiştiricilerin optimizasyonunu cidar sıcaklığı ve akışkan hızına bağlı olarak incelemişlerdir. Z.Quan ve ark. (2008) Zorlanmış taşınılma ısı transferi sırasında boru tipi bir ısı değiştirici yüzeyinde kalsiyum karbonat birikintisi oluşumu deneysel olarak gözlemlemişlerdir. Kirlilik direncinin akışkan sertliği ve alkaliliğinin artmasına bağlı olarak asimptotik olarak arttığını gözlemlemişlerdir. Sistemin termal performansının  $380-2600\text{kgW(m}^4\text{K)}^{-1}$  aralığında değiştiğini ve termal direncin  $1.7-2.2\text{ W(mK)}^{-1}$  aralığında değiştiğini belirtmişlerdir. F. Coletti ve ark. (2010) bir güç santralinde kullanılan ısı değiştiricinin kirlilik direncine bağlı olarak performansını incelemiş ve ısı değiştirici sistemin termo ekonomik analizini gerçekleştirmiştir. 8000 saat çalışan sistemde ısı değiştirici giriş ve çıkış sıcaklıklarında meydana gelen değişimi toplam enerji denkleminde hesaplayarak sistemde meydana gelen mali kayıpları tespit etmiştir. Çift borulu ısı değiştiricide meydana gelen yakıt artış oranlarını tablolar halinde sunmuştur. Bu eğrilerde görüldüğü üzere 600 günde yaklaşık 230000 USD verim kaybından dolayı yakıt giderinde bir artış hesaplamışlardır. S.N.Kazi ve ark.(2013) ısı değiştiriciler kireç ve kışır tabakasını önlemek için dolaşım sistemine doğal lif ilavesinin etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Optimum konsantrasyonda doğal lif ilavesi ile kirlilik direncinin azaldığını gözlemlemişlerdir. %0.05 konsantrasyon oranında kısa ahşap liflerin kirlilik oluşumunu azalttığını belirtmişlerdir. S.N.Kazi ve ark.(2015) ısı değiştiricilerin yüzeyinde oluşan kalsiyum karbonat birikintisini önlemek amacıyla çevreye zararı olmayan bitkisel bir solüsyonun (gumarabic) dolaşım suyuna ilavesini deneysel olarak incelemişlerdir. Yapılan çalışmada kalsiyum karbonat tabakası kalınlık oranı, kirlilik direnci ve kirlilik direncinin yüzeydeki ısı transferine etkisini gözlemlemişlerdir. Gumarabic ilavesinin kirlilik birikmesini bir miktar geciktirdiğini tespit etmişlerdir. S.Lopata ve P. Oclon boru tipi ısı değiştiricilerde kirlilik direncinin yerel ısı transferine etkilerini nümerik olarak inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Kanatçıklı yüzeye sahip eliptik bir borulu ısı değiştirici tasarlanarak CFD simülasyon metodu ile akışı modellemişlerdir. Dolaşım suyu ve gazın yığık sıcaklık değerleri, ısı değiştirici yüzeyin iç ve dış yüzey sıcaklık değişimleri, ısı değiştirici yüzeyde meydana gelen ısı akısı değerleri ve ısı transfer katsayılarındaki değişim hesaplanarak ısı değiştiricinin performansı değerlendirilmişlerdir. Akışkan-gaz sıcaklığı arttıkça ısı değiştirici iç ve dış yüzey sıcaklıkları artmakta ve buna bağlı olarak kireç tabakası oluşumunun artarak ( $150^{\circ}\text{C}$  de 1.5 mm) ye ulaştığını belirtmişlerdir. Yüzeyde kireç tabakasının kalınlığına bağlı olarak sıcaklık değerinin önemli ölçüde arttığını belirtmişler ve bunun sonucu olarak artan termal gerilimlerin ısı değiştiriciyi kullanılamaz hale getirdiğini belirtmişlerdir.

