



tmmob makina mühendisleri odası
uctea chamber of mechanical engineers

www.mmo.org.tr/muhendismakina

Mühendis ve Makina

Engineer and Machinery

Cilt 61

Volume 61

Sayı 700

Number 700

Temmuz-Eylül 2020

July-September 2020

TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

Yerel Süreli Yayın, Üç Ayda Bir Yayımlanır
Local Periodical - Quarterly

Temmuz-Eylül / July-September 2020

Cilt / Vol: 61 Sayı / No: 700

Yönetim Yeri / Head Office

Meşrutiyet Cad. No: 19/6 Kızılay - ANKARA
Tel: (+90 312) 425 21 41 Fax: (+90 312) 417 86 21
E-posta: yayin@mmo.org.tr www.mmo.org.tr

MMO Adına Sahibi

Publisher
Yunus YENER

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Executive Editor
Yunus YENER

Yayın Sekreteri

Editorial Secretary
Aylin Sıla AĞCA

Editör / Editorial in Chief

Prof. Dr. Harun Kemal ÖZTÜRK

Editör Yardımcıları / Associate Editors

Prof. Dr. L. Berrin ERBAY - *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Eskişehir Osmangazi University*
Prof. Dr. Müfit GÜLGEÇ - *Çankaya Üniversitesi / Çankaya University*

Yayın Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board

- Prof. Dr. C. Erdem İMRAK - *İstanbul Teknik Üniversitesi / Istanbul Technical University, İstanbul*
Prof. Dr. Erdiñç KALUÇ - *Kocaeli Üniversitesi / Kocaeli University, İzmit*
Prof. Dr. Ali GÜNGÖR - *Ege Üniversitesi / Ege University, İzmir*
Prof. Dr. Hikmet RENDE - *Akdeniz Üniversitesi / Akdeniz University, Antalya*
Prof. Dr. Ali PINARBAŞI - *Yıldız Teknik Üniversitesi / Yıldız Technical University, Antalya*
Prof. Dr. Sedat BAYSEÇ - *Gaziantep Üniversitesi / Gaziantep University, Gaziantep*
Prof. Dr. E. İlhan KONUKSEVEN - *Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Middle East Technical University, Ankara*
Prof. Dr. Erol KILIÇKAP - *Dicle Üniversitesi / Dicle University, Diyarbakır*
Prof. Dr. Mustafa YURDAKUL - *Gazi Üniversitesi / Gazi University, Ankara*
Prof. Dr. Atilla BIYIKOĞLU - *Gazi Üniversitesi / Gazi University, Ankara*
Prof. Dr. Mirosław BONEK - *Silesian University of Technology, Poland*
Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU - *Karadeniz Teknik Üniversitesi / Karadeniz Technical University, Trabzon*
Prof. Dr. Leszek A. DOBRZANSKI - *Silesian University of Technology, Poland*
Prof. Dr. Ö. Altan DOMBAYCI - *Pamukkale Üniversitesi / Pamukkale University, Denizli*
Prof. Dr. Halim GÜRGENCI - *Queensland Üniversitesi / The University of Queensland, Australia*
Prof. Dr. Hyung-Man Kim - *Power System and Sustainable Energy Laboratory (PSSEL), South Korea*
Prof. Dr. Basim AL-NAJJAR - *Linnaeus University, Sweden*
Prof. Dr. Barış ÖZERDEM - *İzmir Ekonomi Üniversitesi / Izmir University of Economics, İzmir*
Doç. Dr. Tunç APATAY - *Gazi Üniversitesi / Gazi University, Ankara*
Doç. Dr. Melih Cemal KUŞHAN - *ESOGÜ / Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir*
Doç. Dr. Yiğit TAŞCIOĞLU - *TED Üniversitesi / TED University, Ankara*
Dr. Öğr. Üye. Nurdan BİLGİN - *Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Ondokuz Mayıs University, Samsun*
Dr. Öğr. Üye. Kutluk Bilge ARIKAN - *TED Üniversitesi / TED University, Ankara*
Dr. Varlık ÖZERCİYES - *AIRBUS, UK*

Yayın Kurulu / Editorial Board

- Prof. Dr. Metin AKKÖK - *Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Middle East Technical University, Ankara*
Prof. Dr. Müfit GÜLGEÇ - *Çankaya Üniversitesi / Cankaya University, Ankara*
Prof. Dr. L. Berrin ERBAY - *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir*
Prof. Dr. Cemal MERAN - *Pamukkale Üniversitesi / Pamukkale University, Denizli*
Prof. Dr. Harun Kemal ÖZTÜRK - *Pamukkale Üniversitesi / Pamukkale University, Denizli*
Prof. Dr. Semiha ÖZTUNA - *Trakya Üniversitesi / Trakya University, Edirne*
Dr. Öğr. Üye. Gurbet ÖRÇEN - *Dicle Üniversitesi / Dicle University, Diyarbakır*

Kapak ve Sayfa Tasarımı

Cover and Page Design
Muazzez POLAT

Teknik Sorumlu

Technical Manager
Mehmet AYDIN

Baskı

Printed by
Ankamat Matbaacılık Sanayi Ltd. Şti.
30. Cadde 538. Sokak No: 60 İvedik Organize Sanayi - Ankara
Tel: (+90 312) 394 54 94
Basım Tarihi: 15 Ağustos 2020
Baskı Sayısı: 1.000

Mühendis ve Makina

Engineer and Machinery

Cilt 61
Volume 61

Sayı 700
Number 700

Temmuz-Eylül 2020
July-September 2020

İÇİNDEKİLER/CONTENTS

Araştırma/Research	Seçilmiş Ülkelerin Ulaştırma Sektöründeki Bakım ve Yatırım Giderlerinin Karşılaştırılması <i>Comparison of Maintenance and Investment Expenses in the Transportation Sector for Selected Countries</i> Harun Kemal ÖZTRÜK, Aşkın GÜNGÖR	170
Araştırma/Research	Kat Isıtmasında Yüzer Döşeme ve Faz Değiştiren Malzeme Kullanımının Enerji Verimliliğine ve Konfor Koşullarına Etkisi <i>The Effect of Floating Floor and Phase Changing Materials on Energy Efficiency and Comfort Conditions in Individual Heating</i> Ersin HAYDARASLAN, Burhan ÇUHADAROĞLU, Yalçın YAŞAR	180
Deleme/Review	Rulman Ömürlerinde Güvenilirlik ve Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi <i>Reliability of Bearing Life and Investigation of Affecting Factors</i> Tezcan ŞEKERCİOĞLU	198
Araştırma/Research	Konaklama İşletmelerinde Çalışan Yöneticilerin Bakım Yönetimi Uygulamalarına Bakışı: Denizli'de Faaliyet Gösteren Konaklama İşletmeleri Örneği <i>The View of Managers Working in Hospitality Businesses on the Maintenance Management Practices: The Case Study for Hospitality Companies Operating in Denizli</i> Hande Mutlu ÖZTÜRK, Cemal MERAN	208
Araştırma/Research	Güneş Kolektörlerinin Enerji, Ekserji, Termoekolojik, Sürdürülebilirlik, Termoeconomik ve Eksergoekonomik Analizleri <i>Energy, Exergy, Thermoecologic, Sustainability, Thermoeconomic and Exergoeconomic Analyses of Solar Collectors</i> Hakan ÇALIŞKAN	228

*TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayın Organı olan Mühendis ve Makina dergisi TMMOB Makina Mühendisleri Odası üyelerine ücretsiz olarak gönderilir. 1957 yılından beri yayımlanan dergimiz, **hakemli** bir dergidir. Dergimizle ilgili detaylı bilgi almak için www.mmo.org.tr genel ağ adresinden yararlanabilirsiniz. Telefon, faks veya e-posta aracılığıyla da bize ulaşabilirsiniz.*

Dergimizin yer aldığı veritabanları



SUNUŞ

Değerli Meslektaşlarımız Merhaba,

*Mühendis ve Makina dergimizde yer alan ilk makale **Harun Kemal Öztrük** ve **Aşkiner Güngör**'ün "Seçilmiş Ülkelerin Ulaştırma Sektöründeki Bakım ve Yatırım Giderlerinin Karşılaştırılması" başlıklı çalışmasıdır. Bu çalışmada Türkiye'de ekonomik büyüme, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ile ulaştırma sektöründe yatırım ve bakım hizmetlerine ayrılan kaynaklar arasındaki ilişki incelenmiş ve seçilmiş ülkeler ile karşılaştırılmıştır. Bakım harcamaları 2012 yılında 874 Milyon ABD Doları iken, 2016 yılında 230 Milyon ABD Dolarına düşmüştür. Ulaştırma sektöründe yapılan bakımın GSYİH içindeki payı 1995 yılında %0,01, 2001 yılında %0,05, 2008 yılında %0,04 bu değer 2011 yılında 0,08'e çıkmış 2016 yılında %0,02'ye gerilemiştir.*

*İkinci makalemiz **Ersin Haydaraslan**, **Burhan Çuhadaroğlu** ve **Yalçın Yaşar**'ın "Kat Isıtmasında Yüzer Döşeme ve Faz Değiştiren Malzeme Kullanımının Enerji Verimliliğine ve Konfor Koşullarına Etkisi" adlı çalışmasıdır. Bu çalışmada, ara kat döşemelerinde yalıtım ve faz değiştiren malzeme (FDM) kullanılmasının enerji verimliliği ve konfor koşulları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bodrum, zemin ve iki normal kattan oluşan örnek bir binada eş zamanlı olarak ısıtılan ve ısıtılmayan ortamlardan oluşan farklı senaryolar üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu senaryolarda yalıtımsız, yalıtımlı ve yalıtıma ek FDM içeren bir katmanın olduğu üç farklı döşeme tipi kullanılarak, bu parametrelerin ortamların ısı yüklerine, ortam sıcaklığına ve enerji kullanımına etkileri incelenmiştir. Çalışmada elde edilmiş olan bulgulara göre; döşeme ve tavanda yalıtım ve FDM kullanılması ile ortamların ısı yükü düşmektedir. Aynı zamanda ortam sıcaklıklarının ayar sıcaklığına daha yakın olması ile birlikte ısı konfor koşullarının iyileşmekte olduğu belirlenmiştir.*

*Üçüncü makalemiz, **Tezcan Şekercioğlu**'nun "Rulman Ömürlerinde Güvenilirlik ve Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi" adlı çalışmasıdır. Çalışma anında, uygun olmayan yağlama, yanlış tip rulman seçimi, kirlilik, montaj hasarları vb. nedenlerden dolayı rulman ömürleri ve güvenilirlik ciddi oranlarda azalmakta ve erken hasarlar meydana gelmektedir. Bu çalışmada İlgili ISO ve DIN standartları göz önünde bulundurularak, güvenilirlik, yağın kirlilik seviyesi, çalışma sıcaklığı, viskozitesi vb. faktörlerin rulman ömrü üzerine olan etkileri incelenmiştir.*

*Dördüncü makalemiz **Hande Mutlu Öztürk** ve **Cemal Meran**'in "Konaklama İşletmelerinde Çalışan Yöneticilerin Bakım Yönetimi Uygulamalarına Bakışı: Denizli'de Faaliyet Gösteren Konaklama İşletmeleri Örneği" adlı makalesidir. Yapılan bu çalışmayla otel işletmelerinde çalışan ve bakımdan sorumlu olan birim yöneticilerinin bakıma ilişkin bakışlarını belirlemek, kestirimci, periyodik, arızı gibi bakım yöntemlerinden hangisinin daha yaygın olduğunu belirlemek, bakım yönetimi uygulamalarını araştırmak ve otel işletmelerdeki bu faaliyetlerin uygulanmasındaki engelleri belirlemektir. Araştırmanın evrenini, Denizli'de bulunan 3, 4, 5 yıldızlı oteller ile butik konaklama işletmelerinde bulunan yöneticiler oluşturmaktadır. Bu çalışmada, katılımcıların en çok önem verdikleri konunun bakım ve izleme*

faaliyetleri olduğu gözlemlenmiştir. Bakım faaliyetlerinin yürütülmesindeki en büyük engelin de verimsiz envanter sistemi ve karşılaşılan malzeme ve yedek parça sıkıntısı olduğu görülmüştür.

Beşinci makalemiz ise **Hakan Çalışkan**'ın “Güneş Kollektörlerinin Enerji, Ekserji, Termoekolojik, Sürdürülebilirlik, Termoeconomik ve Eksergoeconomik Analizleri” isimli makalesidir. Bu çalışmada, güneş kolektörlerinin enerji, ekserji, termoekolojik, sürdürülebilirlik, termoeconomik ve eksergoeconomik analizleri açıklanmış ve örnek bir uygulama üzerine bu analizler uygulanmıştır. Örnek uygulama olarak 8 m2 alanında düzlemsel güneş kolektörü esas alınmıştır. Sistemin enerji verimi %52,46 olarak bulunurken, ekserji verimi %1,99 olarak hesaplanmıştır. Sistemin sürdürülebilirlik indeksi, termoekolojik performans katsayısı, termoeconomik parametre değeri ve toplam eksergoeconomik parametre değeri sırasıyla 1,02, 0,0206, 1,4 W/TL ve 2,683 W/TL olarak bulunmuştur. Sistemin en yüksek enerji girişi ve ekserji girişi, gelen güneş ışınlımından kaynaklanmaktadır. Bu enerjinin/ekserjinin büyük bir kısmının kayba ve tersinmezliklerden dolayı yıkıma uğradığı görülmektedir. Bu durum, düzlemsel güneş kolektörlerinin en büyük dezavantajdır.

Dergimize www.mmo.org.tr/muhendismakina adresinden ulaşabilir; makale ve görüşleriniz ile destek olabilirsiniz.

Bir sonraki sayımızda buluşmak üzere...

TMMOB Makina Mühendisleri Odası
Yönetim Kurulu

PRESENTATION

Esteemed Colleagues,

*The first article published in our journal Engineer and Machinery is the article titled “Comparison of Maintenance and Investment Expenses in the Transportation Sector for Selected Countries” by **Harun Kemal Öztürk** and **Aşkiner Güngör**. In this study, Turkey’s economic growth, gross domestic product (GDP) are examined the relationship between the resources allocated to investment and maintenance services in the transport sector are compared with selected countries. While maintenance expenses were 874 million USD in 2012, they decreased to 230 million USD in 2016. The share of maintenance expenses in the transportation sector in GDP increased from 0.01% in 1995, 0.05% in 2001, 0.04% in 2008, to 0.08% in 2011, and declined to 0.02% in 2016.*

*The second article is titled “The Effect of Floating Floor and Phase Changing Materials on Energy Efficiency and Comfort Conditions in Individual Heating” by **Ersin Haydaraslan** **Burhan Çuhadaroğlu** and **Yalçın Yaşar**. In this study, the effects of using insulation and phase change material (PCM) on the floors were investigated on energy efficiency and comfort conditions. In a building consisting of basement, ground floor and two normal floors, different scenarios were studied for simultaneously heated and unheated zones. In these scenarios, the effects of these parameters on the heat loads, zone temperature and energy consumption were investigated using three different types of flooring (uninsulated, insulated, and insulated and including PCM). According to the findings obtained from the study, the heat load of the zones decreased with the use of the insulation and PCM on the floor and ceiling. At the same time, it was determined that the thermal comfort conditions were improving as the zone temperatures were closer to the set point temperature.*

The third article is titled “Reliability of Bearing Life and Investigation of Affecting Factors” by Tezcan Şekercioğlu. When higher reliability is desired, the selection can be made using the relevant standards. During operation, bearing life and reliability are significantly reduced and premature damage occurs from improper lubrication, wrong bearing type selection, oil pollution, assembly damage, etc. In this study, considering the related ISO and DIN standards, the effects of factors on bearing life have been investigated such as reliability, oil contamination level, operating temperature, viscosity etc.

*The fourth article is titled “The View of Managers Working in Hospitality Businesses on the Maintenance Management Practices: The Case Study for Hospitality Companies Operating in Denizli” by **Hande Mutlu Öztürk** and **Cemal Meran**. The purpose of this research is to determine the maintenance views of the unit managers who work in the hotel businesses and who are responsible for maintenance, determining which of the more common maintenance methods of care such as predictive, periodical, break down, to investigate the maintenance management practices and to determine the obstacles in the implementation of these applications in the hotel management. The universe of the research is composed of*

managers with 3, 4, 5 star hotels and boutique accommodation businesses in Denizli. In the study, it was observed that the subject that the participants attach great importance to was maintenance and monitoring activities. The biggest obstacle in maintenance management was found to be the inefficient inventory system and the problem of materials and spare parts encountered..

*The fifth article is titled “Energy, Exergy, Thermoecologic, Sustainability, Thermoeconomic and Exergoeconomic Analyses of Solar Collectors” by **Hakan Çalışkan**. In this study, energy, exergy, thermoecologic, sustainability, thermoeconomic and exergoeconomic analyses of solar collectors are explained and these analyses are applied to a case study. As a case study, flat plate solar collector with 8m² area is considered. The exergy efficiency of the system is calculated as 1,99%, while energy efficiency is 52,46%. The sustainability index, thermoecologic performance coefficient, thermoeconomic parameter rate and total exergoeconomic parameter rate of the system are found as 1,02, 0,0206, 1,4 W/TL and 2,683 W/TL, respectively. The maximum energy input and exergy input are caused by the incoming solar radiation. It is seen that most of this energy/exergy is lost, and destructed due to irreversibilities. This situation is the biggest disadvantage of the flat plate solar collectors.*

You can also view the journal on the web page www.mmo.org.tr/muhendismakina and support us with your articles and comments.

Best regards until our next issue...

UCTEA CHAMBER OF MECHANICAL ENGINEERS
Board of Directors

Seçilmiş Ülkelerin Ulaştırma Sektöründeki Bakım ve Yatırım Giderlerinin Karşılaştırılması

Harun Kemal Öztrük^{*1}, Aşkın Güngör²

ÖZ

Ulaştırma sektörü sosyo ekonomik gelişmeler ile doğrudan ilişkilidir. Ulaştırma sektörü ile malların hareketliliği sağlandığı gibi yolcu taşımacılığı ile de insanların hareketliliği sağlanmaktadır. Ulaştırma sistemlerinin gelişimi hem sosyal hem de ekonomik gelişmenin temelini oluşturmaktadır. Geçmişte, kalkınma politikaları ve stratejileri fiziksel sermayeye odaklanma eğilimindeyken, son yıllarda insan sermayesi konularını da dahil ederek daha karmaşık hale dönmüştür. Fiziki ve beşeri sermayenin göreceli önemine bakılmaksızın, altyapı, uygun faaliyetler ve bakım olmadan etkin kalamamaktadır. Ekonomik faaliyetler altyapı temeli olmadan gerçekleşemezken, altyapı ise diğer üretim sistemleri ile etkileşime girmeden gelişemez. Birçok taşımacılık faaliyetinin; yüksek işlem ve hizmet odaklı işlevleri ile fiziksel ve insan sermayesi ihtiyaçları arasında karmaşık ilişki bulunur. Dolayısı ile ekonomilerin gelişmesi için devletler, ulaştırma sektöründe hem yatırım hem de bakım hizmetlerine kaynak aktarmaktadır. Bu çalışmada Türkiye’de ekonomik büyüme, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ile ulaştırma sektöründe yatırım ve bakım hizmetlerine ayrılan kaynaklar arasındaki ilişki incelenmiş ve seçilmiş ülkeler ile karşılaştırılmıştır. Bakım harcamaları 2012 yılında 874 Milyon ABD Doları iken, 2016 yılında 230 Milyon ABD Dolarına düşmüştür. Ulaştırma sektöründe yapılan bakımın GSYİH içindeki payı 1995 yılında %0,01, 2001 yılında %0,05, 2008 yılında %0,04 bu değer 2011 yılında 0,08’e çıkmış 2016 yılında %0,02’ye gerilemiştir.

