



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

BİR BUHARLI ISITMA SİSTEMİNİN ENERJİ YÖNETİMİ SİSTEMİ KULLANILARAK ANALİZ EDİLMESİ

CEM TAHSİN YÜCER
MİLLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ HAVA ASTSUBAY MESLEK
YÜKSEKOKULU

BİR BUHARLI ISITMA SİSTEMİNİN ENERJİ YÖNETİMİ SİSTEMİ KULLANILARAK ANALİZ EDİLMESİ

Analysis of a Steam Heating System by Using Energy Management System

Cem Tahsin YÜCEL

ÖZET

Bu çalışmada, örnek bir buharlı ısıtma sisteminin enerji yönetimi sistemi uygulanarak analizi üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda ısı merkezindeki yakıt kullanımı, enerji kullanımı ve bu faktörlerin maliyet etkileri incelenmiştir. 5 farklı enerji tasarruf odağı belirlenerek bu alanlar üzerine analiz yapılmıştır. Bunlar: hava-yakıt oranı, buhar kaçakları, blöf sistemi, vana ve flanşlar ile yakıt tankıdır. En yüksek ısı geri kazanımı 65,68 kW olarak blöf sisteminde ortaya çıkmıştır. Toplam ısı geri kazanımı 79,91 kW, yakıt tüketimindeki toplam azalma 9274,7 kg/yıl olarak gerçekleşmiştir. Yapılan iyileştirmeler ile toplam 21981 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Yürütülen çalışmalar ve yapılan yatırımlar 4 ETO için bir yıldan daha kısa sürede kendini geri ödemiştir. ETO-2 için yapılan yatırım, yaklaşık 1,5 ay gibi kısa bir sürede kendini geri ödemiştir.

Anahtar Kelimeler: Buharlı ısıtma, Enerji Yönetimi, Yakıt tasarrufu, Isı kaybı, Maliyet.

ABSTRACT

In this study, an example steam heating system is investigated according to energy management principles. In this extent, the fuel use, energy use and cost figures in the heating center are investigated. 5 different energy saving applications are examined. These are air to fuel ratio, steam leaks, blowdown system, valves and flanges and fuel tank. The highest heat recovery is found in the blowdown system as 65.68 kW. The total heat recovery is calculated as 79.91 kW and reduction in fuel use is found to be 9274.7 kg/year. The total reduction in cost is obtained as 21981 TL/year. As a result of the studies and investments, four of the ESA pay themselves back in time periods less than a year. For ESA-2 the made investment pay back time is only 1.5 month.

Key Words: Steam heating, Energy management, Fuel saving, Heat loss, Cost.

1. GİRİŞ

Enerji Yönetimi, enerjinin kullanımını teknik, ekonomiklik, uygulanabilirlik ve insan açısından sürekli olarak inceleyen, gözlemleyen, kendini sürekli güncelleyen, enerji tasarrufunu ihtiyaçtan ve kaliteden kısımadan sağlayan bir yönetim sistemidir. Bu sistem, teknik, kurumsal ve bireysel alanları kapsar. Planlama, koordinasyon ve kontrol gibi birbirinden bağımsız olduklarında etkisiz kalabilecek işlevlerin bir araya gelmesiyle oluşturulur.

Enerji Yönetimi, yasalarla, bulunduğu kurumdaki halkla ilişkiler, finans, planlama ve muhasebe bölümleriyle, imalat, araştırma ve geliştirme bölümleriyle, enerji komitesi, yöneticisi ve çalışma grupları ile, satın alma bölümleri ve personelle sürekli etkileşim halindedir. Enerji Yönetiminin Uygulama Esasları incelenecek olursa;

Enerji Yönetimi Modeli [1];

- Yönetimin Enerji Yönetimi faaliyetlerini başlatıp, teşkilatı kurduğu, **Karar Verme;**
- Verilerin toplanıp, analiz edildiği ve değerlendirildiği, **Enerji Performansının Tayini;**
- Değerlendirme sonuçlarına göre yapılacak işlerin belirlendiği, **Hedef Belirleme;**
- Yapılacak işlerin nasıl ve hangi kaynakla yapılacağını açıklayan **Faaliyet Planının**

Oluşturulması;

- İşlerin gerçekleştirilmesi, Faaliyet **Planının Uygulanması;**
- Ölçüm sonuçlarının değerlendirildiği **Gözden Geçirme** ve
- **Başarıların Takdir Edilmesi** basamaklarından oluşmaktadır. Toplam Kalite Yönetimi

sistemindeki gibi bir çevrim şeklinde ifade edilir.

