



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**TİCARİ BİNALARA ÖRNEK ÖZEL
SEKTÖRDEKİ BİR OTEL İŞLETMESİNİN
ENERJİ ETÜT UYGULAMASI**

Fatma Nur GÜNAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

**Haziran 2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TİCARİ BİNALARA ÖRNEK ÖZEL SEKTÖRDEKİ BİR OTEL İŞLETMESİNİN ENERJİ ETÜT UYGULAMASI

Fatma Nur GÜNAY

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDIN

2021, 68 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDIN
Dr. Öğr. Üyesi Soner ŞEN
Dr. Öğr. Üyesi Fatih AKKURT

Enerji, günlük hayatın sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü hareketin oluşması ya da bir işin yapılabilmesi için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmamızda ticari bir bina olan otel işletmesinde detaylı bir enerji etüdü yapılmış, enerji tasarrufu potansiyeli belirlenmiş, enerji verimliliğinin artırılmasına ve enerji tüketiminin maliyetlerinin azaltılmasına yönelik alınabilecek önlemler tespit edilmiş ve öneriler sunulmuştur. Araştırmanın yapıldığı ticari bina işletmesinin çevre koşullarına göre enerji verimliliği ve konfor şartları göz önünde bulundurularak ekipmanlar, yardımcı işletmeler, ofis alanları, mekanik, elektrik ve aydınlatma sistemleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan cihazlar, ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından kalibrasyonları yapılmış ve akredite olmuş cihazlardır. İşletmedeki sıcak su tesisatı hattının termal kamera ile ölçümleri sonucunda vana ve flanşlarda ısı kayıpları gözlemlenmiş ve yalıtım yapılması önerilmiştir. Yalıtım için belirlenen yatırım gerçekleştirildiğinde su tesisatı için yıllık enerji tüketiminde yaklaşık %17 oranında bir azalma olacağı hesaplanmıştır. İşletmede verimlilik sınıfı EFF₂ olan ısıtma, hidrofor ve yangın pompa motorlarının, IE₄ verimlilikteki motorlarla değiştirilmesi sonucu motor verimliliklerinde %6,9 artış görülmektedir. Soğutma sisteminde kullanılan IE₁ sınıfı motorun, IE₄ sınıfı bir motorla değiştirilmesi sonucunda motor verimliliğinin %6,2 artması öngörülmektedir. İşletmede bulunan halojen ampullerin LED armatürlerle değişimi sonucunda toplam elektrik tasarrufu yaklaşık 19158,12 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma enerji verimliliğinin önemli bir kısmını kapsayan ticari binalarda verimliliğin iyileştirilmesi için örnek teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Enerji Etüdü, Enerji Verimliliği, Enerji Tüketimi.

ABSTRACT

MS THESIS

AS A CASE STUDY, ENERGY ANALYSIS APPLICATION OF A HOTEL ESTABLISHMENT IN PRIVATE SECTOR

Fatma Nur GÜNAY

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ENERGY SYSTEMS ENGINEERING

Advisor: Dr. Fatih AYDIN

2021, 68 Pages

Jury

Dr. Fatih AYDIN

Dr. Soner ŞEN

Dr. Fatih AKKURT

Energy is of great importance for the sustainability of daily life because it is needed for the formation of a movement or for a job to be done. In our study, a detailed energy study was carried out in a hotel business, which is a commercial building, energy saving potential was determined, measures that could be taken to increase energy efficiency and reduce energy consumption costs were determined and recommendations were presented. Equipments, auxiliary businesses, office areas, mechanical, electrical and lighting systems were examined considering the energy efficiency and comfort conditions of the commercial building business where the research was conducted. The devices used in the study are calibrated and accredited devices by national and international organizations. As a result of the measurements of the hot water installation line with the thermal camera, heat losses in the valves and flanges were observed and insulation was recommended. When the investment determined for insulation is made, it is calculated that there will be a decrease of approximately 17% in the annual energy consumption for the water installation. After heating, booster and fire pump motors with efficiency class EFF2 were replaced with IE4 efficiency motors, it is seen there is a 6.9% increase in motor efficiency. As a result of replacing the IE1 class engine used in the cooling system with an IE4 class engine, the engine efficiency is expected to increase by 6.2%. As a result of the replacement of halogen bulbs in the business with LED luminaires, the annual total electricity savings were calculated as approximately 19158.12 kWh / year. This study sets an example for improving efficiency in commercial buildings, which covers an important part of energy efficiency.

Keywords: Energy, Energy Study, Energy Efficiency, Energy Consumption.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans programında hazırlanmıştır. Çalışmada “Ticari Binalara Örnek Özel Sektördeki Bir Otel İşletmesinin Enerji Etüt Uygulaması” ile ilgili uygulamalar araştırılmıştır.

Çalışmamın her aşamasında bilgi, tecrübe ve fedakarlığıyla bana büyük desteği olan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDIN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Eserlerimden yararlandığım tüm bilim insanlarına teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak bu günlere gelmemde büyük emeğe sahip aileme ve eşim Orhan GÜNAY’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Fatma Nur GÜNAY
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Enerji.....	1
1.2. Enerji Verimliliği.....	2
1.2.1. Dünya’da Enerji Verimliliği	2
1.2.2. Türkiye’de Enerji Verimliliği	4
1.3. Sektörel Bazda Enerji Verimliliğinin İncelenmesi	6
1.3.1. Binalarda Enerji Verimliliği	7
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1. Materyal	14
3.2. Çalışmanın Kapsamı	14
3.3. Etüt Çalışmasında Kullanılan Cihazlar ve Alınan Ölçümler	14
3.3.1. Termal Görüntüleme Cihazı	15
3.3.2. Üç Fazlı Portatif Enerji Analizörü	15
3.3.3. Taşınabilir Baca Gazı Sıcaklık Ölçüm Cihazı	16
3.4. Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri	17
3.5. Enerji Yönetimi.....	18
3.5.1. Bina Bilgileri.....	18
3.5.2. Enerji Tüketiminin İncelenmesi.....	19
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	24
4.1. Bina Enerji Performansı.....	24
4.1.1. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin Durumu.....	24
4.2. Isıtma, İklimlendirme, Havalandırma ve Soğutma Sistemleri.....	25
4.2.1. Isıtma Sistemi	25
4.2.2. İklimlendirme ve Havalandırma Sistemleri.....	27
4.2.3. Soğutma Sistemi	28
4.2.4. Tesisat	28
4.3. Elektrik Dağıtım Sistemi	33
4.4. Elektrik Motorları	40
4.5. Aydınlatma.....	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	50
6. KAYNAKLAR	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
µm	: Mikrometre
ADP	: Ana Dağıtım Panosu
AG	: Alçak Gerilim
BAE	: Birleşik Arap Emirlikleri
Bar	: Basınç
Bin tep	: Bin Ton Petrol Eşdeğeri
BTU	: İngiliz Birim Sistemi
°C	: Derece
Cal	: Kalori
cm	: Santimetre
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbondioksit
D/d	: Devir / Dakika
ECM	: Enerji Tasarruf Önlemleri
EFF ₁	: Birinci Sınıf İyileştirilmiş Motor
EFF ₂	: İkinci Sınıf İyileştirilmiş Motor
EİE	: Enerji İşleri Etüt İdaresi
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EKB	: Enerji Kimlik Belgesi
EUI	: Enerji Kullanım Yoğunluğu
°F	: Fahrenheit
Gbyte	: Gigabayt
Gr	: Gram
hPa	: Hektopaskal
HVAC	: Isıtma, Havalandırma ve Klima
IE ₁	: Standart Verim (Eski standarda göre EFF ₂)
IE ₂	: Yüksek Verim (Eski standarda göre EFF ₁)
IE ₃	: Çok Yüksek Verim
IE ₄	: Süper Yüksek Verim
IEC	: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
IEQ	: İç Ortam Kalitesi

J	: Joule
kB	: Kilobayt
kcal	: Kilokalori
kcal/h	: Kilokalori/ saat
kcal/m ³	: Kilokalori/metreküp
KDV	: Katma Değer Vergisi
kg	: Kilogram
kgCO ₂ / m ²	: Kilogram Karbondioksit / Metre kare
kWh	: Kilovatsaat
kWhp / m ²	: Kilovatsaat / Metrekare
LC CO ₂ A	: Karbondioksit Salımları
LCEA	: Düşük Karbonlu Enerji Değerlendirmesi
LED	: Light Emotion Diode
m ³	: Metreküp
mAh	: Miliamper Saat
mbar	: Milibar
MJ / m ²	: Mega Joule / Metrekare
mm	: Milimetre
Mtep	: Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
O ₂	: Oksijen Gazı
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
Pf	: Güç Faktörü
POE	: Ethernet Üzerindeki Güç
ppm	: Parts per million (Milyonda bir)
PVC	: Polivinil Klorür
SI	: Uluslararası Birimler Sisteminde
sn	: Saniye
T	: Ton
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
THD	: Harmonik
TL	: Türk Lirası
TL/kWh	: Türk Lirası/ Kilovatsaat
UEVEP	: Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
VA	: Görünür Güç

VAC	: Volt Alternatif Gerilim
VAR	: Reaktif Güç
vb.	: ve benzeri
VRF	: Değişken Soğutucu Akışkan Debisi
W	: Watt
W/m	: Watt/ metre
W/m ² K	: Isı Geçiş Katsayısı



1. GİRİŞ

1.1. Enerji

Temel anlamda enerji, iş yapabilme kabiliyetidir. Doğrudan ölçülemeyen, fiziğin temel büyüklüklerindedir. Max Plank enerjisiyi “bir sistemin kendisi dışında etkinlik üretme yeteneği” ifadesi ile tanımlamıştır. Fiziksel bir sistemin durumunu değiştirmek için yapılması gereken iş yoluyla veya enerji türüne göre değişik hesaplamalar ile belirlenebilir. Enerji farklı biçimlerde kullanılabilir veya ortaya çıkabilir. Yaygın olarak; ısı, mekanik (kinetik ve potansiyel), kimyasal, elektrik, nükleer, manyetik enerji şeklinde ortaya çıkar ve kullanılır. Sistem iş yaparken bu enerji biçimlerinden bir kısmını veya tamamını kullanabilir (Kıyılmaz, 2019). Uluslararası birimler sisteminde (SI) enerji birimi Joule (J) ‘dur. Diğer enerji birimleri ve joule birimlerine dönüşümlerini Çizelge 1.1.’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Enerji birimleri ve Joule dönüşümleri (Kıyılmaz, 2019)

Enerji Birimi	Tanımı	Eşdeğeri
Kilovatsaat (kWh)	1 saat içerisinde tüketilen elektrik enerjisi miktarı	1 kWh = $3,6 \times 10^6$ J 1 kWh = 860 kcal
İngiliz Birim Sistemi (BTU)	1 atmosfer basınçta, 453,6 gr suyun sıcaklığının 63°F ‘ye arttırmak için gerekli olan enerji miktarı	1 BTU = 252 cal 1 BTU = 1055,07 J 1 BTU = 0,000293 kWh
Ton Eşdeğer Petrol (TEP)	Petrol sanayiinde kullanılan bir birim	1 TEP = $4,5 \times 10^{10}$ J 1 TEP = 7,5 varil
Varil	Petrol sanayiinde kullanılan bir birim	1 varil = $6,9 \times 10^9$ J
Kalori (cal)	1 atmosfer basınçta, 1 gr suyun sıcaklığını 1°C arttırılması için verilen enerji miktarı	1 cal = 4,184 J

Enerjide ortak birim “Ton Eşdeğer Petrol” dür. Farklı enerji türlerinde yapılan ortak üretim veya hesaplama işlemlerinde kolaylık sağlayan ve oldukça yaygın olarak kullanılan bir ölçü birimidir. TEP ’in yaygın kullanılmasının nedeni hesaplaması yapılan birincil (kömür, petrol vb.) ve ikincil (elektrik, benzin vb.) enerji kaynaklarının kendine ait ölçü birimlerinin olmasıdır (Kıyılmaz, 2019). Enerji, günlük hayatın sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü hareketin oluşması ya da bir işin yapılabilmesi için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Beslenmek, ısınmak gibi temel ihtiyaçlarımızın karşılanması için enerji kullanımı gerekmektedir. Bu temel ihtiyaçlarımızın giderilmesinin yanı sıra sanayi ve üretimde kullanılması zorunlu olan

önemli bir gerekliliktir. Yani, ekonomik kalkınmayı doğrudan etkileyen bir tüketim aracı olarak ‘bir hareketi yapmaya hazır olan yetenek’ olarak tanımlanmaktadır (Karluk, 2007). Diğer bir ifadeyle enerji için iktisadi bir tanımlama yapılacak olursa, enerji ekonomik kalkınma ve büyüme için üretimde kullanılması gereken zorunlu olan bir girdidir (Aydın and Esen, 2018).

1.2. Enerji Verimliliği

Ülkelerin gelişmişlik düzeyi kişi başına enerji tüketimiyle doğru orantılıdır. Tüketilen enerjiyi karşılamak için sürekli ve yeterli seviyede enerji kaynaklarına sahip olmak gerekmektedir. Enerji ihtiyacını karşılamak için dünya genelinde öncelikli olarak fosil yakıtlardan yararlanılmaktadır. Ancak fosil yakıt rezervlerinin kısıtlı oluşu ve tükenme öngörüsü alternatif enerji kaynakları arayışlarını da ortaya çıkarmıştır. Bu arayışlar mevcut enerji ihtiyacını gidermede yeterli düzeye erişememiştir. Enerji üretiminin kısıtlı oluşu ve enerji ihtiyacının düzenli olarak artışı, enerji verimliliğinin önemini arttırır (Gezer, 2019).

Enerji verimliliği, enerji tasarrufunu da kapsayan daha geniş bir kavramdır. Basitçe ifade edilecek olursa enerji verimliliği; enerji kaynaklarının üretiminde tüketime kadar tüm safhalarda en yüksek etkinlikte değerlendirilmesini ifade eden bir tanımdır. Enerji tasarrufu ise, enerji ve enerji kaynaklarının verimli olarak değerlendirilmesi amacıyla kullanıcılar tarafından alınan tedbirler sonucunda belirli miktardaki üretimi ve hizmeti gerçekleştirmek için her aşamada harcanan enerji miktarında sağlanan azalmayı anlatmaktadır (Yaşar, 2011).

Bunun sonucunda sağlanacak enerji tasarrufu, en hızlı ve maliyeti diğerlerinden daha ucuz olan temiz bir enerji kaynağı olarak sayılabilir. Enerji verimliliği; enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azalması, enerji maliyetlerinin sürdürülebilir kılınması, çevrenin korunması ve iklim değişikliği ile mücadele gibi ulusal stratejik hedefleri tanımlayan bir kavramdır (Şenol, 2011; Tuncer, 2012).

1.2.1. Dünya’da Enerji Verimliliği

Petrol krizi tüm dünyada ekonomik krizin ve enerji darboğazının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Ülkeler, bu enerji krizinin ekonomileri üzerinde olumsuz etkileri gidermek amacıyla, enerjinin verimli kullanılması ve yeni enerji kaynaklarının araştırılması, geliştirilmesi konularına önem vermeye başlamışlardır. Sanayileşmiş

lkeler, petrole yaptıkları fazla ödemeyi mamullerinin fiyatlarına aktarabildikleri için bu kriz karşısında başarılı olmuşlardır. Fakat dünya piyasalarında mamul madde fiyatlarının artmasına paralel olarak petrol ihracatçısı ülkelerin (OPEC) ‘de petrol fiyatlarını devamlı olarak yükseltme yoluna gitmeleri, dünya ekonomisini sürekli bir bunalım içinde bırakmıştır. Bu durumda az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkeler daha çok zarar görmektedir. Çünkü bu ülkeler bir yandan petrol alımı için petrol ihracatçısı ülkelere ve diğer yandan mamul madde ithalatı yapan sanayileşmiş ülkelere giderek daha fazla ödemek zorunda kalmışlardır. lkeler maruz kaldıkları bunalımdan çıkabilmek için, ihracatın ve diğer döviz girdilerinin arttırılmasının teşviki, her kesimde üretim mümkün olan en yüksek düzeyde gerçekleştirilmesi, tüketimin azaltılması, yatırımların arttırılması, enflasyon hızını yavaşlatıcı para, kredi ve bütçe politikalarının tatbik edilmesine yönelik ekonomik ve mali tedbirleri uygulamaya koydukları gözlenmiştir. Öte yandan, fosil kaynakların tükenir nitelikte oluşu, bu enerji kaynaklarının en ekonomik ve rasyonel şekilde, yani ‘‘Verimli’’ bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Bu anlamda, verimlilik kavramı, ülkelerin gündemine oturarak, hem teknolojik anlamda verimlilik araştırmalarını hızlandırmış hem de verimliliği teşvik edici unsurlar uygulamaya hızla konulmuştur (Aksüzek, 2003).

Dünyada, özellikle de gelişmiş ülkelerde enerjinin verimli kullanılması için çok çeşitli çalışmalar yapılmakta, enerji verimli teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için büyük bütçeli programlar uygulanmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı kamu eliyle yürütülen çeşitli uygulamalar, eğitim ve bilgilendirme faaliyetleri, bir kısmı yaptırımlar, getiren yasal düzenlemeler, bir kısmı sivil kuruluşlar tarafından yürütülen ve bazılarını hkmetlerin de desteklediği teknoloji geliştirme programlarıdır. Gelişmekte olan ülkelerde enerji yatırımları için ayrılabilen kaynakların sınırlı olması, ama bir yandan da enerji talebinin hızla büyümesi, enerji verimliliği stratejilerinin önemini bu ülkelerde bir kat daha artırmaktadır. Enerji verimliliği programlarının bir diğer önemli özelliği de sürdürülebilir kalkınmanın vazgeçilmez bileşenlerinden olan çevresel öncelikleri dikkate alan modeller önermeleridir. Bu programların çevresel faydaları son derece açıktır, çünkü en az kirlilik yaratan enerji hiç üretilmemiş enerjidir. Herhangi bir ihtiyaç için enerji tüketiminin azaltılması (evleri yalıtarak, motor verimliliğini artırarak, vb.), otomatik ve oransal olarak kirletici emisyonlarını da azaltmaktadır. Enerji verimliliği tedbirleri, maliyet-etkin oldukları ve evre korumaya yönelik ekstra maliyet gerektirmedikleri için çevreyi korumanın en ucuz yoludur (Kavak, 2005).

