



Kondenstopların Enerji Verimliliğine Etkileri ve Enerji Maliyet Analizi: Bir Tekstil Firması Örneği

Hakan Kavak ¹, Nimeti Döner^{*2}

ÖZ

Buharı kullanan ve buhar hatlarının yoğun olduğu çeşitli endüstriyel tesislerde, kondenstoplar enerji verimliliği için oldukça önemli ekipmanlardır. Çalışmamızda kondenstopların çeşitleri, kullanım özellikleri ve uygulamada karşılaşılan aksaklıklar (montaj, ebatları, malzeme uygunluğu, çalışma şartları) bakımından en çok görülen kondenstop problemleri anlatılmaktadır. Genel kondenstop problemlerinin oluşum nedenleri, bakım ve onarım için yapılması ve dikkat edilmesi gerekenler ayrıntılı açıklanmaktadır. Bir endüstriyel tesisin buhar hatlarının kayıp ölçümü ve kondenstopların enerji kayıp maliyetleri hesaplanarak, ekonomik önemleri de gösterilmektedir. Analizler sonucunda, 105 kondenstop olan fabrikanın kondenstoplardan bir yıllık enerji kayıp maliyetinin 561,384 USD olduğu, bakım ve tamir işlemlerinden sonra 93,287 USD düştüğü tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kondenstop, enerji verimliliği, kondens, buhar kaçağı, ekonomik analiz

Impact of Steam Traps On Energy Efficiency and Energy Cost Analysis: The Case of a Textile Factory

ABSTRACT

Steam traps are critical to energy efficiency in many industrial facilities. The types of steam traps, their uses, and application problems (such as installation, sizing, material compatibility, working conditions) have been explained in this study. The most common causes of steam trap problems and methods for maintenance and repair are explained in detail. Steam leakage measurements in an industrial plant were used to demonstrate the economic significance of steam traps. Based on the analyses, the one-year energy loss cost for the plant with 105 steam traps was determined to be \$561,384, and was reduced to \$93,287 after the maintenance period.

Keywords: Steam trap, energy efficiency, condensate, steam leakage, economic cost

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 08.06.2022

Kabul/Accepted : 08.09.2022

¹ Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara
hakankavak43@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9370-8072

² Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara
nimetidoner@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8963-2829



EXTENDED ABSTRACT

1. Introduction and Purpose

Steam systems are an essential component of many industrial plants. Although the energy sources of industrial plants are very different, the steam systems used are approximately the same. For this reason, measuring and evaluating energy efficiency is an important issue and goal. The most important way to reduce the consumption of thermal energy in the form of steam is to minimize heat losses, to use the energy as efficiently as possible by improving the heat transfer mechanisms in the production stages, and to recover the condensate formed after the use of steam in the closed system without leakage. Condensate formation in steam systems causes fundamental problems:

- Reduction of pressure and flow
- Increase of steam humidity
- Occurrence of water shocks (hammering).

These problems damage equipment in steam distribution pipelines and cause longitudinal cracks on pipe surfaces, leakage at welds, and deformation of expansion joints used in pipelines. Water shocks are also dangerous to heat exchangers and equipment. Steam traps are essential to prevent water hammer problems and reduce unplanned repair costs.

2. Subject of the Studys

A significant energy problem results when steam traps are overlooked in factories with heat processes. Maintenance, controls and replacement of defective steam traps are essential to the operational efficiency of companies and are also necessary for the energy efficiency system ISO 50001. In this study, general information about steam traps is given. The importance of steam traps to energy efficiency, types, operating principles, causes of failure, and the effects of steam traps on the system after failure are explained. Then, our study evaluates heat losses and costs based on measurements of steam traps in a textile factory.

3. Analyzing of the Steam Traps

Condensate flow and pressure change should be properly calculated to operate systems efficiently, and the condensate line must be constantly drained. Steam trap failures can affect process operations, reduce energy efficiency and diminish projected industrial plant profits. Choosing the right steam trap improves system reliability and reduces energy costs.

In the textile factory studied, steam lines and steam traps have an operating pressure of 7 bar, and a total of 105 steam traps were studied for their technical characteristics. The leakage measurements were carried out with an ultrasonic device of the model Ultraprobe100 UP100KT from the brand UE SYSTEMS. The areas of application, technical specifications, type of defect and measurement results of the steam traps examined are detailed in Table 3 (in the paper). The table below contains the analysis results of the steam traps in the different sections of the textile plant studied.

Table. The analysis of the steam traps in the facility

Bölüm	Kaçıran kondenstop (Adet)	Toplam kaçak miktarı (kg/h)
Baskı bölümü	14	305
Boyahane	10	535
Kuru Bölüm	8	310
Toplam	32	1150

The annual leakage cost is calculated assuming that the factory operates 6000 hours per year. Here, the annual operating time was assumed to be 6000 hours because the machines in the factory are not continuously supplied with steam. The amount of steam during one year due to leakage from steam traps:

$$1150 \text{ kg/h} \times 6000 \text{ h/year} = 6,900,000 \text{ kg/year} = 6,900 \text{ tons of steam/year.}$$



Using water at a temperature of 20 °C, 638,030 kcal of energy is required to generate a pressure of 7 bar of saturated steam. The lower heating value of the fuel was assumed to be 8250 kcal/cm³. The enthalpies of the water were taken from thermodynamic tables. Finally, the energy loss of the steam traps for one year was determined to be \$561,384 and the energy loss from reusing the condensate in the factory was determined to be \$ 500,802. The energy cost if the condensate is not recovered is higher than if the condensate is recovered. After the repair and maintenance work, fewer leaks (191.1 kg/h) were detected during measurements with a new type of sensitive leakage measuring device (TLV-Trapman). In the second measurements after the elimination of the leaks and technical defects detected in the textile factory, using a different and more sensitive leakage measurement device, the energy cost for the non-recycled condensate is \$83,220, while the energy cost for the waste condensate is \$93,287.

4. Conclusions

Steam traps in facilities should be inspected every three months and repaired or replaced if a repair kit is available. Steam traps should not be considered just a vapor barrier for plumbing systems. If careless, they can cause high energy consumption. When purchasing a steam trap, it should be questioned whether the surfaces that the condensate comes in contact with are stainless, or if features such as the opening diameter and automatic venting are available.

1. GİRİŞ

Buhar sistemleri pek çok endüstriyel tesisin önemli bir parçasıdır. Petrol rafinerisi, çelik ve metal üretim tesisleri, çimento, cam ve seramik üretim tesisleri, kâğıt ve tekstil ile organik kimyasalların üretim sistemlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır ve bu sistemlerde enerji verimliliği de oldukça önemlidir. Üretilen buhar, sistemde dolaşarak ısı transferinde, sıvıların damıtılmasında ya da direkt hammadde şeklinde kullanılabilir [1]. Enerji kullanan endüstriyel tesislerin tamamında buhar üretmek için yüksek oranda fosil yakıt kullanılmaktadır. 2016 yılı verilerine göre, Dünya'nın birincil enerji kaynaklarının %81'i fosil yakıtlardır (kömür, petrol, doğalgaz, linyit, asfaltit vb.). 2021 yılı Dünya Enerji Konseyi verilerine göre, dünya çapında elektrik üretiminde son on yılda kömür kullanımı %40 dan %35 civarına gerilerken, yenilenebilir enerjilerin kullanımı %11.7'ye yükselmiştir [2]. Dolayısıyla, endüstriyel sistemler ve enerji kaynakları çok çeşitli olmasına rağmen, kullanılan ana buhar sistemleri yaklaşık olarak aynıdır [3]. Bu nedenle buhar sistemlerinin enerji verimliliği ölçüm ve değerlendirmesi önemli bir konu ve hedef olmaktadır.