Bu modelin çevrim basamaklarını sırasıyla inceleyelim.

Karar Verme; Enerji Yöneticisinin atanması, Enerji Yönetimi teşkilatının oluşturulması ve Enerji Politikasının oluşturulması basamaklarından oluşur.

Enerji Performansının Tayini; verilerin toplanması ve incelenmesi, verilerin norm haline dönüştürülmesi, İzleme sisteminin oluşturulması, başlangıç noktalarının belirlenmesi, Enerji Tüketim Standartlarının belirlenmesi, verilerin analiz edilmesi ve teknik değerlendirme basamaklarından oluşur.

Hedef Belirleme; faaliyet alanının belirlenmesi, gelişim potansiyelinin belirlenmesi ve hedeflerin oluşturulması basamaklarından oluşur.

Faaliyet Planının Oluşturulması; Belirlenen hedeflere göre teknik aşamanın (adımların) tanımlanması, görev ve sorumluluklar ile kaynakların tanımlanması basamaklarından oluşur.

Faaliyet Planının Uygulanması; İletişim ve koordinasyon planının oluşturulması, bilinçlendirme faaliyetleri, enerji politikasının tüm personele yayımlanması ve katılımın sağlanması, Motivasyonun sağlanması ve İzleme ve kontrol basamaklarından oluşur.

Gözden Geçirme; alınan ölçüm sonuçlarının incelenmesi, faaliyet planının yeniden gözden geçirilmesi, yeni önlemlerin alınması ve faaliyet planına eklenmesi ile yerine getirilir.

Başarıların Takdir Edilmesi; iç değerlendirme ve dış değerlendirme basamaklarından oluşur.

Enerji kullanımının kontrol altında tutulması ve verimli bir şekilde diğer enerji türlerine dönüştürülmesi önemlidir. Mimura ve diğ. [2] bir güç santralında baca gazındaki karbondioksit emisilimini kontrol edecek şekilde bir enerji tasarruf teknolojisi üzerinde durmuşlardır. Karbondioksit salımının azaltılmasıyla bir kilogram karbondioksit başına 700 kcal enerji geri kazanılmıştır. Enerji Yönetimi konfor standartlarından taviz vermeden enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılmasını amaçlar. Lee ve Chang [3] binalardaki enerji tasarruf olanaklarını araştırmışlardır. Buna ilave olarak sanayi, firmalar ve kullanılan ekipmanlar açısından da inceleme yapılmıştır. Yaşam alanları olan evlerle ilgili enerji yönetimi uygulamaları mevcuttur [4][5].

Buharlı sistemler yüksek enerjili akışkan taşıdıkları için tercih edilmektedirler. Aljundi [6] bir güç santralını inceleyerek hangi sistem bileşenlerinin yüksek enerji kayıplarına neden olduğunu analiz etmiştir. En yüksek enerji kayıpları 134 MW ile yoğunlaştırıcıda gözlemlenmiştir. Kazandaki kayıplar ise 13 MW olarak bulunmuştur. Hava-yakıt oranının düzenlenmesi ile iyileştirme yapılabileceği belirtilmiştir. Yucer ve Hepbasli [7] bir buharlı ısıtma sistemi bileşenlerini enerji, ekserji ve eksergoekonomiklik yöntemler ile analiz etmişlerdir. En yüksek ısı kayıpları 27 kW ile üretim (kazan) ve dağıtım basamaklarında (borular) ortaya çıkmıştır.

Enerji sistemlerinin analizi ve iyileştirilmesi dünyada günceliğini koruyan bir konudur. Lund ve Mathiesen [8] Danimarka'nın gelecekteki enerji sistemleri için bir model üzerinde çalışmışlardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tüm enerji kullanımının yerini alabileceği belirtilmiştir. Ancak aralarında biyo kütle, rüzgâr enerjisi ve hidrojen olan kaynakların hangi oranda rol alacağı konusunun incelenmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Bu çalışmanın temel amaçları, mevcut bir sistemde iyileştirme potansiyelinin belirlenmesi, tespit edilen beş farklı alanda enerjinin daha verimli bir şekilde kullanımının incelenmesi ve elde edilen enerji, yakıt ve maliyet iyileştirmelerinin hesaplanmasıdır.