1.2.2. Türkiye’de Enerji Verimliliği

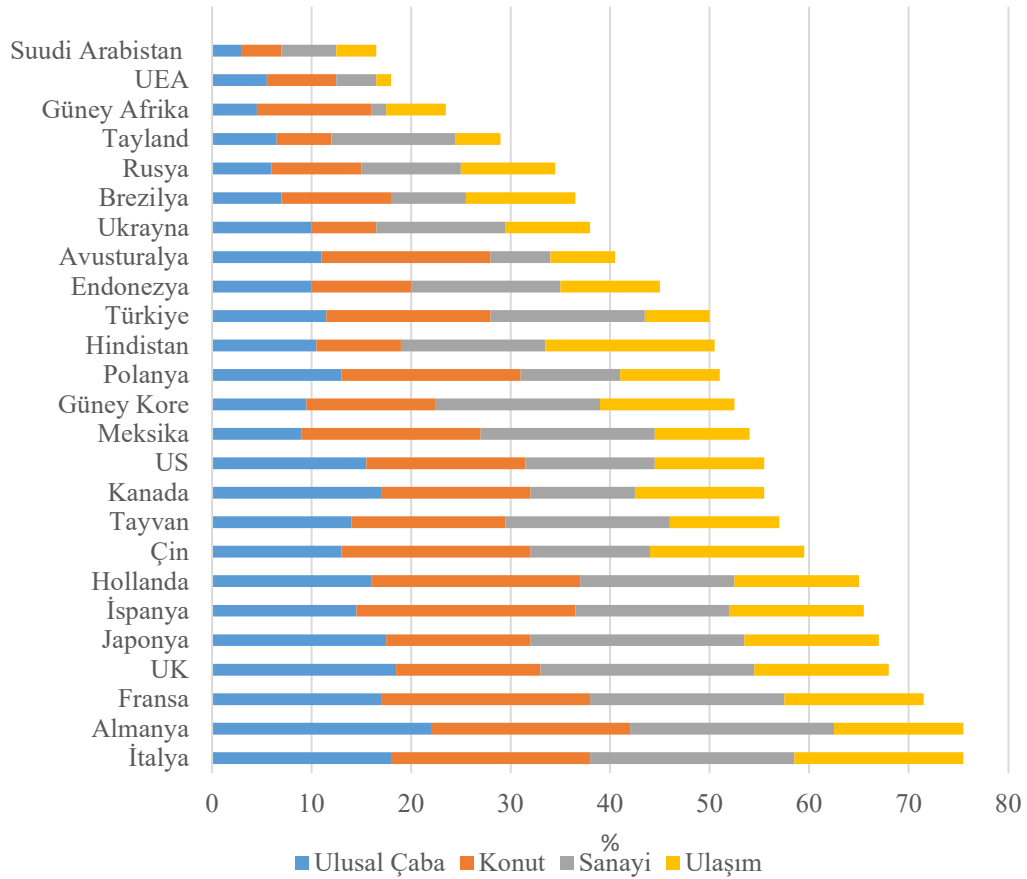
Türkiye’de bugüne kadar enerji açığını kapatmak için tek çare yeni enerji yatırımları olarak görülmüş, özellikle son 20-25 yılda yeni yatırım denince de ithal kaynaklara ve fosil yakıtlara başvurulmuştur. Bu durumda hem dışa bağımlılık hem de sera gazlarının (özellikle CO₂) salınımı artmıştır. Oysa üretim, iletim/dağıtım ve kullanımdaki kayıpların azaltılması ile ilave bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulmadan kısa dönemde oluşacak ek talebin büyük bir bölümü karşılanabilir. Son yıllarda gündemde olan yenilenebilir enerji kaynakları, her ne kadar temiz enerji olsa da (özellikle rüzgâr ve güneş) büyük ölçüde ithal malzemeye dayalı olarak dışa bağımlılığı arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının bu yönü dikkate alındığında, enerji açığının öncelikle yerli ve bedava enerji olan enerji verimliliği ile karşılanması önem kazanmaktadır (Anonim, 2012).

2018 yılında hazırlanan Uluslararası Enerji Verimlilik Karnesi ’ne göre Almanya ve İtalya ilk sırayı paylaşırken üçüncü sırada Fransa yer almaktadır. Türkiye ise enerji verimliliğinde 25 ülke arasında 16. sırada yer almaktadır. Uluslararası Enerji Verimliliği Karnesi’ne göre dünyanın en büyük enerji tüketen 25 ülkesinin performansı değerlendirilmiştir. Bu ülkeler dünyada tüketilen enerjinin yüzde 78’ini temsil etmektedir. Aynı araştırmaya göre 2000 yılından günümüze yapılan enerji verimliliği çalışmaları sayesinde 2016 yılında tüm dünyada yüzde 12 daha az enerji kullanılmıştır. Bu kazanımlar sayesinde dünyanın dört bir yanındaki haneler yüzde 10-30 daha az harcama yapmıştır. Ülkelerin Kategorilerine göre enerji verimliliği sıralaması şekil 1.1’de görülmektedir (Anonim, 2019).

Türkiye’nin son 25 yılda yıllık birincil enerji tüketimi 55 milyon ton eşdeğer petrol (mtep) den 155 mtep ‘e yükselmiştir (Anonim, 2018).

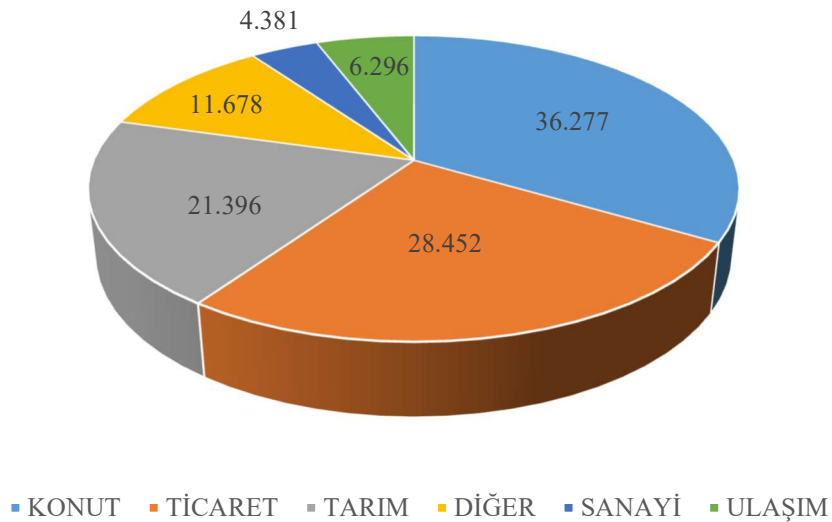
Ülkemizdeki birincil enerji tüketimi 2007 yılı verilerine göre 107 mtep olmuştur. Artan nüfusa ve gelişime bağlı olarak 2020 yılında bu miktarın 222 mtep’e çıkması öngörülmektedir. Ancak enerji üretimimiz aynı yıl sadece 27,4 mtep olarak kalmış, geri kalan enerji ihtiyacımız yurt dışı kaynaklardan karşılanmıştır. Bu durum ülke ekonomisini olumsuz etkilemiştir (Özyurt, 2009).

Birincil enerji kaynaklarında dışa bağımlılığı yüksek olan Türkiye, yüksek miktarda dış ticaret açığı ve cari işlem açığı vermektedir. Dolayısıyla, küresel enerji fiyatlarındaki gelişmeler ülkenin enerji faturasına etki etmektedir (Anonim, 2018).



Şekil 1.1. Ülkelerin Kategorilere Göre Enerji Verimliliği Sıralaması (Anonim, 2019)

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) İstatistik verilerine göre 36,277 bin ton eşdeğer petrol (bin tep) enerji tüketimi ile yüzde 33,44 oranla sanayi sektörü en çok tüketim oranına sahip sektör sayılmaktadır. 28,452 bin tep enerji tüketim miktarı ile ulaşım sektörü 2. sıraya yerleşmektedir. 21,396 bin tep enerji tüketim miktarı ile yüzde 19,72 orana sahip olan konut sektörü ise 3. büyük enerji tüketim oranına sahiptir. Bu sıralamayı yüzde 10,77 ile ticaret sektörü, yüzde 5,8 ile diğer sektörler, yüzde 4,038 ile tarım sektörü takip etmektedir. Önemli bir orana sahip olan konut sektöründeki iyileştirme verimlilik çalışmaları Türkiye enerji verimliliğine önemli bir katkı sağlayacaktır (Şekil 1.2) (Anonim, 2020).



Şekil 1.2. 2018 yılı Ulusal Enerji Denge Tablosu (Bin TEP) (Anonim, 2020)

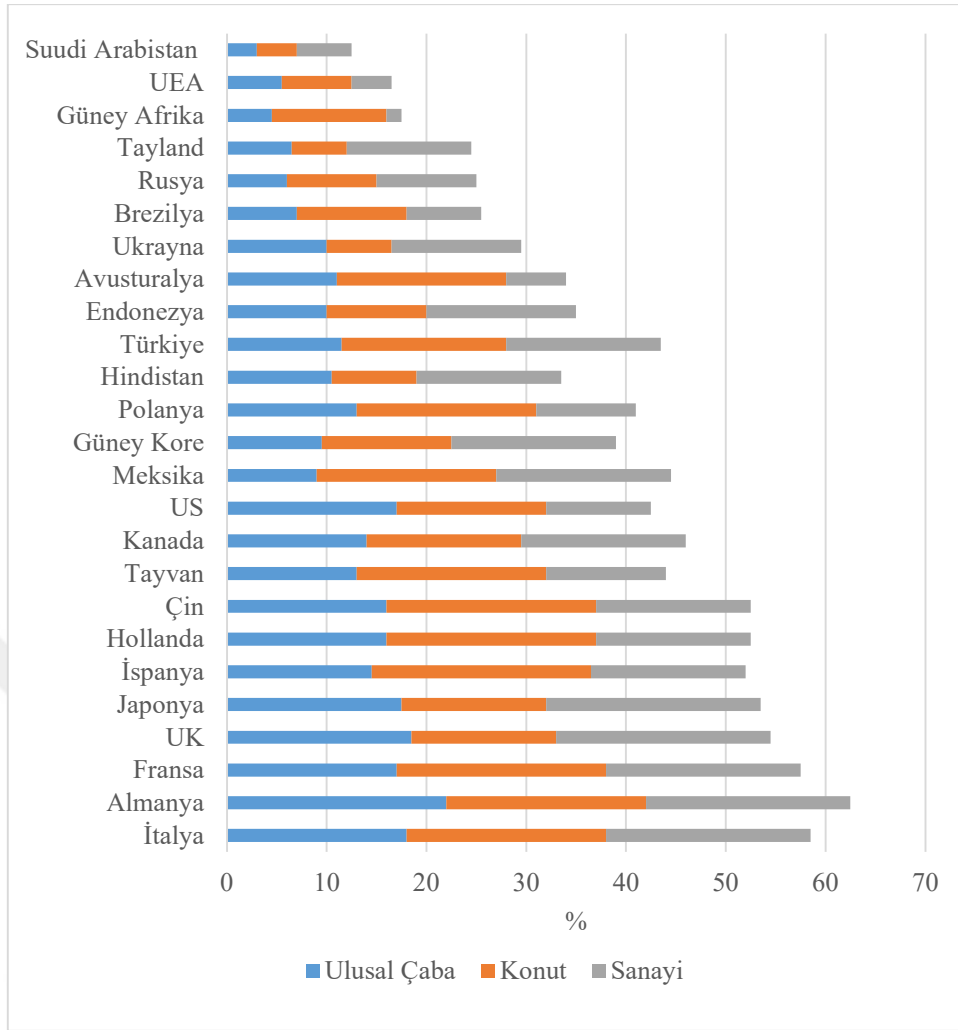
Dünyanın en büyük ekonomileri arasında bulunan Türkiye’de enerjiyi verimli kullanma çalışmaları kaçınılmaz şekillenmektedir.

Türkiye’de enerjinin daha verimli kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır. 2017-2023 yılları arasında uygulanarak Uluslararası Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) kapsamında bina ve hizmetler, enerji, ulaşım, sanayi ve teknoloji, tarım ve diğer konular olmak üzere alt kategorilerde tanımlanan 55 eylem ile 2023 yılında Türkiye’nin birincil enerji tüketiminin yüzde 14 oranında azaltılması hedeflenmektedir (Anonim, 2019).

1.3. Sektörel Bazda Enerji Verimliliğinin İncelenmesi

Enerji verimliliğinin sektörel bazda ayrımını yapmak aslında parçadan bütüne ulaşmak için önemli bir adımdır. Sektörel bazda her alanda kendi yöntemleriyle çözümlere ulaşmak için problemin çözümüne daha hızlı ulaşacaktır (Şekil 1.3).

Enerji verimliliği kapsamında Enerji İşleri Etüt İdaresi (EİE) ‘nin yapmış olduğu çalışmalar kapsamında enerji verimliliği için binalarda %30, endüstriyel sanayide %20 ve son olarak ulaşım sektöründe %15 enerji tasarrufu sağlandığı bilinmektedir. Enerji verimliliği günlük hayatımızda kullanmış olduğumuz enerji olarak ulaşım, ısıtma, aydınlatma gibi alanlarda enerjiyi verimli ve dikkatli kullanmamız ile aile bütçesine ve özellikle ülke ekonomisine çok büyük katkılar sağlamamız enerji verimliliği ile mümkün olmaktadır (Akgül, 2019).



Şekil 1.3. Sektörel Enerji Tüketiminin Yıllara Göre % Olarak Değişimi (UEVEP, 2017)

1.3.1. Binalarda Enerji Verimliliği

Bu kavram ilk defa 1970’li yılların ortalarında başlayan petrol krizi ile ortaya çıkmış ve geleneksel kaynakların azalmaya başlaması ile de giderek önem kazanmıştır. Önceleri iki lambadan birinin söndürülmesi şeklinde algılandığı için ‘Enerji Tasarrufu’ olarak adlandırılmıştır. Ancak refah düzeyinden de ödün vermeden enerjinin kullanılması olduğu için “Enerjinin Verimliliği” ifadesi daha yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. En basit ifade ile “daha az enerji ile aynı faydayı sağlama maliyetine” enerji verimliliği denir (Aksüzek, 2003).

Pek çok ülkede enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik; kamu ve özel sektör kuruluşları, mesleki kurumlar, toplumsal sivil örgütler ve diğer birçok kurumun da etkin olarak rol aldığı son derece önemli projeler yer almaktadır. Bu projeler binaların izolasyonundan yeni ekipman alımlarından en uygun teknolojinin seçimine kadar birçok projeyi içermektedir. Bütün bu projelerdeki temel amaç enerji talebinde verimli

kullanımın sağlanması ve böylece gerek yatırım gerekse de işletme süreçlerinde maliyetleri azaltabilmektedir.

Binalar değişik aşamalarda (kullanım öncesi, kullanım sırasında) ve değişik amaçlardan dolayı enerji tüketirler. Binalarda kullanım öncesi tüketilen enerji; İnşaat için gereken her tür malzeme, bileşen ve sistemin üretiminde kullanılan enerji, bu inşaat girdilerinin üretildiği yerden şantiyeye taşınmasında kullanılan enerjidir. Binalarda kullanım sırasında tüketilen enerji ise; kullanıcının konfor ve her türlü gereksinimini cevaplayabilmek için kullanılan enerjidir (Aksüzek, 2003).



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Özüpak 2008, çalışması kapsamında, dünyada ticari binalarda uygulanan enerji performans standartlarının ve kriterlerinin incelenmesi, Türkiye’de Mayıs 2007’de yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu çerçevesinde oluşturulacak ilgili yönetmelikler için öneriler geliştirilerek eksikliklerin giderilmesini amaçlamıştır. Binalarda enerji performans sertifikasının bina tiplerine, coğrafi koşullara, kullanılan enerji biçimi ve miktarına göre bina kodlamaları ile yapılmalıdır. Standartlar ile hesaplama yöntemleri tüm binadaki enerji tüketimi tanımlarını dikkate alarak yapılmalı, bu yöntemler ayrıca konfor koşullarına ve enerji göstergelerine göre enerji performans seviyelerini belirlemelidir. Binalarda enerji performans kriterleri, aktif yani hesaplanan değerler baz alınarak bulunan binanın kullandığı birincil enerjiden, olası CO₂ emisyonu değerleri de elde edilmelidir. Tüm tasarım parametreleri bir bütün olarak düşünülmeli ve tasarım kalitesini destekleyecek değişik mimari tasarım projelerinin seçilebileceği fırsatlar oluşturulmalıdır sonucuna ulaşılmıştır.

Kanbar 2018, çalışmasında iki ticari binanın yaşam döngüsü enerjisi (LCEA) ve karbondioksit salınımları (LCCO_{2A}) analizini yapmışlardır. Çalışma sonucunda Sanko Park ve Forum'un yaşam döngüsü enerjisininin 49731.81-51587.52 MJ/m² arasında olduğunu ve 6817.52-7478.88 KgCO₂/m² arasında CO₂ salınımlarınının yüksek olduğunu göstermişlerdir. Türkiye’de alternatif yapı malzemelerinin kullanımına, iklimsel ve ekonomik yönlere odaklanmak için ek araştırma ve çalışmalara ihtiyaç vardır diyerek tavsiyede bulunmuşlardır.

Aydoğdu 2019, yaptıkları çalışmada geliştirilmiş enerji tasarruf analizi hesaplama yöntemi kullanılarak yeni teknoloji ışık yayan diyot (LED) aydınlatma armatürlerinin mevcut bir binaya uygulanması sonucu elde edilecek elektrik enerjisi tasarrufunun hesaplanması amaçlanmıştır. Sonuç olarak, mevcut tavan kaplama yapısı, kullanılan armatür tipi ve aydınlatma tesisatı üzerinde önemle durulması ve uygun değişik alternatiflerin değerlendirilmesi gerekmektedir sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca yapılan tasarım hesapları ve analizler sonucunda özellikle armatür etkinlik faktörlerinin, verimli aydınlatma tesisatları yaratmak için tek başına bir kriter olmadığı, armatür ışık dağılım eğrilerinin de önemli bir kriter olduğu belirlemişlerdir.

Gulbinas ve Petuhova 2019, okul öncesi eğitim kurumlarında ışık ortamı parametreleri üzerine bir araştırma sunmuştur. Işık ortamının iyileştirilmesi, bir yandan aydınlatma kalitesinin korunması, diğer yandan enerji verimliliğinin artırılması ve

böylece mali yükün azaltılması anlamına gelmektedir. Işık ortamını iyileştirme konularını kapsamlı bir şekilde ele almak ve sadece enerji verimliliğini değil, aynı zamanda aydınlatma sistemlerinin kalite göstergelerini de dikkate almak gerektiği araştırılmıştır. Sonucunda binaların aydınlatma için elektrik tüketiminin verimliliğinin artırılması ve okul öncesi bir kurumdaki finansal yükün olası bir azaltılması için öneriler geliştirmek için bir temel oluşturacaktır denilmiştir.

Hwang ve diğerleri 2019, çalışmada iyi enerji yönetimi ve enerji tasarrufu önlemlerini (ECM) yansıtan anlamlı enerji performansının, farklı sistemlere sahip karmaşık binaları ve aralarındaki büyük boşlukları kapsayan bir kategori olan hastane binaları için nasıl çalıştırılabileceğini bulmayı amaçlamışlardır. Sonunda hastane binası enerji tasarrufu büyük ölçüde, hedef tesis sisteminin enerji değerlendirme standardının belirlenmesi ve hastane binasının akıllı enerji analizi yoluyla tıbbi tesisin özelliklerine göre enerji tasarrufu işletme faktörünü bulmak için gereklidir sonucuna ulaşmışlardır.

Kamara ve diğerleri 2019, bu araştırmayı yapmasının sebebi, bir enerji denetim süreci yoluyla bir öneri olarak, enerji verimliliği uygulamalarının önemi hakkında farkındalık düzeylerinin artırılmasının, yüksek elektrik talebinin nasıl karşılanacağına bir çözüm getirmeye nasıl yardımcı olacağını görmektir demiştir. Bu araştırmadan elde edilen ortalama, standart sapma ve diğer çıkarımsal istatistiksel veriler, enerji verimliliği önlemlerinin enerji güvenliğini sağlayabileceğini ve ekonomik büyümeyi güçlendirebileceğini göstermiştir. İyi yürütülen bir enerji denetim süreci, binalarda kullanılan elektrik miktarını olumlu yönde etkileyecektir. Enerji denetimi, binalardaki elektrik enerji tüketimini ve elektrik maliyetini etkiler sonucunu elde edilmiştir.