Buhar şeklindeki ısı enerjisinin tüketimini azaltmanın en önemli yolu, ısı kayıplarını azaltmak, üretim aşamasında ısı transfer mekanizmalarını iyileştirerek enerjiyi en verimli şekilde kullanmak ve kapalı sistemde buhar kullanımı sonrası oluşan kondens kayıpsız şekilde geri kazanmaktır.

Buhar-yoğuşma sistemlerinin proses sürecinde karşılaşılabilecek problemleri şunlardır [4]:

- a) Buhar kalitesinin zayıflığı
- b) Süreç parametrelerinin otomatik kontrol eksikliği
- c) Uygun kondensstopların kullanılmaması

Buhar sistemlerinde yoğuşma (kondens) oluşumu önemli problemlere sebep olmaktadır:

- Basınç ve debide azalma
- Buhar neminde (ıslaklığında) artış-Buharın kuruluk oranında azalma
- Su şoklarının (koç darbelerinin) oluşumu

Bu problemler buhar dağıtım hatlarındaki ekipmanlara zarar vermekte ve boru yüzeylerinde boyuna çatlakların oluşmasına, kaynak noktalarında kaçaklara, boru hatlarında kullanılan kompensatörlerin deforme olmasına sebep olmaktadır. Su şokları da (koç darbeleri de) ısı değiştiricileri ve ekipmanlar için son derece tehlikelidir. Kondensstoplar su şoklarından kaynaklanan problemlerin önlenmesi ve planlanmayan tamir maliyetlerinin azaltılması için gereklidir.

ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi (EnYS) enerji kuruluşlarının enerji performansını



arttırma yolunda dünya çapında kullanılmakta olan yeni sistemdir [5]. EnYS ile enerjinin verimli kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün azaltılması ve çevrenin korunması için enerji kaynakları ve kullanımında verimliliğin artırılmasına yönelik çalışmalar düzenlenir. Filkoski ve arkadaşları [6], Kuzey Makedonya'daki bir bileşik ısı ve güç santrali için yaptıkları enerji verimliliği analizlerinde bir kondenstopun enerji geri kazanımında yıllık 385 MWh enerji tasarrufu ve 10.500 € ekonomik kazanç sağlayabileceğini göstermişlerdir. Endonezya'daki süt paketleme fabrikasının buhar sistemindeki kondenstopların enerji verimliliği ve maliyet analizleri Permatasari ve Nur Nawaksa [7] tarafından çalışılmıştır. Süt ısı değiştiricileri vasıtasıyla, 300 kPa ve 800 kPa basınçlarda, ısıtma işlemine tutulmaktadır. Yazarlar, yeni çeşit bir kondenstopun uygulandığı, 202 adet aynı yeni kondenstopun kullanıldığı sistemde buhar kaçak ölçümleri ve Masoneilan'ın formülü ile yaptıkları hesaplama sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Bu çalışma ile buhar kayıp miktarlarının kondenstopların giriş basıncı ve orifis çapı ile doğrudan alakalı olduğunu tespit etmişlerdir. Kanada'da bir petrol rafinerisindeki kondenstoplar için termodinamik yaklaşım temelli, dinamik kontrol tekniği ile enerji verimliliği simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışma ile kondenstopların simülasyon modellerinin çalışma kısıtları ve performansları değerlendirilmiştir [8].

Isı prosesi olan fabrikalarda kondenstoplar (buhar kapanları da denilmektedir) gözden kaçırıldığında, belirgin bir enerji problemi ile karşılaşmaktadır. Kondenstopların bakımı, kontrolleri ve arızalı olanlarının yenilenmesi işletmelerin verimliliği açısından önem arz etmektedir ve ISO 50001 enerji verimliliği sistemi için de gereklidir. Bu çalışmada kondenstoplar hakkında genel bilgi verilmekte, kondenstopların enerji verimliliğindeki önemi, çeşitleri, çalışma prensipleri, arıza sebepleri, arıza sonrası kondenstopların sisteme etkileri anlatılmaktadır. Devamında çalışmamızda, bir tekstil fabrikasında kullanılan kondenstoplarda yapılan ölçümler neticesinde meydana gelen enerji kayıpları ve maliyetleri değerlendirilmektedir.

2. KONDESTOPLAR VE ENERJİ VERİMLİLİğİ

Buhar hatlarında ısı enerjisi verimliliği özellikle üç kısımda incelenmektedir.

2.1 Kondens Dönüşleri

Buhar kazanlarının verimliliğinde kondens dönüşlerinin büyük etkisi vardır. Kondens ısı enerjisini işletmede kullanmış olan buharın tekrar kazana dönen kısmı olarak tanımlanır [1].

Kazanda buharlaştırılacak olan su, buhar kazanına girmeden önce özel reçine tanklarından geçirilerek CaCO_3 'dan ve osmoz arıtma tesislerinde arıtılarak demineralize işlemi gerçekleştirilir. Dolayısıyla, içinde bulunan inert gazlara ve korozif etkenlere karşı kimyasal maddelerin ilaveleriyle şartlandırılmış maliyetli sulardır. Ayrıca atmosfer

fere açık sistemlerde yaklaşık 90°C sıcaklıkla kazana döndüklerinden, ilave suyun ön ısıtma ihtiyacı da ortadan kalkmaktadır. Bu suların en yüksek verimde kazanılıp tekrar kazana getirilmesi %10 enerji verimliliği sağlamaktadır [3].

2.2 Kondenstoplar

Kondenstoplar buhar sistemlerinde doyma basıncında bulunan buharın içindeki sıvı fazın sorunsuz bir şekilde tahliye edilmesini sağlarlar. Ayrıca buhar içindeki havayı ve inert gazlarında atılmasını gerçekleştirirler. Kondenstoplar bu özellikleriyle buharı sistem içinde tutarak enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlarken havayı atarak, proses ekipmanlarında genellikle de ısı değiştiricilerde daha efektif ısı aktarımını gerçekleştirirler. Başka bir ifadeyle, iyi bir kondenstop buhar kayıplarını minimize ederken, buhar verimliliği ve kalitesini de maksimum yapar. Bununla birlikte, inert gazları atarak buhar tesisatlarının ve kazanın uzun ömürlü olmasını da sağlamaktadır. Kondenstopların kullanım sürelerinin, çeşidine ve sistemdeki buhar basıncına bağlı olarak 6 ile 10 yıl arasında olduğu belirtilmesine rağmen, Kanyarusoke ve Noble-Jack [9] endüstriyel tesislerde kondenstopların kullanım sürelerinin 3 ile 5 yıl arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar çalışmalarında, kondenstopların efektif çalışmaması sonucunda bazı endüstriyel tesislerde buharın %55'inin kaybedildiğini de gözlemlemişlerdir. Bir petrol rafinerisindeki buhar dağıtım hatlarının enerji verimliliğini inceleyen Singh ve arkadaşları [10] kazanda üretilen buharın %20 civarının kondenstoplarda kaybedildiğini tespit etmişlerdir.