Literatürde bireysel ısıtma sistemlerinde kullanılan ısı değiştiricilerin performansı ile ilgili bir çalışma bulunamaz iken aynı zamanda basınçlı yıkama metodunun (flushing) sistem performansı üzerine etkisini aynı deney üzerinde belirten bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Emisyon değerleri ve baca gazı sıcaklık değerlerinin ölçümü sonunda elde edilen veriler ışığında bireysel ısıtma sisteminde kullanılan cihazların genel bir verim değerlendirmesi ve zaman bağlı değişimleri ile uygulanabilir ve en ekonomik temizleme metodunun mevcut sisteme uygulanabilirliği yapılan deneysel çalışma ile literatüre kazandırılmıştır. Genellikle büyük ölçekli güç santralleri ve ısı değiştiricileri için yapılan çalışmalara ilaveten tüketimde oldukça büyük bir paya sahip bireysel ısıtma sistemlerinin bir termo-ekonomik analizi bu çalışmada yapılmaktadır. Yapılan deneysel çalışmada bireysel ısıtma sisteminde kullanılan ısı değiştirici ve sistemde kullanılan otomatik kontrol üniteleri, üç yollu vana, selenoid gaz valfi ve sensörleri, minimum gaz basıncı presostatları ve dolaşım pompası filtre vana baca sensörleri gibi elemanların çalışma şartlarına bağlı olarak değişimleri zamana bağlı bir periyotta değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar bilimsel araştırmacılara, ürün tasarımı ve üretimi yapanlar, bakım, servis ve nihai tüketici bakımından somut bir kaynak olmaktadır.

## MATERYAL VE METOD

Bireysel ısıtma sistemlerinde kullanılan ısı değiştiricilerin performansını ve kirlilik direncinin etkileri bu çalışmanın temel hedefi olduğu için öncelikle bireysel ısıtma sistemlerinde çok tercih edilen atmosferik brülörlü hermetik bacalı doğalgaz yakıtlı 24Kw duvar tipi kombi, pompa ve kollektör kullanılmıştır. 80 m<sup>2</sup> alana sahip ve 3 m yüksekliğindeki laboratuvarında kurulan deney düzeneğinde PKP 600X1000 panel radyatör ve 10 m PEX zeminden ısıtma borusu ile bir ısıtma sistemi dizayn edilmiştir. Domestik bir gaz sayacına bağlı sistemde anlık ve toplam gaz tüketimleri ölçülebilmektedir. **Şekil 1.** Dolaşım ve tesisat suyunun ısı değiştirici iç ve dış yüzeyinde, giriş ve çıkışında sıcaklık ve basınç değerleri anlık olarak ölçülerek kayıt altına alınmıştır. 500 saat çalışan dolaşım sistemine montajı gerçekleştirilen kompresör yardımıyla basınçlı yıkama yapılmış ve temizleme sonrası sıcaklık ve basınç değerlerindeki değişim ölçülmüştür.

Eşanjör yüzeyinde meydana gelen kirlilik direncinin değeri aşağıda belirtilen eşitlik ile hesaplanmıştır;

$$R_d = 1 / U_d - 1 / U \quad (1)$$

$R_d$  = Kirlilik direnci, (Yüzeyde Oluşan Birikimden Dolayı Oluşan Termal Direnç ) (m<sup>2</sup>K/W)

$R_d = R_d \times 10^4$  (Şekil 4,5,6)

$U_d$  = Kirlenmeden sonra ısı değiştiricinin ısı iletkenliği (W/m<sup>2</sup>K)

$U$  = Temiz ısı değiştiricinin ısı iletkenliği (W/m<sup>2</sup>K)

1 eşitliği aynı zamanda aşağıdaki eşitlik gibi ifade edilebilir;

$$U_d = 1 / (R_d + 1 / U) \quad (2)$$

$$\Delta T = \frac{(t_{hi} - t_{co}) - (t_{ho} - t_{ci})}{\frac{(t_{ho} - t_{ci})}{(t_{hi} - t_{co})}}$$