Anahtar Kelimeler: Ulaştırma, bakım, yatırım, Türkiye

Comparison of Maintenance and Investment Expenses in the Transportation Sector for Selected Countries

ABSTRACT

The transportation sector is directly related to socio-economic developments. Mobility of goods and passengers are ensured by the transportation sector. The development of transportation systems is the basis of both social and economic development. In the past, development policies and strategies have tended to focus on physical capital, while in recent years it has become more complex, including human capital issues. Regardless of the relative importance of physical and human capital, infrastructure cannot remain effective without proper activities and maintenance. While economic activities cannot take place without an infrastructure foundation, infrastructure cannot develop without interacting with other production systems. Many transport activities have a complex relationship between their high transaction and service-oriented functions and their physical and human capital needs. Therefore, states transfer resources to both investment and maintenance services in the transportation sector for the development of economies. In this study, Turkey’s economic growth, gross domestic product (GDP) are examined the relationship between the resources allocated to investment and maintenance services in the transport sector are compared with selected countries. While maintenance expenses were 874 million USD in 2012, they decreased to 230 million USD in 2016. The share of maintenance expenses in the transportation sector in GDP increased from 0.01% in 1995, 0.05% in 2001, 0.04% in 2008, to 0.08% in 2011, and declined to 0.02% in 2016.

Keywords: Transportation, maintenance, investment, Turkey

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 02.06.2020

Kabul/Accepted : 19.06.2020

¹ Prof.Dr., Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Denizli, hkcozturk@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4831-1118

² Prof.Dr., Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Denizli, askiner@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1223-6796



1. GİRİŞ

Ulaştırma sistemleri sosyo-ekonomik değişimlerle yakından ilgilidir. İnsanların hareketliliği, yük taşımacılığı ve ulaşım erişilebilirlik seviyeleri bu ilişkinin merkezinde yer almaktadır. Ulaşım altyapılarının mobilite ihtiyaçlarını karşıladığı, pazarlara ve kaynaklara erişimi sağladığı durumlarda ekonomik faaliyetler yürütülebilmekte ve fırsatlar ortaya çıkabilmektedir. 19. yüzyıldaki sanayi devriminden, 20. yüzyılın sonları ve 21. yüzyılın başlarında küreselleşme ve ekonomik entegrasyon süreçlerine kadar dünyanın bölgeleri ekonomik kalkınmadan farklı şekilde etkilenmiştir. Uluslararası, bölgesel ve yerel ulaşım sistemleri, ekonomik faaliyetlerin temel bileşenleri haline gelmiştir. Taşımacılığın sosyoekonomik sistemler üzerinde olumlu etkileri olsa da, trafik sıkışıklığı, kazalar gibi olumsuz sonuçlar da vardır. Taşımacılık aynı zamanda maliyet, kapasite, verimlilik, güvenilirlik ve hız gibi operasyonel özelliklerden faydalanan ticari bir faaliyettir. Ulaştırma sistemleri, şebekenin işletme kapasitesini yansıtan ve bir ekonominin mobilite gereklilikleri olan ulaşım talebi ve arzı arasındaki karmaşık ilişkiler içinde gelişmektedir.

Yoğun altyapı kullanımı nedeniyle, ulaşım sektörü ekonominin önemli bir bileşeni ve kalkınma için kullanılan ortak bir araçtır. Ekonomilerin, insanların, malların ve bilginin hareketliliği ile artan bir şekilde ilişkili olduğu bilinmektedir, ancak bu ilişkiler küresel bir ekonomide daha da yoğun olmaktadır. Ulaştırma altyapısının niceliği ve kalitesi ile ekonomik gelişme düzeyi arasındaki ilişki açıktır. Yüksek yoğunluklu ulaşım altyapısı ve yüksek bağlantılı ağlar genellikle yüksek gelişmişlik sağlar. Ulaşım sistemleri verimli olduğunda, piyasalara daha iyi erişilebilirlik, istihdam ve ek yatırımlar gibi olumlu çarpan etkileri ile sonuçlanan ekonomik ve sosyal fırsatlar ve faydalar sağlarlar. Ulaşım sistemleri kapasite veya güvenilirlik açısından yetersiz olduğunda, azaltılmış veya kaçırılmış fırsatlar ve düşük yaşam kalitesi gibi ekonomik bir maliyete sebep olabilirler.

Kamu altyapı yatırımlarını ampirik olarak özel sektörün üretkenliği veya ekonomik büyüme ile ilişkilendirmeye çalışan birçok makroekonomik çalışma vardır [1, 2, 3]. Bu çalışmalar göstermektedir ki; altyapıya yapılan yatırım ekonomik büyümeye olumlu katkıda bulunur; Altyapının etkisi, sermayenin marjinal ürününün yükseltilmesi üzerinde doğrudan veya dolaylı etkilere neden olabilir. Gramlich [4] ve Calderon ve Serven [5] yaptıkları çalışmada ise kamu yatırımları ile çıktı büyümesi arasındaki nedensellik yönünün belirsiz olduğunu ve belirsiz politika tavsiyelerine yol açtığını savunmaktadır. Diğer yandan Mittnik ve Neumann [6], kamu yatırımlarının ekonomik büyümenin bir faktörü olarak değerlendirilebileceğini, ancak finanse edilme tarzının özel yatırımlar üzerindeki etkisinin artmasına yol açtığını savunulmaktadır.

Yollar, demiryolları, limanlar ve havaalanları; tarım, madencilik ve imalatçı üreticileri uluslararası ve bölgesel pazarlara bağlayarak ekonomik ve sosyal faydalar sağlar. Güvenilir ve rekabetçi fiyatlara sahip nakliye taşımacılığı altyapısı ve ulusla-

rarası pazarlara bağlanma olanakları olmadan, ülkeler mallarını avantajlı koşullarda alma ya da satma olanağına sahip olamazlar. Ürünleri iç pazarlara taşıyamazlarsa, imkansız olmasa da GSYİH büyümesi zorlaşacaktır. Hem iç hem de dış pazarları çalıştıracak yeterli ulaşım altyapısı ve hizmetleri gerekmektedir. Altyapı olmadığında veya bozulmuş olduğunda, yeterli bakım hizmetleri sunulmadığında veya sunulmadığında artık bağlayıcı işlevlerini yerine getirmezler ve ekonomiler bundan zarar görür. Temel işlemler ve hareketler ertelendiğinde veya bozuldukları, ulaşım maliyetleri arttıkça, ürünlerin pazara ulaştırılmasında zaman kaybederler ve şirketler rekabet edebilmek için daha fazla mücadele etmek zorunda kalırlar [7]. Bağlantıları geri kazanabilmek için yeni altyapının inşa edilmesi ve mevcut altyapının geri yenilenmesi, bakımının yapılması veya iyileştirilmesi gerekir. Ulaşım altyapısı pahalıdır. Karayolları, demiryolları, havaalanları ve limanlar inşa etmek için gereken büyük yatırımların iyi planlanması gerekir. Düzenli olarak bakım hizmetlerinin yürütülmesi durumunda ulaşım altyapısı uzun süre ihtiyaçlara cevap verebilir. Ancak bakım olmadan, bu değerli varlıklar birkaç yıl içinde bozulabilir. Çok sık olarak, aynı yollar, uygun bakım hizmetlerinin zamanında yapılmamasından dolayı hizmet veremez duruma gelirler ve yeni ve daha pahalı yatırımların yapılması zorunluluk haline gelebilir.

Bakım, “bir öğeyi veya sistemi tutması veya gerekli işlevini yerine getirebileceği bir durumda tutması amaçlanan tüm teknik ve ilgili idari işlemler” olarak tanımlanabilir [8]. Belirli bir yol segmenti için, alternatif bakım yöntemleri ve bakımın uygulanma zamanları arasında seçim yapılması gerekir. Bakım, yeni altyapıya göre daha küçük, daha az belirgin olması nedeniyle yatırıma oranla daha az kaynak harcanarak yapılabilmektedir [9, 10].

Bakım olmadan, karayolları kullanıcıları araç çalışması, zaman, güvenilirlik ve emniyet açısından artan maliyetlerle karşı karşıya kalabilirler. Eğer bozulma çok ileri düzeylere ulaşırsa, kullanıcılar karayolunun sağladığı ekonomik ve sosyal faydaların kesin kayıplarıyla karşılaşacaklarından yolu kullanmak istemeyecektir. Dünya çapında, bugün ulaştırma sektörü, toplam enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri ve petrol tüketiminin ise neredeyse üçte ikisini kapsamaktadır. Ayrıca, yakıtın yanmasından kaynaklanan küresel karbondioksit (CO₂) emisyonlarının yaklaşık dörtte biri de ulaşım sektörü kaynaklıdır. Özellikle kentsel alanlarda hava kirliliğini önemli şekilde etkilemektedir. Zorunluluklar, özellikle şehirlerin katlanarak büyümesi, hareketlilik talebinin hızla artması daha verimli, daha hızlı ve daha temiz ulaşım için gelişmekte olan ekonomilerde bir ihtiyaç yaratmaktadır [11].

Bir ulaştırma altyapısı projesi üç farklı maliyet gerektirir: yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve bakım maliyeti. Yeni bir varlık inşa edilmesi durumunda - ya karayolu ya da demiryolu gibi doğrusal bir altyapı ya da liman, istasyon ya da havaalanı gibi düğüm noktası - yatırım maliyeti, toplam maliyetlerin en büyük kısmını temsil eder.



Bu kalem, altyapı tarafından işgal edilecek olan alanın planlanması ve ıslahı ile ilgili maliyetleri ve altyapı ve üst yapınının inşası ve diğer maliyetleri içerir.

Yukarıda listelenen parasal maliyetlere, bazı parasal olmayan maliyet kalemlerine de eklenmesi gerekir: inşaat işleri ve tüm ömrü boyunca altyapı varlığının varlığı ile çevre üzerindeki etkisi nakit akışını negatif yapan, tüm bu maliyet kalemleri, yapım aşamasındaki ömrünün ilk yıllarında, görünür (veya görünmeye başlar). Varlık kurulduktan ve çalışmaya hazır olduktan sonra, diğer maliyet kalemleri ortaya çıkar: varlığın çalışması ve yönetimi ile ilgili maliyetler ile bakım maliyetleri. Bakım maliyet kalemi, sırayla rutin bakım maliyetlerine ve periyodik bakım maliyetlerine ayrılabilen bakım maliyetleri ile temsil edilir. Bakım, varlığı tüm ömrü boyunca verimli bir şekilde sürdürmek için gereklidirler. Her ne kadar eski maliyetler sistemin ömrü boyunca neredeyse sabit olsa da, periyodik bakım maliyetleri daha önemlidir ve bazı durumlarda yıllık nakit akışı işaretindeki bir değişikliği belirlemek için çok daha önemli hale gelebilir [12].

Bakım hizmetlerini uygun zamanda ve uygun yöntemlerle yaparak ulaşım sektörü altyapısının çok daha uzun sürelerde kullanımı mümkün olabilmektedir. Bakım maliyetleri, yatırım maliyetleri ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Ancak, yeni yatırımlar kadar görünürlüğü bulunmamaktadır. Bu durum özellikle yöneticilerin, bakım yerine yatırım projelerini öncelemelerinde etkin olmaktadır.

2. VERİLER VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada seçilmiş ülkelerin ulaştırma sektöründeki yatırım ve bakım giderleri karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda Türkiye için, bakım ve yatırım giderlerinin GSYİH'daki oranı ve bakım ve yatırım giderlerinin yıllar içindeki değişimi de incelenmiştir.

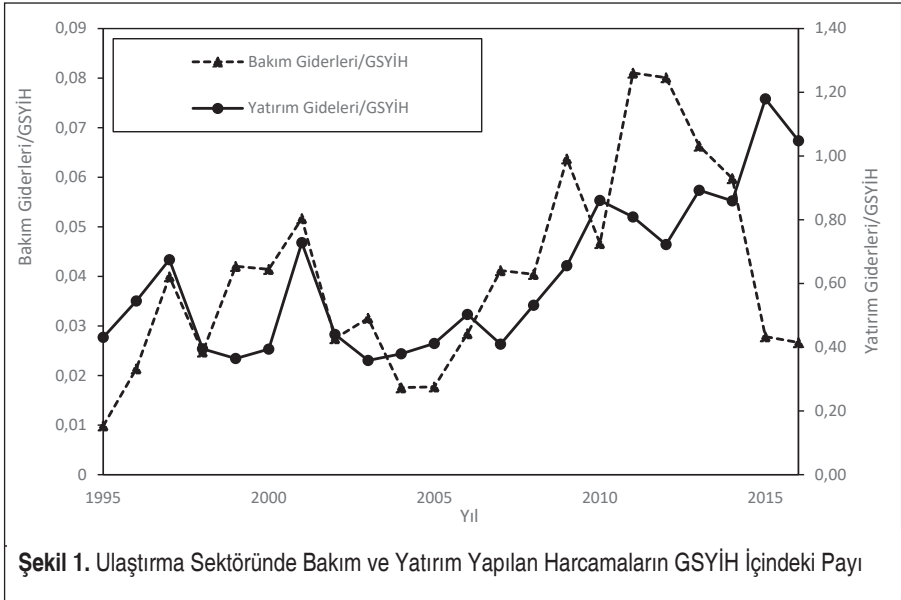
Veriler Uluslararası Ulaştırma Forumu (ITF) veri setinden elde edilmiştir. ITF üye ülkelerinden yıllık olarak toplanan verileri içermektedir. Ulaştırma altyapılarına yapılan yatırım ve bakım harcamalarına ilişkin veriler, ülkelerin Ulaştırma Bakanlıklarından, istatistik ofislerinden ve resmi veri kaynağı olarak belirlenen diğer kurumlardan ITF tarafından toplanmaktadır. Orijinal veriler, ulusal para birimlerinde güncel değerler ile toplanarak güncel kurlar üzerinden analitik amaçlar ve veri karşılaştırmaları için milyon avro olarak dönüştürülüp yayınlanmaktadır. Toplanan değişkenler yatırım ve bakım harcamaları ve karayolu, demiryolu, iç su yolları, deniz limanları ve havaalanları için sermaye değerini içermektedir [13].

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında Türkiye ve seçilmiş ülkelerin ulaştırma sektöründe yaptıkları yatırım ve bakım harcamaları karşılaştırılmıştır. Birçok ülkede yol bakımı fonunun yetersiz olduğu ve bakım eksikliğinin hem ülke ekonomileri olumsuz etkilediği hem

de kazalara neden olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, bu kaygının, karayolu varlıklarının durumuna ilişkin veri eksikliğinden dolayı doğrulanması güçtür. Yol harcamalarına ilişkin mevcut veriler, yol bakımı ve yatırım arasındaki dengenin birçok bölgede zaman içinde nispeten sabit olduğunu göstermektedir. Ulaştırma sektörüne yapılan kamu harcamalarından toplam yol harcamalarında bakımın payı %25 ile %35 arasında kalmıştır. 2009 yılına kadar karşılaştırılabilir verilerin bulunduğu 28 OECD ülkesinde, toplam yol harcamalarındaki bakımın payı 1995'te %27'den 2005'te %33'e yükselmiştir ve sonrasında ise kademeli olarak 2009'da %30'a gerilemiştir. Bu düşüş eğilimi 2011 yılına kadar 18 OECD ülkesindeki verilerle incelendiğinde %27'ye düştüğü görülmüştür. Karşılaştırılabilir verilerin bulunduğu 11 Batı Avrupa ülkesinde, veriler 2005 yılında bakım harcamalarında bir artış olduğunu ve bunun ardından bakım payının kademeli olarak önceki seviyelere düştüğünü göstermektedir (%27 toplam harcama). Benzer şekilde, Kuzey Amerika'daki yol bakım payı kademeli olarak 1995'te %35'ten, 2009'da ise %30'a düşmüştür [14].

Ulaştırma sektöründe bakım ve yatırım harcamalarının GSYİH içindeki payı Şekil 1'de verilmiştir. Türkiye'de ulaştırma sektöründe yatırım ve bakım için yapılan harcamaların GSYİH içindeki payı dalgalanma göstermektedir. Ulaştırma sektöründe yapılan yatırımın GSYİH içindeki payı 1995 yılında %0,43, 2001 yılında %0,73, 2008 yılında %0,53 ve 2016 yılında %1,03 değerini almıştır. Öte yandan ulaştırma sektöründe yapılan bakımın GSYİH içindeki payı 1995 yılında %0,01, 2001 yılında %0,05, 2008 yılında %0,04 bu değer 2011 yılında 0,08'e çıkmış ancak sonrasında hızlı bir



Şekil 1. Ulaştırma Sektöründe Bakım ve Yatırım Yapılan Harcamaların GSYİH İçindeki Payı

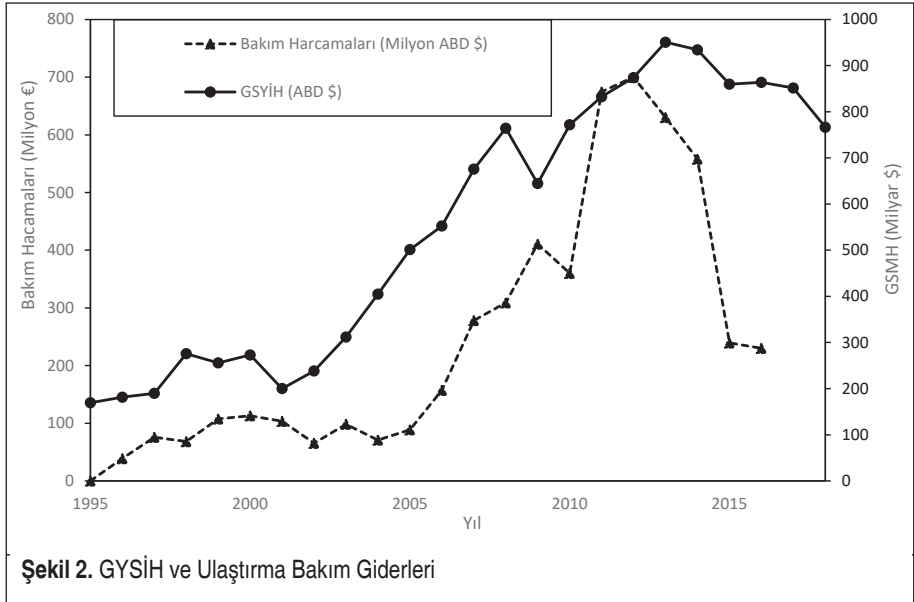


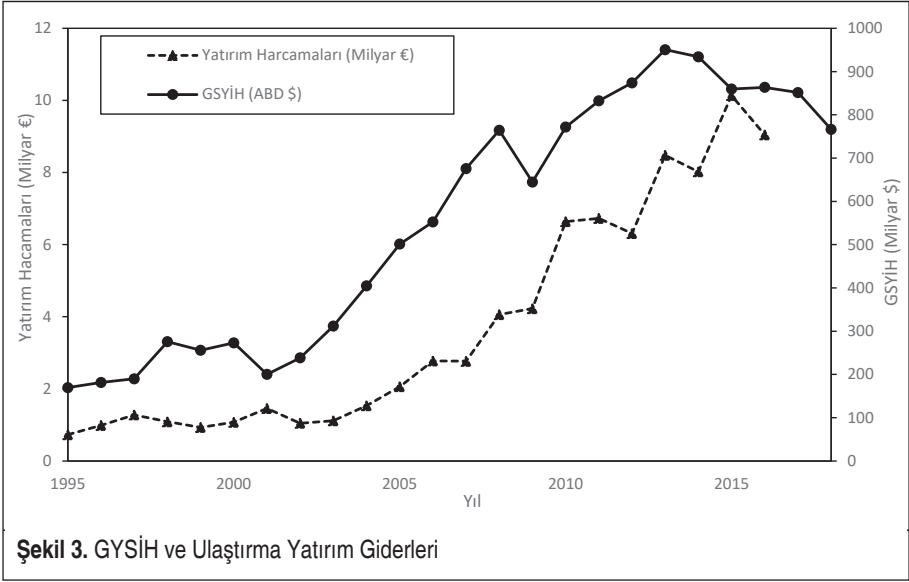
şekilde düşerek 2016 yılında hızlı bir şekilde düşerek 2001 yılının da altına 0,02'ye gerilemiş. (Şekil 1). Şekilde de görüldüğü gibi ulaştırma sektöründe hem bakım hem de yatırım harcamaları dalgalı bir seyir izlemiştir.