2. SİSTEMİN AÇIKLANMASI

2.1. Buharlı Isıtma Sistemi

Isı merkezinde buharlı ısıtma sistemindeki buhar kazanı, yakıt tankı, borular ile valf ve flanşlar incelenmiştir. Buhar kazanının ısıtma kapasitesi 1450 kW'tır. Kazana giren ve çıkan akışkanların sıcaklıkları sırasıyla 113 °C ve 75 °C olarak ölçülmüştür [7]. Kazanın çalışma basıncı 1,6 bar'dır. Yakıt olarak fuel oil kullanılmaktadır. Fuel oil'in alt ısıl değeri 44.600 kJ/kg olarak alınmıştır. Buhar kazanı ile üretilen buhar ısı değiştiriciden geçerek ısısını suya aktarmaktadır. Isıtılacak mahaller sıcak su ile ısıtılmaktadır. Isı merkezinde bulunan ekipman ve sistemler göz önüne alınmıştır. Yüksek baca gazı sıcaklığı, dağıtım hattı olarak kullanılan borular üzerindeki buhar kaçakları, gelişigüzel blöf işlemi ile yalıtımsız vanalar, flanşlar ve yakıt tankı üzerinde iyileştirmeler yapılması planlanmıştır. Sistem beş farklı enerji tasarruf odağı (ETO) dikkate alınarak analiz edilmiştir.

2.2. Enerji Tasarruf Odakları

Enerji tasarrufu; enerjinin verimli olarak değerlendirilebilmesi amacıyla, üretim, dağıtım ve kullanım aşamalarında alınan önlemler ile belirli miktarda üretim ve hizmeti gerçekleştirmek için her aşamada kullanılan enerji miktarındaki azalmadır.

Enerji tasarruf prensipleri incelendiğinde; kullanılan her enerji türü tartışılmalı, mümkünse, değerlerinin düşürüldüğü noktalarda yararlı iş elde edilmeli, ölçüm ve kıyaslamalar yapılmalı, ısı geri kazanımı sağlanmalı, atık enerji miktarı azaltılmalı ve planlanan enerji tasarrufu diğer giderleri arttırmamalıdır. Bu amaçla belirlenen enerji tasarruf odakları: hava yakıt oranı, blöf sistemi, boru ve bağlantı elemanlarından olan buhar kaçakları, valf ve flanşlar ile yakıt tankıdır.

2.2.1. Hava-yakıt oranı (ETO-1)

Kazanların verimli bir şekilde işletilebilmesi için hava-yakıt oranının doğru bir şekilde ayarlanması önemlidir. Düşük hava-yakıt oranı fazla yakıt kullanımı ve para kaybına neden olur. Yüksek hava-yakıt oranı ise aşınma ile birlikte kazana zarar verir. Uygun olmayan oran ile birlikte yüksek baca gazı sıcaklığı ve istenmeyen ısı kayıpları ortaya çıkmaktadır.

2.2.2. Buhar kaçakları (ETO-2)

Buhar gibi yüksek enerjili akışkan taşıyan ısıtma sistemlerinde kaçakların önlenmesi çok önemlidir. Kaçakların giderilmesiyle enerji kayıpları ile birlikte yakıt kullanımı ve böylece salım değerleri de düşürülür.

2.2.3. Blöf sistemi (ETO-3)

Buhar kazanları için yapılacak blöf miktarının su analiz sonuçlarına göre yapılması veya kazanlara otomatik blöf sistemlerinin kurulması gerekmektedir. İşletmede normalden çok fazla blöf yapıldığı ve dolayısı ile gereksiz yere oldukça büyük miktarda ısı kaybı olduğu tespit edilmiştir. Otomatik blöf sistemi kullanılarak atılan ısının önemli bir kısmı geri kazanılmıştır.