Kim ve diğerleri 2019, bir ofis binasının enerji denetimi, Ethernet üzerinden güç (POE) ve dinamik simülasyonu ile ilgili bir vaka çalışması yapılmıştır. Enerji performans açığı faktörlerini belirlemek amacıyla bina enerji denetim verileri ve POE çalışma sonuçları analiz edilmiştir. Bina dinamik simülasyonu, enerji performans açığını azaltma stratejisinin faydasını belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca dinamik simülasyon modelini değerlendirmek ve kalibre etmek için bina enerji denetim verileri ve POE çalışması uygulanmıştır. Bu araştırma sayesinde, kullanım halindeki bina durum çalışması tasarlandığı gibi yapılmadığını ve soğutma ile ilgili enerjinin neredeyse dörtte birinin yanlış yönetilen ve az anlaşılan binanın pasif ve aktif sistem stratejileri tarafından boşa harcandığını göstermektedir. Bu tür performans boşlukları Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) 'de kolayca görülebilir. Bu araştırma yöntemi çok uygun maliyetlidir ve yatırımın hızlı geri dönüşü kolayca sağlanabilir. Ayrıca enerji denetimi ve POE çalışması ile

özellikle binalar işgal edildikten ve kullanımdan sonra iç ortam kalitesini iyileştirerek bina sektöründeki enerji performans boşluklarını azaltmanın mümkün olduğunu göstermektedir. Bu yöntem, simülasyon modelinin doğruluğunu artırmak için binanın gerçek koşullarının kalibrasyonunu bilgisayar tarafından üretilen enerji simülasyon modeli ile kullanabilir, bu da sayısal / hesaplama tahmini ile gerçek kullanım arasındaki boşluğu azaltabileceği anlamına gelir sonucuna ulaşmışlardır.

Ascione ve diğerleri 2020, çalışmasında Güney İtalya'da gerçek bir endüstriyel binanın enerji yenilenmesini optimize etmek için bina, geometri ve HVAC (ısıtma, havalandırma ve klima) sistemlerini karakterize etmek için Design Builder kullanılarak Energy Plus ortamında modellenmiştir. Tüm tesisin birincil enerji tüketimi 40,1 kWhp/m² kadar azaltılabılmıştır. Sonucunda enerji verimliliği ve maliyet etkinliği açısından bölgedeki endüstriyel ve ofis binalarını yenilemek için harekete geçilebilir sonucunu bulmuştur.

Balan ve Yashvanth 2020, konut binalarda enerji denetimi ile ilgili çalışmıştır. Araştırma ekibinin tavsiyelerine göre az sayıda bölünmüş klima sistemi, merkezi klima ünitesi ile değiştirmiştir. Yeni binalarda uygulama daha kolay ve mevcut binalarda uygun maliyetle hesaplamalar bina giderleri dikkate alınarak yapılmış; tüm uygulama maliyeti ile geri ödeme süresi 4 yıl olarak tespit edilmiştir. Soğutma yükü hesaplaması, merkezi bir klima için %20 kayıplı kanal kayıpları ile yapılmıştır. Yeni sistemin ikame maliyeti, mevcut geleneksel sistemlerin işletme genel maliyetinden çok daha düşüktür sonucu elde etmişlerdir.

Cheung ve diğerleri 2020, çalışmasında simüle edilmiş yardımcı program verilerini kullanarak 'dokunmasız' bina denetim yazılımını araştırmışlardır. Araştırma da bina enerji son kullanımlarını makul bir doğrulukta tahmin ettiğini, ancak muhtemel yüksek enerjinin nedenlerini belirlemede daha az doğru olduğunu göstermektedir sonucuna ulaşılmıştır.

Ding ve Liu 2020, çalışmalarında bina enerji kıyaslama programının geliştirilmesi ve uygulanması ile ilgili politika yapıcılar ve enerji verimliliğini daha da artırmak için farklı enerji performanslarına sahip binaların yönetimi için öneriler sunmayı hedeflemiştir. Sonucunda kıyaslama yöntemlerinin açıklayıcı gücü, HVAC sisteminin tasarım ve işletme özelliklerinin bina enerji tüketimi üzerindeki etkisini göstermişlerdir. Bu özelliklerin yerel veya ulusal veri tabanları ve enerji performansı açıklama politikaları geliştirmek için daha fazla toplanması önerilmiştir.

Geng ve diğerleri 2020, farklı enerji kullanım yoğunluğuna (EUI) sahip yeşil ofis binalarının iç ortam kalitesi (IEQ) üzerine karşılaştırılma performansı incelemiştir. Ölçülen parametrelerden elde edilen analiz sonuçları, IEQ performansının düşük ve yüksek EUI binaları arasındaki farkı çoğunlukla termal ortama yansıtmıştır. Bina performans değerlendirmesinde enerji tüketimini ve çevresel kaliteyi tek bir faktöre odaklanmak yerine dengeleme kavramını vurgulamışlardır.

Im ve diğerleri 2020, konutlarda olası enerji tasarruflarının belirsizliğini tahmin etmede etkili olan parametreleri araştırmışlar. Bu çalışmada, konut binaları enerji güçlendirme ile ilgili belirsizliklerin hesaplanmasına başarıyla ulaşılmıştır. Bir enerji modeline sağlanabilecek temel parametreleri kullanılarak araştırma yapmış ve sonuç olarak belirsizlik önemli ölçüde azaldı diye açıklamışlardır.

Krarti ve diğerleri 2020, binalarla ilgili çalışmalarında güçlendirme programının etkili olabilmesi için, enerji verimliliği önlemlerinin konut tipine, eski modele ve konuma göre uyarlanması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Lu ve Lai 2020, çalışmalarında ticari binaların enerji tasarrufu ve karbon azalımı için önlemleri geniş çapta incelemiştir. Bu tür önlemlerin uygulanmasına ilişkin pratik yönergeler sunmuşlardır. Bu çabalara rağmen, karbon emisyonunun sürekli büyümesi hala canlı bir konu olmaya devam etmektedir. Bu nedenle, bu sorunun temel nedenini tanımlayabilen ve kaldırabilecek çalışmalar, bu araştırma alanı için gündemde olmalıdır diye tavsiye etmektedirler.

Poço ve diğerleri 2020, araştırmasında bugün ve gelecek yıllarda enerji tasarrufu yapılması gereken yerler ticari binalarda dâhil olmak üzere mevcut bina stokunda bulunmaktadır demişlerdir. Eski ekipman, yaşlanan altyapı ve yetersiz kaynaklar yüzünden tasarrufun engellendiğini belirtmektedirler. Araştırmalarını Lizbon'da bulunan El Corte Ingles'te bir mağaza üzerinde yapmışlardır. Klima santrali ve zemin aydınlatmasının çalışmasının iyileştirilmesi ile tüm binanın toplam potansiyel tasarrufu, yılda 34.000 avro miktarına ulaşmıştır sonucuna varmışlardır. Gelecekte, bu ve benzeri binaların daha verimli tüketim analizi yapılabilmesi için tüm binanın akıllı bina ile donatılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Szul ve Kokoszka 2020, çalışmalarında bir kaba tadilat teorisine dayanan bir modelin, enerji yenilemesine tabi tutulan binaların termal enerji tüketimini tahmin etmede yararlılığını test etmişlerdir. Sonuçta en iyi eşleşmenin, gerçekliğin sapma değerinin elde edilebileceği bulmuşlardır. Ayrıca, binaları karakterize eden değişkenler kullanarak Kaba Küme Teorisine dayalı bir model kullanmışlar ve binaların enerji tüketimini tahmin

etmek, %14.4-15.9 tahmin doğruluğu sağlar demişlerdir. Bununla birlikte, daha fazla araştırmada, doğrulamak için, araştırmanın yapıldığı ortamlardan farklı iklim koşulları ile karakterize edilen, farklı bölgelerden daha büyük, birkaç yüz temel nesne (bina) zerinde test edilmesi tavsiye etmişlerdir.

Akkurt ve Taşdemir 2021, araştırmalarında muhtelif altyapı ürünleri üreten bir döküm işletmesi için detaylı enerji etüt çalışması yapmış ve enerjinin israf edildiği kaynaklar, verimli çalışmayan ekipmanlar ve kaçak olan enerji noktalarını tespit etmişlerdir. Mevcut aylık enerji tktim değerleri kullanılarak işletme için standart denklem ve hedef denklemler oluşturmuşlar ve işletme için geliştirilen projeler neticesinde yıllık tasarruf miktarını 23.64 TEP/yıl olarak bulmuşlardır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Enerji verimliliğinin önemli bir kısmını kapsayan binalarda enerji verimliliği konusu altındaki araştırmamızda, ticari bir bina olan otel işletmesinde detaylı bir enerji etüdü yapılmıştır. Tez çalışmasında enerji tasarrufu potansiyeli belirlenmiş, enerji verimliliğinin artırılmasına, enerji tüketiminin ve maliyetlerinin azaltılmasına yönelik olarak alınabilecek önlemler tespit edilmiş ve öneriler sunulmuştur.

Araştırmanın yapıldığı çevrede enerji verimliliği ve konfor şartları göz önünde bulundurularak işletmedeki ekipmanlar, yardımcı işletmeler, ofis alanları, mekanik, elektrik ve aydınlatma sistemleri incelenmiştir.

Tez çalışmamız İstanbul'da bulunan özel ticari hizmet veren bir otel işletmesinde Şubat 2020'de yapılmıştır. İşletmenin yıllık toplam enerji tüketimi 500 TEP' in altında olduğu için enerji yöneticisi bulundurma zorunluluğu bulunmamaktadır. Yaptığımız çalışmada, akredite olmuş ulusal veya uluslararası kuruluşlar tarafından kalibrasyonu yapılmış ve etiketlenmiş cihazlar kullanılmıştır.

Çalışmanın amacı, işletmede detaylı enerji etüdü yaparak, enerji tasarrufu potansiyelinin belirlenmesi, enerji verimliliğinin artırılmasına ve enerji tüketiminin ve maliyetinin azaltılmasına yönelik olarak alınabilecek önlemlerin tespiti ve önerilerin sunulmasıdır.

3.2. Çalışmanın Kapsamı

Çalışmada tesisin enerji tüketimlerinin ve enerji yönetim sisteminin incelenmesi, mevcut armatürlerin, bina kabuğunun, ısıtma ve soğutma sistemlerinin, klima santralleri ve aspiratör fanlarının, kayış ve kasnak sistemlerinin, fan verimliliğinin, pompa sistemlerinin verimliliğinin incelenmeleri, kazanlardaki baca gazı ölçümü yapılması, kazan gövde termal ölçümünün yapılması ve kazan verimliliğinin hesaplanması işlemleri yapılmıştır.

3.3. Etüt Çalışmasında Kullanılan Cihazlar ve Alınan Ölçümler

Yapılan enerji etüdü çalışmalarında, akredite olmuş ulusal veya uluslararası kuruluşlar tarafından kalibrasyonu yapılmış ve etiketlenmiş cihazlar kullanılmıştır.

3.3.1. Termal Görüntüleme Cihazı

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde ısı kayıplarının belirlenmesi için Fluke marka Ti 27 model 11090481 seri numaralı cihaz kullanılmıştır. Cihaz AB-0155-K ve TS EN ISO/IEC 17025 standartlarında ölçüm yapmaktadır. Şekil 3.1’de Termal görüntüleme Cihazı ve Çizelge 3.1’de ise cihazın teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.1. Termal Görüntüleme Cihazı (Fluke, 2009)

Çizelge 3.1. Termal Görüntüleme Cihazı Teknik Özellikleri (Fluke, 2009)

Özellik	Birim	Değer
Sıcaklık	Çalışır Halde ($^{\circ}\text{C}$)	-10 ile 50
	Depolama ($^{\circ}\text{C}$)	-20 ile 50
	Şarj ($^{\circ}\text{C}$)	0 ile 40
Nispi Nem	%	10 ile 95
Ekran	Arka ışık (inç)	3.7
	LCD (mm)	640x480
Yazılım	Smart View	
Pil Şarj Süresi	Saat	2.5
Boyut	Y x G x U (cm)	27.7 x 12.2 x 17
Ağırlık	kg	1.05
Doğruluk	25 $^{\circ}\text{C}$ nominal değer	± 2 $^{\circ}\text{C}$ veya % 2
Frekans	Hz	9 ile 60
Algılayıcı Tipi	Piksel	240x180
Isı Duyarlılığı	30 $^{\circ}\text{C}$ hedef sıcaklığında	<0.05
Kızılötesi Spektrum Bandı	μm	8 ile 14
Minimum Odak Mesafesi	cm	46

3.3.2. Üç Fazlı Portatif Enerji Analizörü

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinin enerji tüketimlerinin hesaplanması için motor güçlerinin ölçümünde Chauvin Arnoux marka CA8332B model 140563JDH seri

numaralı Enerji Analizör cihazı kullanılmıştır. Cihaz AB-0155-K ve TS EN ISO/IEC 17025 standartlarında ölçüm yapmaktadır. Şekil 3.2’de Portatif Enerji Analizör cihazı ve Çizelge 3.2’de ise cihazın teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.2. Üç Fazlı Portatif Enerji Analizörü (Chauvin Arnoux, 2013)

Çizelge 3.2. Üç Fazlı Portatif Enerji Analizörü Teknik Özellikleri (Chauvin Arnoux, 2013)

Özellik	Birim	Değer
Dahili Şarjlı Pil	mAh	4000
Tam Şarj Süresi	Saat	5
Boyut	Y x G x U (cm)	24 x 18 x 5.5
Ağırlık	Gr	1900
Harmonik Ölçüm	Derece	50
Akım, Gerilim Ölçüm	Derece	50
Kayıt Hafızası	Gbyte	8
Dil Seçeneği	Adet	21

3.3.3. Taşınabilir Baca Gazı Sıcaklık Ölçüm Cihazı

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde baca gazı analizi ölçümleri için Madur marka GA-21 PLUS model 21294081 seri numaralı cihaz ile ölçüm yapılmıştır.



Şekil 3.3. Baca Gazı Sıcaklık Ölçüm Cihazı (Madur, 2019)

Cihaz TS EN ISOIEC 17025-2012 standartlarında ölçüm yapmaktadır. Şekil 3.3’de Baca Gazı Sıcaklık Ölçüm Cihazı ve Çizelge 3.3’de ise cihazın teknik özellikleri verilmiştir.

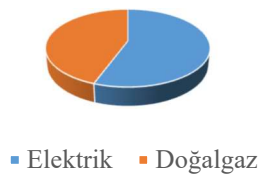
Çizelge 3.3. Baca Gazı Sıcaklık Ölçüm Cihazı Teknik Özellikleri (Madur, 2019)

Özellik	Birim	Değer
Boyut	Y x G x U (cm)	4.6 x 2.6 x 2.4
Ağırlık	kg	6.2
Gövde Malzemesi	Polyester	
Çalışma Koşulları	°C	10 ile 50
Saklama Sıcaklığı	°C	0 ile 55
Güç. Kaynağı	VAC	90 ile 240
Maksimum Güç Tüketimi	W	70
Batarya	Tipi	Kurşun Asit
	Çalışma Zamanı (saat)	7
	Şarj Zamanı(saat)	14
Veri Belleği	kB	32
	Veri Küme Sayısı	1024

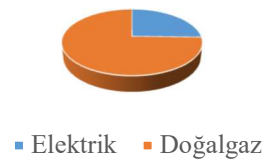
3.4. Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinin 2019 yılı bir yıllık satın alınan elektrik tüketim miktarı ve doğalgaz tüketim miktarı incelendiğinde, elde edilen veriler ile bir yıllık elektrik tüketim bedeli 335.158,14 TL iken doğalgaz tüketim bedeli 114.269,08 TL olduğu tespit edilmiştir. Enerji etüdü yapılan otel işletmesinin 2019 yılı enerji tüketim verileri incelendiğinde, toplam tüketimin %55.63’ü doğalgaz, %44.37’si elektrik enerjisi tüketimine denk gelmektedir. Maliyetlere bakıldığında %25.42’si doğalgaz tüketimi, %74.58 ‘i elektrik tüketimi için harcanmıştır (Şekil 3.4).

Enerji tüketimleri % payları



Enerji maliyetleri % payları



Şekil 3.4. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin 2019 Yılı Enerji Tüketim Değerleri ve Maliyetleri

Tüketim oranları incelendiğinde elektrik tüketim oranı doğalgaz tüketim oranından daha az olmasına rağmen maliyet olarak elektrik maliyet oranı doğalgaz tüketim oranından daha fazla olduğu için genel maliyeti daha etkilediği görülmüştür (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin 2019 Yılı Enerji Tüketim Değerleri ve Maliyetleri

Enerji Türü	Tüketim				Maliyet	
	Yıllık Tüketim	Birim	TEP	Toplam (%)	Yıllık Maliyet (TL)	Toplam (%)
Elektrik	728604.65	kWh	62.66	44.37	335.158,14	74.58
Doğalgaz	95224.24	m ³	78.56	55.63	114.269,08	25.42
Toplam			141.22	100	449.427,22	100

3.5. Enerji Yönetimi

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinin yıllık toplam enerji tüketimi 500 TEP 'in altında olduğundan enerji yöneticisi bulundurma zorunluluğu bulunmamaktadır.

3.5.1. Bina Bilgileri

Enerji etüdü yapılan otel işletmesi, 2006 yılında inşa edilmiş olup, 2015- 2017 yılları arasında restorasyon çalışması yapılmıştır. Otelde 20 m²'lik standart odalar, 25 m²'lik superior odalar, 30 m²'lik lüks odalar ve 35 m²'lik süit odalar olmak üzere toplam 44 adet oda, bir adet lobi, döviz bürosu, restoran, kahvaltı salonu, kafe, bar, otopark alanı ve bahçe bulunmaktadır.

Çizelge 3.5. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin Özellikleri

Özellikler	Birim	Miktar
Kapalı Hacim	m ³	3800
Yıllık Isıtma Derece Gün Sayısı	°C/gün	1374
Yıllık Soğutma Derece Gün Sayısı	°C/gün	349
Isıtma/Soğutma Sistemi	İki Borulu Fan-Coil	
Yalıtım Durumu	Küfeki harcı-Sıva- Boya	
Personel Sayısı	Kişi	30



Şekil 3.5. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin Görünümü

3.5.2. Enerji Tüketiminin İncelenmesi

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinin 2019 yılı aylık elektrik tüketim değerleri kWh biriminden TEP birimine dönüştürülmüştür (Denklem 3.1).

$$TEP = 0.000086 * kWh \quad (3.1)$$

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinin 2019 yılı aylık elektrik tüketimi ve maliyeti Çizelge 3.7’de belirtilmiştir (Denklem 3.2).