Ulaştırma sektöründe bakım yapılan yatırımlar ve Türkiye'nin GSYİH'nin 1995-2016 yılları arasındaki değişimi Şekil 2 de verilmiştir. Şekil 2'den de görüldüğü gibi, Türkiye 1995-2016 yılları arasında yaşanan genel olarak büyüme trendini içinde olmuştur ve GSYİ hasılası yükselme trendindedir. 1995-20018 yılları arasında ekonomi 3 defa, 2001, 2008 ve 2013 yıllarında yaşanan krizler ile birlikte daralmıştır. 2001 ve 2008 yıllarında, krizin hemen sonrasında ekonomide büyüme görünürken, 2013 yılından sonra üst üste 5 yıl GSYİH'da düşme olmuştur. Türkiye'nin GSYİH'sı 2013 yılında 950 milyar dolar iken 2018 yılında 766 milyar dolara düşmüştür. Bu yaklaşık dolar bazında GSYİH'da %20 küçülme anlamına gelmektedir. Diğer bir deyişle Türkiye ekonomisi geçen 5 yılda sürekli olarak her yılve toplamda %20 küçülmüştür.

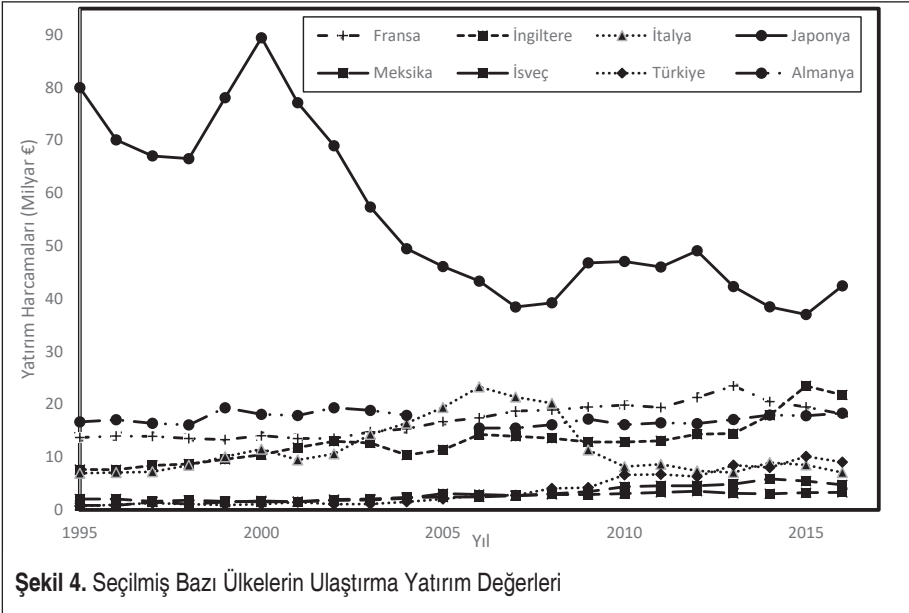
Ulaştırma bakım masrafları ile GSYİH karşılaştırıldığında ikisi arasında bir paralellik göze çarpmaktadır. Ekonominin büyüdüğü veya GSYİH'nın arttığı yıllarda ulaştırma bakım giderleri artarken ekonominin küçüldüğü yıllarda ise azalmaktadır. 2018 yılında Türkiye ekonomisinin büyüklüğü 2008 yılı değerlerine gerilerken, bakım giderleri de 2007 yılı değerine gerilemiştir.

Şekil 3'te Türkiye'de 1995-2018 yılları arasında ulaştırma sektöründe yapılan yatırım ve GSYİH arasındaki değişim verilmiştir. Şekil 3'ten de açıkça görüleceği üzere, ulaş-





Şekil 3. GYSİH ve Ulaştırma Yatırım Giderleri



Şekil 4. Seçilmiş Bazı Ülkelerin Ulaştırma Yatırım Değerleri

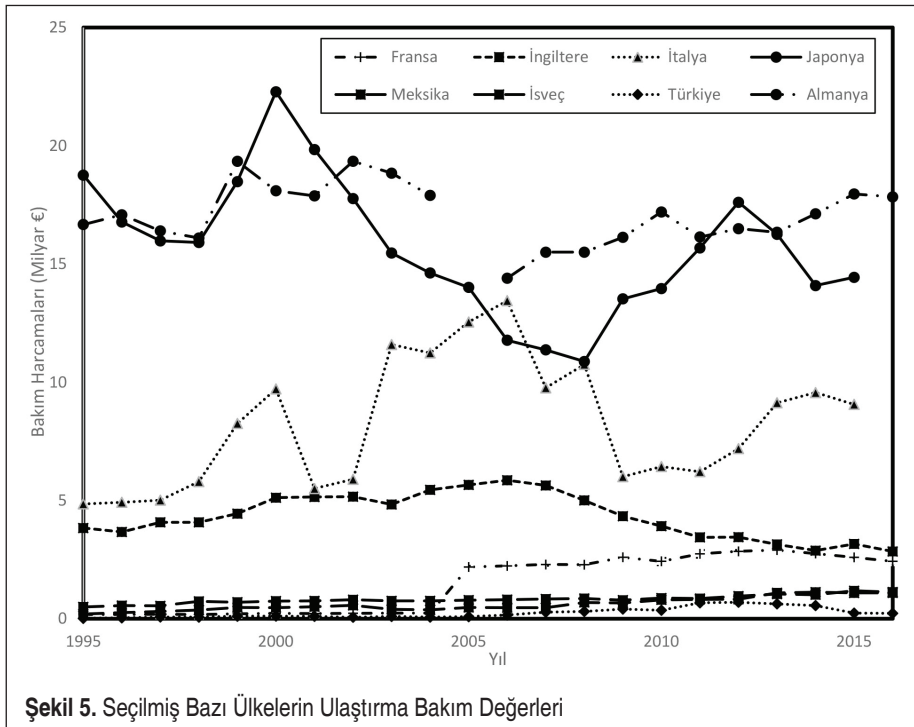
tırma bakım masrafları gibi, yatırım giderleri de GSYİH ile paralellik göstermektedir.

Şekil 4 ve Şekil 5'te seçilmiş bazı ülkelerin ulaştırma sektöründeki yatırım ve bakım giderleri verilmiştir. Bu ülkeler seçilirken coğrafi olarak ve nüfus olarak büyüklük-



lerinin Türkiye ile yakın olmaları kriter olarak belirlenmiştir. Şekil 4'te görüldüğü gibi seçilen ülkelerden ulaştırma sektörüne en büyük yatırımı yapan ülke Japonya'dır. 1995 yılında Türkiye'nin ulaştırma yatırım harcaması 0,73 Milyar € iken, Meksika 0,82 Milyar €, İsveç 2,05 Milyar €, İtalya 6,94 Milyar €, İngiltere 7,73 Milyar €, Fransa 13,71 Milyar €, Almanya 16,67 Milyar € ve Japonya 80,02 Milyar € olmuştur. 2016 yılına gelindiğinde ise Türkiye'nin ulaştırma yatırım harcaması 9,04 Milyar € iken, Meksika'nın 4,74 Milyar €, İsveç'in 3,30 Milyar €, İtalya'nın 7,08 Milyar €, İngiltere'nin 21,78 Milyar €, Fransa'nın 18,16 Milyar €, Almanya'nın 18,32 Milyar €, ve Japonya'nın 42,44 Milyar € olmuştur. Bu rakamlarda, Türkiye'de ulaştırma yatırımlarında bir artış olduğunu ancak bunun Japonya, Almanya, Fransa ve İngiltere'nin gerisinde kaldığını göstermektedir.

Ulaştırma sektöründe yapılan bakım harcamaları Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü gibi yatırımda olduğu gibi bakım harcamalarında da Japonya, Almanya, Fransa, İtalya ve İngiltere gibi ülkeler ulaştırma sektöründe fazla harcama yapmışlardır. Şekil incelendiğinde görüleceği üzere, ulaştırma sektöründe bakım için yapılan harcamalar seçilen ülkeler içerisinde en düşük seviyededir.



4. SONUÇ

Bu çalışmada Türk ekonomisindeki gelişmeler, GSYİH'la ile ulaştırma sektörüne yapılan yatırımlar ve bakım giderleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan incelemede ekonomik gelişmeler ile ulaştırma sektörüne yapılan yatırım ve bakım giderleri arasında doğrusal bir ilişki gözlemlenmiştir. Ekonomik büyürken ulaştırma sektörüne yapılan yatırımlar ve bakım giderleri artarken ekonomi yavaşlarken azalmaktadır. Seçilmiş bazı ülkeler ile Türkiye'nin ulaştırma sektöründeki yatırım ve bakım için ayrılan kaynaklar da karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma, Türkiye'nin ulaştırma sektöründe kendi ölçeğinde karşılaştırıldığında hem bakım hem de yatırımda artışlar olmakla birlikte, bu değer birçok ülkenin oldukça gerisinde kalmaktadır. Diğer yandan 2013 yılından bu yana süre Türkiye ekonomisindeki küçülme ulaştırma sektörünü de etkilemiş ve bakım giderleri keskin bir şekilde düşmüştür.

KAYNAKÇA

1. **Cheteni, P.** 2013. "Transport Infrastructure Investment and Transport Sector Productivity on Economic Growth in South Africa" *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4(13), 761.
2. **Canning, D., Bennathan, E.** 2000. "The Social Rate of Return on Infrastructure Investments." World Bank Research Project, RPO 680-89, Washington, D.C.
3. **Aschauer, D. A.** 2000. "Do States Optimise? Public Capital and Economic Growth." *The Annals of Regional Science*, 34, 343-363.
4. **Gramlich, E. M.** 1994. "Infrastructure investment: A review essay." *Journal of Economic Literature*, 32, 1176-1196.
5. **Calderon, C., Serven, L.** 2004. "The Effects of Infrastructure Development On Growth and Income Distribution." Central Bank of Chile. Working Papers No 270.
6. **Mittnik, S., & Neumann, T.** 2001. "Dynamic effects of public investment: Vector autoregressive evidence from six industrialized countries." *Empirical Economics*, 26(2), 429-446.
7. **Carruthers, R. C.** 2013. "What Prospects for Transport Infrastructure and Impacts on Growth in Southern and Eastern Mediterranean Countries?" MEDPRO Report No. 3/ February 2013.
8. **Decker R.** 1996. "Applications of Maintenance Optimization Models: A Review and Analysis", *Reliability Engineering and System Safety*, 51(3): 229-240.
9. **Semmens J.** 2006. "De-Socializing the Roads", in: Roth G. (ed.), *Street smart*, Transaction Publishers, New Brunswick.
10. **Zietlow G.J.** 2006. "Role of the Private Sector in Managing and Maintaining Roads" in Roth G. (ed.), *Street Smart*, Transaction Publishers, New Brunswick.



11. **Harvey, M.O.** 2012."Optimising Road Maintenance.", Discussion Paper No. 2012-12
12. **Ferrari, C., Bottasso, A., Conti, M., & Tei, A.** 2018. "Economic Role of Transport Infrastructure: Theory and Models." Elsevier.
13. ITF, 2019, International Transport Forum, "Transport infrastructure investment and maintenance", ITF Transport Statistics (database), <https://doi.org/10.1787/g2g55573-en> (İnternet Erişimi, 17 Nisan 2019).
14. ITF. 2013. International Transport Forum, Spending on Transport Infrastructure 1995-2011: Trends, Policies, Data. <https://stats.oecd.org/index.aspx?r=367172>. (İnternet Erişimi, 17 Nisan 2019).

Kat Isıtmasında Yüzer Döşeme ve Faz Değiştiren Malzeme Kullanımının Enerji Verimliliğine ve Konfor Koşullarına Etkisi

Ersin Haydaraslan^{*1}, Burhan Çuhadaroğlu², Yalçın Yaşar³

ÖZ

Günümüzde ülkelerin gelişmişlik düzeylerine ilişkin tüm sınıflandırmalarda enerji önemli bir yer tutmaktadır. Ülkelerin geleceğe yönelik yaptığı bütün planlamalarda enerji kullanım oranı etkin bir parametre olarak göz önüne alınmaktadır. Buna bağlı olarak enerji kullanımının düşürülmesi amacıyla yapılan bilimsel çalışmalar önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, ara kat döşemelerinde yalıtım ve faz değiştiren malzeme (FDM) kullanımının enerji verimliliği ve konfor koşulları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bodrum, zemin ve iki normal kattan oluşan örnek bir binada eş zamanlı olarak ısıtılan ve ısıtılmayan ortamlardan oluşan farklı senaryolar üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu senaryolarda yalıtımsız, yalıtımlı ve yalıtıma ek FDM içeren bir katmanın olduğu üç farklı döşeme tipi kullanılarak, bu parametrelerin ortamların ısı yüklerine, ortam sıcaklığına ve enerji kullanımına etkileri incelenmiştir. Çalışmada elde edilmiş olan bulgulara göre; döşeme ve tavanda yalıtım ve FDM kullanılması ile ortamların ısı yükü düşmektedir. Aynı zamanda ortam sıcaklıklarının ayar sıcaklığına daha yakın olması ile birlikte ısı konfor koşullarının iyileşmekte olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçları göstermektedir ki; döşeme ve tavanlarda yalıtım ve FDM kullanımı, yıllık enerji kullanımını aşağıya çekmekte ve enerji verimliliğinde önemli bir artış sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji verimliliği, ısı konfor, yüzer döşeme, faz değiştiren malzeme (FDM)

The Effect of Floating Floor and Phase Changing Materials on Energy Efficiency and Comfort Conditions in Individual Heating

ABSTRACT

The energy takes an important shares in the nowadays classifications on the country development level. The energy consumption rate is considered as an effective parameter in all the future planning of the countries. Accordingly, scientific studies are important to reduce energy consumption. In this study, the effects of using insulation and phase change material (PCM) on the floors were investigated on energy efficiency and comfort conditions. In a building consisting of basement, ground floor and two normal floors, different scenarios were studied for simultaneously heated and unheated zones. In these scenarios, the effects of these parameters on the heat loads, zone temperature and energy consumption were investigated using three different types of flooring (uninsulated, insulated, and insulated and including PCM). According to the findings obtained from the study, the heat load of the zones decreased with the use of the insulation and PCM on the floor and ceiling. At the same time, it was determined that the thermal comfort conditions were improving as the zone temperatures were closer to the set point temperature. The results show that the use of insulation and PCM in floors and ceilings decrease the annual energy consumption and provides a significant increase in the energy efficiency.

Keywords: Energy efficiency, thermal comfort, floating floor, phase change material (PCM)

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 08.05.2020

Kabul/Accepted : 30.06.2020

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Rize, ersin.haydaraslan@erdogan.edu.tr
ORCID: 0000-0002-3142-9518

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Trabzon, burhan@ktu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-9144-498X

³ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, e-posta : yyasar@ktu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1899-750X



1. GİRİŞ

Artan nüfus ve tüketim çeşitliliği ile birlikte enerji gereksinimi de artmaktadır. Konvansiyonel enerji kaynaklarının hızla tükenmesi nedeniyle ülkeler tarafından hazırlanan gelişme planlarının ana başlığını enerji konusu oluşturmaktadır. Enerjinin büyük bir kısmı fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Fosil kaynakların yakın bir gelecekte tükenecek olmasının yanı sıra, bu kaynakların kullanımı ile atmosfere salınan sera gazı miktarının artması önemli bir risk oluşturmaktadır. Sera gazlarının artışı ise uzun dönemde iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması için aralarında Türkiye'nin de olduğu birçok ülke ortak çalışma yürütmektedir [1, 2]. İklim değişikliğinin etkilerinin somut bir şekilde görünüyor olmasından dolayı bu alanda farkındalık artmıştır. Bu farkındalık ile enerjinin yaklaşık olarak %40'nun kullanıldığı bina sektöründe enerji kullanımının azaltılması için çalışmalar yapılmaktadır. Bunun için Avrupa Birliği 2002 yılında Binalarda Enerji Performansı Direktifini (EPBD) yayımlamıştır [3]. Avrupa'daki üye ülkeler için hazırlanan enerji direktifinde 2020 yılının sonuna kadar inşa edilen tüm yeni binaların yaklaşık sıfır enerjili bina (nZEB) olması beklenmektedir [4]. Bu yönetmelik Avrupa Birliğine üye ve Türkiye gibi aday olan ülkeleri de kapsamaktadır.