2.2.4. Vana ve flanşlar (ETO-4)

Isıtma sistemlerinde genellikle borular yalıtılmaktadır. Ancak valf ve flanşların yalıtımı ihmal edilmektedir. Kolay müdahale etmek ve tamir yapabilmek için uygulanmayan yalıtım sonucunda, bu parçalardan da ısı kaybı meydana gelmektedir.

2.2.5. Yakıt tankı (ETO-5)

Yakıt olarak fuel oil kullanılan ısıtma sistemlerinde yakıt tankında önısıtma yapılmaktadır. Isıtma işleminden sonra yakıt kazana gönderilmektedir. Yalıtım yapılmamış olan yakıt tankından da ısı kaybı olmaktadır.

3. ANALİZ

3.1. Enerji Kullanımı

Buharlı ısıtma sistemi 5 farklı alanda Enerji Yönetim Sistemi uygulanarak incelenmiştir. Termodinamiğin birinci kanunu kullanılarak giren ve çıkan enerji değerleri arasındaki farkın çevre ile olan ısı alışverişinden kaynaklandığı görülmektedir.

$$Q = \Delta E \quad (\text{kJ}) \quad (1)$$

Yapılan analiz sırasında akışkanın entalpi değerleri, ortaya çıkan ısı kayıpları ve maliyetler dikkate alınmıştır.

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot h \quad (\text{kW}) \quad (2)$$

Bu eşitlikte \dot{Q} , \dot{m} ve h sırasıyla ısı kaybı akımını, akışkanın kütleli debisini ve akışkanın özgül entalpisini ifade etmektedir. Uygulanan enerji tasarruf odağı ile elde edilen ısı geri kazanımı ise aşağıda gösterilmiştir.

$$\dot{Q}_{GK,i} = \dot{Q}_{i,1} - \dot{Q}_{i,2} \quad (\text{kW}) \quad (3)$$

Burada "i" enerji tasarruf odağı ile elde edilen ısı geri kazanımı $\dot{Q}_{GK,i}$ ile ifade edilmiştir. $\dot{Q}_{i,1}$ ve $\dot{Q}_{i,2}$ ise önceki ve sonraki ısı kaybı akımlarını göstermektedir. Toplam ısı geri kazanımı

$$\dot{Q}_{GK} = \sum_{i=1}^5 \dot{Q}_{GK,i} \quad (\text{kW}) \quad (4)$$

şeklinde elde edilmektedir.

3.2. Yakıt ve Maliyet Analizi

Enerji kullanımının azaltılması ile ısıtma sisteminde kullanılan yakıt miktarı da düşecektir. Böylece yakıt için harcanan paradan da tasarruf edilmiş olmaktadır. Yakıt kullanımının azaltılması ile ortaya çıkan tasarruf her bir ETO için

$$\dot{Q}_{GK,i} = \dot{m}_{GK,i} \cdot LHV \quad (\text{kW}) \quad (5)$$

$\dot{m}_{GK,i}$ ve LHV yakıt kullanımındaki azalmayı ve yakıtın alt ısıl değerini göstermektedir.

$$\dot{m}_{GK} = \sum_{i=1}^5 \dot{m}_{GK,i} \quad (\text{kg/s}) \quad (6)$$

\dot{m}_{GK} buharlı sistemde kullanılan yakıt miktarındaki toplam azalmayı ifade etmektedir.

$$\dot{C}_i = \dot{m}_{GK,i} \cdot c_y \quad (\text{TL/s}) \quad (7)$$

$$C = \dot{m}_{GK} \cdot c_y \cdot t \quad (\text{TL}) \quad (8)$$

(8) numaralı eşitlikteki C , c_y ve t sırasıyla yakıt kullanım miktarındaki azalma nedeniyle azalan maliyeti, birim yakıt maliyetini ve sistemin çalıştırma süresini belirtmektedir. Yakıt maliyeti [9] dan alınmıştır.

Tüm eşitlikler yardımıyla her ETO için enerji ve maliyet bulguları çalışılmıştır.

- Hava yakıt oranı (ETO-1)

Yakıt brülör ile yakılırken elde edilen hava-yakıt oranı doğrudan baca gazı sıcaklığını etkiler. Baca gazı sıcaklığının düşürülmesi ile ısı kaybı azaltılmış olur. ETO-1 ile ilgili veriler Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. ETO-1 için hesaplanan ve ölçülen veriler.