Kondenstoplarda arıza olması durumunda, buhar kayıplarını azaltmak amacıyla, iç kısımında bir orifis bulunmaktadır. Bu orifisten buhar akışı John Napier denklemi ile hesaplanır. W buhar kaybı (kg/h), P_{abs} buhar basıncı (bar) ve D iç orifis çapı (mm) olmak üzere,

$$W = 0.247175 \times P_{abs} \times D^2 \quad (1)$$

formülü ile ifade edilir [9]. Denklem (1)'den görüldüğü üzere, kondenstoplardaki akış hem buhar basıncına hem de orifis çapına bağlıdır. Dolayısıyla hiç bir kondenstop eşit çalışma kayıplarına sahip değildir. Buhar kayıplarının hesabında kullanılan başka bir formül Masoneilan'ın ifadesidir. Denklem (3) ile verilen formülde kullanılan alt indislerdeki y zaman süresini, t ise incelen kondenstopu göstermektedir.

$$CV = 22.1 \times D^2 \quad (2)$$

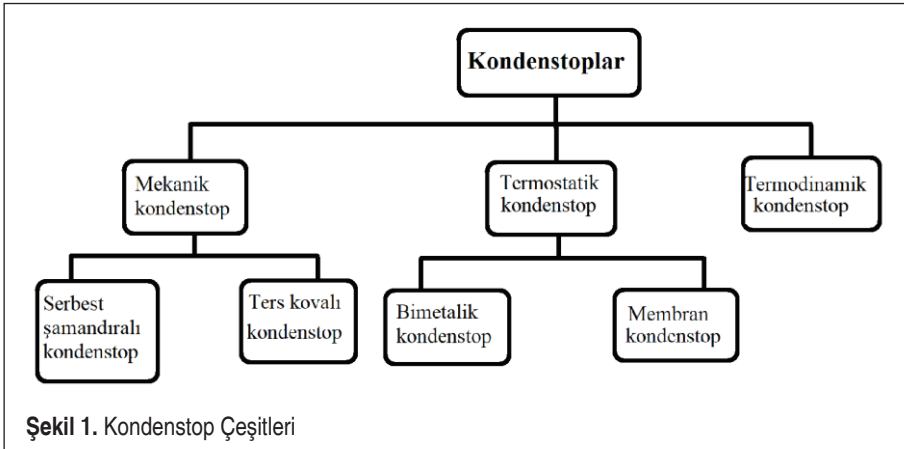
$$L_{St,y} = \frac{Op_{t,y} \cdot FT_{t,y} \cdot FS_{t,y} \cdot CV_{t,y} \cdot \sqrt{(P_{int,y} - P_{out,t,y}) \cdot (P_{int,y} + P_{out,t,y})}}{9.81} \quad (3)$$

Burada,

- $L_{St,y}$: “y” zamanı boyunca “t” kondensatöründeki buhar kayıpları (kg/ay)
 $FT_{t,y}$: Arıza tipi faktörü
 $FS_{t,y}$: kondensatörün servis faktörü
 $CV_{t,y}$: Buhar akış katsayısı
 $Op_{t,y}$: çalışma süresi (saat)
 $P_{in,t,y}$: Kondensatörün giriş basıncı (Pa)
 $P_{out,t,y}$: Kondensatörün çıkış basıncı (Pa)

şeklinde tanımlanır. Burada kondensatörün çıkış basıncı, giriş basıncının yarısından büyük yada en az eşit olmalıdır ($P_{out,t,y} \geq P_{in,t,y}/2$). Servis faktörü ve arıza tipinin değerleri ve ayrıntıları ilgili kaynaklardan bulunabilir [7, 11]. Servis faktörü (FS) kondensatör tipi ile alakalı olup, değerleri 0.9-2.1 arasında değişmektedir. Arıza tipi (FT) ise kondensatörlerin arıza özelliğine göre 0.2 ile 1 aralığında değerler almaktadır.

“Genel” bir kondensatör olup, tüm sistemlere uygulanabilen bir model mevcut değildir. DIN EN 26704 Standardına göre, üç çeşit kondensatör bulunmaktadır ve Şekil 1’de kondensatör tipleri ve çeşitleri verilmektedir [12].



Mekanik kondensatörler:

Mekanik buhar kapanları kondens seviyesine bağlı olarak kaldırma kuvvetinin etkisiyle şamandıraya veya kovaya bağlı bir kolun veya valfin açılıp kapanması prensibine dayanır. Şamandıralı ve kovalı kondensatör olmak üzere iki çeşidi mevcuttur.

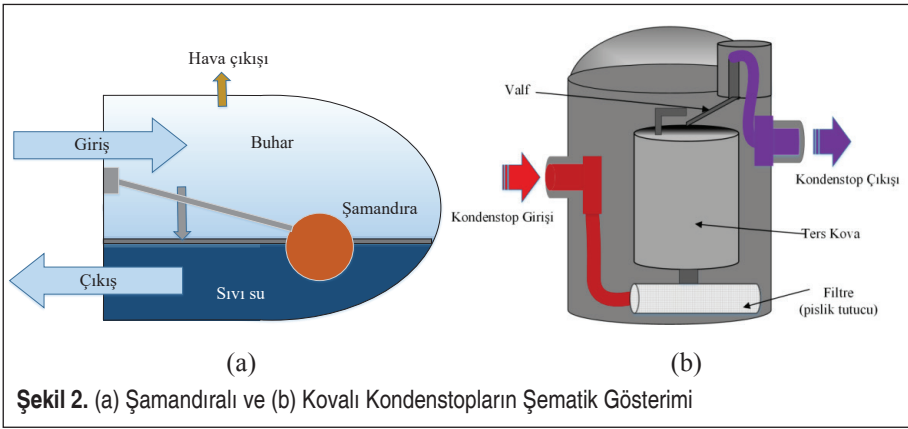
- Şamandıralı kondensatör:

Buhar içindeki su şamandırayı kaldırma gücüyle hareket ettirerek şamandıraya bir

kolla bağlı olan valfin açılmasını ve biriken suyun valften tahliye olmasını sağlar, böylece su seviyesi azaldıkça şamandıra aşağıya iner ve valfin kapanmasını sağlar. Bu şekilde kondens tahliye olur ve buhar sistemde tutulur. Şekil 2 (a)'da şamandıralı kondensstopun çalışma prensibine göre şematik resmi verilmektedir.

- Kovalı kondensstop:

Benzer prensiple çalışır, temel olarak kondensstop içine giren buhar, kovanın yükselmesine sebep olur. Bu yükselmeye vana kapanır, bu arada kondens kovaya girip dolmaya başlar, dolan kova batmaya başlar ve kovaya kolla bağlı olan valf açılmaya başlar bu sayede kondens boşalır. Şekil 2 (b)'de kovalı kondensstopun çalışma prensibine dayalı şematik resmi gösterilmektedir.

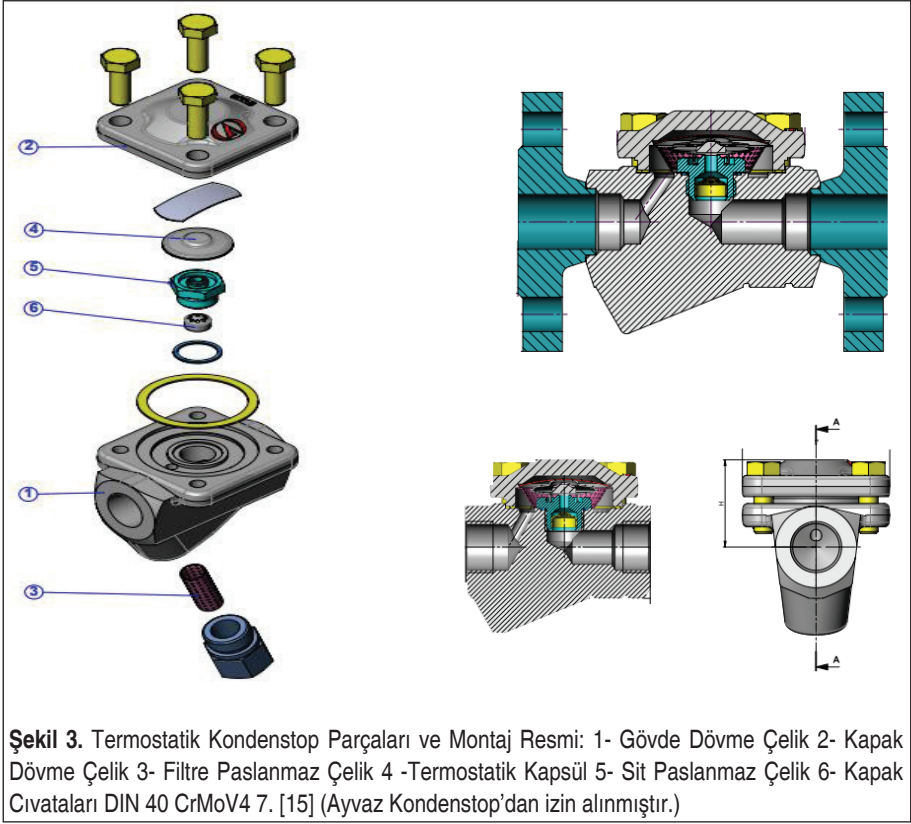


Termostatik kondensstoplar:

Buhar hatlarındaki buhar ve sıvı fazların sıcaklık farkı yoluyla sistemden uzaklaşması sağlanır. Bu çeşit kondensstoplar, buhar veya kondensattan ısıya maruz kalan bir maddenin genişmesi ve büzülmesi yoluyla tahliye valfinin açılıp kapanması prensibine göre çalışırlar. Bu durumda, kondensstoplar kondens tahliye etmek için doyma eğrisinin altında bir sıcaklığa düşürülür. Bu işlem sıvı, körük veya bimetal eleman yardımı ile gerçekleştirilir. Termostatik kondensstoplar dayanıklıdır, enerji kullanımını azaltırlar ve çok çeşitli buhar basınçlarında kullanılabilirler [13, 14].

- Sıvı Genleşmeli Termostatik Kondensstop:

Buhar geçişini engellemek için kondensstop kapsülünün içinde bir kontrol sıvısı bulunur. Kapsül içindeki sıvı, buhar kapanındaki sıcaklık yükseldikçe buharlaşır, bu da membranı valf yuvasına karşı zorlayan ve kapanı doyma sıcaklığının birkaç derece altında kapatan bir göstere basıncına neden olur. Kondensat soğudukça kontrol sıvısı yoğunlaştığında kapan tekrar açılır. Şekil 3'de Sıvı genleşmeli termostatik kondensstopların elemanlarının ve montaj yapısının resmi verilmektedir.

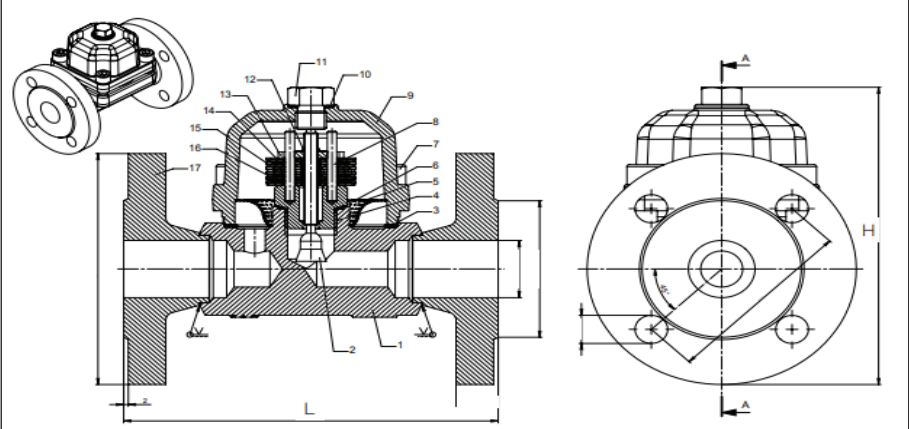


- Bimetalik termostatik kondestop:

En yaygın kullanılan kondestop tiplerinden biridir. Ebat olarak küçük, ağırlık bakımından hafif olup, yoğunlaşmış suyun maksimum tahliyesini sağlar. Buzlanmaya, yüksek basınca ve kızgın buhara dayanabilir. Birkaç bimetal eleman çiftleri halinde istiflenir ve bir valf gövdesi ile bağlanırsa, içeri akan kondensin sıcaklığındaki değişiklikler bimetal elemanların yön değiştirmesini sağlar, böylece valf açılır ve kapanır. Şekil 4, bimetalik kondestop montaj resmini ve ayrıntılı parçalarını göstermektedir. Bimetal elemanlar, biri diğerinin üzerinde düz bir şekilde uzanır ve valf tamamen açıktır. Buhar ve kondens sistemleri arasındaki basınç farkının etkisiyle kondens ve hava hızla tahliye edilir. Bimetal elemanlar sıcak kondensat ile ısıtıldığında yön değiştirirler ve yığın genişler. Sıcaklık, doyma sıcaklığının birkaç derece altına yükselirse, bimetal elemanların genleşmesi valfin kapanmasına neden olur.

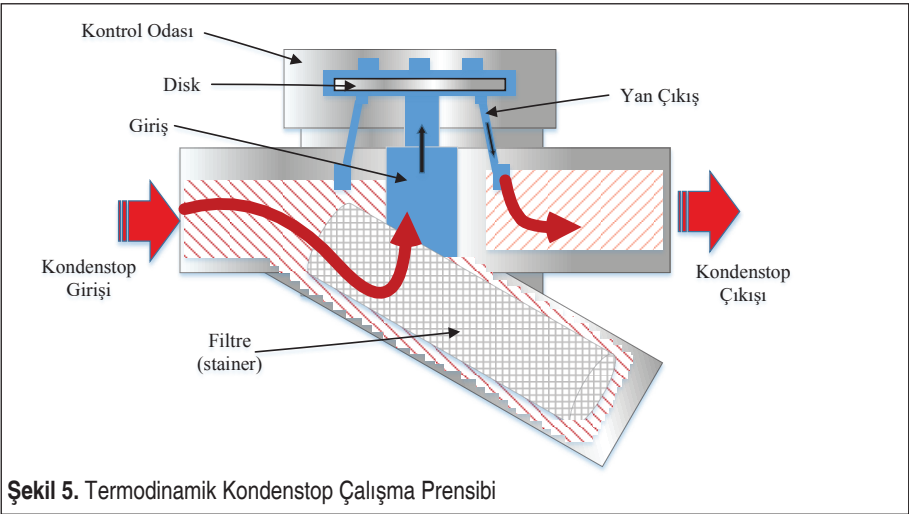
- Termodinamik kondestoplar:

Termodinamik buhar kapalı çalışma prensibi Bernoulli yasasına dayanmaktadır. Başlangıçta buhar içinde bulunan kondens basıncı diski alttan yukarı doğru iter ve soğuk



Şekil 4. Bimetalik Termostatik Kondenstop Resmi: 1-Gövde, 2-Kontrol Ünitesi Supabı, 3-Conta, 4-Sid, 5-Süzgeç, 6-Sid Contası, 7-İmbus Cıvata, 8-Bimetal Plaka Mili, 9-Kapak, 10-Kapak Ayar Tapa Contası, 11-Kapak Ayar Tapası, 12-Cıvata Kildi, 13-Ayar Cıvata Yatağı, 14-Bimetal Plaka, 15-Bimetal Plaka, 16-Bimetal Plaka Ara Parçası, 17-Flanş, 18- Adaptör [15] (Ayvaz Kondenstop'dan izin alınmıştır).

kondensat ve hava hızla ilk şekildeki gibi tahliye edilir. Sıcak kondens boşaldıktan sonra, buhar içeri girer (ikinci şekilde) ve tüm hacmi buhar ile doldurur. Daha sonra basınç odasının basıncı, diskin üst basıncını artırır. Ayrıca, yüksek hızlı buhar akışından sonra disk kapanacağından, basınç odasının basıncı, diskin üst kısmının basıncı azalır ve valf kapanır. Şekil 5'de termodinamik kondensstopların çalışma prensipleri kesit resimde gösterilmektedir.