Teknolojinin gelişimi ile binalar tarih boyunca değişime uğramıştır ve en köklü değişiklik 19. yüzyılda meydana gelmiştir. İnşaat süresi kısalmış ve artan nüfus ile yapılaşma hızlanmıştır. Yaşanan ekonomik ve sosyal gelişmeler ile bina kullanıcılarının yaşam kalitesi artmıştır. Yaşam kalitesinin artması ile enerji kullanımında artış yaşanmaktadır. Yapılan çalışmalar en fazla enerji kullanımının konutlarda olduğunu göstermektedir [5]. Dolayısıyla bina sektörü, sera gazları salınımının azaltılmasında anahtar sektördür. Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan enerjinin %40'ı ve salınan CO2 miktarının %36'sı bina kaynaklıdır [6]. Binalardaki iklimsel ve konumsal parametrelerde, binaya ait tasarım parametrelerinde ve yapı sistem parametrelerinde yapılabilecek iyileştirmelerle, binanın enerji performansı %30 oranında artırılabilir. EPBD'ye göre binaların enerji performansını etkileyen parametreler binanın ısı özellikleri (ısı köprüleri, yalıtım vb.), mekanik sistemler, aydınlatma, tasarım, konum ve yönlenme, pasif sistemler ve iç ortam koşulları olarak belirtilmektedir. Bina kullanıcıları için uygun iç ortam konfor koşullarının sağlanmasında binaların kabuğu önemlidir. Bina kabuğunun enerji performansı dış duvar, döşeme, çatı, tavan, pencere ve kapıların enerji performansına bağlıdır. Bu nedenle binaların enerji performansının artırılması için bina kabuğu elemanlarının enerji performansının iyileştirilmesi için çalışmalar yapılmıştır [7, 8, 9]. Özellikle mevcut binaların enerji kullanımlarının azaltılması için duvar ve döşemelerde yalıtımın kullanılması ve yalıtım kalınlığının etkilerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır [10, 11]. Delmastro vd. [10]; binaların enerji performanslarının iyileştirilmesi konusunda yaptıkları çalışmada, ara kat döşemelerine yalıtım eklenmesi durumunu incelemiştir. Çalışmada döşemelere eklenen yalıtımın enerji



kullanımını azalttığını belirtmişlerdir. Kurnitski vd. [12]; tavana yalıtım eklenmesinin enerji performansını alınan diğer önlemlerle birlikte %16 oranında artırmakta olduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Ayrıca, Çuhadaroğlu [13]; kat ısıtması yapılan binalarda alt ve üst katların eş zamanlı olarak ısıtılmamasından kaynaklanan enerji kaybını ve bu durumun iç ortam sıcaklıklarına etkisini incelemiştir. Çalışmada ara kat döşemelerinde yalıtımın kullanılmasının ısı konfor üzerinde önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın yaptığı projeksiyon çalışmalarına göre 2030 yılına kadar enerji performansı yüksek binaların inşasını artırmak ve farklı bina tiplerindeki enerji ihtiyaçlarının azaltılması için yenilikçi çözümler ve iş modelleri gerekmektedir. IEA, bina kabuğunda inovasyon gereken alanları farklı başlıklara ayırmıştır. Bu başlıklar; hava akışı, hava sızdırmazlığı ve havalandırma kontrolleri, geliştirilmiş pencereler, binaya entegre depolama sistemleri ve yenilenebilir enerji teknolojileridir. Binaya entegre depolama sistemleri ve yenilenebilir enerji teknolojileri altında faz değiştiren malzemeler (FDM) yer almaktadır [14]. Avrupa Birliği'nin 2015 yılında yayınladığı "Binalarda enerji verimliliği çözümleri için yeni malzemeler ve teknolojiler geliştirilmesi" adlı raporunda enerji depolamanın 2025 yılında %60-75 oranlarında enerji etkinliği sağlayacağı belirtilmiştir ve FDM'lerin kullanım yoğunluğunun artırılması üzerinde durulmuştur [15]. Bu doğrultuda binalarda enerji kullanımının azaltılması için, bina konstrüksiyonlarında FDM'ler kullanılmaya başlanmıştır. FDM'ler dış etmenlerin etkisiyle hal değiştiren malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Termodinamik açıdan ise FDM'ler entropi değişimi nedeni ile ısıyı emen ya da serbest bırakan malzemelerdir. Malzeme ısısının bu bölümü, malzemenin kütlesi ile ilgilidir ve malzemenin gizli ısı olarak tanımlanmaktadır. Gizli ısı erime sırasında malzeme tarafından emilebilir ya da donma sırasında serbest bırakılabilir. FDM'lerin birçok tipi vardır ancak yapılan çalışmalara göre organik, inorganik ve karışım olarak üç ana grupta sınıflandırılabilir. [16]. FDM'ler elektronik ekipmanlardan gıda sektörüne kadar geniş bir alanda kullanılmasıyla birlikte, binalarda ısıtma ve soğutma uygulamalarının verimliliğinin artırılmasında bir enerji depolama sistemi olarak kullanılabilir [17]. Binalarda sıva, dolgu malzemeleri gibi yapı malzemelerinin içine karıştırılarak ya da alçı levhalar gibi yapı malzemelerinde kullanılmaktadır. FDM'lerin binalarda kullanımı ile ilgili, yaz aylarında soğutma yükünü düşürmek için çalışmalar yapılmıştır [18-25]. Bu çalışmalarda faz değiştiren malzemenin tipi, katman kalınlığı, katmanın duvar içindeki pozisyonu, erime sıcaklığı vb. parametrelerin, iklim ve bina karakteristiğine uygun olarak belirlenmesi gerektiğinden bahsedilmektedir. Binalara uygun FDM parametreleri her iklim tipinde farklılık göstermiştir. Kış aylarında ısıtma yükünü düşürmek için de çalışmalar yapılmıştır [26-29]. Bu çalışmalarda, yine soğutma yükünü düşürmeyi amaçlayan çalışmalardaki parametreler iklim ve bina karakteristiğine uygun olarak belirlenmiştir. Nemli ılıman iklimte sahip bölgelerde ise hem ısıtma, hem de soğutma yükünü düşürmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır [30-32]. Bu çalışmalardan Wang vd. [22], sıcak bir iklimde yaz günleri soğutma yükünü düşürmek



için duvar içinde faz değiştiren malzeme kullanmışlardır. Çalışmanın parametreleri, FDM tipi, FDM katman kalınlığı ve FDM'nin duvar içindeki konumudur. Çalışmada, dış ortandan iç ortama olan ısı transferi FDM katman kalınlığı arttıkça azalmıştır. En uygun FDM katman konumunun her bir erime sıcaklığında değiştiğini, 31 °C erime sıcaklığında en uygun konum duvarın iç kısmında olurken, 35 °C erime sıcaklığında duvarın ortasında bulunduğu en iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. İnceledikleri altı FDM'den en iyi performansı 42 °C erime sıcaklığına sahip olanın, 20 mm kalınlıkta ve duvarın dış kısmındayken gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır. En iyi performansa sahip FDM'nin ısı transferini %34,9'a kadar düşürdüğünü belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada Karaoulis vd. [33], iki tanesi sıcak kuru, bir tanesi sıcak ve çok nemli iklime sahip olmak üzere üç ilde faz değiştiren malzemenin dış duvarda, iç duvarda ve tavanda kullanımının enerji kullanımına etkisini belirlemişlerdir. Çalışmada genel olarak binalardaki aşırı ısınma ve soğuma sorununun FDM ile çözülebileceği sonucuna ulaşmışlardır. Bu değerlendirmeler ışığında bu çalışmada, ara kat döşemelerinde yalıtım ve FDM kullanılmasının ısı yüküne, ortam sıcaklığına ve enerji kullanımına etkisi incelenmiştir. Soğuk iklim bölgesindeki bir il için ara kat döşemelerinde yalıtımın olmadığı durumda ısı yükü, ortam sıcaklığı ve enerji kullanım düzeyi belirlenmiştir. Bu veriler referans alınarak binadaki katların farklı zaman ve sıcaklıklarda kullanılmasına bağlı çeşitli senaryolar geliştirilmiştir. Bu senaryolarda farklı döşeme ve tavan tipleri uygulanarak yalıtımın ve FDM'nin etkileri incelenmiştir.

2. YÖNTEM

Çalışma kapsamında ara katlarda yüzer döşeme uygulanmasının ve döşeme ve tavan da FDM kullanılmasının ortamların ısı yüküne, ortam sıcaklığına ve enerji kullanımına olan etkisi teorik olarak incelenmiştir. Hesaplamalar, çalışmada kullanılan bina özellikleri ve sonuçların karşılaştırılması amacıyla oluşturulan farklı senaryolar için yapılmıştır.

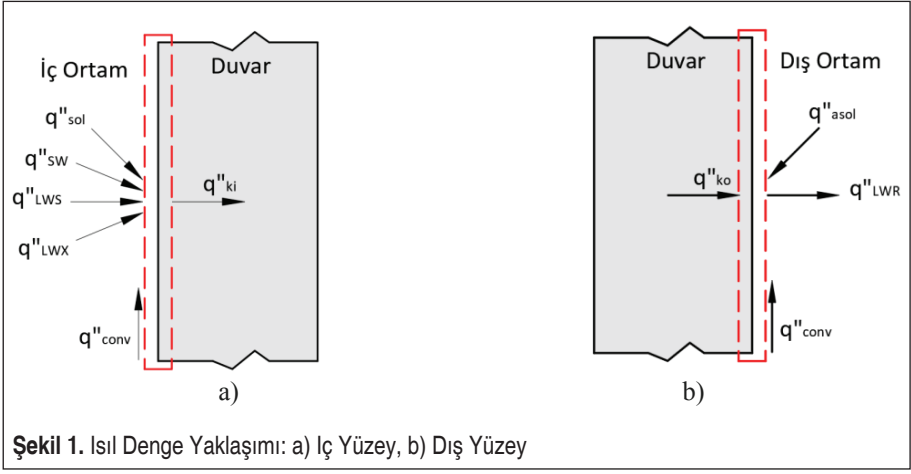
2.1 Hesap Yöntemi

Isı yükü, ortam sıcaklığı ve yıllık enerji kullanımının hesaplanması için ASHRAE'nin ısıl denge yaklaşımı kullanılmıştır. Isıl denge yaklaşımının temeli, bina kabuğuna Termodinamiğin I. yasasının (enerjinin korunumu) uygulanmasıdır [34]. Bu yaklaşım binanın her bir yüzeyinin dış ve iç ortama bakan kısımları ile iç ortamları çevreleyen her bir ortama uygulanır (Şekil 1.)

İç yüzey için ısıl denge;

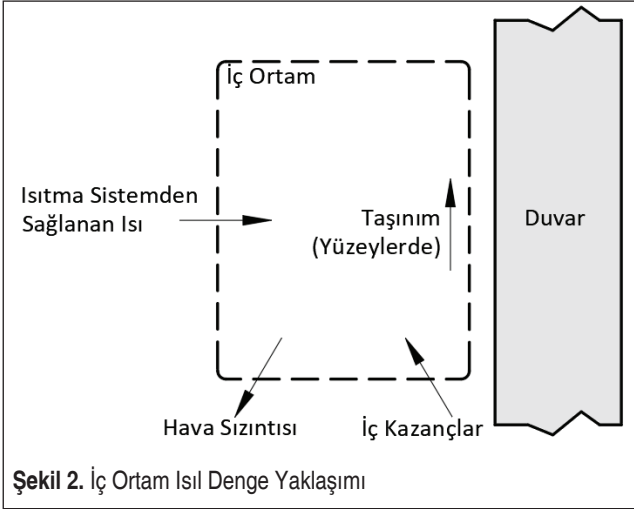
$$q''_{LWX} + q''_{SW} + q''_{LWS} + q''_{sol} + q''_{conv} - q''_{ki} = 0 \quad (1)$$

denkleminde göre belirlenir. Dış yüzey için ısıl denge ise;



$$q''_{asol} - q''_{LWR} - q''_{conv} + q''_{ko} = 0 \quad (2)$$

denkleminde göre belirlenir. Denklem (1) ve (2)'deki q''_{conv} ortam sıcaklığına göre hesaplanmaktadır. Ortam sıcaklığı ise iç ortam ısı dengesine göre belirlenir (Şekil 2).



Bu yaklaşımda;

$$C_z \frac{dT_z}{dt} = \sum_{i=1}^{N_{sl}} \dot{Q}_i - \sum_{i=1}^{N_{yüzey}} h_i A_i (T_z - T_{si}) - \sum_{i=1}^{N_{ortam}} \dot{m}_i C_p (T_z - T_{zi}) - \dot{m}_{inf} C_p (T_z - T_{\infty}) + \dot{Q}_{sys} \quad (3)$$



denklemleri kullanılmaktadır. Burada;

$$\begin{aligned}
 C_z \frac{dT_z}{dt} & : \text{Ortamda depolanan ısı enerjisi} \\
 \sum_{i=1}^{N_{sl}} \dot{Q}_i & : \text{İç ısı yükleri toplamı} \\
 \sum_{i=1}^{N_{yüzey}} h_i A_i (T_z - T_{si}) & : \text{Ortam yüzeylerine taşınım ile ısı geçişi} \\
 \sum_{i=1}^{N_{ortam}} \dot{m}_i C_p (T_{zi} - T_z) & : \text{İç ortamdaki komşu iç ortamlara hava sızıntısı ile ısı geçişi} \\
 \dot{m}_{inf} C_p (T_{\infty} - T_z) & : \text{İç ortamdaki dış ortama hava sızıntısı ile ısı geçişi.}
 \end{aligned}$$

Daimi durumda ortamda depolanan ısı enerjisi göz ardı edilirse Denklem (3);

$$\dot{Q}_{sys} = - \sum_{i=1}^{N_{sl}} \dot{Q}_i + \sum_{i=1}^{N_{yüzey}} h_i A_i (T_z - T_{si}) + \sum_{i=1}^{N_{ortam}} \dot{m}_i C_p (T_z - T_{zi}) + \dot{m}_{inf} C_p (T_z - T_{\infty}) \quad (4)$$

şeklinde yazılır. Burada taşınım katsayısı h_i , seçilecek bir korelasyona göre belirlenir. \dot{Q}_{sys} aynı zamanda;

$$\dot{Q}_{sys} = \dot{m}_{sys} C_p (T_{sup} - T_z) \quad (5)$$

denklemleri ile hesaplanabilir. Burada T_{sup} ortamın ısıtılması için ısıtma cihazı tarafından sağlanması gereken havanın sıcaklığıdır (ayar sıcaklığı). Ortama ait ısı yükü ise $\dot{Q}_{yük} = -\dot{Q}_{sys}$ eşitliği ile elde edilir. Denklem (4)'te T_{∞} yıl içindeki en düşük dış ortam sıcaklığıdır. İç ortam sıcaklığı T_z ise Denklem (3) ve (5)'ten çekilerek;

$$T_z^t = \frac{\sum_{i=1}^{N_{sl}} \dot{Q}_i^t + \dot{m}_{sys} C_p T_{sup}^t + \left(C_z \frac{dT_z}{dt} + \sum_{i=1}^{N_{yüzey}} h_i A_i T_{si} + \sum_{i=1}^{N_{ortam}} \dot{m}_i C_p T_{zi} + \dot{m}_{inf} C_p T_{\infty} \right)^{t-\delta t}}{\frac{C_z}{\delta t} + \left(\sum_{i=1}^{N_{yüzey}} h_i A_i + \sum_{i=1}^{N_{ortam}} \dot{m}_i C_p + \dot{m}_{sys} C_p \right)} \quad (6)$$

denklemleriyle hesaplanır. Bu denklemlerin eş zamanlı olarak çözülmesi için EnergyPlus ile entegre çalışan DesingBuilder bina enerji simülasyon programı kullanılmıştır. Program herhangi bir faz değişiminin olmadığı duvar konstrüksiyonlarında "Conduction Transfer Function (CTF)" algoritması ile çözüm yapmaktadır. Bu algoritmaya göre iç tarafta ısı akışı zaman bağımlı olarak;

$$q''_{ki}(t) = -Z_o T_{i,t} - \sum_{j=1}^{nz} Z_j T_{i,t-j\delta} + T_o T_{o,t} + \sum_{j=1}^{nz} Y_j T_{o,t-j\delta} + \sum_{j=1}^{nq} \Phi_j q''_{ki,t-j\delta} \quad (7)$$

ve dış tarafta ısı akısı zaman bağımlı olarak;

$$q''_{ko}(t) = -Y_o T_{i,t} - \sum_{j=1}^{nz} Y_j T_{i,t-j\delta} + X_o T_{o,t} + \sum_{j=1}^{nz} X_j T_{o,t-j\delta} + \sum_{j=1}^{nq} \Phi_j q''_{ko,t-j\delta} \quad (8)$$

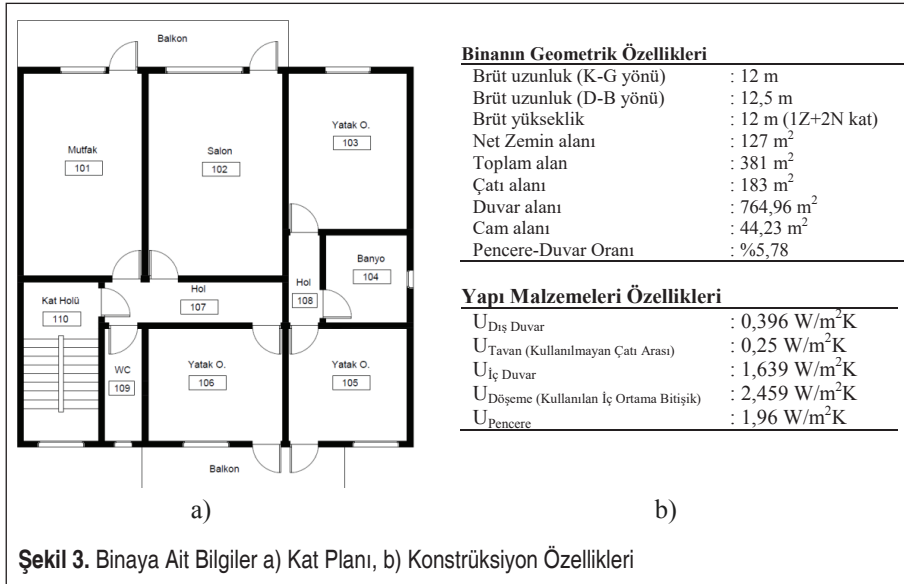
denklemlerine göre belirlenir. Duvar konstrüksiyonunda faz değiştiren malzeme kullanılması durumunda ise “Finite Difference” algoritması kullanılmaktadır [35]. Binaların enerji kullanımı ise Denklem (4) ve (6)’nın yıl boyu saatlik hesaplanmasına (dinamik hesap yöntemi) bağlı olarak elde edilir. Buna göre binada ısıtma için yıllık enerji kullanımı;

$$\dot{Q}_{kullanim} = \frac{\sum \dot{Q}_{saatlik,yük} x \left(1 + \frac{IDK}{100}\right)}{COP} \quad (9)$$

denkleminde göre belirlenir.

2.2 Bina Bilgileri

Dördüncü derece gün bölgesinde bulunan Erzurum’da olduğu varsayılan bir bina, bodrum, zemin ve iki normal kattan oluşmaktadır. Bina kullanılmayan çatı arasına sahip kırma çatı olarak modellenmiştir. Duvar, döşeme, pencere, çatı gibi yapı malzemeleri detayları Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Türk Standardında (TS 825) [36] belirtilen değerlere göre tanımlanmıştır. Çalışmada döşeme tipi olarak yüzer döşeme





kullanılmıştır. Yüzer döşeme, binaların döşemelerinde zemin betonu atılmadan önce yalıtım malzemesinin serbest olarak döşenmesidir. Çalışmada ara katlarda yüzer döşeme uygulanması ve döşeme ile tavanda FDM kullanılmasının ortamların ısı yüküne, ortam sıcaklığına ve enerji kullanımına etkisi incelenmiştir. Duvar, döşeme, tavan ve pencere için modelde kullanılan toplam ısı geçirme katsayıları (U), binaya ait diğer özellikler ve mimari kat planı Şekil 3'te verilmiştir. Modelde dış ortamdan iç ortama kapı ve pencere aralıklarından kaynaklanan hava sızıntısı değeri 0,8 (defa/saat) olarak [37], ortamlara ait ısıtma ayar sıcaklığı mutfak, salon ve yatak odaları için 20 °C, hol için 15 °C ve banyo için 24 °C alınmıştır [38].