Ocak ayı için örnek;

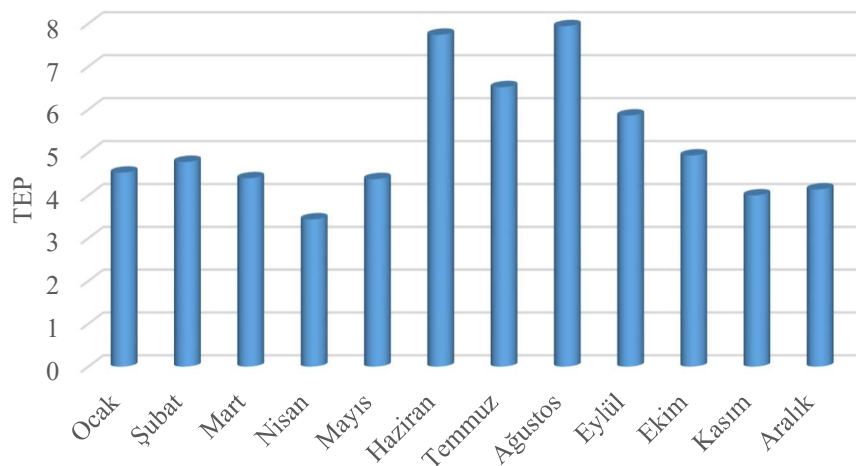
$$TL = kWh * Birim TL = 52674.42 * 0,46 = 24230,233 \quad (3.2)$$

Elde edilen verilere göre Nisan ayında iklim şartlarından dolayı soğutma ihtiyacı az olduğu için en az elektrik tüketimi nisan ayında görülmektedir. En yüksek elektrik tüketimi ise ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sebebi ise soğutma sisteminin ağustos ayında diğer aylardan daha çok kullanılmış olmasıdır. Genel tabloya bakıldığında sıcak olan yaz aylarında elektrik tüketiminin diğer aylardan daha fazla olduğu gözlemlenmektedir.

Çizelge 3.6. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin 2019 Yılı Aylık Elektrik Tüketimi ve Maliyetleri

Elektrik			
Aylar	Tüketim		Maliyet (TL)
	Satın Alınan		Toplam
	kWh	TEP	
Ocak	52674.42	4.53	24230.23
Şubat	55581.39	4.78	25567.43
Mart	51162.79	4.40	23534.88
Nisan	40000	3.44	18400.00
Mayıs	50930.23	4.38	23427.90
Haziran	90000	7.74	41400.00
Temmuz	75813.95	6.52	34874.41
Ağustos	92325.58	7.94	42469.76
Eylül	68139.53	5.86	31344.18
Ekim	57325.58	4.93	26369.76
Kasım	46511.62	4.00	21395.34
Aralık	48139.53	4.14	22144.18
Toplam	728604.7	62.66	335158.13

2019 Yılı Aylık Elektrik Tüketimi TEP



Şekil 3.6. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin 2019 Yılı Aylık Elektrik Tüketimi ve Maliyetleri
Enerji etüdü yapılan otel işletmesinin aylık doğalgaz tüketim değerleri m³ biriminden TEP birimine çevrilmiştir (Denklem 3.3).

$$TEP = 0.000825 * m^3 \quad (3.3)$$

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinin 2019 yılı aylık doğalgaz tüketimi ve maliyeti Çizelge 3.7’de belirtilmiştir (Denklem 3.4).

Ocak ayı için örnek;

$$TL = m^3 * Birim TL = 12230.30 * 1,2 = 14676,360 \quad (3.4)$$

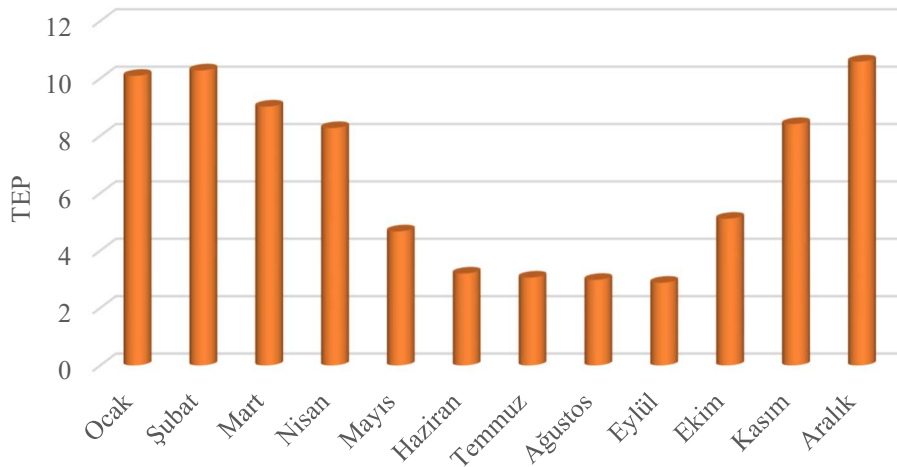
Çizelge 3.7. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin 2019 Aylık Doğalgaz Enerji Tüketimi ve Maliyetleri

Doğalgaz			
Aylar	Tüketim		Maliyet (TL)
	Satın Alınan		Toplam
	m ³	TEP	
Ocak	12230.30	10.09	14676,36
Şubat	12460.60	10.28	14952,72
Mart	10933.33	9.02	13119,99
Nisan	10024.24	8.27	12029,08
Mayıs	5660.60	4.67	6792,72
Haziran	3878.78	3.20	4654,53
Temmuz	3709.09	3.06	4450,90
Ağustos	3612.12	2.98	4334,54
Eylül	3490.90	2.88	4189,08
Ekim	6193.93	5.11	7432,71
Kasım	10193.93	8.41	12232,71
Aralık	12836.36	10.59	15403,63
Toplam	95224.24	78.56	114269,08

Elde edilen verilere göre en yüksek doğalgaz tüketimi aralık ayında gerçekleşmiştir. Aralık ayı doğalgaz tüketimini ocak ve şubat ayları benzer tüketim değerleriyle takip etmektedir. Sebebi ise ısıtma sisteminin kış ayında diğer aylardan daha çok kullanılmış olmasıdır. Genel tabloya bakıldığında soğuk olan kış aylarında doğalgaz tüketiminin diğer aylardan daha fazla olduğu gözlemlenmektedir.

Otel işletmesinde doğalgaz aynı zamanda Restoran bölümünde de kullanılmaktadır. Eylül ayı okul açılma dönemine rast geldiği için oteldeki müşteri sayısındaki azalma restoran bölümünde de doğalgaz kullanımını azaltmaktadır. Bu yüzden otel işletmesinde en az doğalgaz tüketimi eylül ayında görülmektedir.

2019 Yılı Aylık Doğalgaz Tüketimi TEP



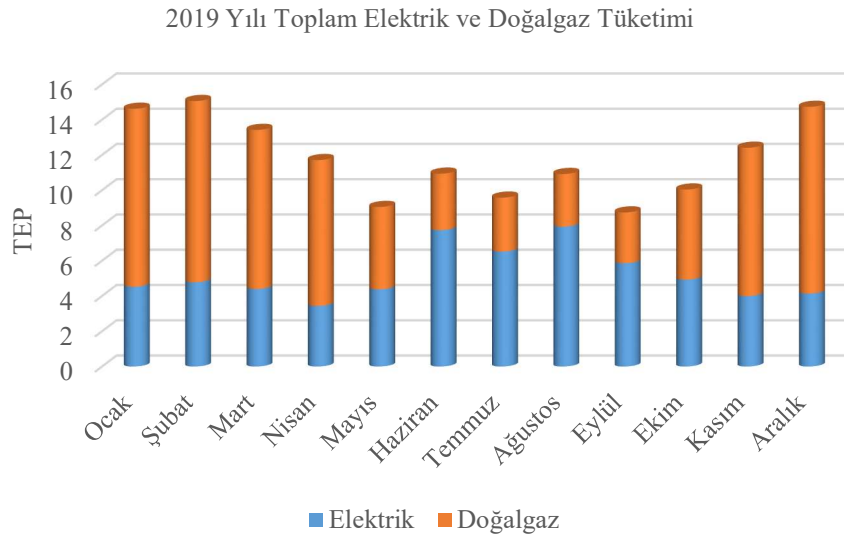
Şekil 3.7. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin 2019 Yılı Aylık Doğalgaz Tüketimi ve Maliyetleri

Çizelge 3.8. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin 2019 Yılı Aylık Enerji Tüketimi ve Maliyetleri

Toplam Enerji Tüketimi				
Aylar	Elektrik	Doğalgaz	Toplam	Toplam Maliyet
	Alınan	Alınan		
	TEP	TEP		
			TEP	TL
Ocak	4.53	10.09	14.62	38906,59
Şubat	4.78	10.28	15.06	40520,15
Mart	4.40	9.02	13.42	36654,87
Nisan	3.44	8.27	11.71	30429,08
Mayıs	4.38	4.67	9.05	30220,62
Haziran	7.74	3.20	10.94	46054,53
Temmuz	6.52	3.06	9.58	39325,32
Ağustos	7.94	2.98	10.92	46804,31
Eylül	5.86	2.88	8.74	35533,26
Ekim	4.93	5.11	10.04	33802,48
Kasım	4.00	8.41	12.41	33628,06
Aralık	4.14	10.59	14.73	37547,81
Toplam	62.66	78.56	141.22	449427,22

Aylık tüketim maliyetleri ile birlikte incelendiğinde yaz ve kış aylarındaki elektrik ve doğalgaz gereksinimlerindeki farklılıklardan dolayı tüketimde artışlar ve azalışlar görülmektedir.

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinin 2019 yılı aylık enerji tüketimi ve maliyeti Çizelge 3.8’de belirtilmiştir. Elde edilen verilere göre en yüksek enerji tüketimi şubat ayında gerçekleşmiştir. En yüksek enerji tüketimi şubat ayında olmasına rağmen enerji tüketim maliyeti en çok ağustos ayında elde edilmiştir. Bunun başlıca nedeni elektrik tüketim maliyetinin doğalgaz tüketim maliyetinden daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.8. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin 2019 Yılı Aylık Elektrik, Doğalgaz ve Toplam Enerji Tüketimi

Çizelge 3.8 incelendiğinde yıllık toplam verilere göre enerji etüdü yapılan otel işletmesinin 2019 yılı toplam doğalgaz yıllık enerji tüketimlerinin, doğalgaz aylık enerji tüketimine oranı incelendiğinde %39.4 ‘ü aralık, ocak ve şubat aylarında, %11.76’sı ise haziran, temmuz ve ağustos aylarındaki tüketimini kapsamaktadır. Doğalgaz ısıtma sezonunda aynı zamanda sıcak su kazanlarında da kullanılmaktadır. 2019 yılı toplam Elektrik yıllık enerji tüketimlerinin, elektrik aylık enerji tüketimine oranı incelendiğinde %35.4’ü haziran, temmuz ve ağustos aylarında, %21.46’sı ise kış aylarını kapsayan aralık, ocak ve şubat aylarındaki tüketimi kapsamaktadır. Elektrik enerjisi tüketiminin yaz aylarında soğutma gruplarının çalışmasından dolayı diğer aylara göre daha fazla tüketildiği görülmektedir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

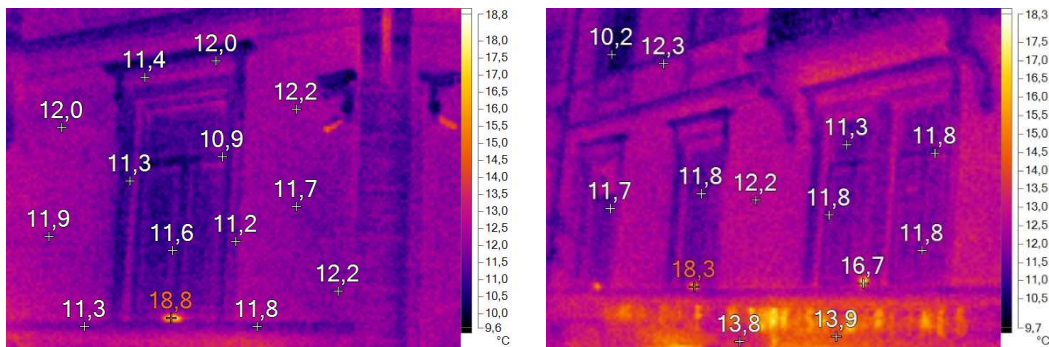
4.1. Bina Enerji Performansı

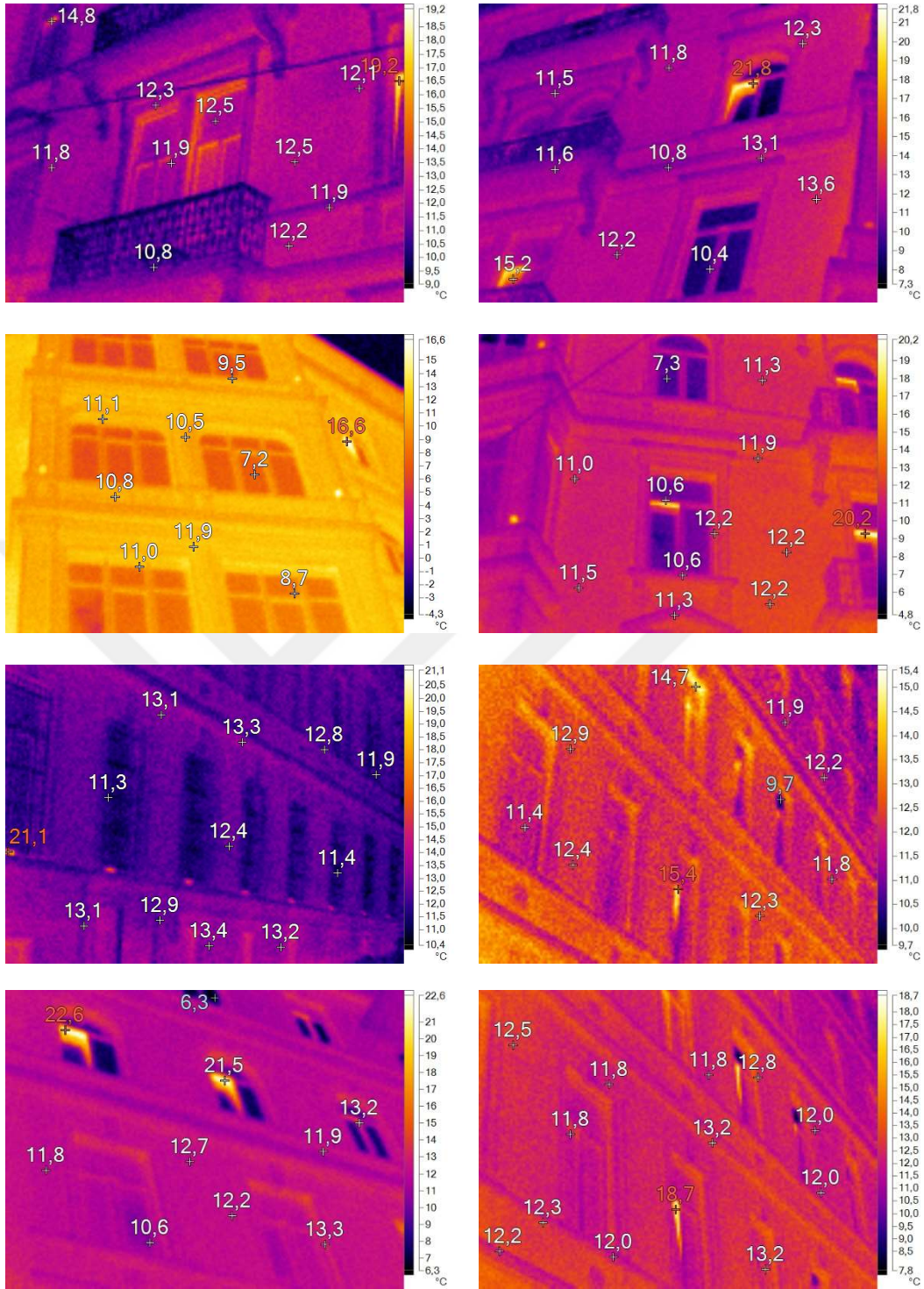
4.1.1. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin Durumu

Enerji etüdü yapılan otel işletmesi Bina Enerji Kimlik Belgesi (EKB) almamıştır. Enerji verimliliği için herhangi bir değerlendirme ve ölçüm yapılmamıştır. Enerjiyi verimli kullanması için birkaç imkân bulunmaktadır. Öncelikle “Enerji Kimlik Belgesi” uygulaması için Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin Geçici 4. Maddesinin birinci fıkrası gereğince 01 Ocak 2011 tarihinden sonra yapı ruhsatı alan binalar yeni bina, bu tarihten önce yapı ruhsatı alan binalar mevcut bina olarak değerlendirilmektedir.

Bu tanıma istinaden 2 Ocak 2011 tarihinden sonra yapı ruhsatı almış binaların (yeni binalar), yapı kullanma izin belgesi (iskân ruhsatı) alınması aşamasında Enerji Kimlik Belgesini ilgili idareye (belediye) sunması gerekmektedir. Aksi takdirde, yapı kullanma izin belgesi kanunen verilmemektedir. Mevcut binalar ve 1 Ocak 2011 tarihinden önce yapı ruhsatı almış ve inşaatı devam edip henüz yapı kullanım izni almamış binalar için Enerji Verimliliği Kanununun yayımı tarihinden itibaren on yıl içinde Enerji Kimlik Belgesi düzenlenir. Kısaca, mevcut binalar kanunen 2 Mayıs 2018 tarihine kadar Enerji Kimlik Belgesi almak zorundadır.

Enerji etüdü yapılan otel işletmesi mimari yapı olarak betonarme bir binadır. Bina zemin, dört ara kat ve bir terastan oluşmaktadır. Bina dış cephesinde betonarme ve alüminyum doğramalı çift cam kullanılmıştır. Bina yapısında büyük bir kısmı cam alanlardan oluşmaktadır. Bina yapısında Polivinil Klorür (PVC) doğramalı çift cam kullanılmıştır. Bina yüzeyinin termal kamera ile ısı kayıpları ölçülmüştür. Bina yüzeyinde +6.3 °C ile +22.6 °C arasında değerler elde edilmiştir. Pencere kenarlarında diğer yüzeylere göre daha fazla sıcaklık geçişi bulunmaktadır.





Şekil 4.1. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin Termal Görüntüleri

4.2. Isıtma, İklimlendirme, Havalandırma ve Soğutma Sistemleri

4.2.1. Isıtma Sistemi

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde 1 adet yer tipi sıcak su kazanı ve 2 adet duvar tipi yoğuşmalı kazan bulunmaktadır. Duvar tipi kazanlar dış ortam hava sıcaklığı 0'ın altına düştüğünde devreye girmesi sağlanmaktadır. Kazanlar klima santralinin, Fan-

Coil ünitelerinin ve kullanım suyunun sıcak su ihtiyacını karşılamak için çalıştırılmaktadır.