Şekil 5. Termodinamik Kondenstop Çalışma Prensibi



3. KONDENSTOP SEÇİMİ

Doğru kondenstopu seçmek için sistem koşullarını ve kondenstop çalışma prensibini bilmek gerekir. Bu nedenle kondenstop seçimi belirli bir bilgi birikimini gerektirmektedir. Kondenstopların kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır [16, 17]. Kondenstop seçimlerinde çalışma koşulları, çalışma yeri, giriş çıkış basınç değerleri, kondenstop basınç değişimleri ve kondens miktarının bilinmesi çok önemlidir. Kondenstop seçimlerinde, kondenstop üreticisinin ürün ve çalışma özelliklerini tanımlamak için hazırladıkları tablolar kullanılmaktadır. Bu tablolar seçim aşamasında bilgi verir, fakat tablolar yerine tesisdeki veya prosesteki koşullara en hızlı cevap verecek kondenstopun çalışma mekanizmasıyla sistemin uyumluluğunu göz önünde bulundurarak seçmek, daha doğrudur [18].

Sistemi verimli çalıştırmak için kondens miktarının, basınç değişiminin doğru hesaplanması ve kondens hattının sürekli tahliye halinde olması istenmektedir. Kondenstop arızaları süreç operasyonlarını etkileyebilir, enerji verimliliğini düşürerek, endüstriyel tesisin planlanan kârlarını azaltabilir.

Kondenstopların arızaları çeşitli yöntemler ile tespit edilebilir. Bu yöntemler; görsel inceleme, termal kamera ile test ve kıyaslama, gürültü ölçümü (ultrasonik test), iletkenlik ölçümü ve kalorimetrik test yöntemleridir. Görsel inceleme, her işletmede kolayca uygulanabilecek ve fark edilebilecek bir gözlem şeklidir, kondens tankına gelen buhar yoğun bir buharlaşma meydana getiriyorsa kondenstoplar kaçırıyordu. Ayrıca kondenstop çıkışlarına çekvalf öncesi gözetleme camı konularak kondenstopların çalışması tek tek gözlemlenebilir. Termal kamera ile kontrol işleminde, kondenstop girişi ile çekvalfe kadar olan kısımlar ölçülüp aynı prosese sahip benzer makinelerin tesisatları kıyaslanarak kaçak öngörüsünde bulunulabilir veya kondenstopun bloke olduğu ve kondensi tahliye etmediği gözlemlenebilir. Gürültü ölçümü (Ultrasonik ölçüm) bir ultrasonik kaçak dedektörü kullanılarak, buhar kaçakları tarafından üretilen yüksek frekanslı seslerin ölçümü şeklinde olup, dedektör üzerindeki LED ışık seviye çubuğunda yoğunluk artışları şeklinde görülür. Kullanıcı yorumuyla buhar kaçağı olup olmadığı tespiti yapılarak kondenstop orifis çapları ve buhar basıncı bilgisiyle kaçak miktarı teorik olarak hesaplanır. İletkenlik ölçümü ile kontrol işlemi buhar ve kondensin iletkenlik değerlerine göre yapılır. Buhar kazanlarında demineralize edilmiş su ile buhar üretildiğinden buharın iletkenliği düşük olup, hatlardaki aşınma ve tortulardan dolayı kondensin iletkenliği yüksektir. Bu nedenle, kondens ile buhar arasındaki iletkenlik değerinin farkına bağlı olarak, iletkenlik düşükse kondenstopun arızalı olduğu anlaşılır. Fakat bu yöntemde korozyon önleyici kazan kimyasalları kullanılması iletkenlik değerlerini etkileyebilir ve ölçümlerin yanlış değerlendirilmesine sebep olabilir. Kalorimetrik yöntemde, kondenstopların ön kısmına bir hazne yerleştirilir ve hazne içine iki sıcaklık sensörü bağlanır, sensörlerden biri kondensin biriktiği hazneye diğeri buhar geçiş hattına konular ve ikisi arasındaki fark ölçülür. Belli bir



Şekil 6. Endüstriyel Tesiste Görülen Kondenstop Arızaları. (Kondenstop iç aksamındaki tüm parçalar paslanmaz malzemeden olmalıdır, şamandıralı kondens toplarda şamandıra bağlantı elemanları basınç ve sıcaklık dayanımları yüksek olmalı, şamandıra topunu valfe bağlayan pim ve kopilyalar doğru monte edilmelidir. Kopilya uçlarının pimin çıkmaması için açılması gerekmektedir.)

gradyant değerine ayarlanır, oluşan değişimlere göre kondens topunun bloke olduğu, buhar kaçırpı kaçırmadığı veya normal çalıştığı sonucuna ulaşılır.

Şekil 6 ve Şekil 7’de kondens toplarda görülen bazı problemlerin resimleri görülmektedir.



Şekil 7. Hat Üzerinde Bulunan Ve Kondens Top Hatalarından Dolayı Buhar Hattından Tahliye Edilemeyen Kondens Sebepiyle Oluşan Koç Darbeleri Sonucu Deforme Olmuş Kondens Topu Ve Bir Adet Kompansatör. (Kompansatör: Buhar hatlarında ısıya bağlı genleşmelerden kaynaklı borularda meydana gelen boyutsal değişimleri absorbe eden genleşme önleyici ekipmandır.)



Arızalı kondenstoplarda, şamandıralı olanlarda iç kısımları kontrol edildiğinde şamandıra toplarının deforme olması veya delinip içinin su ile dolmasıyla şamandıranın işlev yapamaması, şamandıra küresel topunu valfe bağlayan kaldırma kollarının kırılıp ya da pimin çıkarak topların kondenstop gövdesinin içine düştüğü şeklindeki arızaların olduğu Şekil 6'daki resimlerde görülmektedir. Diğer modellerde ise, termostatik kondenstoplarda genleşme sıvılarının muhafaza edildiği körük delinerek sıvının akması, termodinamik kondenstoplarda buhar ile kondens arasında işlev gören diskin deforme olmasıyla işlev yapmadığı şeklindeki arızalar en yaygın görülenlerdir. Genel olarak, en yaygın sorunlardan biri de filtrelerin işlevini yitirip orifis kanallarının tıkanarak kondenstopların işlev yapamamasıdır. Tablo 1'de olası kondenstop problemleri ve çözümleri gruplandırılmıştır [19].