$t_{hi}$ : Sıcak su giriş

$t_{ho}$ : Sıcak su çıkış

$t_{ci}$ : Soğuk su giriş

$t_{co}$ : Soğuk su giriş

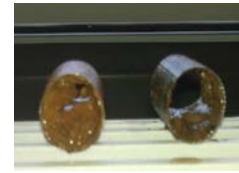
$\Delta T$ : Boyutsuz ortalama sıcaklık



Şekil 1. Deney düzeneği



Şekil 2. Ana Eşanjör



Şekil 3. Filtre ve Üç Yollu Vana

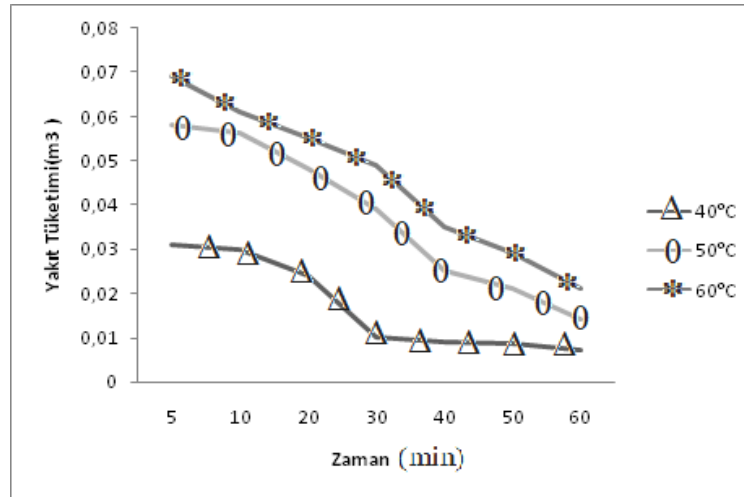
Bazı kirleticilerin ısı iletim değerleri Tablo 1 de görülebilmektedir.

**Tablo 1.** Kirleticilerin ısı iletim değerleri

Kirleticisi	Isı iletim değeri (W/mK)
Aluminyum Oksit	0.42
Biofilm tabakası	0.6
Karbon	1.6
Kalsiyum Sülfat	0.74
Kalsiyum Karbonat	2.19
Magnezyum Karbonat	0.43
Titanyum Oksit	8.0
Mumsu kir	0.24

## SONUÇ VE TARTIŞMA

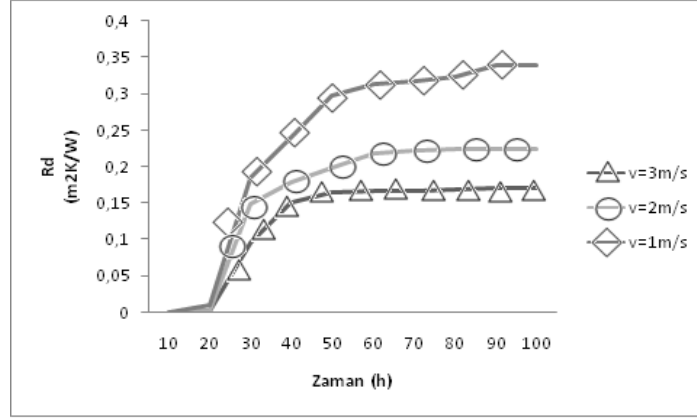
Sistem dolaşım suyunda zamanla meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişim hidrolik ve termal dirence sebep olmaktadır. Çoğu zaman hesaplamalar ısı değiştirici yüzeyinde meydana gelen kireç tabakasının kalınlığına bağlı olarak yapılmış olsa da özellikle dolaşım hattında zeminden ısıtma borularında ve kollektör giriş ve çıkışlarında filtre ve vanalarda kışırın oldukça yoğun şekilde biriktiği gözlemlenmiştir. **Şekil 2, Şekil 3.** Cihaz girişinde bulunan filtrede zamanla meydana gelen tıkanıklık cihazda basınç değişimlerine neden olduğundan arıza kodu vermesine neden olmaktadır. Cihazda meydana gelen bu arıza cihazın kendini sıfırlamasını ve yeniden devreye girmesini gerektirmektedir. Cihazın yeniden başlatılmasının yakıt tüketimine etkisi **Şekil 4.** de açıkça gözlenmektedir. 40 °C de çalışan sistemin rejime girmesi 25 dk.iken 50 ve 60°C de rejime girme süresi 40 dk. olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak ilk çalışma sırasında yakıt tüketimi %25 oranında artmaktadır.