Veri Türü	Ölçülen veya hesaplanan değer
Baca gazının kütleli debisi [kg/s]	0,0529
ETO-1 uygulamasından önce baca gazı sıcaklığı [K]	473,15
ETO-1 uygulamasından sonra baca gazı sıcaklığı [K]	393,15

Baca gazının kütleli debisi,

$$\dot{m}_{bg} = [(1 + \lambda) \cdot m_{kh} + 1 - m_{nem}] \cdot \dot{m}_y \quad (\text{kg/s}) \quad (9)$$

Burada \dot{m}_{bg} , λ , m_{kh} , m_{nem} ve \dot{m}_y sırasıyla baca gazının kütleli debisi, hava fazlalık katsayısı, kuru hava kütlesi, nem kütlesi ve yakıtın kütleli debisidir. Baca gazının özgül entalpisi

$$h_{bg} = (1,006 \cdot T_{bg} - 0,026) + w \cdot (1,84 \cdot T_{bg} + 2501) \quad (\text{kJ/kg}) \quad (10)$$

formülü yardımıyla hesaplanır. Baca gazı sıcaklığı nedeniyle kaybedilen ısı

$$\dot{Q}_{bg} = \dot{m}_{bg} \cdot h_{bg} \quad (\text{kW}) \quad (11)$$

şeklinde bulunur. w ise baca gazının nem oranını göstermektedir. ETO-1 uygulaması ile ısı kaybında sağlanan azalma

$$\dot{Q}_{GK,bg} = \dot{Q}_{bg,1} - \dot{Q}_{bg,2} \quad (\text{kW}) \quad (12)$$

şeklinde elde edilir.

- Buhar kaçakları (ETO-2)

Buhar huzmesinin uzunluğu ölçülmek suretiyle buhar kaçakları hesaplanır [10]. Isı kayıpları buhar kaçakları ile doğru orantılıdır. ETO-2 ile ilgili hesaplanan ve ölçülen değerler Tablo 2 'de sunulmuştur.

Tablo 2. ETO-2 için hesaplanan ve ölçülen veriler.

Veri türü	Ölçülen veya hesaplanan değer
Buhar kaçağı uzunluğu (tip 1) [cm]	20
Buhar kaçağı uzunluğu (tip 2) [cm]	30

Buhar kaçaklarından olan ısı kaybı,

$$\dot{Q}_{bk} = \dot{m}_{bk} \cdot \dot{q}_{b\bar{u}} \quad (\text{kW}) \quad (13)$$

$\dot{q}_{b\bar{u}}$ buhar üretimi için gereken özgül enerjiyi göstermektedir. Bu değer ise

$$\dot{q}_{b\bar{u}} = h_{1,6 \text{ bar}} + c_p \cdot (T_{doy} - T_{su}) \quad (\text{kW/kg}) \quad (14)$$

$h_{1,6 \text{ bar}}$, c_p , T_{doy} ve T_{su} 1,6 bar basınç altında sıvı halden gaz haline geçmek için gerekli özgül entalpi, özgül ısı, doyma sıcaklığı ve besi suyu sıcaklığını ifade etmektedir.

- Blöf sistemi (ETO-3)

Buhar kazanındaki su içinde çözünmüş durumdaki maddelerin uzaklaştırılması için suyun kontrollü olarak dışarı atılmasıdır. Atık akışkan nedeniyle ısı kaybı olmaktadır. ETO-3 uygulamasında rastgele yapılan blöflerin önemli oranda ısı kaybına yol açtığı görülmüştür. ETO-3 ile ilgili hesaplanan ve ölçülen değerler Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 3. ETO-3 için hesaplanan ve ölçülen veriler.

Veri türü	Ölçülen veya hesaplanan değer
Buharın kütleli debisi (kg/s)	0,609
ETO-3 uygulamasından önce blöf oranı [%]	10
ETO-3 uygulamasından sonra blöf oranı [%]	6

Blöf işlemi nedeniyle ortaya çıkan ısı kaybı [11],

$$\dot{Q}_{blöf} = \dot{m}_b \cdot r \cdot h_b \quad (\text{kW}) \quad (15)$$

eşitliğiyle bulunur. Burada \dot{m}_b buharın kütleli debisini, r blöf oranını ve h_b buharın özgül entalpisini işaret etmektedir.