2.3 Senaryolar

Çalışmada göz önüne alınan ilk senaryo zemin, bir ve ikinci katların aynı ayar sıcaklığında eş zamanlı olarak ısıtıldığı (ara katlarda döşeme ve tavandan ısı geçişinin olmadığı) varsayılmıştır. İkinci senaryoda sadece birinci katın belirtilen ayar sıcak-

Tablo 1. Senaryo Detayları ve Kodları

	1. Kat (İncelenen)	Zemin ve 2. Kat	Tip	Kod	
Senaryo 1				Tip 1	S1T1
				Tip 2	S1T2
				Tip 3	S1T3
Senaryo 2				Tip 1	S2T1
				Tip 2	S2T2
				Tip 3	S2T3
Senaryo 3				Tip 1	S3T1
				Tip 2	S3T2
				Tip 3	S3T3

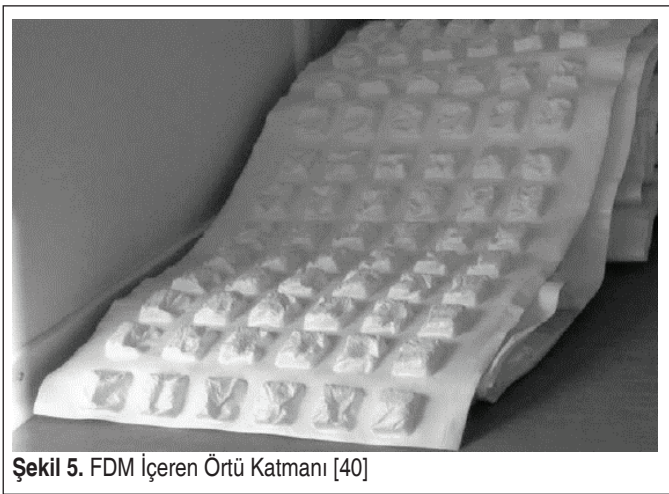


Tip 1	Tip 2	Tip 3
İç Ortam	İç Ortam	İç Ortam
Laminat Parke (10 mm - 0,23 W/m.K)	Laminat Parke (10 mm - 0,23 W/m.K)	Laminat Parke (10 mm - 0,23 W/m.K)
Şap (50 mm - 1,4 W/m.K)	Şap (50 mm - 1,4 W/m.K)	Şap (50 mm - 1,4 W/m.K)
Betonarme (100 mm - 2,5 W/m.K)	Yüzer Döşeme Levhası (35 mm - 0,035 W/m.K)	Yüzer Döşeme Levhası (35 mm - 0,035 W/m.K)
Sıva (20 mm - 0,51 W/m.K)	Şap (20 mm - 1,4 W/m.K)	Şap (20 mm - 1,4 W/m.K)
	Betonarme (100 mm - 2,5 W/m.K)	Betonarme (100 mm - 2,5 W/m.K)
	Sıva (20 mm - 0,51 W/m.K)	FDM İçeren Örtü (20 mm - 0,2 W/m.K)
İç Ortam	İç Ortam	Sıva (20 mm - 0,51 W/m.K)
		İç Ortam

Şekil 4. Döşeme Tiplerinin Detayları

lıklarında ısıtıldığı, diğer katların ise kullanılmadığı ve 10 °C sıcaklıkta olduğu varsayılmıştır. Üçüncü senaryoda ise birinci kat belirtilen ayar sıcaklıklarında ısıtılırken, diğer katlarda salon ve yatak odalarından birinin kullanılmadığı ve 15 °C sıcaklıkta olduğu varsayılmıştır (Tablo 1). Bu senaryolarda üç farklı döşeme tipi uygulanmıştır. Birinci döşeme tipi yalıtımın olmadığı standart ara kat döşemesidir. İkinci tip yüzer döşeme ve üçüncü tip olarak da yüzer döşemeye ek olarak içerisinde FDM içeren bir katmanın olduğu döşemedir. Döşeme tiplerine ait detaylar Şekil 4’te verilmiştir. Bina üç farklı senaryo ve bu senaryoların içinde üçer adet döşeme tipi olmak üzere toplam dokuz kodda simüle edilmiştir.

Tip 2’de kullanılan yüzer döşeme levhası olarak 35 mm kalınlığında ve ısı iletim katsayısı 0,035 W/m.K olan taşıyıcı kullanılmıştır. Tip 3’te ise bu yalıtım malzemesine ek olarak, 2 cm kalınlığında biyo-bazlı FDM uygulanmıştır. FDM performans gösterebilmesi için erime sıcaklığı iç ortam sıcaklığına yakın olmalıdır [39]. Bu nedenle 21°C erime sıcaklığına sahip FDM kullanılmıştır. Çalışmada FDM, betonarmenin altında bir örtü katmanı içerisinde uygulanmıştır (Şekil 5). Döşeme tiplerinin ısı ge-



Şekil 5. FDM İçeren Örtü Katmanı [40]



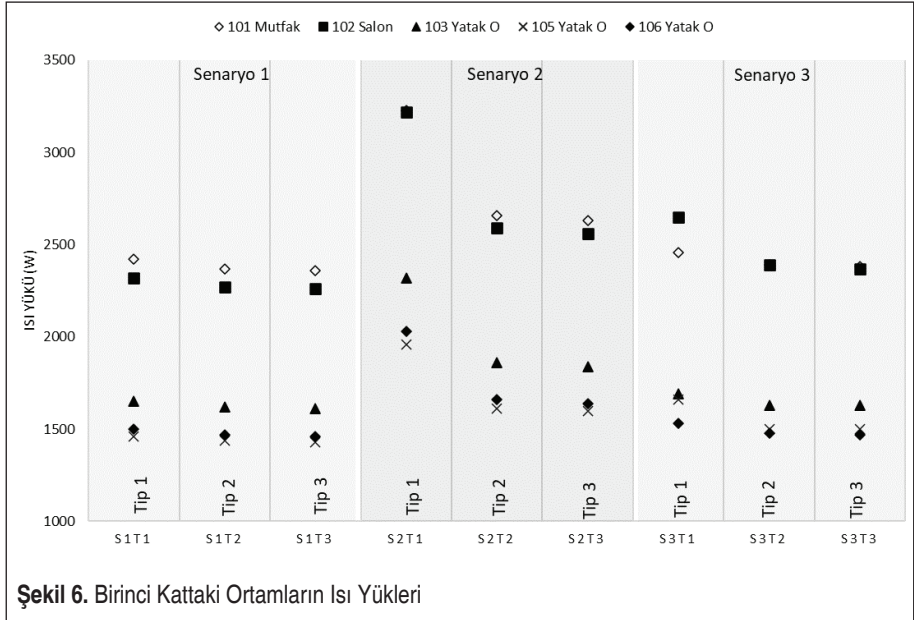
çirme katsayıları $U_{Döşeme\ Tip\ 1} = 2,459\ W/m^2\ K$, $U_{Döşeme\ Tip\ 2} = 0,704\ W/m^2\ K$ ve $U_{Döşeme\ Tip\ 3} = 0,656\ W/m^2\ K$ 'dir.

3. BULGULAR

3.1 Isı Yükleri

Dokuz farklı koda simüle edilen binada, öncelikle birinci kattaki ortamların ısı yükleri belirlenmiştir. Isı yükleri yıl içinde dış ortam sıcaklığının en düşük olduğu zaman için hesaplanmıştır. İç ortam sıcaklıkları ise ayar sıcaklığı baz alınarak hesaplanmaktadır. Isıl denge yaklaşımındaki denklemler çözdürülerek elde edilen ortamlara ait ısı yükleri Şekil 6'da verilmiştir.

Göz önüne alınan ilk senaryoda zemin, bir ve ikinci katlar aynı ayar sıcaklığında eş zamanlı olarak ısıtılmaktadır. TS2164'te belirtilen statik hesap yöntemi ile ısı kayıpları hesaplandığında, ara katlarda döşeme ve tavandan ısı geçişinin olmaması beklenir. Ancak çalışmada dinamik hesap yöntemi kullanıldığı için birinci kata komşu katların ortam sıcaklıkları ayar sıcaklığından farklılık gösterebilmektedir. Zemin katın altındaki (bodrum) ve ikinci katın üstündeki (çatı arası) ısıtılmayan ortamlar, bu katların ortam sıcaklıklarını ve ısı yüklerini etkilemektedir. Bu nedenle bu katlardaki ortamların ısı yükleri de birinci kattaki ortamlardan farklı olmakta ve ara katlarda döşeme ve tavana yalıtım uygulamanın önemi ortaya çıkmaktadır. İlk senaryoda S1T1 kodlu modelde döşemede ve tavanda yalıtım bulunmamaktadır. Döşeme ve tavana yalıtım



Şekil 6. Birinci Kattaki Ortamların Isı Yükleri



eklenmesiyle oluşturulan S1T2 kodlu model tüm ortamların ısı yükünü ortalama %2 azaltmaktadır. S1T3'te ise döşeme içerisinde FDM içeren bir katman bulunmaktadır. Bu durumda S1T1'e kıyasla tüm ortamlar için ısı yükü ortalama %2,5'lik azalmıştır. Döşemeye FDM'nin eklenmesi toplam ısı geçirme katsayısını düşürdüğü için ortamların ısı yükü düşmektedir. Buna ek olarak ortam sıcaklığının artmasıyla, FDM katı halden sıvı hale geçerken bir miktar enerjiyi absorbe etmektedir. Ortam sıcaklığı azalmaya başladığında ise FDM sıvı halden katı hale geçmekte ve daha önce absorbe ettiği enerji ortama geçmektedir. Bu sayede ortamın maksimum ısı yükünün düşmesini sağlamaktadır. İkinci senaryoda, bina tasarlanırken tüm katların eş zamanlı ısıtılacağı varsayılmasına rağmen sadece birinci kat ısıtılmaktadır. Bu durumda döşemede yalıtımın olmadığı S2T1'de ortamların ortalama ısı yükü, S1T1'e göre %37 oranında artmıştır. Döşeme ve tavana yalıtımın eklenmesiyle bu oran %11'e, FDM eklenmesiyle ise %9,8'e düşmüştür. Üçüncü senaryoda ise kat ısıtması yapılan binalarda sıklıkla karşılaşılan ve kullanıcı davranışlarına göre değişen bazı ortamların ısıtılması, bazı ortamların ısıtılmaması durumudur. Senaryoya göre zemin ve ikinci katta bulunan salon ve yatak odalarından bir tanesi ısıtılmamaktadır. Bu durumda birinci katta bulunan salon ve yatak odasının ortam sıcaklığı düşmekte ve ısı yükü artmaktadır. Dolaylı olarak ise bu ortamlara komşu ortamların da ısı yükü etkilenmektedir. Böyle bir senaryoda döşeme ve tavana yalıtımın uygulanmadığı S3T1'de ısı yükü S1T1'e göre tüm ortamlar için ortalama %6,8 artmaktadır. Döşeme ve tavana yalıtımın eklenmesiyle bu oran %0,4'e düşmüştür. FDM eklenmesi ile de S1T1 ile aynı seviyeye gelmiştir.

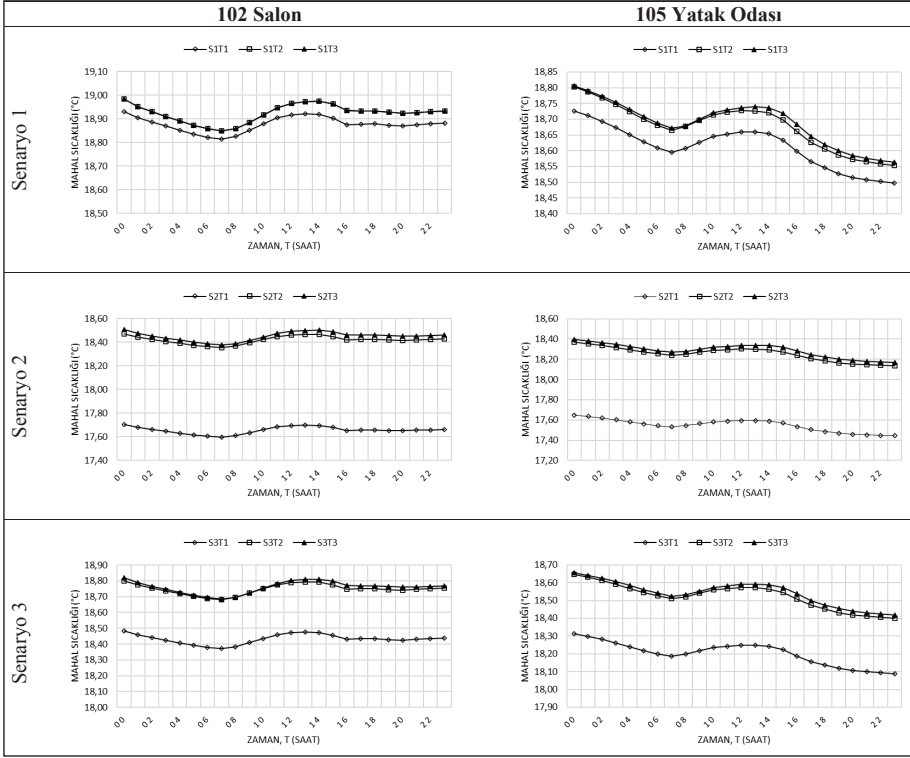
3.2 Ortam Sıcaklıkları

İç ortam ve dış ortam sıcaklığı, ayar sıcaklığı, ısı kaybı, ortamdaki hava sızıntıları, ısı yayan ekipmanlar vb. parametrelere ve zamana bağlı olarak hesaplanmaktadır. Çalışmada yüzer döşemenin ve döşemede FDM kullanılmasının ısı yüküne, ortam sıcaklığına ve ısıtma için enerji kullanımına etkisi incelendiği için, ortam sıcaklıkları dış ortam sıcaklığının en düşük olduğu gün boyunca elde edilmiştir. Üçüncü senaryoda, zemin ve ikinci katta bulunan salon ve yatak odalarından birinin ısıtılmamasından dolayı bu iki ortamın saatlik sıcaklık değişimi dokuz farklı koda göre Tablo 2'de verilmiştir.

Zemin katın altında bulunan bodrum ve ikinci katın üstünde bulunan çatı arasının ısıtılmayan ortamlar olmasından dolayı dış ortam sıcaklığındaki değişim bu ortamların sıcaklıklarını etkilemektedir. Bu değişim ise dolaylı olarak bütün katlardaki ortam sıcaklıklarının ayar sıcaklığından farklı olmasının sebeplerinden biri olmuştur. Her üç senaryoda da döşeme tipi fark etmeksizin ortam sıcaklıkları zamana (dış ortam sıcaklığına) bağlı olarak değişmiştir. Ancak döşeme ve tavanda yalıtımın olmadığı S1T1, S2T1 ve S3T1 kodlu modellerde sıcaklık farkı çok daha fazla olmuştur. Ayar sıcaklığı 20 °C olan salona ait ortam sıcaklığı S1T1'de gün boyu ortalama 18,8 °C'de kalırken S2T1'de 17,6 °C, S3T1'de ise 18,4 °C olmuştur. Aynı ayar sıcaklığındaki



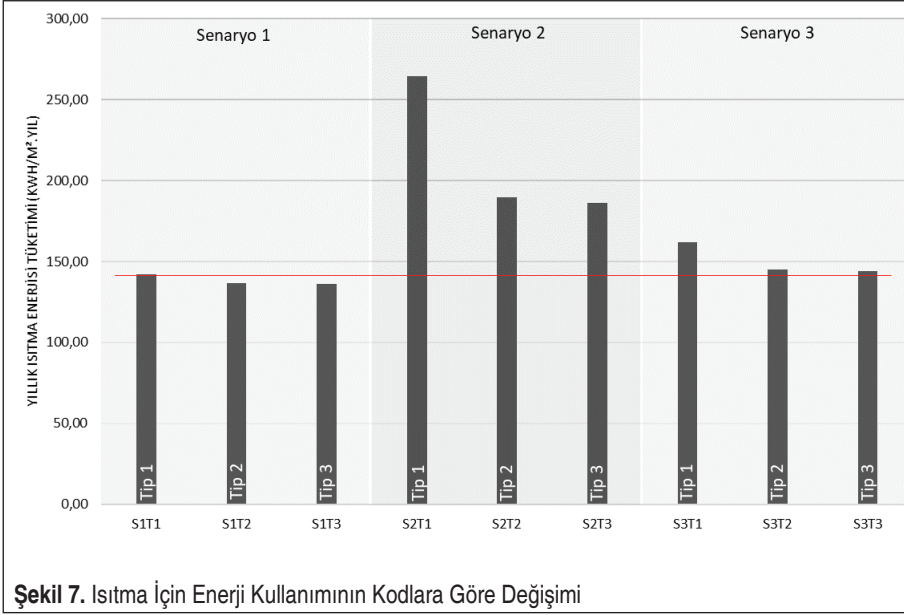
Tablo 2. Ortamların Saatlik Sıcaklık Değişimi



yatak odasına ait ortam sıcaklığı ise S1T1’de gün boyu ortalama 18,6 °C’de kalırken S2T1’de 17,5 °C, S3T1’de ise 18,2 °C olmuştur. Döşeme ve tavana yalıtımın eklenmesiyle ortam sıcaklıkları ayar sıcaklıklarına yaklaşmıştır. Ayar sıcaklıklarına en yakın değerler ise FDM’nin kullanılmasıyla elde edilmiştir. FDM katmanı döşemenin toplam ısı geçirme katsayısını düşürmesinin yanında, erime sırasında enerjiyi absorbe etmesinden ve katılaşma sırasında absorbe ettiği enerjinin ortama geçmesinden dolayı sıcaklık dalgalanmalarını da azaltmaktadır. Bu sayede ortamlar ayar sıcaklıklarına daha yakın sıcaklıklarda kalabilmiştir.

3.3 Yıllık Isıtma Enerjisi Kullanımı

Binanın enerji kullanımı, ortamların ısı yüklerinin saatlik olarak yıl boyu hesaplanması ve ısıtma sisteminin tipine bağlı olarak hesaplanmıştır. Çalışmada yüzer döşemenin ve döşemede FDM kullanılmasının enerji kullanımına etkisi 4. derece gün bölgesinde incelendiği için enerji kullanım hesabı sadece ısıtma için yapılmıştır. Binada her bir daire (kat) bağımsız olarak ısıtılmaktadır. Dolayısıyla her bir dairedeki kullanıcılarının ısıtmaya olan yaklaşımı diğer dairelerin de enerji kullanımını etkilemektedir.



Şekil 7. Isıtma İçin Enerji Kullanımının Kodlara Göre Değişimi

Yüzer döşemenin ve FDM'nin enerji kullanımına etkisini belirlemek için, bina dokuz farklı koda simüle edilmiş ve birinci kata ait sonuçlar metrekare başına Şekil 7'de verilmiştir.

Birinci senaryoda döşemede ve tavanda yalıtımın olmadığı S1T1 kodlu modele göre, döşemeye ve tavana yalıtım eklenmesiyle oluşturulan S1T2 kodlu modelde ısıtma için enerji kullanımı %3,6, FDM katmanının olduğu S1T3'te ise %4 azalmaktadır. Bu azalış bütün katların eş zamanlı olarak ısıtıldığı binalarda bile döşeme ve tavana yalıtım uygulanmasının önemini göstermektedir. İkinci senaryoda, bina tasarlanırken tüm katların eş zamanlı ısıtılacağı varsayılmasına rağmen sadece birinci kat ısıtılmaktadır. Bu durumda döşemede yalıtımın olmadığı S2T1'de birinci katın ısıtma için enerji kullanımı, S1T1'e göre %86 oranında artmıştır. Döşeme ve tavana yalıtımın eklenmesiyle bu artış %33'e, FDM eklenmesiyle ise %31'e düşmüştür. Üçüncü senaryoda ise S3T1'de ısıtma enerjisi kullanımı S1T1'e göre %14,2 artmıştır. Döşeme ve tavana yalıtımın eklenmesiyle bu oran %2,1'e düşerken, FDM eklenmesi ile %1,4'e düşmüştür. Binada hangi ısıtma sistemi kullanılırsa kullanılsın döşeme ve tavana uygulanan yalıtım ve FDM uygulaması enerji kullanımını düşürmektedir.