Tablo 1. Problemler, Sebepler ve Çözüm Önerileri [19]

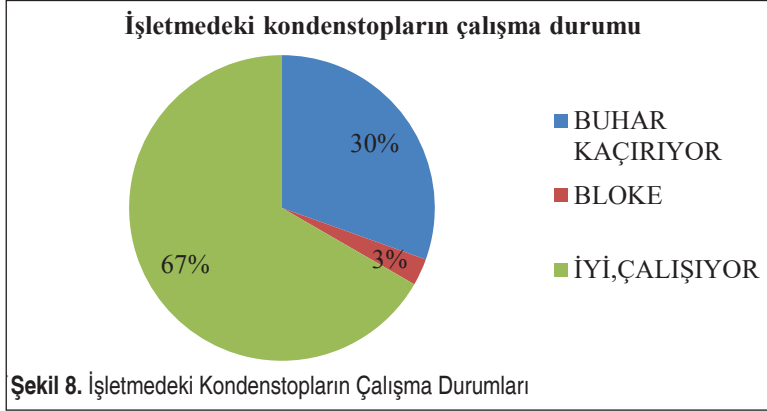
	Olası problemler	Çözümler
Kondenstop tahliye edemiyor ya da tahliye miktarı çok az	a) Kondenstopun giriş hattı ve/veya giriş hattındaki filtre tıkalı	Giriş hattını veya filtreyi temizle
	b) Kondenstopun tahliye çıkışı tıkalı	Tahliye çıkışını temizle
	c) Diğer kondenstoplarda yaşanan buhar kaçağı sebebiyle, kondenstop fark basıncını yenememesi	Kondenstoptan çıkış başlığına kadar olan yeterli mesafeyi kontrol et, buhar kaçağı olan kondenstop tespit et, değişimi veya tamiri gerçekleştir.
	d) Kondenstop sızıntı yapan bir bypass vanasının üzerine yerleştirilmiş	By pass vanasını değiştir.
Kondenstop buhar kaçıırıyor	a) Valf yuvası tertibatı aşınmış	Valf yuvası tertibatını değiştir ya da kondenstopu yenile.
	b) Kondenstop kapasitesi yetersiz	Kondens yükünü ve diferansiyel basıncını belirle ve sistemdeki kondenstopu uygun kapasiteli bir kondenstop ile değiştir.
	c) Kondenstoptaki orifis tıkalı	Orifisi temizle ve kondenstop giriş filtresini kontrol et, kirlenmişse temizle, deforme olmuşsa değiştir.
Kondenstop tam kapasitedeyken sürekli tahliye yapıyor	d) Kondenstop çok küçük	Kondenstopu uygun kapasiteli bir kondenstop ile değiştir veya paralel olarak ilave bir kondenstop yerleştir.
	e) Kazandan buhar hattına su sürüklenmesi gerçekleşmesi	İşletme buhar kazanı yetersiz kalıyor, Besleme suyu şartlarını düzelt, yanma verimini kontrol et, kazan ve tesisat yalıtımlarını kontrol et.
	f) Düşük basınçlı uygulamalarda yüksek basınç kondenstopları kullanılmış	Uygun ebatlarda iç mekanizma yerleştir ya da kondenstopu değiştir.

4. KONDENSTOPLARIN ENERJİ VERİMLİLİĞİ ANALİZİ

Buhar hatları ve kondensstopları incelediğimiz tekstil işletmesinde işletme basıncı 7 bar'dır ve toplam 105 adet kondensstop teknik özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Tablo 2'de işletmedeki kondensstopların teknik durumları ve sayıları verilmiştir. Şekil 8'de ise testteki çalışan ve arızalı kondensstopların yüzde değerlendirmesi grafikte gösterilmiştir. Kondensstopların uygulama alanları, teknik özellikleri, arıza türü ve ölçüm sonuçları, ayrıntılı olarak Tablo 3'de listelenmiştir. Kaçak ölçümleri UESYSTEMS marka Ultraprobe100 (UP100KT) model ultrasound cihazla yapılmıştır. Cihaz ses miktarını ölçerek, üzerindeki led ışıklarının yanmasıyla sistemde buhar kaçağını tespit etmektedir.

Tablo 2. İşletmedeki Kondensstop Sayıları ve Çalışma Durumları

Kondensstopların durumu	Sayısı (adet)
Buhar kaçırıyor	32
Bloke	3
İyi, çalışıyor	70



Benzer bir enerji verimliliği çalışmasını Yandri vd. [20] küçük ölçekli çamaşır yıkama fabrikasındaki kazan ve buhar sistemi için uygulamışlardır. Analiz sonuçlarına göre, daha fazla kondensstopun sistemde kullanılması gerektiği, hatta kazan bölgesinde uygulanması gerektiği sonuçlarına ulaşmışlardır.



Tablo 3. Tekstil İşletmesinde İncelenen Kondensatların Uygulama Yerleri, Teknik Bilgileri ve Ölçülen Kaçak Miktarları

Etiket No	Bulunduğu Yer	Uygulama	Kondensat tipi	Çap	Bağlantı Türü	Arıza Türü	Kaçak miktarı (kg/h) I. Ölçüm	Kaçak miktarı (kg/h) II. Ölçüm
2	Kollektör altı	Cep Uygulaması	Termostatik	DN15	Flanşlı	Bloke	0	0
3	Kazan Dairesi Ana Buhar kollektörü	Cep Uygulaması	Termostatik	DN15	Flanşlı	Buhar kaçınıyor	0	6.4
6	15 Nolu Boya makinesi	Makine eşanjör çıkışı	Şamandıralı	DN32	Flanşlı	Buhar kaçınıyor	100	3.9
11	17 Nolu Boya makinesi	İlave Tank çıkışı	Şamandıralı	DN15	Flanşlı	Ters Montaj/ Buhar kaçınıyor	10	0
12	18 Nolu Boya makinesi	Makine eşanjör çıkışı	Şamandıralı	DN20	Flanşlı	Buhar kaçınıyor	25	0
16	20 Nolu Boya makinesi	Makine eşanjör çıkışı	Şamandıralı	DN15	Flanşlı	Buhar kaçınıyor	10	0
37	3 Nolu Boya makinesi	Makine eşanjör çıkışı	Şamandıralı	DN32	Flanşlı	Buhar kaçınıyor	100	0
40	4 Nolu Boya makinesi	Makine eşanjör çıkışı	Şamandıralı	DN32	Flanşlı	Buhar kaçınıyor	0	7.4
42	5 Nolu Boya makinesi	Makine eşanjör çıkışı	Şamandıralı	DN25	Flanşlı	Bloke	0	0
53	8 Nolu Boya makinesi	İlave tank çıkışı	Şamandıralı	DN15	Flanşlı	Buhar kaçınıyor	0	3.3
56	9 Nolu Boya makinesi	Makine eşanjör çıkışı	Şamandıralı	DN25	Flanşlı	Buhar kaçınıyor	0	ÇOK AZ
57	10 Nolu Boya makinesi	Makine eşanjör çıkışı	Şamandıralı	DN25	Flanşlı	Buhar kaçınıyor	60	0
63	12 Nolu Boya makinesi	Makine çıkışı	Şamandıralı	DN32	Flanşlı	Buhar kaçınıyor	100	0
65	13 Nolu Boya makinesi	Makine çıkışı	Şamandıralı	DN15	Flanşlı	Ters Montaj/ Buhar kaçınıyor- Çevrildi	10	ÇOK AZ

Tablo 3. Tekstil İşletmesinde İncelenen Kondensatların Uygulama Yerleri, Teknik Bilgileri ve Ölçülen Kaçak Miktarları (devamı)

Etiket No	Bulunduğu Yer	Uygulama	Kondensat tipi	Çap	Bağlantı Türü	Anıza Türü	Kaçak miktarı (kg/h) I. Ölçüm	Kaçak miktarı (kg/h) II. Ölçüm
64	13 Nolu Boya makinesi	Makine çıkışı	Şamandıralı	DN40	Flanşlı	TersMontaj/ Buhar kaçırıyor-Çevrildi	35	ÇOK AZ
68	AprèSantes 1	Serpantin çıkışı	Ters kovalı	DN25	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	60	-
69	AprèSantes 1	Serpantin çıkışı	Ters kovalı	DN25	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	60	-
86	Brückner Ram	Serpantin çıkışı	Şamandıralı	DN25	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	60	11
87	Brückner Ram	Serpantin çıkışı	Şamandıralı	DN25	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	60	6
90	Brückner Ram	Serpantin çıkışı	Şamandıralı	DN25	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	60	7.3
91	Brückner Ram	Serpantin çıkışı	Şamandıralı	DN25	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	60	5.7
92	Ana Buhar Kollektörü	Cep uygulaması	Termodinamik	DN20	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	25	9.8
93	Ana Buhar Kollektörü	Cep uygulaması	Termodinamik	DN15	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	10	-
94	MCS Yıkama	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	0
95	MCS Yıkama	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	3
96	MCS Yıkama	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	3
97	MCS Yıkama	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	3
98	MCS Yıkama	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	0
103	MCS Yıkama	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	AZ
104	MCS Yıkama	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	7
105	MCS Yıkama	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	0
106	MCS Yıkama	Cep uygulaması	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	2
111	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	7
112	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	0