- Vana ve flanşlar (ETO-4)

ETO-4 uygulamasında önce yalıtım yapılmamış vana ve flanşlar tespit edilir. Daha sonra çap ölçülerine göre gruplandırılırlar. ETO-4 ile ilgili hesaplanan ve ölçülen değerler Tablo 4'te sunulmuştur. Vana ve flanşlar için eşdeğer boru uzunlukları ve yüzey sıcaklıkları dikkate alınır [12].

Tablo 4. ETO-4 için hesaplanan ve ölçülen veriler.

Veri türü	Ölçülen veya hesaplanan değer
ETO-4 uygulamasından önce yüzey sıcaklığı [K]	358,15
ETO-4 uygulamasından sonra yüzey sıcaklığı [K]	298,15
Vana adedi (DN 125)	4
Flanş adedi (DN 125)	4

Isı merkezinde ortam sıcaklığı 15 °C olarak ölçülmüştür. Çıplak bir borunun birim uzunluğundan olan ısı kaybı yardımıyla vana ve flanşlardan olan ısı kaybı elde edilir.

$$\dot{Q}_{VF,1} = [L_{V,1} \cdot n_{oV} + L_{F,1} \cdot n_{oF}] \cdot q_{VF,1} \quad (\text{kW}) \quad (16)$$

Burada $L_{V,1}$, $L_{F,1}$ vana ve flanş için yalıtım öncesi eşdeğer boru uzunluğunu göstermektedir. n_{oV} , n_{oF} ve $q_{VF,1}$ sırasıyla vana adedi, flanş adedi ve yalıtım öncesi bir metre çıplak borudan olan ısı kaybını ifade etmektedir. Benzer şekilde yalıtım sonrası ısı kaybı da bulunarak ısı geri kazanımı hesaplanır.

- Yakıt tankı (ETO-5)

Isı merkezindeki yakıt tankı yalıtım yapılmamıştır. Bu nedenle yakıt tankının yüzeyinden büyük miktarda ısı kaybı olmaktadır. Yüzeyden olan ısı kaybı ışınilma ve taşınımla olmaktadır. ETO-5 ile ilgili hesaplanan ve ölçülen değerler Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. ETO-5 için hesaplanan ve ölçülen veriler.

Veri türü	Ölçülen veya hesaplanan değer
ETO-5 uygulamasından önce yüzey sıcaklığı [K]	308,15
ETO-4 uygulamasından sonra yüzey sıcaklığı [K]	288,15
Yakıt tankının yüzey alanı (m ²)	12,7
Yakıt tankı yüzeyinin ısı yayılım faktörü (-)	0,85

Taşınımla ısı kaybı,

$$\dot{Q}_{YT,I} = \alpha_T \cdot A_{YT} \cdot (T_{YT} - T_o) \quad (\text{kW}) \quad (17)$$

eşitliği ile bulunur. α_T , A_{YT} , T_{YT} ve T_o sırasıyla ısı taşınım katsayısı, yakıt tankı yüzey alanı, yakıt tankı yüzey sıcaklığı ve ortam sıcaklığıdır. Işınımla ısı kaybı ise

$$\dot{Q}_{YT,I} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A_{YT} \cdot (T_{YT}^4 - T_o^4) \quad (\text{kW}) \quad (18)$$

Burada σ ve ε Stefan-Boltzman sabiti ve ısı yayılım faktörüdür. Toplam ısı geçişi iki ısı kaybı türünün toplamıdır. Yalıtımlı ve yalıtımsız yüzeyden ısı kayıpları farkı ise ısı geri kazanımını ifade etmektedir.