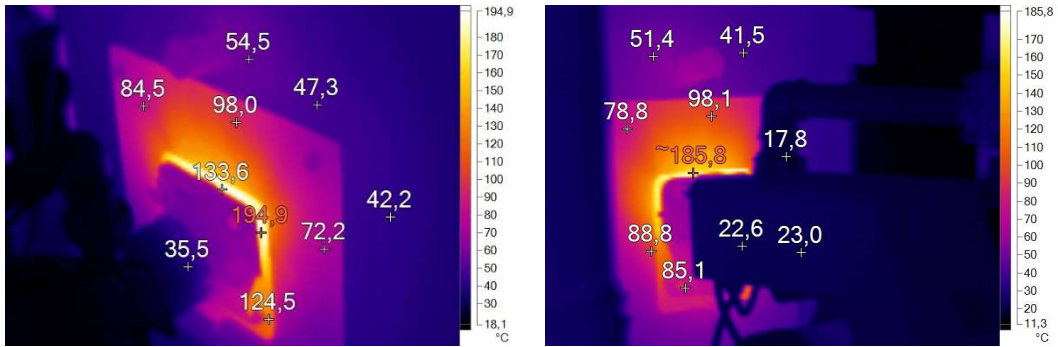


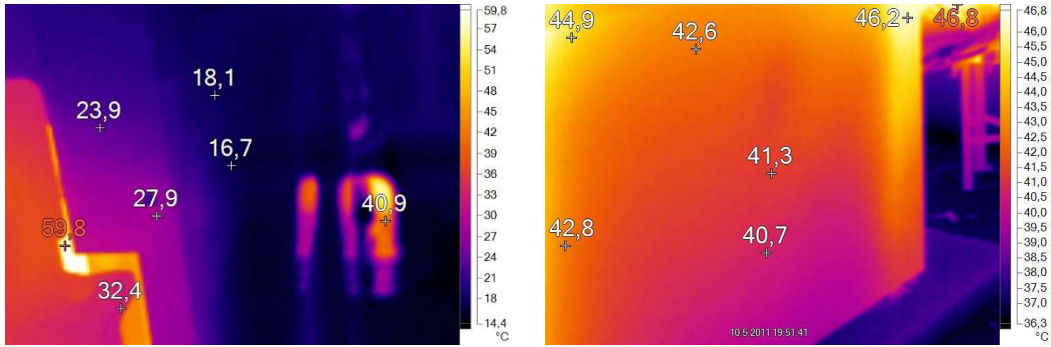
Şekil 4.2. Sıcak su kazanı

Kazanlarda yüzey yalıtımı, baca gazı analiz ölçümleri yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Kazan Baca Gazı Ölçümleri

Ölçülen	Birim	Miktar
CO	ppm	8
O ₂	%	3.1
T	°C	107
CO ₂	%	3.05





Şekil 4.2. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Kazan Yüzey Termal Görüntüleri

Kazanların atık ısı değerlendirilip baca çıkışlarına atık ısı geri kazanımı sistemi yapılarak kazan veriminde artış olup ve geri kazanılan enerji doğalgaz tüketimini düşürecektir ama mevcut kazan yeri müsait olmadığından proje için detaylı çalışma yapılmamıştır.

4.2.2. İklimlendirme ve Havalandırma Sistemleri

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde havalandırma sistemi olarak 1 adet klima santrali ve 1 adet egzoz aspiratörü mevcuttur. İklimlendirmede lobi kısmı değişken soğutucu akışkan debisi (VRF) sistemi ile yapılırken, diğer katlar ve odalar Fan-Coil sistemi ile yapılmaktadır. Fan-Coil üniteleri iki boruludur. Üzerlerinde motorlu vana bulunmamaktadır.



Şekil 4.3. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Havalandırma ve İklimlendirme Üniteleri

Havalandırma sisteminde kullanılan motorlar EEF_2 verimliliğine sahip motorlardır. Bu sistemde IE_4 verimliliğe sahip motorlar kullanılırsa %15 enerji verimliliği sağlanacaktır.

4.2.3. Soğutma Sistemi

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde bir adet hava soğutmalı chiller bulunmaktadır. Yüksek ısı iletimine sahip bakır borular kondenser olarak adlandırılır. Hava soğutmalı chiller, kondenserdeki hava ile soğuyan cihazlardır. Üzerinde bulunan fanlar sayesinde, kondenserden geçen soğutucu akışkanı soğutur.

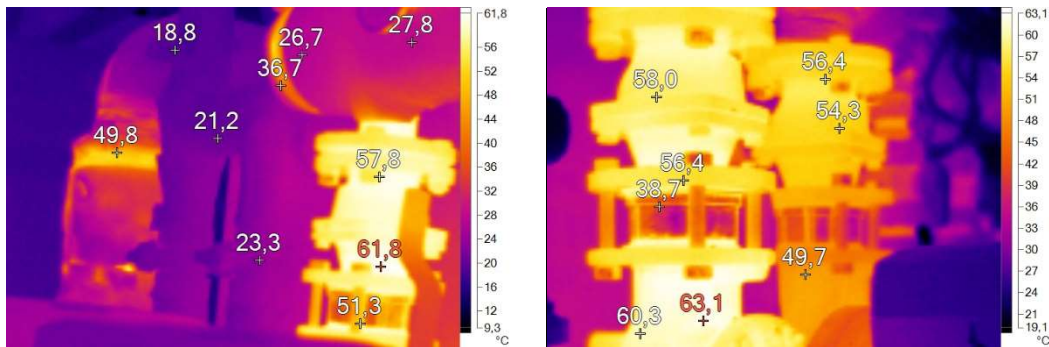


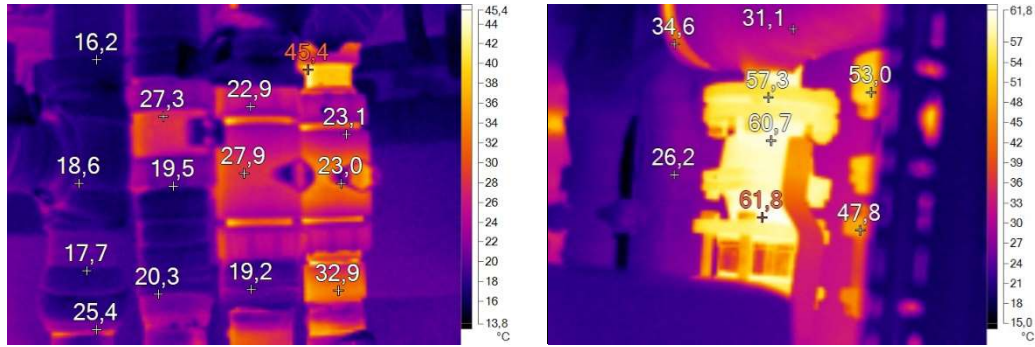
Şekil 4.4. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Chiller Ünitesi

Etiket bilgilerine ulaşamadığı için ve kış sezonunda çalışmadığı için hesaplamalar yapılamamıştır.

4.2.4. Tesisat

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde sıcak su ve soğuk su iletim hatları bulunmaktadır. Etüt çalışmasında kış mevsiminde yapıldığından soğutma sistemi devreye alınmamıştır. Bu sebeple soğutma sistemi tesisatı için bir ölçüm yapılamamıştır.





Şekil 4.5. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Yalıtımsız Vana ve Ekipmanların Termal Görünümleri

Yapılan etüt esnasında sıcak su iletim hatlarında yalıtımsız vana ve ekipmanların durumu genel itibari ile iyi durumdadır. Fakat bazı bölgelerde yalıtımsız vana ve ekipmana rastlanmıştır. Bu bölgelerin yalıtımı enerji verimliliği sağlayacaktır.

İşletmede bulunan sıcak su tesisatı hattı üzerinde bulunan vana ve flaşların yalıtımı için analiz yapılmıştır. Enerji verimliliğini hesaplamak için öncelikle yalıtım öncesi ısı kaybı hesaplanmıştır (Denklem 4.1).

Enerji verimliliği analizi için:

$$Q = (U_c + U_r) \times 2 \times \pi \times d_1 \times x (T_s - T_a) \quad (4.1)$$

Q: Yalıtım öncesi ısı kaybı (W)

U_c : Konveksiyonla ısı transfer katsayısı (W/m^2K)

U_r : Radyasyonla ısı transfer katsayısı (W/m^2K)

T_s : Yüzey sıcaklığı (K)

T_a : Ortam sıcaklığı (K)

d_1 : Boru dış çapı (m)

E: Emissivite katsayısı (Yayma katsayısı)

Yalıtım öncesi ısı kaybını hesaplamak için konveksiyonla ısı transfer katsayısı (Denklem 4.2) ve radyasyonla ısı transfer katsayısı (Denklem 4.3) hesaplanmıştır.

$$U_c = 1,15 \times (T_s - T_a/d_1)^{0,25} \quad (4.2)$$

$$U_r = 5,67 \times 10^{-8} \times E \times (T_s^2 + T_a^2) \times (T_s + T_a) \quad (4.3)$$

Çizelge 4.3' deki Hat 1 için örnek hesaplama;

$$U_c = 1,15 \times (T_s - T_a/d_1)^{0.25}$$

$$U_c = 1,15 \times ((338 - 283)/0.1)^{0.25}$$

$$U_c = 5.569 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_r = 5,67 \times 10^{-8} \times E \times (T_s^2 + T_a^2) \times (T_s + T_a)$$

$$U_r = 5,67 \times 10^{-8} \times 0,5 \times (338^2 + 283^2) \times (338 + 283)$$

$$U_r = 3,42 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q = (U_c + U_r) \times 2 \times \pi \times d_1 \times L_n \times (T_s - T_a)$$

$$Q = (5.569 + 3.42) \times 2 \times 3.14 \times 0.1 \times 4 \times (338 - 283)$$

$$Q = 1241.92 \text{ W}$$

Çizelge 4.3. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Yalıtımsız Tesisatın Enerji Tüketim ve Maliyeti

No	1	2	3	4	5
Mahal Adı	Sıcak su hattı				
d ₁ (m)	0.1	0.065	0.05	0.04	0.032
T _s (K)	338				
T _a (K)	283				
U _c (W/m ² K)	5.569	6.202	6.623	7.003	7.405
U _r (W/m ² K)	6.5				
Q (W)	1241.92	908.154	776.2	745.15	298.06

Yalıtım yapıldıktan sonra meydana gelen ısı kaybı için hesaplama yapılmaktadır (Denklem 4.4).

$$Q_{yal} = (\pi \times (T_s - T_a)) / [(L_n \times d_2/d_1)/2 \times \lambda] + [1/(U_{so} \times d_2)] \quad (4.4)$$

Q_{yal}: Yalıtım sonrasındaki ısı kaybı (W)

λ: Yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği (W/mK)

U_{so}: Yüzeysel ısı iletim katsayısı (W/m²K)

d₂: Yalıtım sonrası boru dış çapı (m)

L_n: Boru uzunluğu (m)

Çizelge 4.4' deki Hat 1 için örnek hesaplama;

$$Q_{yal} = (\pi \times (T_s - T_a)) / [(L_n \times d_2/d_1)/2 \times \lambda] + [1/(U_{so} \times d_2)]$$

$$Q_{yal} = (3.14 \times (338 - 283)) / [(4 \times (0.2/0.1))/2 \times 1.6] + [1/(30.5 \times 0.2)]$$

$$Q_{yal} = 69.24 \text{ W}$$

Çizelge 4.4. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinin Yalıtımlı Tesisat Enerji Tüketim ve Maliyeti

No	Birim	1	2	3	4	5
Mahal Adı		Sıcak su hattı	Sıcak su hattı	Sıcak su hattı	Sıcak su hattı	Sıcak su hattı
d ₁	m	0.1	0.065	0.05	0.04	0.032
d ₂	m	0.2	0.165	0.15	0.14	0.132
T _s	K	338				
T _a	K	283				
L _n	m	4	4.5	5	6	3
λ	W/mK	1.6				
U _{so}	W/m ² K	30.5				
Q _{yal}	W	69.24	48.58	37.06	26.55	44.91

Çizelge 4.3'deki yalıtım öncesindeki toplam ısı kaybı sıcak su hatlarından geçen ısı kayıpları toplamı ile bulunmaktadır (Denklem 4.5).

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (4.5)$$

$$Q_t = 1241.92 + 908.154 + 776.2 + 745.15 + 298.06$$

$$Q_t = 3969.484 \text{ W}$$

Çizelge 4.4'deki yalıtım sonrasındaki toplam ısı kaybı ise yalıtım sonrası sıcak su hatlarından geçen ısı kayıplarının toplamı ile bulunmaktadır (Denklem 4.6).

$$Q_{yalt} = Q_{yal1} + Q_{yal2} + Q_{yal3} + Q_{yal4} + Q_{yal5} \quad (4.6)$$

$$Q_{yalt} = 69.24 + 48.58 + 37.06 + 26.55 + 44.91$$

$$Q_{yalt} = 226.34 \text{ W}$$

Q_v: Yalıtım sonrasındaki elde edilen tasarruf (W)

Elde edilen tasarruf miktarını hesaplamak gerekirse yalıtım öncesi toplam ısı kaybından yalıtım sonrası toplam ısı kaybını çıkararak işlem yapmak gerekir (Denklem 4.7).

$$Q_v = Q_t - Q_{yalt} \quad (4.7)$$

$$Q_v = 3969.484 - 226.34$$

$$Q_v = 3743.144 \text{ W}$$

H_u : Doğalgazın Alt Isıl Değeri (kcal/m³)

n : Doğalgazın Verimlilik Katsayısı

Doğalgazın alt ısıl değeri 8250 kcal/m³'dir. Doğalgazın verimlilik katsayısı ise 0.9'dur. Doğalgaz yıllık tüketim süresi 200 gün 24 saat olarak kabul edilmiştir. Yıllık yakıt tasarrufunu hesaplamak için denklem 4.8 ile işlem yapılmaktadır.

$$\text{Yıllık Yakıt Tasarrufu} = Q_v \times ((h \times \text{yıl}) / (H_u \times n)) \quad (4.8)$$

$$\text{Yıllık Yakıt Tasarrufu} = 3743.144 \times ((24 \times 200) / (8250 \times 0.9))$$

$$\text{Yıllık Yakıt Tasarrufu} = 2419.81 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

Yıllık yakıt tasarrufu ve birim maliyet bilindiğine göre yıllık para tasarrufunu hesaplamak mümkündür (Denklem 4.9).

$$\text{Yıllık Para Tasarrufu} = \text{Yıllık Yakıt Tasarrufu} \times \text{Birim Maliyet} \quad (4.9)$$

Doğalgazın birim maliyeti 1.2 TL'dir.

$$\text{Yıllık Para Tasarrufu} = 2419.81 \times 1.2$$

$$\text{Yıllık Para Tasarrufu} = 2903.77 \text{ TL/yıl}$$

Toplam yaklaşık yatırım maliyeti KDV dahil 2000,00 TL'dir.

Yatırım yapılan maliyet ile yıllık para tasarrufu karşılaştırıldığında yatırımın geri ödeme süresi elde edilecektir (Denklem 4.10).

$$\text{Yatırım Geri Ödeme Süresi} = \text{Yatırım Maliyeti} / \text{Yıllık Para Tasarrufu} \quad (4.10)$$

$$\text{Yatırım Geri Ödeme Süresi} = 2000/2903.77 = 0.688 \text{ yıl}$$

İşletmedeki sıcak su tesisatı hattı üzerinde bulunan vana ve flaşlar için önerilen yalıtım değerlendirildiğinde yıllık 2903.77 TL para tasarrufu sağlanacağı belirlenmiştir. Yalıtım yapıldıktan sonra yıllık yaklaşık %17 oranında tüketimde azalma görülmektedir. Yatırım 0.688 yılsonunda geri ödeme süresini gerçekleştirecektir.

4.3. Elektrik Dağıtım Sistemi

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde 630 amper gücünde ana dağıtım şalteri mevcuttur. 630 amper gücündeki şalter 12 kademeli kompanzasyon sistemi ile desteklenip çalışmaktadır. Ana dağıtım şalter girişine bağlanan analizör ile alınan akım, gerilim, pf, güç ve harmonik değerleri alınmıştır.

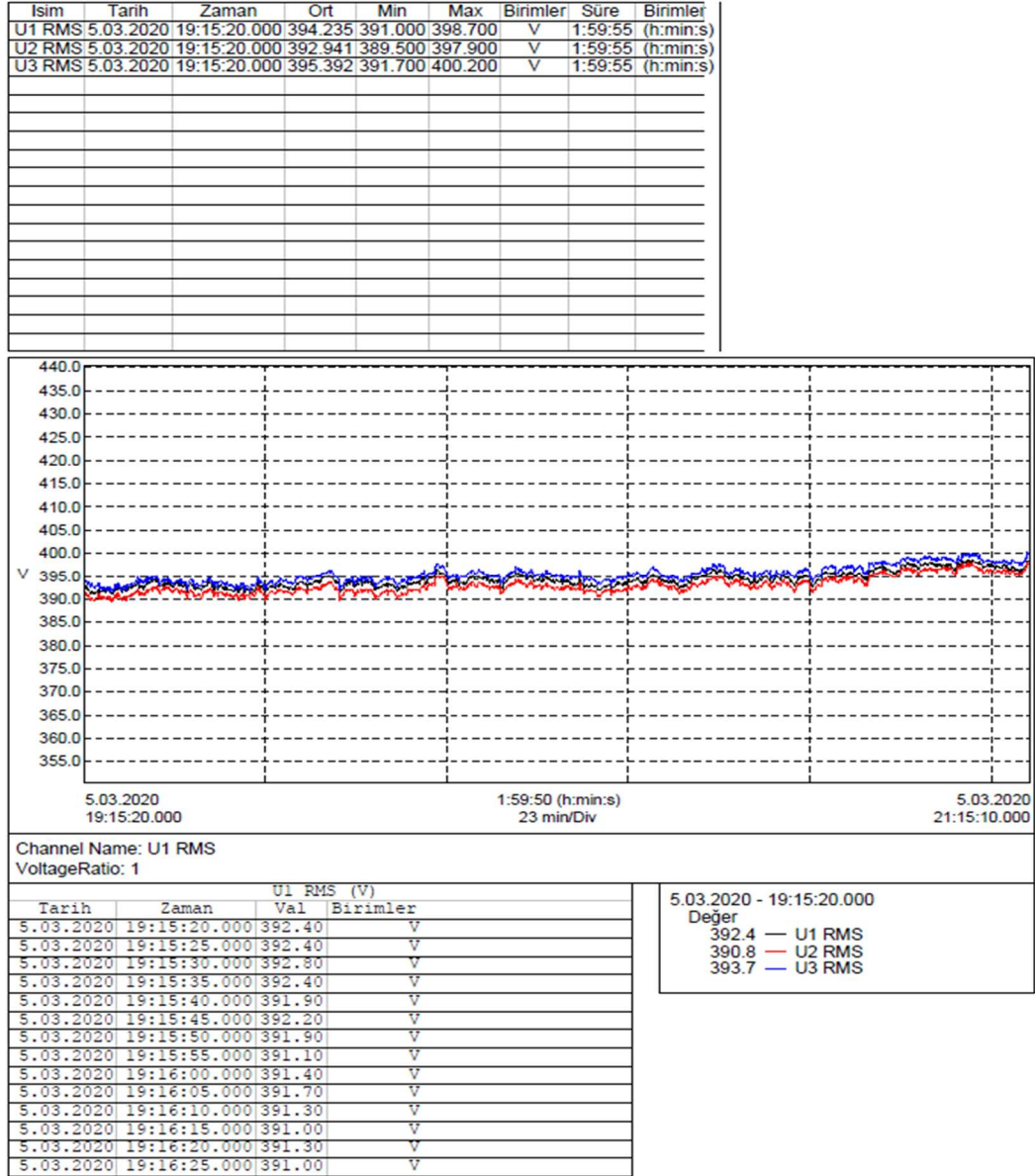


Şekil 4.6. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Ana Dağıtım (ADP) Panosu

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde tek terimli tek zamanlı sanayi alçak gerilim (AG) tarifesi kullanılmaktadır. Tarife analizi için son bir yıllık faturalar incelenmiştir. Faturalar incelendiğinde genel kullanım genellikle gündüz saatlerinde olduğu görülmüştür. Tesiste elektriğin büyük bir kısmı gündüz tarifesinde kullanıldığı için mevcut tek terimli tarifenin daha uygun bir tarife olduğu söylenebilir.