Tablo 3. Tekstil İşletmesinde İncelenen Kondensatların Uygulama Yerleri, Teknik Bilgileri ve Ölçülen Kaçak Miktarları (devamı)

Etiket No	Bulunduğu Yer	Uygulama	Kondensat tipi	Çap	Bağlantı Türü	Anıza Türü	Kaçak miktarı (kg/h) I. Ölçüm	Kaçak miktarı (kg/h) II. Ölçüm
113	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	7
114	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	7
115	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	3
116	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	7
118	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	3
119	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	7
120	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	7
121	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	6.7
122	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	7.3
123	MCS Yıkama 2	Eşanjör çıkışı	Termodinamik	3/4"	Dişli	Buhar kaçırıyor	25	4
131	Salvade Buharlama	Serpanitin çıkışı	Termostatik	1/2"	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	5.8
143	Arioli Buharlama	Serpanitin çıkışı	Ters kovalı	1/2"	Dişli	Buhar kaçırıyor	10	0
153	Ana Buhar Hattı	Cep uygulaması	Termodinamik	DN20	Dişli	Buhar kaçırıyor	0	0
154	Zimmer Baskı	Serpanitin çıkışı	Şamandıralı	DN32	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	0	8.2
155	Zimmer Baskı	Serpanitin çıkışı	Şamandıralı	DN32	Flanşlı	Bloke-kaçak	0	5
156	Zimmer Baskı	Serpanitin çıkışı	Şamandıralı	DN32	Flanşlı	Bloke-kaçak	0	7.4
157	Zimmer Baskı	Serpanitin çıkışı	Şamandıralı	DN32	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	0	5.9
158	1 Nolu Boya makinesi	Eşanjör çıkışı	Şamandıralı	DN40	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	-	AZ
159	1 Nolu Boya makinesi	Eşanjör çıkışı	Şamandıralı	DN32	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	-	AZ
160	1 Nolu Boya makinesi	İlave tank çıkışı	Şamandıralı	DN20	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	-	AZ
168	Tüp Sanfor giriş	Cep uygulaması	Termostatik	DN15	Flanşlı	Bloke	0	-
169	Tumbler kurutma	Makine çıkışı	Termostatik	DN15	Flanşlı	Buhar kaçırıyor	10	7

4.1 Toplam Kaçak Maliyetleri

Tablo 4 incelenen tekstil fabrikasındaki farklı bölümlerdeki kondensstopların analiz sonuçlarını vermektedir.

Tablo 4. Kondensstopların Kaçak Ölçüm Sonuçları

Bölüm	Kaçıran kondensstop (Adet)	Toplam kaçak miktarı (kg/h)
Baskı bölümü	14	305
Boyahane	10	535
Kuru Bölüm	8	310
Toplam	32	1150

Çalışmamızda yıllık kaçak maliyeti, fabrikanın yılda 6000 saat çalıştığı kabulü ile hesaplanmaktadır. İşletmedeki makinelerin sürekli olarak buhar almamaları sebebiyle yıllık çalışma süresi 6000 saat olarak kabul edilmiştir.

Kondensstop kaçaklarından kaynaklı yıllık toplam buhar kaçak miktarı:

$$1150 \text{ kg/h} \times 6000 \text{ h/yıl} = 6.900.000 \text{ kg/yıl} = 6900 \text{ ton buhar /yıl}$$

olarak hesaplanır. 7 barlık doymuş buhar elde etmek için 20 °C deki su kullanıldığında, 638.030 kcal enerjiye ihtiyaç vardır. Yakıtın alt ısıl değeri 8250 kcal/sm³ alınmıştır. Termodinamik tablolardan suyun entalpileri elde edilir [21].

Kondensin geri kazanılmadığı durumda

$$h_{20 \text{ °C-10bar}} = 22.29 \text{ kcal/kg}$$

$$h_{7\text{bar}} = 660.32 \text{ kcal/kg}$$

1 ton buhar üretmek için gerekli enerji = $h_{7\text{bar}} - h_{20 \text{ °C-10bar}}$ ifadesine göre,

$$660.32 - 22.29 = 638.03 \text{ kcal/kg}$$

$$= \frac{638.03 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right) \times 1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} = 638.030 \frac{\text{kcal}}{\text{ton}} \text{ buhar}$$

bulunur. Hesaplanan enerji için gerekli yakıt (doğalgaz) miktarı ise aşağıdakidir.

$$(638.030 \text{ kcal/ton}) / (8250 \text{ kcal/Sm}^3) = 77.34 \text{ Sm}^3/\text{ton}$$

Bir ton buhar için gerekli yakıt enerji maliyeti 1Sm³ doğalgaz 1.052 \$ (Eylül 2022) değerine göre,

$$77.34 \text{ Sm}^3 \times 1.052 \frac{\text{USD}}{\text{Sm}^3} = 81,36 \$$$

toplam 6,900 ton buhar/yıl $\times 81,36 \$ = 561,384 \$$ olarak maliyeti hesaplanır.



Kondens suyunun geri kazanıldığı durumda kondens tankına 90 °C sıcaklıkta su bulunacağından

$$h_{90\text{ }^{\circ}\text{C}-10\text{barg}} = 91.13 \text{ kcal/kg}$$

$$h_{7\text{barg}} = 660.32 \text{ kcal/kg}$$

$$660.32 - 91.13 = 569.19 \text{ kcal/kg}$$

$$= (569.19 \text{ (kcal/kg)} \times 1000 \text{ kg}) / 1 \text{ ton} = 569.190 \text{ kcal/ton buhar}$$

$$= \frac{569.19 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right) \times 1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} = 569.190 \frac{\text{kcal}}{\text{ton}} \text{ buhar}$$

Şeklinde hesaplanan enerji için gerekli yakıt (doğalgaz) miktarı aşağıdaki gibidir.

$$(569.190 \text{ kcal/ton}) / ((8250 \text{ kcal}) / \text{Sm}^3) = 68.99 \text{ Sm}^3 / \text{ton}$$

$$569.190 \frac{\text{kcal}}{\text{ton}} \Big/ \frac{8250 \text{ kcal}}{\text{Sm}^3} = 68.99 \text{ Sm}^3 / \text{ton}$$

Buna göre, bir ton buharın enerji maliyeti

$$68,99 \text{ Sm}^3 \times 1.052 \frac{\$}{\text{Sm}^3} = 72,58 \$$$

olup, geri kazanımlı durumda kondenstopların toplam kaçak buhar kaybının 6,900 ton/yıl için 500,802 \$ olduğu görülmektedir.