4. ANALİZ DEĞERLERİ

Hava-yakıt oranı baca gazı analiz cihazıyla ayarlanmıştır. Yüksek baca gazı sıcaklığı yüksek ısı kaybı demektir. Baca gazı sıcaklığı 200 °C'den 125 °C'ye düşürülünce 4,72 kW ısı geri kazanılmıştır. Buhar kaçaqları önemli oranda ısı ve akışkan kaybına neden olmaktadır. Buharlı ısıtma sisteminde 3 adet kaçak tespit edilmiştir. Toplam 8 kg/saat lik buhar kaçağı hesaplanmıştır. Rastgele blöf işlemi yapılması çok değerli buharın ve yüksek oranda ısının kaybolmasına neden olmaktadır. Otomatik blöf sistemi yardımıyla 65,67 kW enerji geri kazanılmıştır. Vana ve flanşların yalıtımı ile yüzey sıcaklığı 60 °C daha düşürülmüştür. Böylece 3,15 kW ısı geri kazanılmıştır. Yakıt tankının yalıtılması ile yüzey sıcaklığı 15 °C'ye düşürülmüştür. Hesaplanan ısı geri kazanımı ise 2,77 kW olarak bulunmuştur.

Hesaplanan ısı geri kazanımları Tablo 6'da ve tasarruf edilen yakıt ve maliyet değerleri Tablo 7'de görülmektedir.

Tablo 6. Hesaplanan ısı geri kazanımları.

ETO	Uygulama Öncesi	Uygulama sonrası	Isı geri kazanımı (kW)
	ısı kaybı (kW)	ısı kaybı (kW)	
ETO-1	43,01	38,29	4,72
ETO-2	5,89	0	5,89
ETO-3	164,19	98,51	65,68
ETO-4	3,67	0,52	3,15
ETO-5	2,77	0	2,77

Tablo 7. Tasarruf edilen yakıt ve maliyet değerleri.

ETO	Tasarruf edilen yakıt	Tasarruf edilen maliyet
	(kg/yıl)	(TL/yıl)
ETO-1	549,5	1302,32
ETO-2	684,29	1621,76
ETO-3	7620,48	18060,54
ETO-4	362,88	866,64
ETO-5	321,93	762,97

Uygulanan ETO'lar ile önemli oranda iyileştirmeler elde edilmiştir. Bu çalışmalar için kullanılan malzeme ve cihazların ekonomik maliyetleri göz önüne alınarak ne kadar zamanda kendilerini geri ödedikleri de incelenmiştir. Tablo 8'de yapılan yatırım, elde edilen parasal tasarruf ve geri ödeme süresi sunulmuştur.

Tablo 8. Yapılan yatırım ve geri ödeme süreleri (yatırım değerleri [13] [14] [15] ve [16] kaynaklarından alınmıştır).

ETO	Yapılan yatırım (TL)	Elde edilen tasarruf (TL/yıl)	Geri ödeme süresi (yıl/ay)
ETO-1	2114	1302,32	1,62/19,5
ETO-2	200	1621,76	0,12/1,47
ETO-3	6890	18060,54	0,38/4,58
ETO-4	480	866,64	0,55/6,65
ETO-5	317	762,97	0,42/4,98

ETO-1 için baca gazı analiz cihazı alınarak yapılan yatırım kendini 19,5 ayda geri ödemiştir. Buhar kaçaklarını gidermek için 5 m'lik dikişli siyah vidasız buhar borusu değiştirilmiştir. Otomatik dip blöf sistemi alınarak uygun olmayan blöf işlem ile kaybedilen ısı geri kazanılmıştır. Yalıtımsız vana ve flanşlara ceket giydirilerek 866,64 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Yakıt deposu yüzeyine izolasyon yapılarak 762,97 TL/yıl tasarruf elde edilmiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada örnek bir buharlı ısıtma sistemine enerji yönetimi sistemi uygulanmıştır. Isı merkezinde yer alan ısıtma sisteminde 5 ETO belirlenerek analiz edilmiştir. Hava-yakıt oranının uygun olmaması nedeniyle baca gazı sıcaklığının yüksek olduğu görülmüştür. Isı merkezindeki boru hattı üzerinde buhar kaçakları belirlenmiştir. Gelişigüzel yapılan blöf nedeniyle büyük miktarda ısı kayıpları olduğu anlaşılmıştır. Borular yalıtımlı olmakla beraber hat üzerindeki bazı bölümleri ayırmaya yarayan vana ve birleştirmeye yarayan flanşlar ile yakıt tankının yalıtımsız olduğu tespit edilmiştir. Uygulama öncesi ve sonrası ısı kayıpları incelendiğinde önemli miktarda enerji, yakıt ve para geri kazanımları elde edilmiştir. Yapılan çalışmanın bazı dikkat çekici sonuçları aşağıda verilmiştir:

- Yakıt tüketimindeki toplam azalma 9539,1 kg/yıl olarak gerçekleşmiştir.
- Yakıt tüketimi dikkate alınarak toplam 22614 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır.
- Enerji tasarruf odakları yardımıyla 82,21 kW ısı akımı geri kazanılmıştır.
- Tüm sistemdeki ısı kayıpları %37,4 azaltılmıştır.
- ETO-1 dışında tüm enerji tasarruf odakları bir yıldan kısa bir sürede yapılan yatırımları geri ödemektedir. ETO-1 için yapılan yatırım 19,5 ayda kendini geri ödemiştir.
- Isıtma sistemlerinde düşük yakıt tüketimi ve düşük ısı kaybına neden olan ekipmanlar tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Sanayide enerji yönetimi prensipleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi, Ankara, 2006.
- [2] T.Mimura, H.Simayoshi, T.Suda, M.Iijima and S.Mituoka, "Development of energy saving technology, for flue gas carbon dioxide recovery in power plant by chemical absorption method and steam system", Energy Conversion and Management, vol. 38, pp. 57–62, 1997.

- [3] D. Lee and C. Cheng, “Energy savings by energy management systems: A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 56, pp. 760–777, 2016.
- [4] A. Vadiie and V. Martin, “Energy management strategies for commercial green houses,” Applied Energy, vol. 114, pp. 880–888, 2014.
- [5] K.K. Matrawy, A.F.Mahrous and M.S. Youssef “Energy management and parametric optimization of an integrated PV solar house,” Energy Conversion and Management, vol. 96, pp. 377–383, 2015.
- [6] I.H.Aljundi, “Energy and exergy analysis of a steam power plant in Jordan”, Applied Thermal Engineering, vol. 29, pp. 324-328, 2009.
- [7] C.T.Yucer and A. Hepbasli, “Exergoeconomic analyses of an energy supply chain for space heating in a building”, Energy and Buildings, vol. 62, pp. 343-349, 2013.
- [8] H.Lund, B.V.Mathiesen, “Energy system analysis of 100% renewable energy systems-the case of Denmark in years 2030 and 2050”, Energy, vol. 34, pp. 524-531, 2009.
- [9] <http://www.enerji-dunyasi.com/yayin/yakit-fiyatlari>.
- [10] Fixing steam leaks fact sheet, Department of environmental affairs and development planning, Republic of South Africa.
- [11] Energy tips: Steam, Steam tip sheet 9, Advanced Manufacturing Office Energy Efficiency and Renewable Energy U.S. Department of Energy Washington, DC 20585-0121.
- [12] Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi Mayıs-Haziran 1995.
- [13] www.testo.org
- [14] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Listesi, 2016.
- [15] www.ayvaz.com
- [16] www.hursankazan.com.tr

ÖZGEÇMİŞ

Cem Tahsin YÜCER

1977 yılı Burdur doğumludur. 1999 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2006 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden Yüksek Lisans derecesi almıştır. 2009 yılında başladığı Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümündeki Doktora eğitimini 2013 yılında bitirmiştir. 2003 yılında Hava Kuvvetleri Komutanlığında mühendis subay olarak görev yapmaya başlamıştır. 2 yıl İzmir İnşaat Emlak Bölge Başkanlığında mühendis olarak çalışmıştır. 12 yıldır Hava Astsubay Meslek Yüksek Okulunda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Sertifikalı enerji yöneticisi olan Dr.Cem Tahsin Yücerin ilgi alanları: enerji yönetimi, ısıtma sistemleri ve jet motorlarının termodinamik analizi, ekserji, eksergoekonomik ve eksergoçevresel analiz, düşük ekserjili sistemler ve ileri ekserji analizi konularıdır. Bina ısıtma sistemlerinin ekserji, eksergoekonomik ve ileri ekserji analizi yöntemleriyle analiz edilmesi ile gaz türbinli jet motorlarının ekserji analizi üzerine 8 adet sci bazlı makalesi bulunmaktadır. Dr. Cem Tahsin Yücer evli olup biri 10 diğeri 3 yaşında iki kız çocuğu bulunmaktadır.