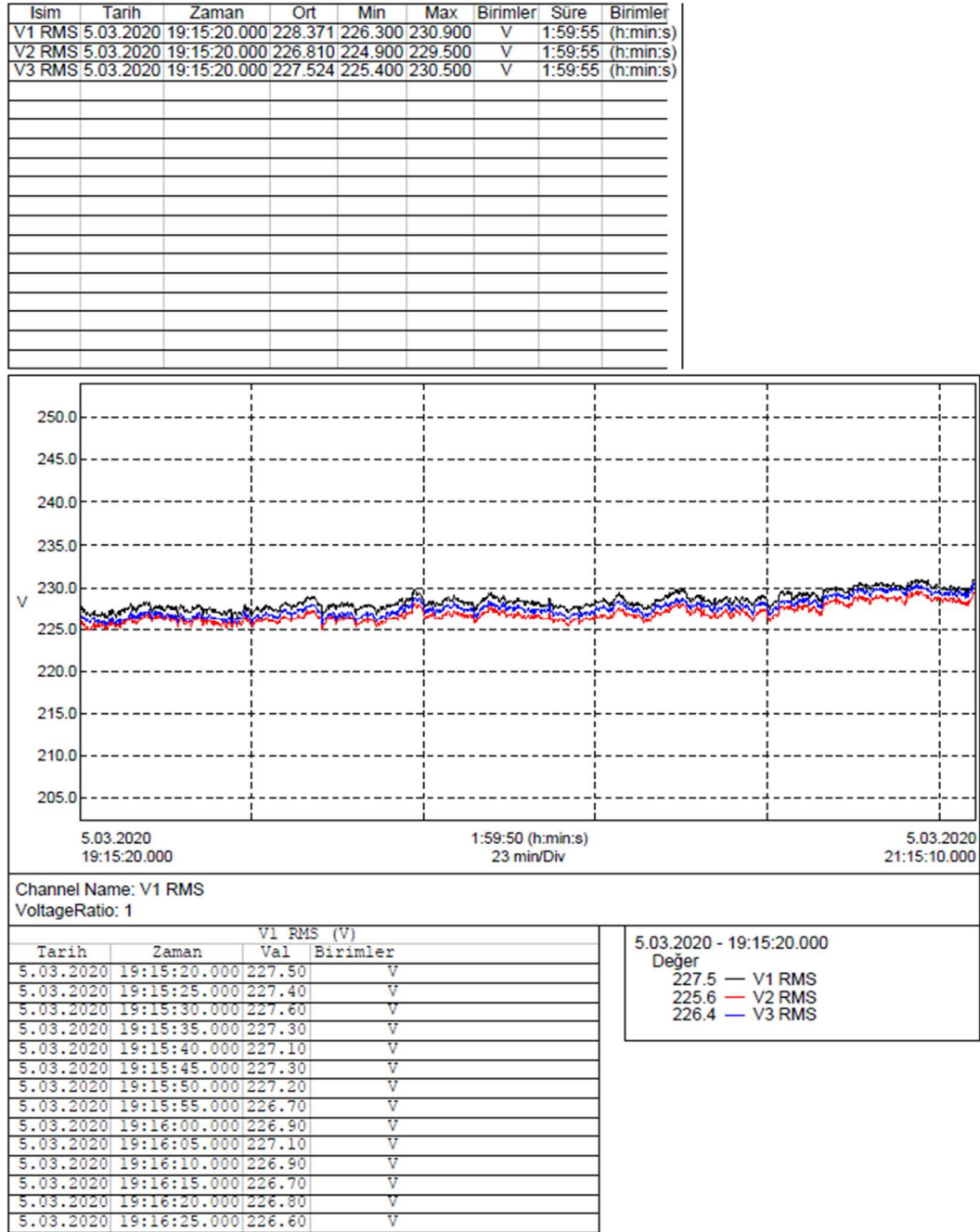
Binanın kendi trafosu bulunmamaktadır. Elektriği dağıtıcı firmaya ait trafodan sağlayıp bina içinde bulunan ana dağıtım panolarına gönderilmektedir. İşletmede trafo bazında kompanzasyon uygulanmaktadır. Reaktif cezaya girilmemesi için elektrik sayacının aktif, endüktif ve kapasitif değerlerinin takibi kompanzasyon panosunda bulunana reaktif güç kontrol rölesi ile yapılmaktadır.

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi, ana dağıtım panosu faz-faz arası ölçüm yapılmıştır. Gözlemler sonucunda anlık U_1 değeri 392.4 V, U_2 değeri 390.8 V ve U_3 değeri 393.7 V olarak ölçülmüştür. Ölçümde 1 saat 59 dakika 50 saniyedeki ortalama değerler incelenmektedir. U_1 fazında ortalama 394.235 V, U_2 fazında ortalama 389.500 V ve U_3 fazında ortalama 395.392 V değer ölçülmektedir. Fazlar arası %10 oranında bir dengesizlik olmadığı için tasarrufa engel olacak bir güç kaybına rastlanmamıştır.



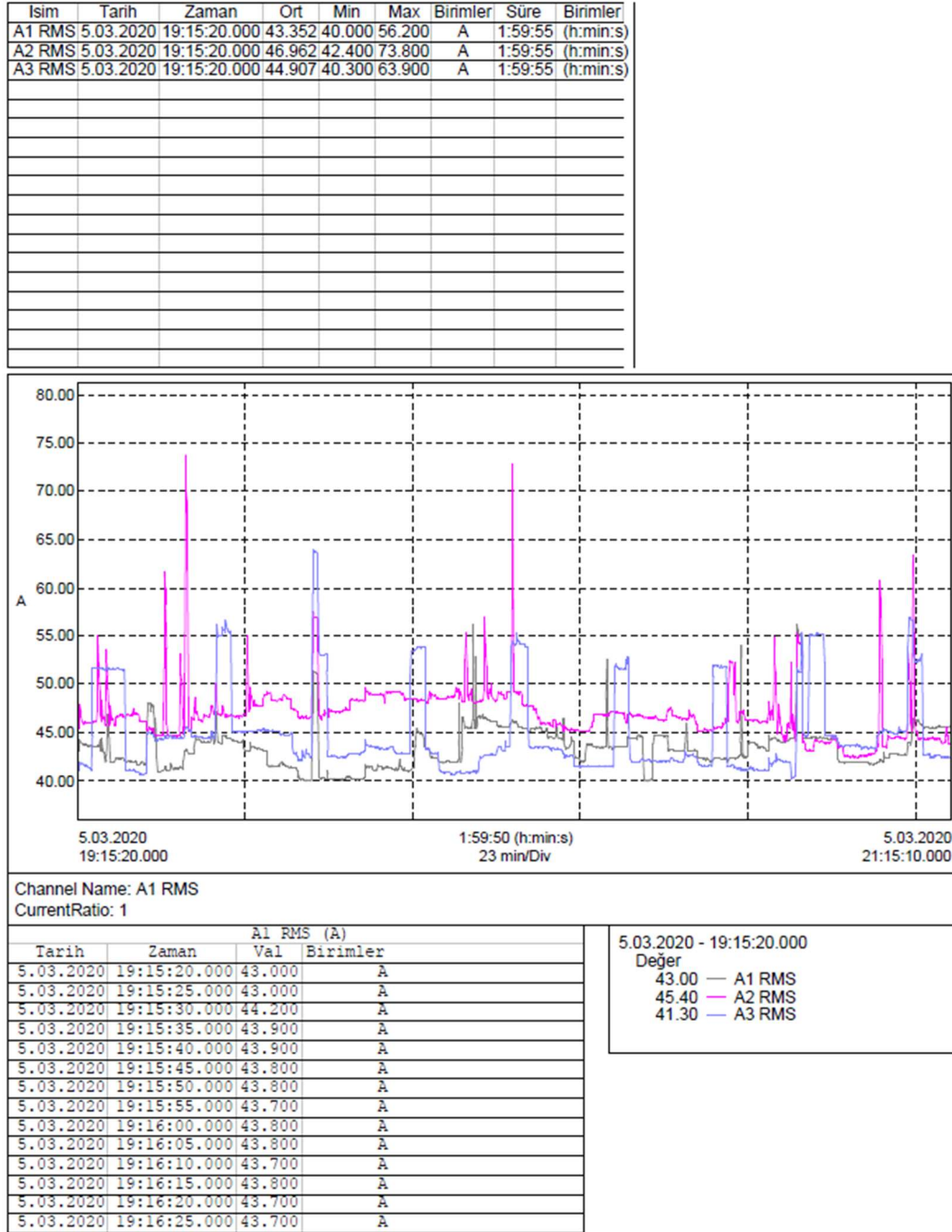
Şekil 4.7. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Ana Dağıtım Panosu Faz-Faz Arası Ölçüm Sonucu

Şekil 4.8’da görüldüğü gibi, ana dağıtım panosu faz-nötr arası ölçüm yapılmıştır. Gözlemler sonucunda anlık V_1 değeri 227.5 V, V_2 değeri 225.6 V ve V_3 değeri 226.4 V olarak ölçülmüştür. Ölçümde 1 saat 59 dakika 50 saniyedeki ortalama değerler incelenmektedir. V_1 fazında ortalama 228.371 V, V_2 fazında ortalama 226.810 V ve V_3 fazında ortalama 227.524 V değer ölçülmektedir. Faz-Nötr arası bir dengesizlik olmadığı için tasarrufa engel olacak bir güç kaybına rastlanmamıştır.



Şekil 4.8. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Ana Dağıtım Panosu Faz-Nötr Arası Ölçüm Sonucu

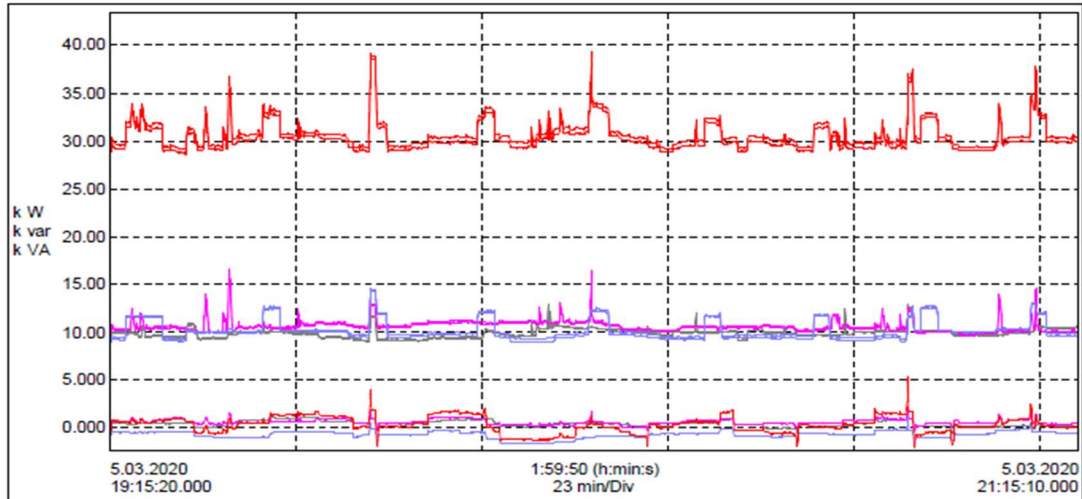
Şekil 4.9’da görüldüğü gibi, ana dağıtım panosu akım değerleri ölçülmüştür. Ölçümde anlık A_1 değeri 43 A, A_2 değeri 45.4 A ve A_3 değeri 41.3 A olarak gözlemlenmiştir. Panoda 1 saat 59 dakika 50 saniyedeki ortalama değerler incelenmektedir. A_1 değeri ortalama 43.352 A, A_2 değeri ortalama 46.962 A ve A_3 değeri ortalama 44.907 A değer ölçülmektedir. Akımların ortalama değerlerinde tasarrufu etkileyecek bir dengesizlik görülmemektedir.



Şekil 4.9. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Ana Dağıtım Panosu Akım Ölçüm Sonucu

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi, ana dağıtım panosu güç değerleri incelenmiştir. Aktif güç (W), reaktif güç (VAR) ve görünür güç (VA) değerleri ayrı ayrı gözlemlenmiştir. Anlık farklı cihaz kullanımından kaynaklanan ani dalgalanmalar ortalama güç değerlerini değiştirmedikleri için tasarrufu için bir öneri sunulmamıştır.

İsim	Tarih	Zaman	Ort	Min	Max	Birimler	Süre	Birimler
VA Toplam	5.03.2020	19:15:20.000	30.800	29.112	39.416	k VA	1:59:55	(h:min:s)
VA1	5.03.2020	19:15:20.000	9.911	9.120	12.857	k VA	1:59:55	(h:min:s)
VA2	5.03.2020	19:15:20.000	10.661	9.700	16.621	k VA	1:59:55	(h:min:s)
VA3	5.03.2020	19:15:20.000	10.228	9.214	14.482	k VA	1:59:55	(h:min:s)
var Toplam	5.03.2020	19:15:20.000	0.305	-2.132	5.307	k var	1:59:55	(h:min:s)
var1	5.03.2020	19:15:20.000	0.398	-0.613	2.189	k var	1:59:55	(h:min:s)
var2	5.03.2020	19:15:20.000	0.606	-0.304	2.151	k var	1:59:55	(h:min:s)
var3	5.03.2020	19:15:20.000	-0.699	-1.676	0.967	k var	1:59:55	(h:min:s)
W Toplam	5.03.2020	19:15:20.000	30.328	28.631	38.631	k W	1:59:55	(h:min:s)
W1	5.03.2020	19:15:20.000	9.814	9.027	12.591	k W	1:59:55	(h:min:s)
W2	5.03.2020	19:15:20.000	10.514	9.580	15.596	k W	1:59:55	(h:min:s)
W3	5.03.2020	19:15:20.000	10.000	8.909	14.345	k W	1:59:55	(h:min:s)



Channel Name: VA Toplam
VoltageRatio: 1
CurrentRatio: 1

VA Toplam (VA)			
Tarih	Zaman	Val	Birimler
5.03.2020	19:15:20.000	29.408	k VA
5.03.2020	19:15:25.000	29.836	k VA
5.03.2020	19:15:30.000	30.401	k VA
5.03.2020	19:15:35.000	30.064	k VA
5.03.2020	19:15:40.000	29.922	k VA
5.03.2020	19:15:45.000	29.850	k VA
5.03.2020	19:15:50.000	29.830	k VA
5.03.2020	19:15:55.000	29.717	k VA
5.03.2020	19:16:00.000	29.723	k VA
5.03.2020	19:16:05.000	29.743	k VA
5.03.2020	19:16:10.000	29.733	k VA
5.03.2020	19:16:15.000	29.709	k VA
5.03.2020	19:16:20.000	29.691	k VA
5.03.2020	19:16:25.000	29.644	k VA

5.03.2020 - 19:15:20.000

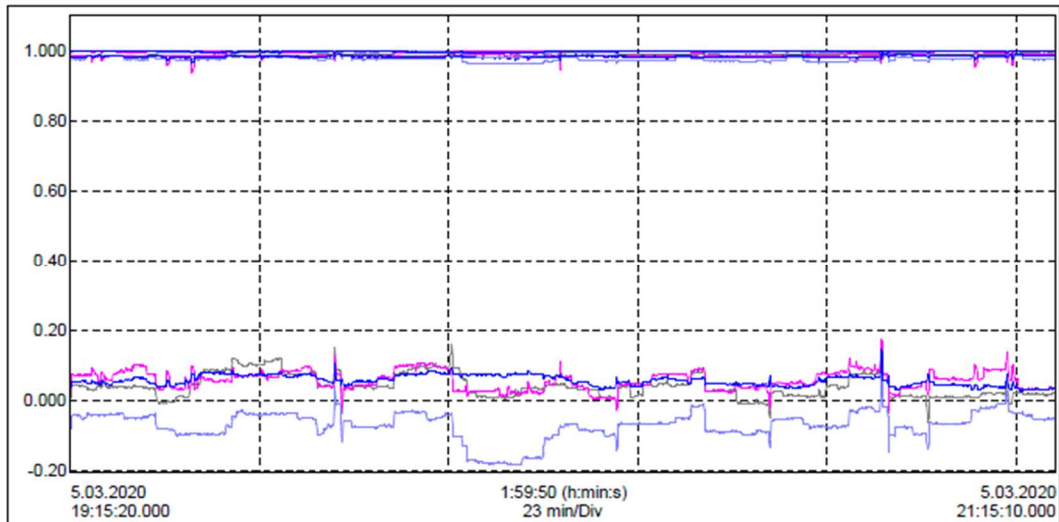
Değer

9.651k	—	W1
10.13k	—	W2
9.127k	—	W3
28.91k	—	W Toplam
87.46	—	var1
365.4	—	var2
-751.8	—	var3
-299.0	—	var Toplam
9.783k	—	VA1
10.26k	—	VA2
9.368k	—	VA3

Şekil 4.10. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Ana Dağıtım Panosu Güç Ölçüm Sonucu

Şekil 4.11’de görüldüğü gibi, ana dağıtım panosu pf (güç faktörü) değerleri incelenmiştir. Endüktif veya kapasitif yüklerin etkilediği reaktif güç dengeli olduğunda devredeki pf ’nin bire yaklaşması gerekmektedir. Pf değeri birden uzaklaştığında devrede bobin ya da kondansatör dengeli çalışmıyor demektir. İncelenen grafikte pf değeri dengelidir. Herhangi bir cezai durum ile karşılaşılmamaktadır.