4. SONUÇ

Her katta bireysel ısıtma sisteminin bulunduğu binalarda, ısıtma sisteminin kontrolü kullanıcılar tarafından olmaktadır. Kullanıcılar günlük yaşamlarına göre ısıtma sistemini açıp kapatmakta veya bazı ortamları ısıtırken bazı ortamları ısıtmamaktadır. Bu tip işletme



koşulları ise alt ve üst katta bulunan dairelerin ısı konforunu etkilemektedir. Her katın eş zamanlı ısıtıldığı düşünülerek yapılan hesaplar sonucu belirlenen ısıtma sisteminin ve ortamlardaki ısıtıcıların (radyatör, fancoil, klima vb.) kapasiteleri, böyle durumlarda ortamları istenilen sıcaklıklara getirmekte yetersiz kalabilmektedir. Çalışma kapsamında böyle bir durumun da olduğu farklı senaryolar üzerinde çalışılmıştır. Her katın eş zamanlı ısıtıldığı, alt ve üst katların hiç ısıtılmadığı ve alt ve üst katlarda bazı ortamların ısıtılmadığı üç farklı senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolar yalıtımsız, yalıtımlı ve yalıtıma ek FDM içeren bir katmanın olduğu üç farklı döşeme tipinde toplam dokuz farklı koda modellenerek simüle edilmiştir. Çalışmanın sonunda döşeme ve tavanda yalıtım ve FDM bulunmasının ortamların ısı yüklerini düşürdüğü belirlenmiştir. Aynı zamanda ortam sıcaklıklarının ayar sıcaklığına daha yakın olmasını sağlayarak ısı konfor koşullarının elde edilmesine katkı sağlanmıştır. Son olarak yıllık enerji kullanımına etkisinin belirlenmesiyle döşeme ve tavanlarda yalıtım ve FDM kullanımının önemli olduğu anlaşılmıştır. Enerji kullanımının azaltılması sayesinde fosil kaynaklarının kullanımı ve sera gazı üretimi azalacaktır. Bunlara bağlı olarak ise iklim değişikliği üzerindeki etkiler azalacaktır.

SEMBOLLER

- COP : Sistemdeki cihazın etkinlik katsayısı
- IDK : Isıtma sistemi dağıtım kaybı
- F_j : Akı CTF katsayısı, $j=0,1,\dots,nq$.
- T_i : İç yüzey sıcaklığı
- T_o : Dış yüzey sıcaklığı
- T_z : İç ortam sıcaklığı
- T_{si} : Duvarın iç ortamdaki yüzey sıcaklığı
- T_{zi} : Komşu iç ortam sıcaklığı
- T_∞ : Dış ortam sıcaklığı
- T_{sup} : Isıtma cihazı tarafından sağlanması gereken havanın sıcaklığı
- q''_{LWX} : Ortam yüzeyleri arasında net uzun dalga radyasyonla ısı girişi
- q''_{SW} : Ortam içindeki aydınlatmalardan yüzeylere net kısa dalga radyasyonla ısı girişi
- q''_{LWS} : Ortam içindeki ekipmanlardan uzun dalga radyasyonla ısı girişi
- q''_{sol} : Yüzeyde absorbe edilen güneş radyasyonu ile ısı girişi
- q''_{conv} : İç ortamdan taşınım ile ısı girişi



- q''_{ki} : Duvarda iletimle ısı geçişi
- q''_{asol} : Absorbe edilmiş direkt ve dağınık güneş (kısa dalga boyu) radyasyonuyla ısı girişi
- q''_{LWR} : Dış havaya net uzun dalga (ısı) radyasyonla ısı geçişi
- q''_{conv} : Dış havaya taşınım ile ısı geçişi
- q''_{ko} : Duvarda iletimle ısı geçişi
- \dot{Q}_{sys} : Isıtma sisteminden ortama verilmesi gereken ısı
- $\dot{Q}_{kullanim}$: Isıtma için yıllık enerji kullanımı
- $\dot{Q}_{saatlik,yük}$: Saatlik ısı yükü
- X_j : Dış CTF katsayısı, $j=0,1,\dots,nz.$
- Y_j : Çapraz CTF katsayısı, $j=0,1,\dots,nz.$
- Z_j : İç CTF katsayısı, $j=0,1,\dots,nz.$

KAYNAKÇA

1. Kyoto Protokolü, 1998. "Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change", <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>, erişim tarihi 05.03.2020.
2. Paris İklim Değişikliği Anlaşması, 2015. "Paris Agreement," https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf, erişim tarihi 08.02.2020.
3. EPBD, 2002. "Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings," Official Journal of the European Union.
4. EPBD recast, 2010. "Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)," Official Journal of the European Union.
5. **Kaynaklı, O.** 2008. "A Study on Residential Heating Energy Requirement and Optimum Insulation Thickness," Renewable Energy, vol. 33, p. 1164-1172.
6. European Union, 2020. "Topics of the European Union," https://europa.eu/european-union/topics_en, erişim tarihi: 06.01.2020.
7. **Cheung, C.K., Fuller, R.J. Luther, M.B.** 2005. "Energy-Efficient Envelope Design for High-Rise Apartments," Energy and Buildings, vol. 37, p.37-48.
8. **Daouas, N.** 2011. "A Study on Optimum Insulation Thickness in Walls and Energy Savings in Tunisian Buildings Based on Analytical Calculation of Cooling and Heating Transmission Loads," Applied Energy, vol. 88, p. 156-164.
9. **Yaşar, Y., Maçka Kalfa, S.** 2012. "The Effects of Window Alternatives on Energy Effi-



ciency and Building Economy in High-Rise Residential Buildings in Moderate to Humid climates,” *Energy Conversion and Management*, vol. 64, p. 170-181.

10. **Delmastro, C., Mutani, G., Schranz, L.** 2015. “Advantages of Coupling a Woody Biomass Cogeneration Plant With a District Heating Network for a Sustainable Built Environment: A Case Study in Luserna San Giovanni (Torino, Italy),” *Energy Procedia*, vol. 78, p. 794 – 799.
11. **Ferrara, M., Fabrizio, E.** 2017. “Building Simulation (Innovation, Rapid Design, Design Support) & ICT Cost Optimal nZEBs in Future Climate Scenarios,” *Energy Procedia*, vol. 122 p. 877-882.
12. **Kurnitski, J., Kuusk, K.** 2014. “Energy and Investment Intensity of Integrated Renovation and 2030 Cost Optimal Savings,” *Energy and Buildings*, vol. 75, p. 51–59.
13. **Çuhadaroğlu B.** 1997. “Kat Isıtmasında Tasarım Kriterleri,” *Makine Mühendisleri Odası 97’ Teskon Ek Bildiriler Kitabı*, s. 905-913.
14. IEA, 2017. “International Energy Agency Energy Technology Perspectives,” <https://www.iea.org/topics/energy-technology-perspectives>, sonerişim tarihi: 20.03.2020.
15. The Strategic Energy Technology (SET) Plan, 2017. “Energy Research and Innovation in Europe,” European Commission.
16. **Kosny, J.** 2015. “PCM-Enhanced Building Components An Application of Phase Change Materials in Building Envelopes and Internal Structures,” ISBN 978-3-319-14286-9, Springer International Publishing, Switzerland.
17. **Depe, D.** 2017. “Yenilikçi ısı depolama sistemi faz değiştiren malzemelerin bina enerji verimliliği üzerindeki etkisinin analizine yönelik yaklaşım: Diyarbakır ve Erzurum örnekleri,” *Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*.
18. **Alam, M., Jamil, H., Sanjayan, J., Wilson, J.** 2014. “Energy saving potential of phase change materials in major Australian Cities,” *Energy and Buildings*, vol. 78, p.192-201.
19. **Evola, G., Marletta, L., Sicurella, E.** 2014. “Simulation of a Ventilated Cavity to Enhance the Effectiveness of PCM Wallboards for Summer Thermal Comfort in Buildings,” *Energy and Buildings*, vol. 70, p. 480-489.
20. **Auzeby, M., Wei, S., Underwood, C., Chen, c., Ling, H., Pan, S., Ng, B., Tindall, J., Buswell, R.** 2017. “Using phase change materials to reduce overheating issues in UK residential buildings,” *Energy Procedia*, vol. 105, p. 4072 – 4077.
21. **Li, L., Yu, H., Liu, R.** 2017. “Research on Composite-Phase Change Materials (PCMs)-Bricks in the West Wall of Room-Scale Cubicle: Mid-Season and Summer Day Cases,” *Building and Environment*, vol. 123, p. 494-503.
22. **Wang, Q., Wu, R., Wu, Y., Zhao, C.Y.** 2018. “Parametric Analysis of Using PCM Walls for Heating Loads Reduction,” *Energy & Buildings*, vol. 172, p. 328-336.



23. **Bianco, L., Komerska, A., Cascone, Y., Serra, V., Zinzi, M., Carnielo, E., Ksionek, D.** 2018. "Thermal and Optical Characterisation of Dynamic Shading Systems With PCMs Through Laboratory Experimental Measurements," *Energy and Buildings*, vol. 163, p. 92-110.
24. **Zhu, L., Yang, Y., Chen, S., Sun, Y.** 2018. "Numerical Study on the Thermal Performance of Lightweight Temporary Building Integrated with Phase Change Materials," *Applied Thermal Engineering*, vol. 138, p. 35-47.
25. **Thantong, P., Khedari, J., Chantawong, P.** 2018. "Study of Solar- PCM Walls for Domestic hot Water Production Under the Tropical Climate of Thailand," *Materials Today: Proceeding*, vol. 5, p. 14880-14885.
26. **Iten, M., Liu, S., Shukla, A.** 2016. "Experimental Study on the Thermal Performance of Air-PCM Unit," *Building and Environment*, vol. 105, p. 128-139.
27. **Devaux, P., Farid, M.M.** 2017. "Benefits of PCM Underfloor Heating with PCM Wallboards for Space Heating in Winter," *Applied Energy*, vol. 191, p. 593-602.
28. **Maccarini, A., Hultmark, G., Bersgoe, N. C., Afshari, A.** 2018. "Free Cooling Potential of a PCM-Based Heat Exchanger Coupled with a Novel HVAC System for Simultaneous Heating and Cooling of Buildings," *Sustainable Cities and Society*, vol. 42, p. 384-395.
29. **Jaworski, M.** 2019. "Mathematical Model of Heat Transfer in PCM Incorporated Fabrics Subjected to Different Thermal Loads," *Applied Thermal Engineering*, vol. 150, p. 506-511.
30. **Biswas, K., Abhari, R.** 2014. "Low-Cost Phase Change Material as an Energy Storage Medium in Building Envelopes: Experimental and Numerical Analyses," *Energy Conversion and Management*, vol. 88, p.1020-1031.
31. **Kong, X., Lu, S., Li, Y., Huang, J., Liu, S.** 2014. "Numerical study on the thermal performance of building wall and roof incorporating phase change material panel for passive cooling application," *Energy and Buildings*, vol. 81, p. 404-415.
32. **Solgi, E., Memarian, S., Moud, G. N.** 2018. "Financial Viability of PCMs in Countries with Low Energy Cost: A Case Study of Different Climates in Iran," *Energy & Buildings*, vol. 173, p. 128-137.
33. **Karaoulis, A.** 2017. "Investigation of Energy Performance in Conventional and Lightweight Building Components with the use of Phase Change Materials (PCMS): Energy Savings in Summer Season", *Procedia Environmental Sciences*, 38, 796-803.
34. **Strand, R.K., Pedersen, C.O., Crawley, D.B.** 2001. "Modularization and simulation techniques for heat balance based energy and load calculation programs: the experience of the ashrae loads toolkit and energyplus," *Seventh International IBPSA Conference*, August 13-15, 2001, Brazil.
35. **EnergyPlus Documentation**, 2020. "EnergyPlus Documentation Engineering Reference,"



https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/nrel_custom/pdfs/pdfs_v9.3.0/EngineeringReference.pdf, son erişim tarihi: 15.04.2020.

36. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2009. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
37. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP TR), 2008. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazetesi, Ankara.
38. TS 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları, 1983. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
39. **Kuznik, F., Virgone, J.** 2009. “Experimental investigation of wallboard containing phase change material: Data for validation of numerical modeling,” *Energy and Buildings*, vol. 41, p. 561-570.
40. DesignBuilder User Guide, 2020. “DesignBuilder User Guide,” <https://designbuilder.co.uk/helpv6.0/>, erişim tarihi: 01.04.2020.



Rulman Ömürlerinde Güvenilirlik ve Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi

Tezcan Şekercioğlu¹

ÖZ

Yataklar genel olarak, yuvarlanmalı (rulmanlar) ve kaymalı yataklar olmak üzere ikiye ayrılabilir. Rulmanlar, dişli çark, kasnak, volan vb. makine elemanları üzerinden mil veya aksa gelen yükleri karşılayabilmek için destek elemanı olarak görev yaparlar. Rulman kataloglarında, her bir rulman için verilen dinamik yük sayısı (C) değerleri, %90 güvenilir kabul edilmektedir. Daha yüksek güvenilirlik istenildiğinde, ilgili standartlardan yararlanılarak seçim yapılabilir. Çalışma anında, uygun olmayan yağlama, yanlış tip rulman seçimi, kirlilik, montaj hasarları vb. nedenlerden dolayı rulman ömürleri ve güvenilirlik ciddi oranlarda azalmakta ve erken hasarlar meydana gelmektedir. İlgili ISO ve DIN standartları göz önünde bulundurularak, güvenilirlik, yağın kirlilik seviyesi, çalışma sıcaklığı, viskozitesi vb. faktörlerin rulman ömrü üzerine olan etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rulman ömrü, güvenilirlik, bakım

Reliability of Bearing Life and Investigation of Affecting Factors

ABSTRACT

Bearings can be classified as a rolling bearings and journal bearings. Bearings supports the shaft or axle loads usually have been occurred from gear, pulley, flywheel etc. In the bearing catalogues, the dynamic load rating (C) values given for each bearing are 90% reliable. When higher reliability is desired, the selection can be made using the relevant standards. During operation, bearing life and reliability are significantly reduced and premature damage occurs from improper lubrication, wrong bearing type selection, oil pollution, assembly damage, etc. In this study, considering the related ISO and DIN standards, the effects of factors on bearing life have been investigated such as reliability, oil contamination level, operating temperature, viscosity etc.

Keywords: Bearing life, reliability, maintenance

Geliş/Received : 09.06.2020

Kabul/Accepted : 30.06.2020

¹ Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Denizli, tsekerci@pau.edu.tr,
ORCID: 0000-0002-9359-8843

1. GİRİŞ

Makine, alet ve cihazlar, kullanım esnasında aşınma, korozyon, yorulma, sıcaklık, yaşlanma vb. çok farklı etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkiler sonucunda, teknik sistem tasarım aşamasında belirlenen fonksiyonu ya tamamen ya da kısmen yerine getiremez hale gelmektedir. Çalışma anında fonksiyonun tam olarak yerine getirilebilmesi için bakımın önemi tartışılmazdır. Rulmanlar, makinelerde kullanılan en önemli elemanlardan birisidir. Daha önceleri rulmanlar, malzeme, tasarım veya imalat anındaki hatalardan dolayı hasara uğrar iken, günümüzde rulmanların büyük çoğunluğu, uygun olmayan yağlama, kirlilik, yanlış hizalama, montaj hatası, yanlış yataklama, aşırı yüklenme ve elektrik erozyonu gibi nedenlerden dolayı hasara uğramaktadırlar. Ömürleri tasarım aşamasında hesaplanan değerlerden daha önce dolmaktadır.

2. RULMAN ÖMRÜ

Rulmanların büyüklüğünün ve tipinin seçimi, ona etki eden kuvvetlerin yönlerine ve büyüklüklerine bağlıdır. Seçimin yapılabilmesi için, rulman kataloglarında bütün rulmanlar için statik yük sayısı ve dinamik yük sayısı verilmiştir. Bu sayılar [1, 2, 5];

Statik yük sayısı (C_0): Bilezik yuvasında en çok zorlanan noktada, yuvarlanma elemanı çapının 0,0001'i kadar yuvarlanma elemanı ve bilezikte kalıcı deformasyon oluşturan yüküdür. Bu deformasyon, yatağın işlevini henüz kaybettirmeyen deformasyon sınırındadır.

Dinamik yük sayısı (C): Laboratuvar şartlarında deneye tabi tutulan rulmanlardan %90'ının 10^6 devir sayısında hasar görmeden (pitting oluşumu yok) taşıdığı yüküdür.

Rulmanlar yapılarına göre radyal kuvvet, aksel kuvvet veya ikisini birden taşırlar. Hem radyal hem de aksel yük taşıyan rulmanın ömrünü hesaplayabilmek için, eşdeğer yatak yükü (P) tanımlanmıştır. Sabit bilyeli rulmanlarda aksel yük, $P_a \leq 0,5 \cdot C_0$ olmalıdır. $d=12$ mm'den küçük ve çap serisi 8,9,0,1 olan hafif rulmanlarda ise $P_a \leq 0,25 \cdot C_0$ olmalıdır. Aşırı aksel yük rulman ömrünün azalmasına yol açar. Statik yüklenme durumunda rulmanlar, emniyet katsayısına göre seçilmektedir.

$$\text{Emniyet katsayısı: } S = \frac{C_0}{P_0} \quad (1)$$

$$\text{Statik eşdeğer yük: } P_0 = X_0 \cdot P_r + Y_0 \cdot P_a \quad (2)$$

Darbesiz ve sarsıntısız yükler için: $S = 0,6-1,0$; Normal yükler için: $S = 1,0-1,5$

Sarsıntılı yük için veya rulmanın çok düzenli çalışması gerekiyorsa: $S = 1,5-2,5$ alınır.

Dinamik yüklenme durumunda ($n \geq 10 \text{ min}^{-1}$) nominal ömür, dinamik yük sayısına ve dinamik eşdeğer yüke bağlıdır.

$$\text{Dinamik eşdeğer yük: } P = X \cdot P_r + Y \cdot P_a \quad (3)$$

X (radyal faktör) ve Y (eksenel faktör) olup rulman kataloglarından, sabit bilyeli rulmanlar için, $(f_0 \cdot P_a / C_0)$ ve (P_a / P_r) oranına göre, diğer rulmanlar için ise (e) ve (P_a / P_r) oranlarına göre tespit edilirler.

$$\text{Nominal ömür: } L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (4)$$

L_{10h} : %90 güvenilirlikteki nominal ömür, h

C : Dinamik yük sayısı, kN

P : Dinamik eşdeğer yük, kN

n : Devir sayısı, min^{-1}

p: Lundberg ve Palmgren'e [3, 4] göre üstel sayı, bilyeli yataklar için $p=3$ ve makaralı yataklar için $p=10/3 = 3,333$ alınır. Weibull'un katkıları ile Palmgren ve Lundberg tarafından yapılan olasılık analizleri sonucunda tespit edilmiştir.