4.2 İkinci Ölçümlere Göre Kaçak Maliyeti

İşletmede kondenstoplarla ilgili bakım ve iyileştirme çalışmaları yapılmış özellikle boya makinelerinin kondenstopları değiştirilmiştir. İlk ölçümlerden sekiz ay sonra, TLV marka TrapMan kondenstop kaçak ölçüm cihazı ile tekstil fabrikasında ölçümler yeniden yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3’de son sütünde verilmiş ve bölümlere göre kondenstopların kaçak değerleri Tablo 5’de listelenmiştir. Buna göre, fabrikada toplam 26 adet kondenstopta kaçak değerinin 191.1 kg/h olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5. Tekstil Fabrikasında Sekiz Ay Sonraki İkinci Ölçüm (TLV cihazı ile) Kondenstop Kaçak Ölçümleri

Bölüm	Kaçıran kondenstop (Adet)	Toplam kaçak miktarı (kg/h)
Kazan	1	6.4
Baskı bölümü	16	105
Boyahane	7	23.1
Kuru Bölüm	2	56.6
Toplam	26	191.1



Aynı işlemler, 6000 saat çalışma durumunda, yıllık 1146,6 ton kaçak buhar miktarı için tekrarlandığında, kondensin geri kazanılmadığı durumdaki enerji maliyeti 93,287 \$ ve kondensin geri kazanılması durumdaki enerji maliyeti 83,220 \$ olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇLAR

Buhar dağıtım hatlarındaki kondensstoplar enerji verimliliğinde önemli ekipmanlardır. Yalnızca buhar tutucu bir tesisat ekipmanı olarak değerlendirilmemelidir. Enerji kayıp maliyetinin azaltılması için kondensstopların çalışma durumlarına ve buhar tahliye problemlerine dikkat edilmesi gerekmektedir. Buhar tahliye hatlarının üçer aylık periyotlarla kontrol edilmesi, kondensstoplarda arıza varsa, kondensstop tamir kiti vasıtasıyla tamir edilmesi ya da yenisiyle değiştirilmesi gerekmektedir. Eğer dikkat edilmezse çok ciddi enerji sarfiyatlarına sebep olurlar. Kondensstopların montajı yapılırken üreticinin montaj kataloglarına mutlaka dikkat edilmeli, yanlış monte edilen kondensstoplarda, kondensstop iç mekanizması zarar görebilir ve sistem verimsiz çalışabilir.

Çalışmamız neticesinde kondensstop seçiminde, sistem koşullarının belirlenmesi, kondensstop mukavemetinin, çalışma basınç değerinin ve iç aksam malzemesinin önemli parametreler olduğu görülmüştür. İncelenen tekstil işletmesindeki %33 arızalı ve bloke kondensstoplardaki yıllık kaçak buharın hesaplanması ile 561,384 USD değerinde önemli bir enerji kaybı olduğu tespit edilmiştir. Kondens suyunun geri kazanılması durumunda kaçak buharın enerji maliyeti 500,802 USD olmaktadır. Tekstil fabrikasında tespit edilen kaçaklar ve teknik arızalar giderildikten sonra yapılan ikinci ölçümlerde, farklı ve hassas bir kaçak ölçüm cihazı kullanıldığında, kaçak enerji maliyeti kondensin geri kazanılmasında 83,220 USD iken kondensin geri kazanılmadığında 93,287 USD olmaktadır. Buna göre, buhar kullanılan endüstriyel tesislerde kondensstopların önemli enerji maliyetlerine sahip oldukları ve tamir, bakım ve kaçak kontrollerinin düzenli yapılması gerektiği görülmüştür.

KAYNAKÇA

1. **Kaya D., Kılıç F.Ç., Öztürk H.H.** Energy Management and Energy Efficiency in Industry, Practical Examples, Springer, 2021 (Sayfa 285).
2. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, BP 2021 Dünya Enerji İstatistikleri Raporu. <https://www.dunyaenerji.org.tr/bp-2021-dunya-enerji-istatistikleri-raporu-ozeti/>
3. **Merritt C.**, Process Steam Systems - A Practical Guide for Operators, Maintainers and Designers, JohnWiley & Sons, Inc., New York, USA, 2016 (Sayfa 136).
4. **Balzamov D.S., Balzamova E.Yu., Bronskaya V.V., Oykina G.I., Kharitonova O.S., Shaikhetdinova R.S., Khairullina L.E.**, Increasing efficiency of technological steam consumption at oil and gas enterprise, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering862 (2020) 062043.
5. **Kıyılmaz M.B., Keçebaş A., Ertürk M.**, Sanayide Enerji Yönetimi Sistemi için Bir



- Gıda Tesisinin Enerji Verimliliğinin İyileştirilmesi, *Int. J. Pure Appl. Sci.* 7(1):51-62 (2021).
6. **Filkoski R.V., Lazarevska A.M., Mladenovska D., Kitanovski D.**, Steam System Optimization of an Industrial Heat and Power Plant, *Thermal Science*, 24(6A) (2020) 3649-3662.
 7. **Permatasari R., Nur Nawaksa A.C.**, Comparison of Steam Losses among Mechanical, Thermostatic and Thermodynamic Steam Trap with Condensate Removal Device Brand XYZ, *AIP Conference Proceedings* 2001, 070001 (2018); DOI: 10.1063/1.5050009.
 8. **Heidari M., Ngheim L.X.**, Simulation of dynamic steam-trap control technique-formulation, Implementation, and performance analysis, *Society of Petroleum Engineers, SPE-182611-MS*, 2017.
 9. **Kanyarusoke K.E.**, Noble-Jack I., Failed Steam Traps: First Steps to Replacement, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 3(1) 606-617 (2012).
 10. **Singh R.P., Sorte M.B., Jagtap M.M.**, Capturing Steam Energy Leaks in the Steam Distribution Network Using an Integrated Method: A Case Study of a Petroleum Refinery, *J. Inst. Eng. India Ser. C* (2022).<https://doi.org/10.1007/s40032-021-00793-6>
 11. UNFCCC/CCNUCC. Steam System Efficiency Improvements by Replacing Steam Traps and Returning Condensate. CDM – Executive Board. 2005.
 12. **Marmer D.**, Water Conservation Equals Energy Conservation, *Energy Engineering*, 115:5 48-63, 2018.
 13. **Einstein D., Worrell E., Khrushch M.** (2001). Steam systems in industry: Energy use and energy efficiency improvement potentials. Lawrence Berkeley National Laboratory. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/3m1781f1>.
 14. <https://www.unox.com.tr/urun/termodinamik-kondenstop-flansli/>
 15. Ayvaz Kondenstop. <https://www.ayvaz.com/Kondenstop/>
 16. **Walter J.P.**, Implement a sustainable steam-trap management program. *Chemical Engineering Progress*, 110(1) 43–49 2014.
 17. **Walter J.P., Risko J.R.**, Successful implementation of a sustainable steam trap management program, *Energy Management and Efficiency for The Process Industries*, Edited by: Rossiter A.P., Jones B.P., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2015. (ISBN: 978-1-118-83825-9).
 18. **Ünlü C.**, Kondensatlar ve Seçimi, *Termodinamik Dergisi*, Eylül 1993. <https://www.termodinamik.info/makale/kondenstoplar-ve-secimi>
 19. **Chikezie, N.** (2008). Energy conservation: Successful management of steam traps. *Filtration & Separation*, 45(7), 27–29. doi:10.1016/s0015-1882(08)70259-3.
 20. **Yandri E., Ariati R., Uyun A.S., Setyobudi R.H., Susanto H., Abdullah K., Wahono S.K., Nugroho Y.A., Yaro A., Burlakovs J.**, Potential Energy Efficiency and Solar Energy Applications in a Small Industrial Laundry: A Practical Study of Energy Audit, *E3S Web of Conferences* 190, 00008 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019000008>.
 21. **Incropera F.P., DeWitt D.P.**, Fundamentals of heat and mass transfer. 4th Edition, New Jersey, NJ: Wiley, 2001.