Isim	Tarih	Zaman	Ort	Min	Max	Birimler	Süre	Birimler
DPF Ortalama	5.03.2020	19:15:20.000	0.997	0.979	0.999		1:59:55	(h:min:s)
DPF1	5.03.2020	19:15:20.000	0.998	0.978	1.000		1:59:55	(h:min:s)
DPF2	5.03.2020	19:15:20.000	0.998	0.972	1.000		1:59:55	(h:min:s)
DPF3	5.03.2020	19:15:20.000	0.996	0.983	1.000		1:59:55	(h:min:s)
PF Ortalama	5.03.2020	19:15:20.000	0.984	0.968	0.990		1:59:55	(h:min:s)
PF1	5.03.2020	19:15:20.000	0.990	0.968	0.994		1:59:55	(h:min:s)
PF2	5.03.2020	19:15:20.000	0.986	0.938	0.991		1:59:55	(h:min:s)
PF3	5.03.2020	19:15:20.000	0.977	0.961	0.991		1:59:55	(h:min:s)
Tan Ortalama	5.03.2020	19:15:20.000	0.057	0.029	0.144		1:59:55	(h:min:s)
Tan1	5.03.2020	19:15:20.000	0.040	-0.063	0.174		1:59:55	(h:min:s)
Tan2	5.03.2020	19:15:20.000	0.057	-0.030	0.175		1:59:55	(h:min:s)
Tan3	5.03.2020	19:15:20.000	-0.071	-0.185	0.083		1:59:55	(h:min:s)



Channel Name: DPF Ortalama
VoltageRatio: 1
CurrentRatio: 1

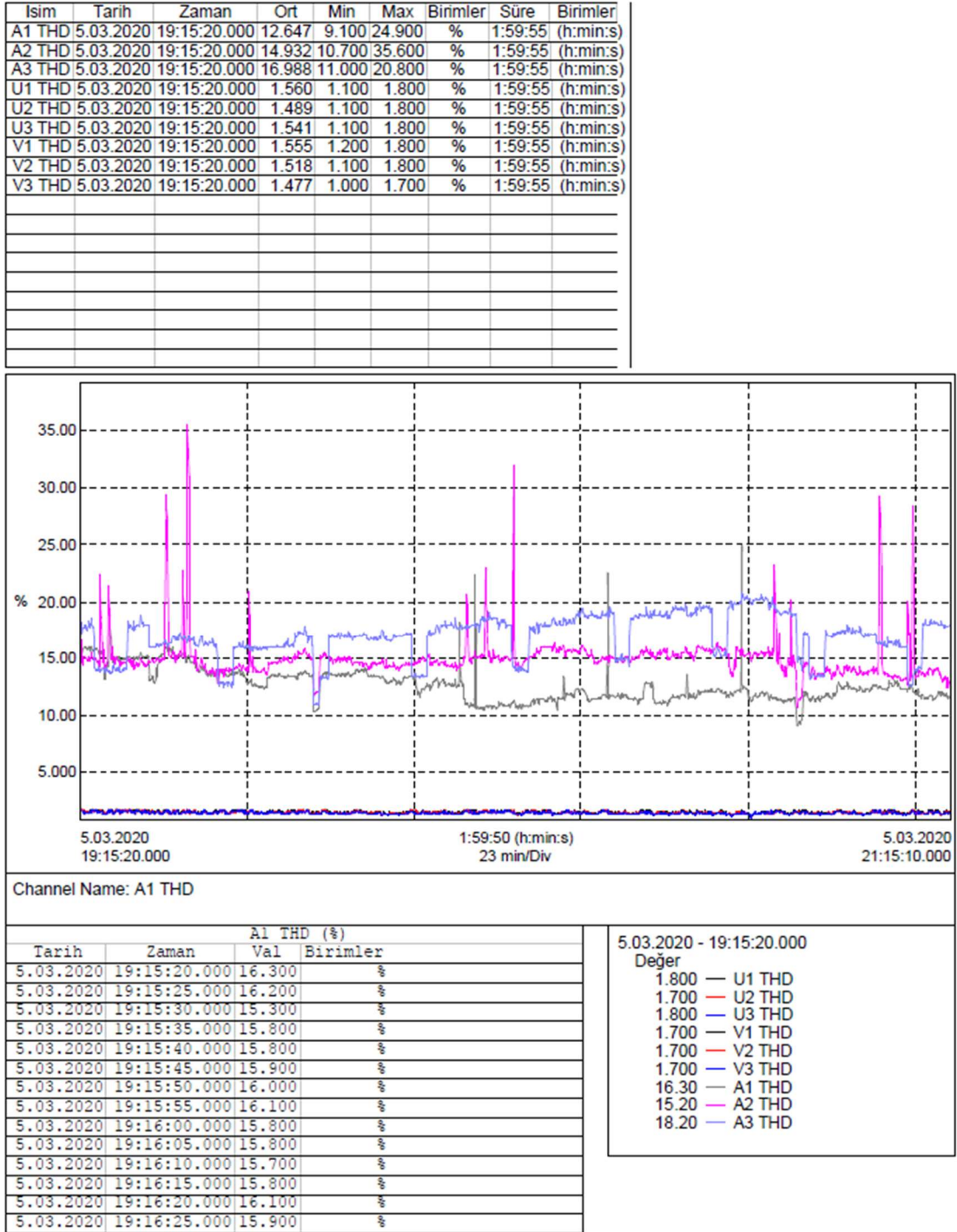
DPF Ortalama ()			
Tarih	Zaman	Val	Birimler
5.03.2020	19:15:20.000	0.998	
5.03.2020	19:15:25.000	0.998	
5.03.2020	19:15:30.000	0.997	
5.03.2020	19:15:35.000	0.998	
5.03.2020	19:15:40.000	0.998	
5.03.2020	19:15:45.000	0.998	
5.03.2020	19:15:50.000	0.998	
5.03.2020	19:15:55.000	0.998	
5.03.2020	19:16:00.000	0.998	
5.03.2020	19:16:05.000	0.998	
5.03.2020	19:16:10.000	0.998	
5.03.2020	19:16:15.000	0.998	
5.03.2020	19:16:20.000	0.998	
5.03.2020	19:16:25.000	0.998	

5.03.2020 - 19:15:20.000
Değer

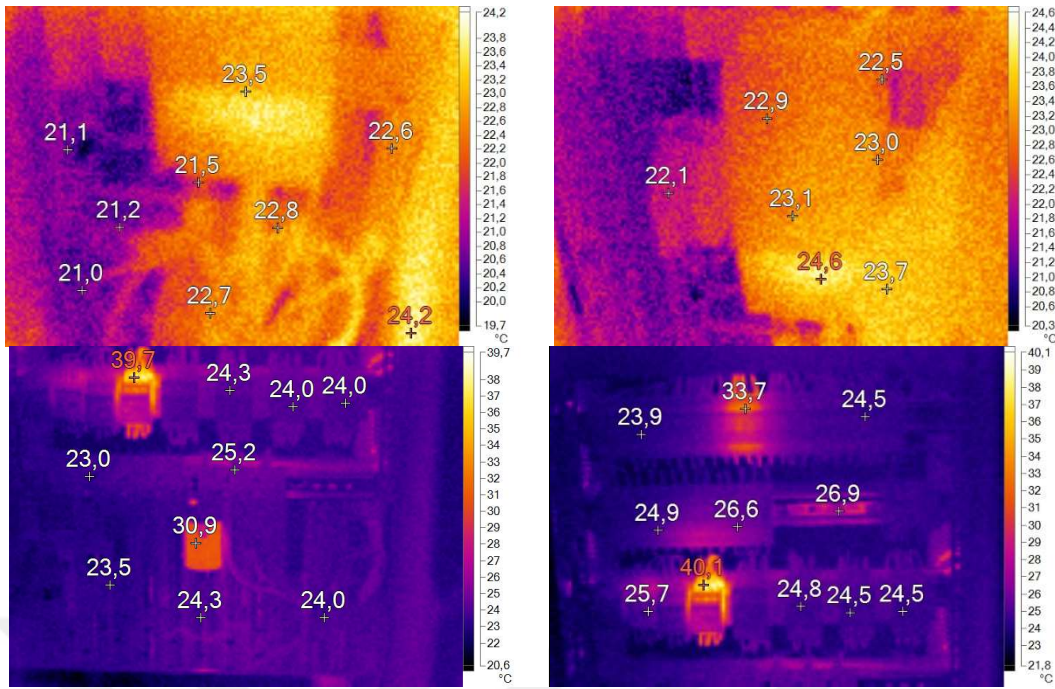
- 0.986 — PF1
- 0.987 — PF2
- 0.974 — PF3
- 0.982 — PF Ortalama
- 1.000 — DPF1
- 0.999 — DPF2
- 0.996 — DPF3
- 0.998 — DPF Ortalama
- 9.000m — Tan1

Şekil 4.11. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Ana Dağıtım Panosu PF Ölçüm Sonucu

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi, ana dağıtım panosu THD (toplam harmonik bozulum) değerleri incelenmiştir. Harmonik, gerilim ve akım değerlerinin ideal formundan uzaklaşması ile oluşmaktadır.



Şekil 4.12. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Ana Dağıtım Panosu THD Ölçüm Sonucu



Şekil 4.13. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Ana Dağıtım Panosu Termal Görüntüsü

Ölçümler sonucunda harmonik değerlerin normal seviyelerde olduğu söylenebilmektedir. Yük dağılımlarına bakıldığında eşit bir şekilde dağıtıldığı görülmüştür. Pf değerinin 1'e yakın olduğu ölçülmüş olup bu değer iyi olduğu söylenebilmektedir. Herhangi bir enerji tasarruf potansiyeli bulunmamaktadır.

4.4. Elektrik Motorları

Enerji verimli motorların tasarımları sargıda %20 –60 daha fazla bakır, gövdede %35 daha fazla çelik, daha ince çelik laminentler, yüksek kalitede elektriksel çelik, daha verimli rotor tasarımı, düşürülmüş sargı kayıpları, sürtünme kayıpları, ek kayıplar, daha uzun gövdeden dolayı düşürülmüş direnç kayıpları, motor ve stator arasında optimum hava boşluğu, daha az mekanik tolerans vb. özelliklerden dolayı sınıflandırılmaktadır.

Motorların verimlilik sınıflandırması şu şekildedir;

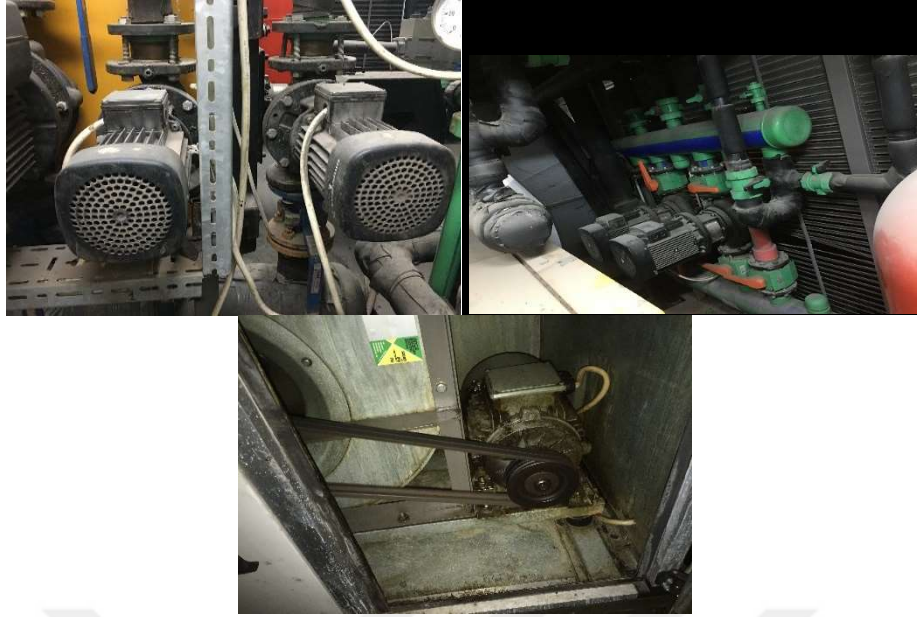
IE₁ = Standart Verim (Eski standarda göre EFF₂)

IE₂ = Yüksek Verim (Eski standarda göre EFF₁)

IE₃ = Çok Yüksek Verim

IE₄ = Süper Yüksek Verim

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde elektrik motoru olarak ısıtma, soğutma, hidrofor ve yangın pompa motorları bulunmaktadır. Mevcutta bulunan motorların verimlilik sınıfı EFF₂ ve IE₁ sınıfı motorlardır.



Şekil 4.14. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi Elektrik Motorları

Çizelge 4.5. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi İçin Değişimi Önerilen Motorlar

Motor Adı	Adet	Plaka Gücü (kW)	Verimlilik Sınıfı	Mevcut Motor Verimi	Günlük Çalışma (saat)	Yıllık Çalışma (gün)
Isıtma sirkülasyon pompası	2	3	EFF ₂	83.10	12	365
Fan Coil Isıtma sirkülasyon	2	3	EFF ₂	83.10	12	365
Fan Coil Soğutma sirkülasyon	2	3	EFF ₂	83.10	12	365
Isıtma fan motoru	1	4	IE ₂	84.70	12	365
Aspiratör fan motoru	1	3	EFF ₂	83.10	12	365

Verimlilik sınıfı düşük motorların yüksek verimli motorlarla değiştirilmesi enerji tasarrufu sağlayacaktır. Değişimi önerilen elektrik motorlarının verimliliği standart verimlilik EFF₂ ve IE₁ sınıfına dâhildir. Premium verimlilik (IE₄) sınıfındaki motorlarla değiştirilmesi önerilmektedir. Enerji etüdü yapılan işletmede motorlar tasarruf analizi yapıldığında yatırım geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Motorların mevcut plaka güçleri, ölçülen güçleri, motor verimlilikleri, önerilen motorların güçleri önerilen motorların verimlilikleri, kullanılan elektrik birim maliyeti ve yatırım yapılan motor maliyetleri bilinmektedir.

Çizelge 4.6'daki Isıtma Sirkülasyon Pompası için örnek hesaplama;

$$\text{Mevcut Motor Yüklenme Oranı} = \text{Ölçülen Güç} / \text{Plaka Gücü} \quad (4.11)$$

$$\text{Mevcut Motor Yüklenme Oranı} = 2.8 / 3$$

$$\text{Mevcut Motor Yüklenme Oranı} = \% 93.33$$

$$\text{Kullanılan Mekanik Güç} = \text{Önerilen Güç} * \text{Mevcut Motor Verimi} \quad (4.12)$$

$$\text{Kullanılan Mekanik Güç} = 2.8 * 0.8333$$

$$\text{Kullanılan Mekanik Güç} = 2.33 \text{ kW}$$

$$\text{Değişimden Sonra Çekilen Güç} = \text{Önerilen Güç} * \text{Yeni Motor Verimi} \quad (4.13)$$

$$\text{Değişimden Sonra Çekilen Güç} = 2.8 * 0.90$$

$$\text{Değişimden Sonra Çekilen Güç} = 2.52$$

$$\text{Tasarruf Miktarı} = \text{Ölçülen Güç} - \text{Değişimden Sonra Çekilen Güç} \quad (4.14)$$

$$\text{Tasarruf Miktarı} = 2.8 - 2.52$$

$$\text{Tasarruf Miktarı} = 0.28$$

Elektrik birim maliyeti 2019 yılı için 0,46 TL olarak belirlenmiştir. Mevcut motorlar yılda 365 gün, günde 12 saat çalışmaktadır. Elde edilen tasarruf değeri ile yıllık elektrik tasarrufu (Denklem 4.15), yıllık para tasarrufu (Denklem 4.16) ve yatırımın geri ödeme süresini (Denklem 4.17) hesaplamak mümkündür.

$$\text{Yıllık Elektrik Enerji Tasarrufu} = \text{Tasarruf Miktarı} * \text{Saat} * \text{Yıl} \quad (4.15)$$

$$\text{Yıllık Elektrik Enerji Tasarrufu} = 0.28 * 12 * 365$$

$$\text{Yıllık Elektrik Enerji Tasarrufu} = 1226.4 \text{ KWh}$$

$$\text{Yıllık Para Tasarrufu} = \text{Yıllık Elektrik Enerji Tasarrufu} * \text{Birim Fiyat} \quad (4.16)$$

$$\text{Yıllık Para Tasarrufu} = 1226.4 \times 0.46$$

$$\text{Yıllık Para Tasarrufu} = 564.144 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \text{Yatırım Maliyeti} / \text{Yıllık Para Tasarrufu} \quad (4.17)$$

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = 781 / 564.144$$

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = 1.38 \text{ yıl}$$

Çizelge 4.6. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesinde Değişimi Önerilen Motor Tasarruf Analizi

No		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
Bilgi	Birim	Isıtma sirkülasyon pompası	Fan Coil Isıtma sirkülasyon pompası	Fan Coil Soğutma sirkülasyon pompası	Isıtma fan motoru	Aspiratör fan motoru
Mevcut Ölçülen Güçler	kW	2.8	2.9	2.6	3.2	2.4
Mevcut Plaka Güçleri	kW	3	3	3	4	3
Mevcut Motor Verimleri	%	83.1	83.1	83.1	84.7	83.1
Mevcut Yükleme Oranı	%	93.33	96.67	86.67	80	80
Kullanılan Mekanik Güç	kW	2.33	2.41	2.16	2.71	1.99
Önerilen Motor Gücü	kW	1.1	1.5	2.2	3	4
Yeni Motor Verimi	%	%90	%90	%90	%90.90	%90
Değişimden Sonra Çekilen Güç	kW	2.52	2.61	2.34	2.91	2.16
Birim Fiyat	TL	0,46				
Yıllık Elektrik Tasarrufu	kWh	1226.4	1270.2	1138.8	1270.2	1051.2
Yıllık Para Tasarrufu	TL	564,144	584,292	523,848	584,292	483,552
Yatırım Maliyeti	TL	781	781	781	1104,50	781
Geri Ödeme Süresi	yıl	1.38	1.33	1.49	1.89	1.61

İşletmedeki motorlar için tasarruf analizi yapıldığında yıllık toplam elektrik tasarrufu (Denklem 4.18) ve yıllık toplam maliyet tasarrufu (Denklem 4.19) hesaplanmıştır. Yapılan yatırımın geri ödeme süresi ortalama olarak hesaplanmıştır (Denklem 4.20).

$$\text{Yıllık Toplam Elektrik Tasarrufu} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 \quad (4.18)$$

$$\text{Yıllık Toplam Elektrik Tasarrufu} = 1226.4 + 1270.2 + 1138.2 + 1270.2 + 1051.2 \text{ kWh}$$

$$\text{Yıllık Toplam Elektrik Tasarrufu} = 5955.2 \text{ kWh}$$

$$\text{Yıllık Toplam Maliyet Tasarrufu} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 \quad (4.19)$$

$$\text{Yıllık Toplam Maliyet Tasarrufu} = 564.144 + 584.292 + 523.848 + 584.292 + 483.552 \text{ TL}$$

$$\text{Yıllık Toplam Maliyet Tasarrufu} = 2740,128 \text{ TL}$$

$$\text{Yatırımın Ortalama Geri Ödeme Süresi} = (M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5)/5 \quad (4.20)$$

$$\text{Yatırımın Ortalama Geri Ödeme Süresi} = (1.38 + 1.33 + 1.49 + 1.89 + 1.61)/5$$

$$\text{Yatırımın Ortalama Geri Ödeme Süresi} = 1.54 \text{ yıl}$$

İşletmede değişimi önerilen ısıtma sirkülasyon pompası, fan coil ısıtma sirkülasyon pompası, fan coil soğutma sirkülasyon pompası, ısıtma fan motoru, aspiratör fan motoru için ayrı ayrı yapılan analiz sonucunda maliyet olarak yıllık toplam 2740,128 TL tasarruf hesaplanmaktadır. Yıllık toplam elektrik tasarrufu ise 5955.2 kWh olarak belirlenmiştir. Yatırım ortalama 1.54 yıl içerisinde geri ödeme süresi gerçekleşecektir.

4.5. Aydınlatma

Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde genelinde verimliliği düşük ampuller kullanılmıştır. Koridorlar ve teknik odaların bulunduğu yerlerde eski tip ampuller kullanılmış olup bu armatürler LED verimli armatürlerle değiştirildiği takdirde %100 enerji tasarrufu sağlanacaktır.