3. RULMANLARDA GÜVENİLİRLİK

Rulman kataloglarında verilen dinamik yük sayıları, %90 güvenilirdir. ISO 281:2007 [5] standardında farklı güvenilirlik oranlarını dikkate alan güvenilirlik faktörü (a_1) tanımlanmıştır. a_1 değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

(4) nolu eşitlik, a_1 faktörü kullanılarak yeniden düzenlenirse, deney şartları haricindeki istenilen güvenilirlik oranlarında rulman ömürleri hesaplanabilir.

$$L_{nmh} = a_1 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (5)$$

Tablo 1. Güvenilirlik Faktörü, a_1 [5]

Güvenilirlik, %	Hasar Olasılığı, %	L_{nm}	Güvenilirlik faktörü, a_1
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,64
96	4	L_{4m}	0,55
97	3	L_{3m}	0,47
98	2	L_{2m}	0,37
99	1	L_{1m}	0,25
99,9	0,1	$L_{0,1m}$	0,093



4. RULMANLARDA GÜVENİLİRLİĞİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Literatürde verilen istatistiklere göre rulman hasarlarının yaklaşık %60'ı uygun olmayan yağlamaya bağlıdır. Rulmanların yağlanması, uygun yağ, uygun yağlama yöntemi, uygun miktar, uygun yeniden yağlama, temiz yağ vb. faktörler büyük önem arz etmektedir. ISO 281 standardında, bu faktörleri dikkate alan ömür düzeltme faktörü (a_{ISO}) tanımlanmıştır. Ömür düzeltme faktörü, rulmana etki eden eşdeğer yüke (P), yağın viskozite oranına (K), rulmanın yorulma limitine (C_u) ve yağın kirlilik faktörüne (e_c) göre değişmektedir. Çalışma şartlarının fonksiyonu olarak;

$$a_{ISO} = f\left(\frac{e_c \cdot C_u}{P}, K\right) \quad (6)$$

şeklinde verilmiştir.

Kirlilik, rulman ömrünü aşırı derecede azaltan bir faktördür. ISO 281 standardında bu durumu dikkate alan kirlilik faktörü tanımlanmış olup Tablo 2'de verilmiştir. Yorulma limiti, her bir rulman için rulman kataloglarından alınabilir.

Tablo 2. Yağ Kirlilik Faktörü, e_c [5]

Yağın Kirlenme Durumu	Kirlenme Faktörü	
	$d_m < 100$ mm	$d_m \geq 100$ mm
Deney şartları, aşırı temiz	1	1
Çok ince filtre ile yüksek temiz	0,6-0,8	0,8-0,9
İnce filtre ile normal temiz	0,5-0,6	0,6-0,8
Kaba filtre ile hafif kirlili	0,3-0,5	0,4-0,6
Kaba filtre, aşındırıcı partiküller	0,1-0,3	0,2-0,4
Yüksek kirlili, aşındırıcılar mevcut, yetersiz sızdırmazlık elemanları	0-0,1	0-0,1
Yağ kirlilik ölçeğinin dışı	0	0

Tablo 2'de verilen d_m , ortalama rulman çapıdır. Rulmanın iç bilezik çapı d , dış bilezik çapı D alınarak elde edilir.

$$d_m = \frac{d + D}{2} \quad (7)$$

BS ISO 4406: 2017 [6] standardında yağların kirlilik derecesi için belirlenen ölçek Tablo 3'te verilmiştir. NIST (Insttute Standart Organization) tarafından geliştirilen lisanslı toz ISO MTD (Medium Test Dust) endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Daha önceki standartlarda boyutları olan 2, 5 ve 15 µm olan tozun yerine günümüzde 4, 6 ve 14 µm referans alınmıştır.

Tablo 3. BS ISO 4406 Yağ Kirlilik Ölçeği [6]

Ölçek No	1 ml'deki Partikül Sayısı		Ölçek No	1 ml'deki Partikül Sayısı	
	Hariç	Dahil		Hariç	Dahil
>28	>2500000		14	80	160
28	1300000	2500000	13	40	80
27	640000	1300000	12	20	40
26	320000	640000	11	10	20
25	160000	320000	10	5	10
24	80000	160000	9	2,5	5
23	40000	80000	8	1,3	2,5
22	20000	40000	7	0,64	1,3
21	10000	20000	6	0,32	0,64
20	5000	10000	5	0,16	0,32
19	2500	5000	4	0,08	0,16
18	1300	2500	3	0,04	0,08
17	640	1300	2	0,02	0,04
16	320	640	1	0,01	0,02
15	160	320	0	0,00	0,01

Literatürde rulmanlar için maksimum kirlilik seviyesi, ISO ölçeğine göre 15/13/11 ve NAS'a (National Aerospace Standarts) göre 5 olarak önerilmektedir. ISO gösterimini açıklamak gerekirse, yağın içerisinde maksimum;

15: Boyutu 4 µm olan partiküllerden 160-320 adet,

13: Boyutu 6 µm olan partiküllerden 40-80 adet,



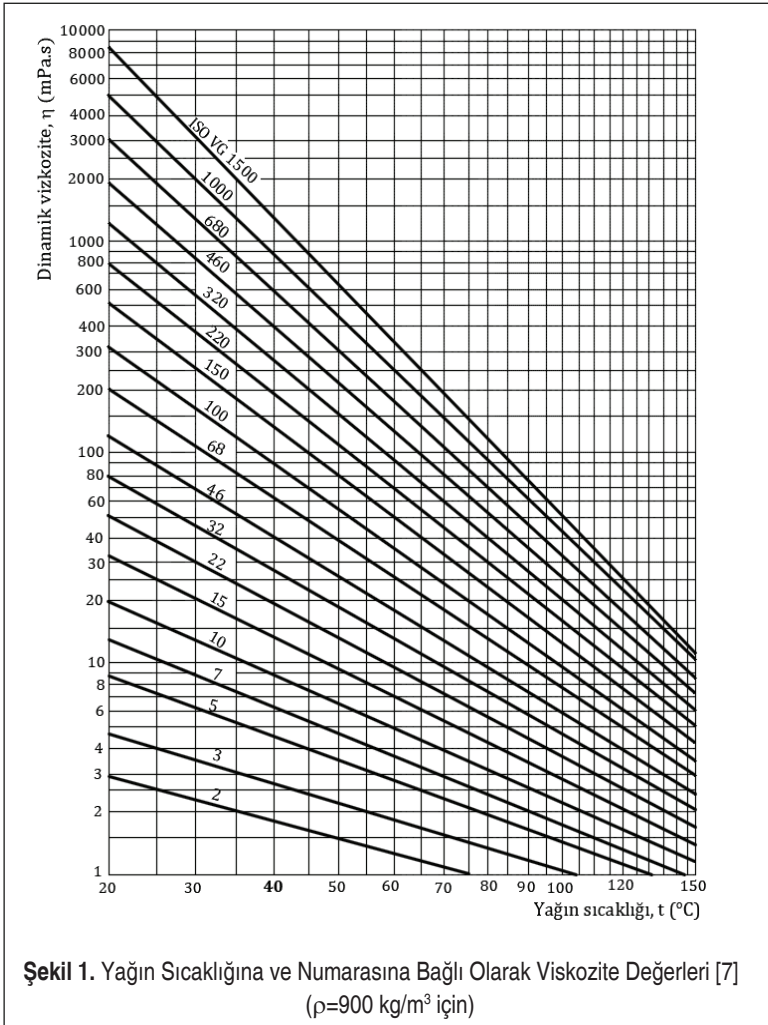
11: Boyutu 14 µm olan partiküllerden 10-20 adet bulunabilir.

Yağın çalışma sıcaklığına bağlı olarak kinematik viskozitesini, milin devir sayısını ve yatağın büyüklüğünü dikkate alan viskozite oranı;

$$\kappa = \frac{v}{v_1} \quad (8)$$

v : Yağın kinematik viskozitesi (Şekil 1),

v_1 : Milin devir sayısına ve rulman ortalama çapına bağlı viskozite (Şekil 2).



ISO tarafından yağ dereceleri (VG: Viscosity Grade) belirlenirken, yağın 40 °C'deki $\pm\%10$ kinematik viskozite

değeri, yağ numarası olarak kabul edilmiştir. Yağın yoğunluğu, (ρ) ile gösterilirse;

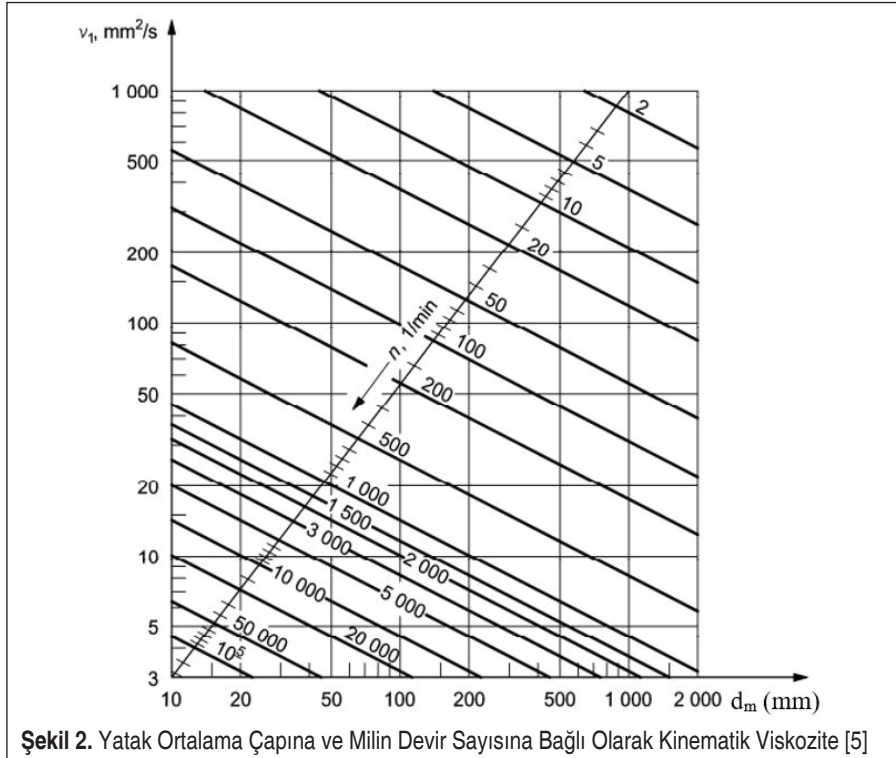
$$\text{Dinamik viskozite: } \eta = \nu \cdot \rho \quad (9)$$

şeklinde yazılır. $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ alınarak, (9) eşitliği yeniden düzenlenirse;

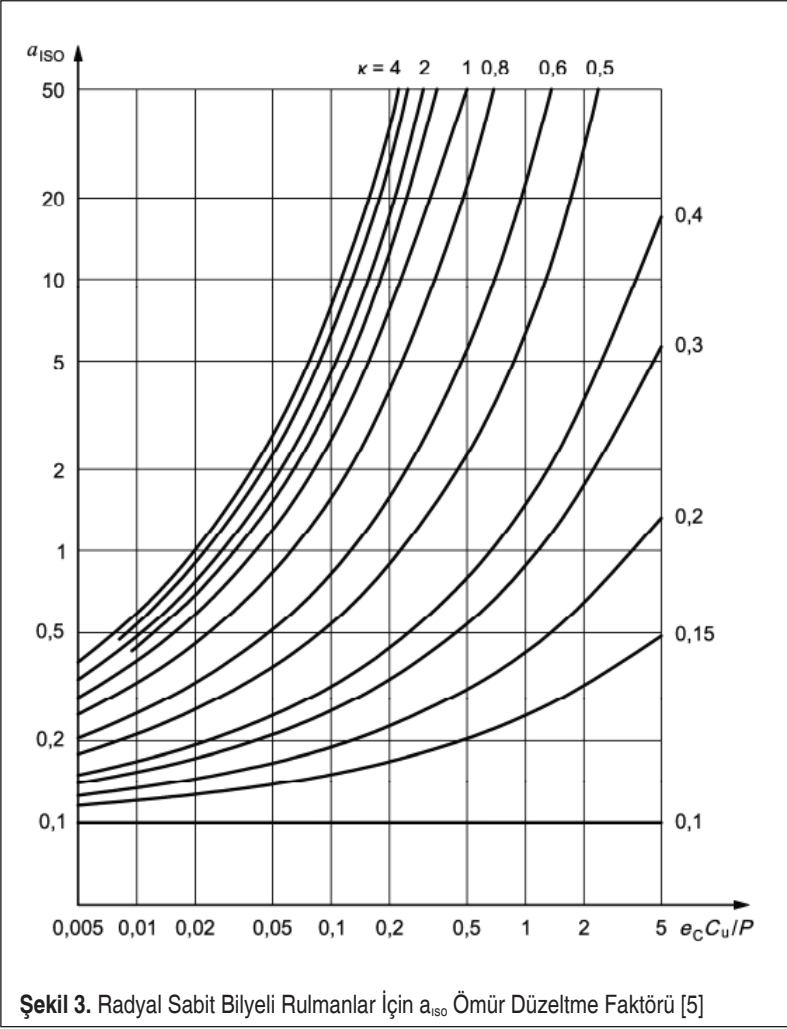
$$\text{mPa} \cdot \text{s} = \frac{\text{mm}^2}{\text{s}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 900 \quad \rightarrow \quad \eta = 0,9 \cdot \nu \quad (10)$$

bulunur.

Rulmanların yağlanması kullanılan yağların viskoziteleri, çalışma esnasında sıcaklık arttıkça önemli oranlarda değişmektedir. Sıcaklığın artması, yük taşıma kabiliyetini, yatak performansını ve oluşan yağ filmi tabakasının kalınlığını etkilemektedir. Bu nedenle, ISO 281 standardında ömrü etkileyen faktör olarak dikkate alınmıştır. Seçilen rulmanın ortalama çapı ve devir sayısına bağlı olarak viskozitenin değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir. Aynı devir sayısında, rulman boyutları büyüdükçe viskozite değeri azalmaktadır.



Şekil 2. Yatak Ortalama Çapına ve Milin Devir Sayısına Bağlı Olarak Kinematik Viskozite [5]



Tablo 2'den yağ kirlilik faktörü (e_c), rulman kataloglarından [8, 9] alınan yorulma limiti (C_u , P_u), Şekil 1 ve 2'den viskozite değerlerine bağlı olarak bulunan viskozite oranı (κ) yardımıyla, Şekil 3'den ömür düzeltme faktörü a_{ISO} bulunur. Şekil 3, sadece radyal sabit bilyeli rulmanlar için geçerlidir. ISO 281 standardında ve rulman kataloglarında radyal makaralı, aksel sabit bilyeli ve aksel makaralı rulmanlar için de ayrı ayrı diyagramlar verilmiştir.

Güvenilirlik faktörü a_1 ve a_{ISO} değerleri (4) nolu eşitlikte yerine yazılarak;

$$L_{nmh} = a_1 \cdot a_{ISO} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (11)$$

modifiye edilmiş gerçek nominal rulman ömrü saat cinsinden bulunur. Literatürde, bu faktörlerin dışında rulman malzemesini, çalışma sıcaklığını ve darbeli yüklenme durumlarını dikkate alan farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. NSK rulman firması tarafından rulman sıcaklığının da dikkate alındığı bir eşitlik önerilmiştir [10]. (11) nolu eşitlikte verilen dinamik yük sayısı (C), Tablo 4’te verilen sıcaklık faktörü ile çarpılarak modifiye edilmiştir. Yüksek sıcaklıklarda, rulmanın üretildiği çelik mekanik özelliklerini kaybederek aşınmaya ve yorulmaya karşı ömrü azalmaktadır.

Tablo 4. Sıcaklık Faktörü [10]

Rulman sıcaklığı, °C	125	150	175	200	250
Sıcaklık faktörü, f_t	1,00	1,00	0,95	0,90	0,75

Yukarıda yapılan hesaplamalar, normal yüklenme şartları için geçerlidir. Taş kırma makinesi, vibratör, darbeli matkap vb. yerlerde çalışma şartları ağırdır. Rulmana etkileyen şok veya darbe yükleri, rulmanın ömrünü önemli derecede azaltmaktadır. Jiang [11] tarafından darbeli yüklenme durumları için darbe faktörünün kullanılması önerilmiş ve darbenin şiddetini göz önünde bulunduran yük faktörü (f_p) tanımlanmıştır. Eşdeğer dinamik yük (P), Tablo 5’de verilen değerler ile çarpılmaktadır. Bazı kaynaklarda bu faktöre makine faktörü de [12] denilmektedir.

Tablo 5. Darbe Faktörü [11, 12]

Darbe Şekli	Hafif	Orta	Ağır
Makine Türü	Elektrik motorları, konveyörler, turbo kompresörler	Santrifüj pompalar, içten yanmalı motorlar, krenler	Makaslar, kırıcılar, vibro motorlar, haddehane ekipmanları
Darbe Faktörü, f_p	1,0 - 1,2	1,2 - 1,8	1,8 - 3,0

(11) nolu eşitlik, Tablo 4 ve 5’de verilen faktörler ile tekrar modifiye edilirse;

$$L_{nmh} = a_1 \cdot a_{ISO} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{f_t \cdot C}{f_p \cdot P} \right)^p \quad (12)$$

eşitliği bulunur. Elde edilen son eşitlik, çalışma şartlarının büyük çoğunluğunu göz önünde bulundurduğu için, elde edilen çalışma ömürleri saat cinsinden daha da güvenlidir.

5. SONUÇ

Rulman seçiminde, kısıtlayıcılardan bir tanesi de güvenilirliktir. Yüksek güvenilirlik



istenilen kritik uygulamalarda, standardın belirlediği katsayılar dikkate alınarak rulman seçimi yapılmalıdır. Ömür hesabında, %90 güvenilirlik için katsayı 1 iken, %95 güvenilirlikte katsayı 0,64'e düşmektedir. Başka bir deyişle, rulmanın güvenilirliği %5 artarken saat cinsinden ömrü %36 azalmaktadır. Rulmanlarda bakım, yataklama sisteminin gerçek halini izleme, değerlendirme ve amaçlanan ömrü koruma aşamalarını kapsamaktadır. Rulmanlar için standart bir yağlama metodu mevcut olmadığı için, yağ seçimi, işletme şartlarının analizine ve yağın teknik özelliklerine göre yapılmalıdır. Uygun yağ seçiminde ve yağ değiştirme aralıklarının belirlenmesinde, yağın kirlilik derecesi, rulmanın boyutu, yükleme durumu ve çalışma sıcaklığı göz önünde bulundurulmalıdır. ISO 281 standardı, firmalar ve araştırmacılar tarafından modifiye edilen (4) nolu temel eşitlik yerine (12) nolu son eşitliğin kullanılması, rulmanlardan beklenen performansı arttıracak, makine tasarımcıları ve kullanıcıları kendilerini daha güvende hissedecektir.