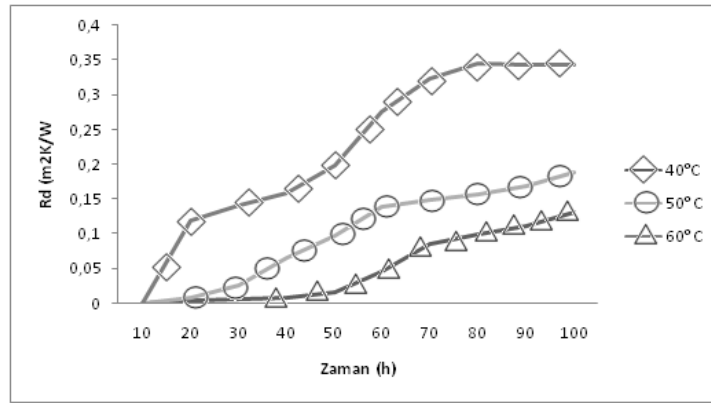
**Şekil 4.** Farklı sıcaklık değerlerinde yakıt tüketimi

Akış hızının artırılmasının, eşanjörün ısıl performansını arttırdığı ve kirlenme oranını düşürdüğü gözlenmiştir **Şekil 5.** Isı transfer yüzeyinden geçen dolaşım suyunun düzgün ve sabit akışı, kirlenmeyi önlemektedir. Dolaşım suyunda bulunan partiküller, özellikle dolaşım hızının ani bir şekilde değiştiği, düşük ısıya sahip bölgelerde, ısı değiştirici yüzeylerinde hızlıca yüzeye tutunmaktadır. Akışkan hızında ve sıcaklığında meydana gelen ani değişimler, yüzeydeki tortuların yerinden oynamasını kolaylaştırmaktadır. Dolaşım sisteminde meydana gelen kirlilikten dolayı dolaşım hızı düşeceğinden ikincil bir etki olarak da sistemde kirlenme birikimi hızlanmaktadır. Sistemde kullanılan sirkülasyon pompasında 3 farklı dolaşım hızı için yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar grafikte belirtilmiştir.

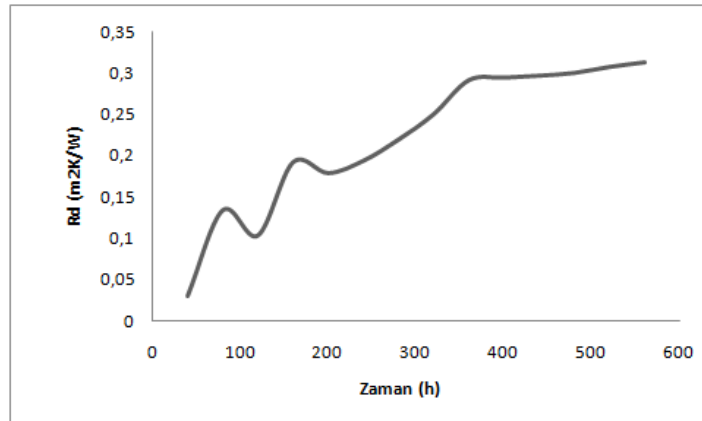
Akışkan sıcaklığına bağlı olarak akışkan içinde askıda bulunan partiküllerin yüzeye tutunma oranı da değişim göstermektedir. Bu nedenle akışkan sıcaklığı (Proses sıcaklığı) yüzeyde tortu birikmesi açısından önemli bir parametredir. Proses sıcaklığı yükseldikçe daha fazla kirlenme gözlenmiştir. Bu, “pişirme” etkisi, daha hızlı reaksiyonlara dolayısı ile artan korozyon oranına ve kristal oluşumuna sebep olmaktadır. Daha düşük sıcaklıklar, daha yavaş kirlenme birikimi ve genellikle kolayca çıkarılabilen birikintiler oluşturmaktadır.



Şekil 5 Farklı dolaşım hızlarında kirlilik direnci değişimi



Şekil 6. Farklı sıcaklıklarda kirlilik direnci değişimi



Şekil 7. Kirlilik oluşumunun zamana bağlı değişimi

Bununla birlikte, bazı proses akışkanları için, düşük yüzey sıcaklığı kristalizasyon ve kirlenmeyi artırır. Isıtma ve soğutma prosesleri için daha iyi olan optimum bir yüzey sıcaklığı vardır be nedenle her proses için uygun bir optimum çalışma sıcaklığı belirlenmesi sistemin ekonomik çalışmasını sağlarken uzun ömürlü olmasını mümkün kılar. Bireysel ısıtma sistemleri için yapılan deneyde optimum sıcaklık aralığı 40-42°C olarak tespit edilmiştir. **Şekil 6.**

Bireysel ısıtma sisteminin eşanjöründe zamana bağlı kirlilik direncinin oluşumu **Şekil 7.** de belirtilmiştir. Eşanjör yüzeyinde kışır ve kireç tabakası başlangıçta daha hızlı oluşurken zamanla yüzeyin geometrisine bağlı olarak kışır oluşum hızı daha yavaş gözlenmiştir.