Çizelge 4.7. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi İçin Değişimi Önerilen Armatürler

Mahal	Armatür Tipi	Tavsiye Edilen Armatür Tipi	Armatür Güç (W)	Yeni Armatür Gücü (W)	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Adet
Zemin Kat	40 W Akkor kristal ampul	E ₂₇ duylu 20W Osakalight ampul	40	20	18	32
1 Kat	40 W Akkor kristal ampul	E ₂₇ duylu 20W Osakalight ampul	40	20	18	20
2 Kat	40 W Akkor kristal ampul	E ₂₇ duylu 20W Osakalight ampul	40	20	18	20
3 Kat	40 W Akkor kristal ampul	E ₂₇ duylu 20W Osakalight ampul	40	20	18	20
4 Kat	40 W Akkor kristal ampul	E ₂₇ duylu 20W Osakalight ampul	40	20	18	20
5 Kat	40 W Akkor kristal ampul	E ₂₇ duylu 20W Osakalight ampul	40	20	18	20
Kazan Dairesi	2x36 W T8 armatür	2x18 W T8 armatür	72	36	8	8
Bodrum Kat	1x36 W T8 armatür	1x18 W T8 armatür	36	18	8	5
Bodrum Kat Ofis	1x36 W T8 armatür	1x18 W T8 armatür	36	18	18	6



Şekil 4.15. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesindeki LED Armatürler



Şekil 4.16. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesindeki Verimsiz Armatür Tipleri

Uygun aydınlatma seviyelerine ulaşmak ve aydınlatma sistemini elektrik tüketimini düşürmek adına mevcut armatürlerin verimli LED armatürlerle değişimi önerilmektedir.

Bir armatürün üzerinde belirtilen enerji değeri ampulün 1 saatte tükettiği toplam miktardır. Fatura birimi kWh olduğu için tüketim hesabı yaparken güç birimini kW birimine çevirerek hesaplama yapılmıştır (Denklem 4.21).

$$1 \text{ kW/h} = 1000 \text{ W/h} \quad (4.21)$$

Örneğin 40 Watt Akkor kristal bir ampul ile E₂₇ duylu 20W Osakalight ampul değişimini inceleyelim;

$$1 \text{ kW/h} = 1000 \text{ W/h}$$

$$40 \text{ W/h} = 0.04 \text{ kW/h}$$

Ampuller günde 18 saat çalışmaktadır.

$$\text{Ampulün Bir Günde Harcadığı Enerji} = \text{Ampul Gücü} * \text{Bir Günde Çalıştığı Saat} \quad (4.22)$$

$$\text{Ampulün Bir Günde Harcadığı Enerji} = 0.04 * 18 = 0.72 \text{ kWh}$$

40 Watt Akkor kristal ampul; zemin kat, 1.kat, 2.kat, 3. Kat, 4.kat ve 5. Katta toplamda 132 adettir.

$$\text{Bir yılda harcanan toplam enerji} = \text{Ampul adedi} * \text{Bir günde harcanan güç} * \text{yıl} \quad (4.23)$$

$$\text{Bir yılda harcanan toplam enerji} = 132 * 0.72 * 365 = 34689.6 \text{ kWh/yıl}$$

Değiştirilmesi önerilen 20 Watt ampulün günde harcayacağı güç ise;

$$\text{Ampulün Bir Günde Harcadığı Enerji} = \text{Ampul Gücü} * \text{Bir Günde Çalıştığı Saat}$$

$$\text{Ampulün Bir Günde Harcadığı Enerji} = 0.02 * 18 = 0.36 \text{ kWh}$$

Önerilen 20 Watt ampul için bir yılda harcanan enerji ise;

$$\text{Bir yılda harcanan toplam enerji} = \text{Ampul adedi} * \text{Bir günde harcanan enerji} * \text{yıl}$$

$$\text{Bir yılda harcanan toplam enerji} = 132 * 0.36 * 365 = 17344.8 \text{ kWh/yıl}$$

Yatırım maliyetini hesaplamak için birim maliyet ve armatür sayılarını bilmek gerekir (Denklem 4.24).

$$Yatırım\ Maliyeti = Armatür\ Sayısı \times Armatür\ Birim\ Fiyatı \quad (4.24)$$

$$Yatırım\ Maliyeti = 132 \times 50 = 6600\ TL$$

$$Yıllık\ Enerji\ Tasarrufu = Mevcut\ Yıllık\ Tüketim - Önerilen\ Yıllık\ Tüketim \quad (4.25)$$

$$Yıllık\ Enerji\ Tasarrufu = 34689.6 - 17344.8 = 17344.8\ kWh/yıl$$

Elektrik enerjisinin birim fiyatı KDV hariç 0.46 TL/kWh olarak belirlenmiştir. Enerji maliyeti tasarruf analizi yapıldığında geri ödeme süresi bulunacaktır (Denklem 4.26).

$$Geri\ Ödeme\ Süresi = Yatırım\ Maliyeti / Enerji\ Maliyet\ Tasarrufu \quad (4.26)$$

$$Geri\ Ödeme\ Süresi = 6600 / 7978.6 = 0.82\ yıl$$

Mevcut ampul ile önerilen ampul değiştirildiğinde %100 enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Çizelge 4.8. Enerji Etüdü Yapılan Otel İşletmesi İçin Değişimi Önerilen Armatürlerin Enerji Analizi

No	Birim	1	2	3	4
Bilgi		Katlar	Kazan Dairesi	Bodrum Kat	Bodrum Kat Ofis
Mevcut Armatür Gücü	W	40 W	72 W	36 W	36 W
Önerilen Armatür Gücü	W	20 W	36 W	18 W	18 W
Mevcut Armatürün Yılda Harcadığı Enerji	kWh/yıl	34689.6	1681.92	525.6	1419.12
Önerilen Armatürün Yılda Harcadığı Enerji	kWh/yıl	17344.8	840.96	262.8	709.56
Birim Yatırım Maliyeti	TL	50	180	90	90
Toplam Yatırım Maliyeti	TL	6600	1440	450	540
Yıllık Enerji Tasarrufu	kWh/yıl	17344.8	840.96	262.8	709.56
Yıllık Enerji Tasarrufu	TL	7978,6	386,84	120,88	326,39
Geri Ödeme Süresi	yıl	0.82	3.7	3.7	1.65

İşletmedeki armatürler için tasarruf analizi yapıldığında yıllık toplam elektrik tasarrufu (Denklem 4.27) ve yıllık toplam maliyet tasarrufu (Denklem 4.28) hesaplanmıştır. Yapılan yatırımın geri ödeme süresi süresi ortalama olarak hesaplanmıştır (Denklem 4.28).

$$\text{Yıllık Toplam Elektrik Tasarrufu} = No_1 + No_2 + No_3 + No_4 \quad (4.27)$$

$$\text{Yıllık Toplam Elektrik Tasarrufu} = 17344.8 + 840.96 + 262.8 + 709.56 = 19158,12 \text{ kWh/yıl}$$

$$\text{Yıllık Toplam Enerji Tasarrufu} = No_1 + No_2 + No_3 + No_4 \quad (4.28)$$

$$\text{Yıllık Toplam Enerji Tasarrufu} = 7978.6 + 386.84 + 120.88 + 326.39 = 8812,71 \text{ TL}$$

$$\text{Yatırımın Ortalama Geri ödeme Süresi} = (No_1 + No_2 + No_3 + No_4)/4 \quad (4.29)$$

$$\text{Yatırımın Ortalama Amorti Süresi} = (0.82 + 3.7 + 3.7 + 1.65)/4 = 2.46 \text{ yıl}$$

İşletmede değişimi önerilen armatürlerin analizi sonucunda maliyet olarak yıllık toplam 8812,71 TL tasarruf hesaplanmaktadır. Yıllık toplam elektrik tasarrufu ise 19158.12 kWh/yıl olarak belirlenmiştir. Yatırım ortalama 2.46 yıl içerisinde geri ödeme süresi gerçekleşecektir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada enerji etüdü yapılan otel işletmesinin 2019 yılı enerji tüketimi ve tüketim değerlerinin iyileştirilmesi incelenmiştir. İşletmede yapılan enerji etüdü sonucunda işletme enerji yönetimi açısından değerlendirilmiş, yapılan ölçümlerin ve hesaplamaların sonuçlarına göre öncelikli tasarruf projeleri araştırılmıştır.

- Enerji etüdü yapılan otel işletmesi bina yüzeyinin termal kamera ile ısı kayıpları ölçülmüştür. Bina yüzeyinde $+6.3^{\circ}\text{C}$ ile $+22.6^{\circ}\text{C}$ arasında değerler elde edilmiştir. Pencere kenarlarında diğer yüzeylere göre daha fazla sıcaklık geçişi bulunmaktadır.
- Kazan verimi ve baca gazı ölçüm cihazı kullanılarak, baca gazında %3.1 oksijen ve 107°C baca gazı sıcaklığı belirlenmiştir. Belirlenen değere göre kayıplar incelenmiştir. Bu durumda ölçümlere göre Enerji etüdü yapılan otel işletmesinin sıcak su kazanları incelendiğinde yanma verimi iyi olduğu söylenebilir. Kazanların atık ısı değerlendirilip baca çıkışlarına atık ısı geri kazanımı sistemi yapılarak kazan veriminde artış olup ve geri kazanılan enerji doğalgaz tüketimini düşürecektir ama mevcut kazan yeri müsait olmadığından proje için detaylı çalışma yapılmamıştır.
- Havalandırma sisteminde kullanılan motorlar EEF_2 verimliliğine sahip motorlardır. Bu sistemde IE_4 verimliliğe sahip motorlar kullanılırsa %15 enerji verimliliği sağlanacaktır.
- İşletmede 1 adet hava soğutmalı chiller bulunmaktadır. Hava soğutmalı chillerin etiket bilgilerine ulaşılamadığı için ve kış sezonunda çalışmadığı için hesaplamalar yapılmamıştır.
- Tesiste sıcak su ve soğuk su iletim hatları bulunmaktadır. Etüt çalışmasında kış mevsiminde yapıldığından soğutma sistemi devreye alınmamıştır. Bu sebeple soğutma sistemi tesisatı için bir ölçüm yapılamamıştır.
- İşletmedeki sıcak su tesisatı hattı üzerinde bulunan vana ve flaşlar için önerilen yalıtım değerlendirildiğinde yıllık 2903.77 TL para tasarrufu sağlanacağı belirlenmiştir. Yalıtım yapıldıktan sonra yıllık yaklaşık %17 oranında tüketimde azalma görülmektedir. Yatırım 0.688 yılsonunda geri ödeme süresini gerçekleştirecektir.
- Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde tek terimli tek zamanlı sanayi alçak gerilim (AG) tarifesi kullanılmaktadır. Tarife analizi için son bir yıllık faturalar incelenmiştir. Fatura incelendiğinde genel kullanım genellikle gündüz saatlerinde

olduğu görülmüştür. Tesiste elektriğin büyük bir kısmı gündüz tarifesinde kullanıldığı için mevcut tek terimli tarifenin daha uygun bir tarife olduğu söylenebilir

- Ana dağıtım panosu ölçümler sonucunda harmonik değerlerin normal seviyelerde olduğu söylenebilmektedir. Yük dağılımlarına bakıldığında eşit bir şekilde dağıtıldığı görülmüştür. Pf değerinin 1'e yakın olduğu ölçülmüş olup bu değer iyi olduğu söylenebilmektedir. Herhangi bir enerji tasarruf potansiyeli bulunmamaktadır.
- Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde elektrik motoru olarak ısıtma, soğutma, hidrofor ve yangın pompa motorları bulunmaktadır. Verimlilik sınıfı düşük motorların yüksek verimli motorlarla değiştirilmesi enerji tasarrufu sağlayacaktır. Değişimi önerilen elektrik motorlarının verimliliği standart verimlilik EFF₂ ve IE1 sınıfına dâhildir. Premium verimlilik (IE₄) sınıfındaki motorlarla değiştirilmesi önerilmektedir. EFF₂ motorlar IE₄ verimlilikteki motorlarla değiştirildiğinde motor verimlilikleri % 6.9 artmaktadır. IE1 sınıfı motorlar IE₄ sınıfındaki motorlarla değiştirildiğinde motor verimlilikleri % 6.2 artmaktadır. Önerilen motor değişimleri sonucunda yatırım maliyeti ortalama 1.54 yıl içerisinde tasarrufa dönüşecektir. Yıllık 2740,13 TL tasarrufu elde edilecektir.
- İşletmede değişimi önerilen armatürlerin analizi sonucunda maliyet olarak yıllık toplam 8812,71 TL tasarruf hesaplanmaktadır. Yıllık toplam elektrik tasarrufu ise 19158.12 kWh/yıl olarak belirlenmiştir. Yatırım ortalama 2.46 yıl içerisinde geri ödeme süresi gerçekleşecektir.

ÖNERİLER

- Enerji etüdü yapılan otel işletmesinde enerji yönetim birimi, enerji yöneticisi ve enerji izleme sistemi bulunmamaktadır. Herhangi bir enerji izleme sistemi kurularak her bir enerji tüketen ekipmanın ayrı ayrı takibi yapılarak sistemin verimli çalışması sağlanabilir.
- Kazan dairesi, soğutma grupları, motorlar ve diğer sistemler bir otomasyon sistemi tarafından kontrol edilmesi durumunda sistem daha verimli çalışacak ve enerji tasarrufu sağlanmasına yardımcı olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Akgül, E., 2019, 2007 Öncesi Binalarda Enerji Verimliliğini Artırıcı Yöntemler ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 19-20.
- Akkurt, F. ve Taşdemir, B., 2021, Muhtelif Altyapı Ürünleri Üreten Bir Döküm Fabrikasının Enerji Etüdü, *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1): 512-525.
- Aksüzek, Y., 2003, Kompleks Binalarda Enerji Verimliliği, Tasarrufu ve Enerji Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-3.
- Anonim, 2012, Enerji Verimliliği Raporu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, EMO Yayın No: GY/2012/3, Ankara.
- Anonim, 2018, www.kpmg.com.tr, Ziyaret Tarihi: [30.09.2018]
- Anonim, 2019, www.enerjigazetesi.ist , Ziyaret Tarihi: [20.11.2019]
- Anonim, 2020, <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/2018-Yili-Ulusal-Enerji-Denge-Tablolari>, Ziyaret Tarihi: [20.02.2020].
- Ascione F., Bianco N., Iovane T., Muaro G.M., Napolitane D.F., Ruggiona A. and Viscido L., 2020, “A real industrial building: Modeling, calibration and Pareto optimization of energy retrofit”, *Journal of Building Engineering* 29, 101186.
- Aydın, C. and Esen, Ö., 2018, Does the Level of Energy Intensity Matter in The Effect of Energy Consumption on the Growth of Transition Economies? Evidence from Dynamic Panel Threshold Analysis, *Energy Economics*, Volume 69, Issue 1, Pages 185-195.
- Aydoğdu E., 2019, “Mevcut Ticari Binaların Aydınlatma Sistemlerinde Enerji Verimliliği Analizi İçin Örnek Bir Çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, 1-78, 2019.
- Balan K.N. and Yashvanth U., 2020, “Energy audit in residential building – replacement of portable air conditioner by an energy efficient centralized air conditioner”, *International Journal of Ambient Energy*, 41:2, 179-182.
- Chauvin Arnoux, 2013, Three-Phase Electrical Networks Analyser, Code 694286A02 France.
- Cheung H., Langner M.R. and Braun J.E., 2020, “Methodology to assess “no-touch” building audit software using simulated utility data” *Science and Technology for the Built Environment*, Doi Number: 10.1080/23744731.2020.1732160, pp.1-15.

- Ding Y. and Liu X., 2020, “A comparative analysis of data-driven methods in building energy benchmarking”, *Energy & Buildings*, 209, 109711.
- Fluke, 2009, Fluke Thermal Imager, PN 3433221, July 2009, Rev.1,5/11, USA.
- Geng Y., Lin B. and Zhu Y., 2020, “Comparative study on indoor environmental quality of green office buildings with different levels of energy use intensity”, *Building and Environment*, 168, 106482.
- Gezer, E. S., 2019, *Asansörlerde Enerji Verimliliği, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 35-36.
- Gulbinas A. and Petuhova V., 2019, “The energy efficient lighting in kindergartens”, *E3S Web of Conferences* 91, 05014, Doi number: 10.1051/e3sconf/20199105014.
- Hwang D.K., Cho J. and Moon J., 2019, “Feasibility study on energy audit and data driven analysis procedure for building energy efficiency: bench-marking in Korean hospital buildings”, *Energies*, 12, 3006, Doi number: 10.3390/en12153006.
- Im P., Jackson R., Bae Y., Dong J. and Cui B., 2020, “Probabilistic reliability assessment and case studies for predicted energy savings in residential buildings”, *Energy & Buildings*, 209,109658.
- Kanbar S., 2018, “Sustainable Design Of Commercial Buildings Through Embodied Energy Optimization”, M.Sc. Thesis, University Of Gaziantep Graduate School Of Natural & Applied Science, 1-90, 2018.
- Kamara B., Sawyer, R., Kamara, S. and Kallon, D., 2019, “Need for Energy Efficiency and Energy Audit of Buildings in Freetown”, *IEEE, Conference* Doi number: 10.1109 / OI.2019.89082512-4 October 2019, South Africa,
- Karluk, S. R., 2007, *Cumhuriyet’in İlanından Günümüze Türkiye Ekonomisinde Yapısal Dönüşüm*, Sayfa 239, Beta Kitapevi, 11. Baskı, ISBN: 9786053331858, İstanbul.
- Kavak, K., 2005, *Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, Devlet Planlama Teşkilatı, Yayın No DPT: 2689, sayfa 2-40, Ankara.
- Kıyılmaz, M. B., 2019, *Sanayide Enerji Yönetimi Esasları ve Enerji Verimliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Kocaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muğla, 2-3.
- Kim Y.K., Bande L., Aoul K.A.T. and Altan H., 2019, “Using energy audit with POE study to reduce energy performance gap in an Office building in UAE”, *Type of the paper (Article)*, ZEMCH 2019.
- Krarti M., Aldubyan M. and Williams E., 2020, “Residential building stock model for evaluating energy retrofit programs in Saudi Arabia”, *Energy*, 195, 116980.

- Lu M. and Lai J., 2020, “Review on carbon emissions of commercial buildings”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109545.
- Madur, 2019, *Portable Gas Analyser GA-21 Plus*, Zgierz/ Poland.
- Özupak Ö.Ş., 2008, “Ticari Binalarda Enerji Performans Kriterlerinin Belirlenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, 1-85, 2008.
- Özyurt, G., 2009, *Enerji Verimliliği, Binaların Enerji Performansı ve Türkiye’deki Durum*, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, cilt 457, sayı 5, sayfa 32-34.
- Poço E.R.G., Sousa J.M.C. and Branco P.J.C., 2020, “Improving the energy efficiency of aging retail buildings: a large department store in Lisbon as case study”, *Energy Systems*, Doi number: 10.1007/s12667-020-00377-w, pp.1-31.
- Szul T. and Kokoszka S., 2020, “Application of Rough Set Theory (RST) to Forecast Energy Consumption in Building Undergoing Thermal Modernization”, *Energies*, 13, 1309, Doi number: 10.3390/en13061309.
- Şenol, M. A., 2011, *Türkiye Enerji Verimliliği Potansiyelinin Değerlendirilmesi*, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2. *Ulusal Enerji Verimliliği Forumu*,
- Tuncer, T., 2012, *Konutlarda Enerji Verimliliği ve Derece Gün Bölgelerine Göre Farklı Malzemelerde Optimum Yalıtım Kalınlığının Tespiti*, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 13-14.
- Ueveci, 2017, *Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023*, Ankara, sf 7-8.
- Yaşar, N., 2011, *Kentsel Enerji Politikaları Bağlamında Konutlarda Enerji Verimliliği Algısı: Isparta Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Isparta, 9-94.