Isı transfer yüzeylerinde yüksek basınçlı su jetleri ile temizlik veya hidrolik temizleme, yapılabilmektedir. Genellikle günümüzde eşanjör ve ısı değiştirici yüzeylerde asitli çözeltiler ile temizlik tercih edilirken bu işlemin kılcal kanallarda ve ince boşluklarda çok işe yaramadığı gözlenmiştir. Ayrıca asit kalıntısı sisteme kalıcı hasar bırakırken korozyonu hızlandırmaktadır. Bu sebeple asit yoğunlukla yüksek basınçlı jetlerin geçmesi için kolay erişilebilen dış yüzeylerinde kullanılabilir. 2-6 bar basınçlı yıkama ile boru radyatörlerde yumuşak tortular, çamur, gevşek pas gibi kirlilikleri giderilebilir iken 6-60 bar basınç ile kanatlı ve borulu eşanjörlerde yoğun organik tortular, polimerler, kondansatörlerdeki katranlar ve kireç kalıntıları, kazan ve duman boruları tamamen temizlenebilmektedir. **Şekil 8.** Bu yöntem, özel tabancalar veya nozullarla, kirliliği yüzeylerdeki güçlü su jetlerini yönlendirmekten ibarettir. Hidrolik kuvvetin en etkin kullanımını sağlamak için çeşitli nozullar ve uçlar kullanılır. Bu temizleme prosedürünün etkinliği erişilebilirliğe bağlıdır ve tüplerde hasarı ve personelin yaralanmasını önlemek için uygulamada dikkatli olunmalıdır. Mekanik temizleme yöntemlerinin yararları arasında basitlik ve kullanım kolaylığı ve tamamen tıkalı tüpleri bile temizleyebilme özelliği bulunmaktadır. Kimyasalla birlikte uygulanabilen basınçlı temizlik yönteminde ise cihazın püskürtme ucuna bağlanan kimyasal arındırıcı dolu tüp sayesinde 3 kademeli olarak basınçlandırılmış hava su ve kimyasal karışımı sisteme enjekte edilmektedir. Kimyasalla temizleme sayesinde basınçlı suyun yeterli olmadığı tortuları çözmek veya gevşetmek mümkün olabilmektedir. Sistem bileşenlerinin kimyasal temizlik solüsyonlarıyla uyumluluğu son derece önemlidir. Asit kalıntısı sistemde kalıcı hasar bırakabileceğinden kalıntı bırakmayan çözücü kullanılması önerilmektedir. Kimyasal yıkama işleminden sonra %3 oranında su ile karıştırılmış nötrale tuz kullanılmıştır. Temizlik sonrası incelemeler, temizlik çözücüleri nedeniyle oluşan korozyon hasarını kontrol etmek ve temizleme etkinliğini ölçmek için son derece önemlidir. Kimyasal temizleme solüsyonları mineral asitleri, organik asitleri, alkali bazları, kompleksleştirici maddeleri, oksitleyici maddeleri, indirgeyici maddeleri ve organik çözücüleri içerir. Korozyonu azaltmak ve temizleme verimliliğini artırmak için inhibitörler ve sürfaktanlar eklenir. Yaygın temizleme solventleri; inhibitörler, hidroklorik asit, hidroklorik asit, monoamoniak sitrik asit veya sülfamik asit, inhibe hidroklorik asit, sitrik asit, Sodyum hidroksit, deterjanlı veya detektör içermeyen trisodyum fosfat, su-yağ emülsiyonu klorlu veya aromatik çözücülerdir.

Yapılan deneysel çalışmada kimyasal temizlik için öncelikle gevşek kalıntıları temizlemek için ön yıkama işlemi yapılmıştır. Temizlik kimyasalları ve inhibitörlerinin enjeksiyonu ile basınçlı suyun sirkülasyonu sağlanmıştır (max.8 bar). Temizlik kimyasallarının tüm izlerini temizlemek için durulama işlemi yapılmıştır. Son olarak nötralizasyon işlemi ile sistem dolaşım suyu doldurulmuştur. Bireysel ısıtma sistemlerinde kireç ve kalıntı temizleme işlemi için kimyasal ile basınçlı yıkama prosedürü uygun görülmüştür.

Sistemde bulunan dolaşımı ve ısıtmayı sağlayan elemanların demonte edilmeden yüksek basınçla temizlenebilmesi zaman ve maliyet bakımından daha uygun olmaktadır. Yaygın olarak kullanılan asitli suyun içerisinde bekletme ve durulama işlemi ile kılcal boşlukların yeterince temizlenmediği gözlenmiştir. Ayrıca yüzeydeki asit kalıntılarının yeterince arındırılmamasından dolayı korozyona neden olmaktadır. Bakır ve plastik yüzeylerde kalıcı deformasyonlara neden olurken demontaj - montaj sırasında önlenemeyen montaj hataları, kaçak ve sızdırmazlık problemleri gözlenmektedir.



**Şekil 8.** Kombi Sıcak Su ve Plakalı Eşanjör Kışır Birikintisi (500 h)

#### KAYNAKLAR

- [1] H. Müller-Steinhagen. "Mitigation of Process Heat Exchanger Fouling: An Integral Approach". Institution of Chemical Engineers Trans IChemE, Vol 76,Part A, February 1998.
- [2] David J. Kukulka, Mohan Devgun. "Fluid temperature and velocity effect on fouling" . Applied Thermal Engineering 27, Vol 2732-2744, 2007.
- [3] H. Pahlavanzadeh, M.R. Jafari Nasr, S.H. Mozaffari. " Experimental study of thermo-hydraulic and fouling performance of enhanced heat exchangers" . International Communications in Heat and Mass Transfer 34, Vol 907-916, 2007.
- [4] C. Rodriguez, R. Smith. "Optimization of Operating Conditions For Mitigating Fouling In Heat Exchanger Networks". Chemical Engineering Research and Design, Trans IChemE, Part A, June 2007.
- [5] Z. Quan, Y. Chen, C. Ma. "Experimental Study of Fouling on Heat Transfer Surface During Forced Convective Heat Transfer" . Chinese Journal of Chemical Engineering, 16(4) 535-540, 2008.
- [6] F. Colletti, S. Macchietto, Graham T. Polley. "Effects of fouling on Performance of Retrofitted heat exchanger Networks; a thermo-hydraulic based analysis" 20<sup>th</sup> European Symposium on Computer Aided Process Engineering-ESCAPE20 S. Pierucci and G. Buzzi Ferraris, 2010.
- [7] S.N. Kazi, K.H. Teng, M.S. Zakaria, E. Sadeghinezhad, M.A. Bakar. "Study of mineral fouling mitigation on heat exchanger surface." Contents listst available at Science Direct. Desalination 367. 248-254, 2015.
- [8] S.N. Kazi, G.G. Duffy, X.D. Chen. "Fouling mitigation of heat exchangers with natural fibres". Contents listst available at SciVerse ScienceDirect Applied Thermal Engineering 50. 1142-1148. 2013.





## ÖZGEÇMİŞ

### **Havva DEMİRPOLAT**

1978 Konya doğumludur. 1999 yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur.1999-2003 yılları arasında özel bir şirkette ürün mühendisi olarak görev yapmıştır. 2003 Selçuk Üniversitesi Sarayönü Melek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 2006 yılında Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını 2015 yılında aynı ana bilim dalında doktorasını tamamlamıştır. 2017 yılında Yardımcı Doçent olmuştur. Halen Selçuk Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı bölümünde Öğretim Üyesi ve Bölüm Başkan Yardımcılığı görevini sürdürmektedir. Evli ve 1 çocuk annesidir.

### **Süleyman Orkun DEMİRPOLAT**

1976 Konya doğumlu, Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği 2000 mezunu.2000-2003 yılları arasında özel bir şirkette Makine Mühendisi olarak çalışmıştır.2003 Selçuk Üniversitesi Sarayönü Melek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 2005 yılından bu yana Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.2007 yılında Termodinamik alanında Yüksek Lisansını tamamlamıştır. Evli ve 1 çocuk babasıdır.