KAYNAKÇA

1. **Wittel, H., Jannasch, D., Vobiek, J., Spura, J.** 2019. Rolof/Matek Maschinenelemente, ISBN: 978-3-658-26279-2, 24. Auflage, Springer Vieweg, Berlin, Germany.
2. **Şekercioğlu, T.** 2018. Makine Elemanları Hesap Şekillendirme, ISBN: 978-975-511-601-3, 4. Baskı, Birsan Yayınevi, İstanbul.
3. **Lundberg, G., Palmgren, A.** 1952. "Dynamic Capacity of Roller Bearings," Ingeniorsvetenskapskad. Handl. no. 210, The Royal Swedish Academy of Engineering Science, Stockholm, Sweden.
4. **Zaretsky, E. V.** 2013. Rolling Bearing Life Prediction, Theory, and Application, NASA/TP-2013-215305, Ohio, U.S.A.
5. ISO 281. 2007. Rolling Bearings-Dynamic Load Ratings and Rating Life.
6. BS ISO 4406. 2017. Hydraulic fluid power-Fluids-Method for Coding the Level of contamination by solid particles.
7. DIN 31653-2. 1991. Gleitlager - Hydrodynamische Axial Gleitlager im Stationären Betrieb Funktionen Für Die Berechnung Von Axialsegmentlagern.
8. SKF. 2018. Rolling Bearings, PUB BU/P1 17000/1 EN.
9. Schaeffler Technologies AG & Co. KG. 2018. Rolling Bearings HR1, Schweinfurt, Germany.
10. NSK. 2020. "Bearing life-Calculating the Basic Fatigue Life Expectancy of Rolling bearings" https://www.nsk-europe.com/content/dam/nskcmsr/downloads/literature_bearing/P_TI-0102_EN.pdf, 25.06.2020.
11. **Jiang W.** 2019. Analysis and Design of Machine Elements, John Wiley & Sons, Singapore.
12. NACHI. 2020. "Nachi Bearing Catalogue-Technical Information" <http://nachi-tool.jp/bearing/pdf/Tech.pdf>, 25.06.2020.

Konaklama İşletmelerinde Çalışan Yöneticilerin Bakım Yönetimi Uygulamalarına Bakışı: Denizli’de Faaliyet Gösteren Konaklama İşletmeleri Örneği

Hande Mutlu Öztürk¹, Cemal Meran^{*2}

ÖZ

Bir sistemin fonksiyonlarını istenen bir düzeyde yerine getirebilmesi için gerçekleştirilen onarım, yenileme, muayene vb. faaliyetler bakım olarak tanımlanmaktadır. Sistemden kastedilen bir fabrika da ki en basitinden en karmaşığına herhangi bir makine veya ekipman olabileceği gibi, bir hastanenin elektrik, su, oksijen, ısıtma-havalandırma vb. sistemi ya da bir otelde ki ısıtma-soğutma, elektrik, su, kapı kilitleme sistemi, havuz vs. olabilir. Otellerde uygulanan bakım faaliyetleri, müşteri memnuniyetinin sağlanması, güvenlik ve işletme giderlerinin azaltılması açısından oldukça önemlidir. Bakım faaliyetlerinin bir yönetim anlayışı içerisinde yönetilmesi oldukça önemlidir. Yapılan bu çalışmayla otel işletmelerinde çalışan ve bakımdan sorumlu olan birim yöneticilerinin bakıma ilişkin bakışlarını belirlemek, kestirimci, periyodik, arızı gibi bakım yöntemlerinden hangisinin daha yaygın olduğunu belirlemek, bakım yönetimi uygulamalarını araştırmak ve otel işletmelerdeki bu faaliyetlerin uygulanmasındaki engelleri belirlemektir. Araştırmanın evrenini, Denizli’de bulunan 3, 4, 5 yıldızlı oteller ile butik konaklama işletmelerinde bulunan yöneticiler oluşturmaktadır. Yapılan çalışmada, katılımcıların en çok önem verdikleri konunun bakım ve izleme faaliyetleri olduğu gözlemlenmiştir. Bakım faaliyetlerinin yürütülmesindeki en büyük engelin de verimsiz envanter sistemi ve karşılaşılan malzeme ve yedek parça sıkıntısı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bakım, periyodik bakım, kestirimci bakım, arızı bakım, yönetici, konaklama işletmeleri

The View of Managers Working in Hospitality Businesses on the Maintenance Management Practices: The Case Study for Hospitality Companies Operating in Denizli

ABSTRACT

The maintenance are defined as all activities which repair, renovation, inspection, etc. so that a system can perform its functions at desired level. The means of system that may be any machine or equipment from the simplest to the most complex in a factory, as well as a hospital’s electricity, water, oxygen, heating-ventilation etc. system or heating-cooling in a hotel, electricity, water, door locking system, pool etc. The maintenance applications in the hotels are very important in terms of ensuring customer satisfaction, reducing security and operating expenses. It is very important to manage maintenance applications with a management understanding. The purpose of this research is to determine the maintenance views of the unit managers who work in the hotel businesses and who are responsible for maintenance, determining which of the more common maintenance methods of care such as predictive, periodical, break down, to investigate the maintenance management practices and to determine the obstacles in the implementation of these applications in the hotel management. The universe of the research is composed of managers with 3, 4, 5 star hotels and boutique accommodation businesses in Denizli. In the study, it was observed that the subject that the participants attach great importance to was maintenance and monitoring activities. The biggest obstacle in maintenance management was found to be the inefficient inventory system and the problem of materials and spare parts encountered.

Keywords: Maintenance, predictive maintenance, periodical maintenance, break down maintenance, manager, accommodation businesses.

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 01.07.2020

Kabul/Accepted : 17.07.2020

¹ Pamukkale Üniversitesi Turizm Fakültesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Denizli, hmozturk@pau.edu.tr
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4404-0106>

² Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Denizli, cmeran@pau.edu.tr
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1813-7166>

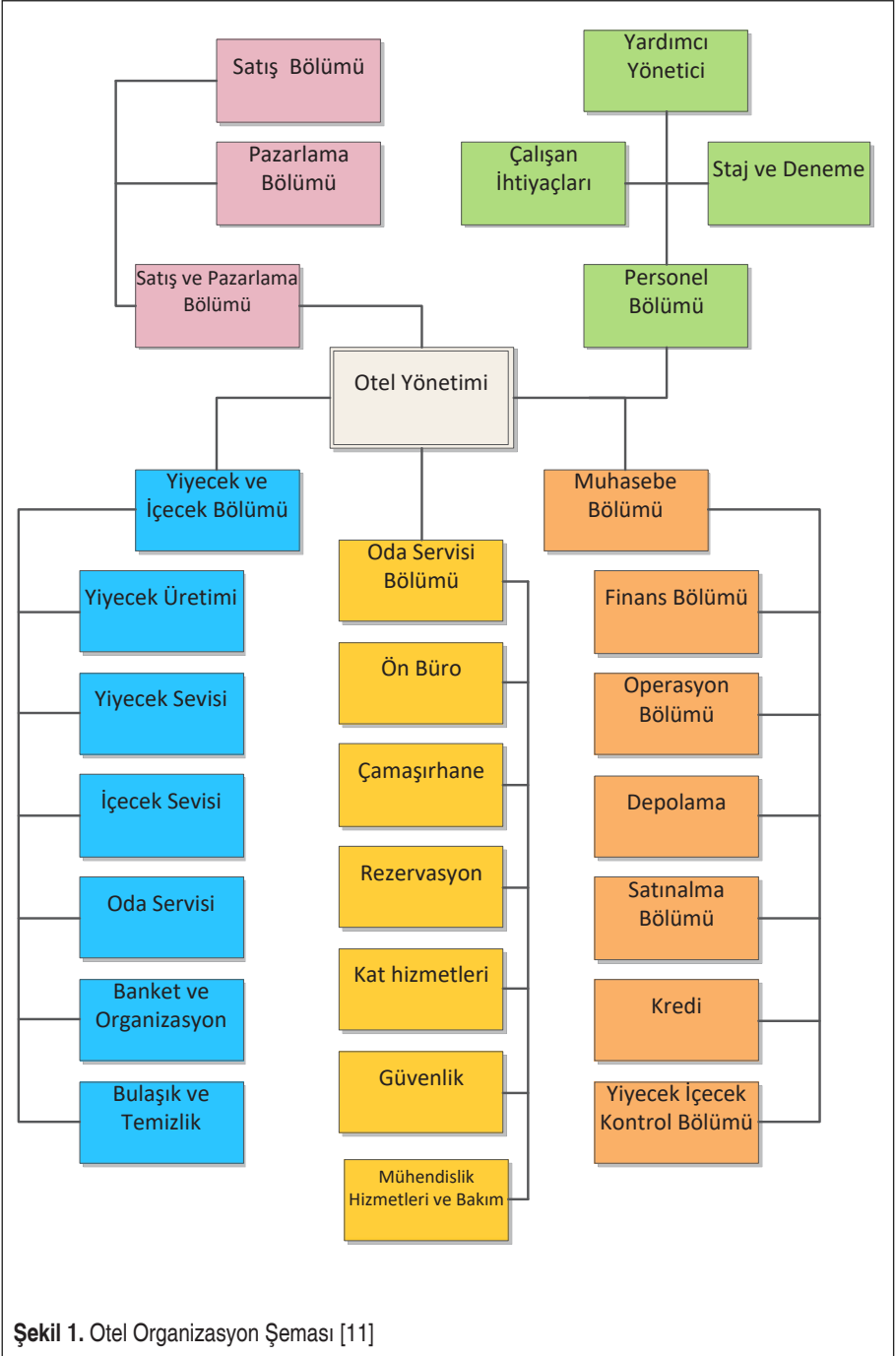


1. GİRİŞ

Oteller hem işletilmeleri sırasında hem de bakım uygulamalarında çok farklı mühendislik uygulamalarının yapıldığı karmaşık ve maliyetli yapılardır [1]. Otel işletmelerinin bütün yıl boyunca 7 gün 24 saat boyunca hizmet veren birimler olması nedeniyle düzenli olarak korunmaları gerekmektedir [2]. Bu nedenle otel işletmelerinde bütün diğer süreçler gibi bakım sürecinin de bir planlama çerçevesi içerisinde yürütülmesi gerekmektedir. Otellerin yönetim süreçlerinde, bakım biriminin organizasyonu ve planlanması oldukça önemlidir. Bakım yönetimi, bakım işlevinin amaçlarını, stratejilerini ve önceliklerini; planlama, denetim ve kontrol gibi sorumlulukları belirleyen yönetim faaliyetleri olarak tanımlanabilir [3,4]. Otel işletmelerinde müşteri memnuniyetinin sağlanması oldukça önemlidir. Yapılan araştırmalarda, müşteri şikayetleri içerisinde bakımsızlık kaynaklı konuların (örneğin bir asansörün gürültülü çalışması veya kapı kilidinin bozuk olması gibi) en çok şikayet edilen konular arasında 4. sırada yer aldığı görülmüştür [5]. Yapılan incelemelerde, bakım uygulamalarında bir aksama olmasa bile, otellerin yoğun olduğu dönemlerde bu şikâyetlerin arttığı görülmektedir [6]. Müşterilerin bakım ile ilgili olarak memnuniyetsizlikleri veya bakımsızlığa ilişkin olumsuz algıları, otel tipine ve ortalama günlük ücrete göre değişmektedir. Lüks otel müşterilerinin veya otellere daha yüksek ücret ödeyenlerin, ekonomik otel müşterilerinden daha fazla memnuniyetsizlik gösterdikleri ve daha fazla şikayette buldukları gözlemlenmiştir [6,7]. Arenas ve Colina [8] yaptıkları çalışmada, otel yöneticilerinin bakım yönetimi uygulaması hakkında bilgi sahibi olmadıkları üzerinde durmuşlardır. Çoğunlukla otel yöneticileri, tesisin bakımıyla ilgili maliyetlere ya da işletme operasyonu üzerindeki etkisini fazla önemsememektedirler. Bu durum da, planlı ve önleyici bakıma yatırım yapmak yerine düzenli onarımlara (arıza bakımı) gidilmesine neden olmaktadır. Bakım yönetimi stratejilerinin genel iş performansı üzerinde etkisinin anlaşılması ve müşteri memnuniyeti üzerinde etkisinin ortaya konulması, otel yöneticilerinin bakım yönetimi uygulamalarını geliştirmesi ve bakım hizmetlerine yeterli bütçeleri tahsis etme konusunda yardımcı olabilir [9]. Bakım yönetimi, bakım optimizasyon modelleri, bakım teknikleri, bakım planlaması, bakım performans ölçümü, bakım bilgi sistemleri; ve bakım politikaları gibi farklı katagoriler altında incelenebilir. Otel işletmelerinde bakım konusu incelendiğinde, bunlardan ikisinin, otel bakımı ile ilgili araştırma belgelerinde tartışma konusu olduğu görülmektedir, bunlar: bakım teknikleri ve bakım performansı konularıdır [10].

1.1 Otellerde Bakım Organizasyonu

Otel organizasyonu oldukça karmaşık ve çok farklı alanların birlikte çalıştıkları yapılardır (Şekil 1). Bu yapı içerisinde bakım faaliyetleri genellikle oda servisi bölümü altında bir mühendislik hizmeti olduğundan bu birimde mühendis, tekniker veya teknisyenler görev almaktadır.

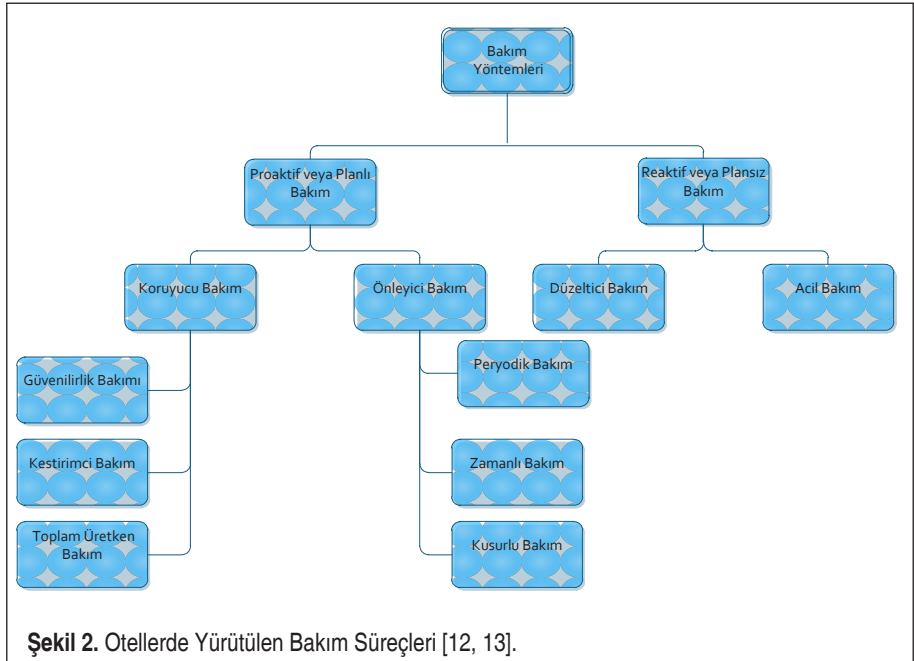


Şekil 1. Otel Organizasyon Şeması [11]



Otellerde de ekipmanların ömrünü uzatmak için bakım yapılması oldukça önemlidir. Bir ekipmanın arızalanmasından sonraki yürütülen bakıma reaktif veya plansız bakım ya da arıza bakım, arızalanmadan yapılan bakım işlemleri ise proaktif veya planlı bakım olarak adlandırılır (Şekil 2).

Arıza bakım en eski ve en yaygın bakım ve onarım stratejisi “bozulduğunda tamir et” olarak da adlandırılan reaktif veya plansız bakımdır. Arıza bakım yüksek maliyeti olmayan çok fazla yedeği bulunan tesis veya atölyelere uygulanan bakım yöntemidir. Bu yaklaşımın en cazip yanı hiçbir analiz veya planlamaya gerek olmamasıdır. Arıza ortaya çıkıncaya kadar bakım maliyetinin olmaması da işletmelere cazip gelmektedir. Ancak, bu bakım yönteminde, arızanın ne zaman olacağı bilinemez ve arızanın giderilmesi zaman alabilir. Problemler, bazen uygun olmayan zamanlarda ortaya çıkabilir. Bu durum da müşteri memnuniyetini olumsuz etkiler ve problemin giderilme maliyetlerinin yüksek olmasına neden olabilir. Arıza oranları, bir ekipmanın kullanım ömrü boyunca genellikle düşüktür ve ancak ömrünün sonuna doğru arızalar artar. Yeni tesislerde arızaların ortaya çıkma sıklığının az olması, otel yöneticilerini reaktif veya plansız bakıma itebilir [14]. Reaktif bakımda, bakım hizmetlerine işgücü harcanmaz veya bir arıza oluncaya kadar herhangi bir harcamaya gerek yoktur. Bakım maliyeti olmadığından, bu süre zarfında para birikmiş gibi düşünülebilir. Bakım için harcama yapmayarak sermayenin kurtarıldığına inanılmaktadır, ancak arızalar meydana geldiğinde daha büyük maliyetlerin ortaya çıkması olasılığı yüksektir. Ekipman ömrü



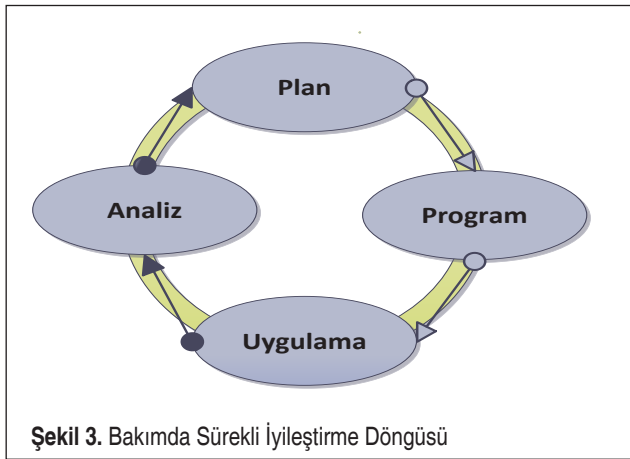
kısalabilir ve parçaların daha sık değiştirilmesi gerekebilir. Arıza meydana geldiğinde, işçilik ve parça maliyetleri normalden daha yüksek olacaktır. Reaktif veya plansız bakım, acil bakım ve düzeltici bakım olarak alt iki kategoride ele alınmaktadır. Her ikisinde de arıza meydana geldikten sonra bakım yapılmaktadır.

Planlı veya proaktif bakımda ekipmanların arıza yapması beklenmez. Koruyucu ve önleyici bakım alt kategorileri altında ele alınmaktadır [15]. Planlı bakım içerisinde yaygın olarak kullanılan bakım yöntemi periyodik bakımdır. Bu yöntemde bakım programının belirlenen bir zaman aralığında arıza olmasına bakılmaksızın periyodik uygulanması, bakım onarımında gerekli onarım, temizleme, yağlama, revizyon gibi faaliyetlerin gerçekleştirilmesidir. Otel gibi işletmelerde yaygın olarak periyodik bakım tercih edilirken beklenmedik arızalara karşı da arıza bakım yapılmaktadır. Arıza bakım gerçekte bir bakım yöntemi olmayıp tamirdir.

Her ne kadar yaygın uygulanmasa da diğer bir planlı bakım yöntemi kestirimci bakımdır. Bu bakım sisteminin ana prensibi ekipmanların performansını incelenerek ve çeşitli ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen bilgiler ne zaman bakım gerek olacağına karar verilmesidir.

Oteller genellikle Makine Mühendisleri Odası gibi kurumların yetkin personellerine ekipmanlarının periyodik bakımlarını yaptırılmaktadırlar. Genel olarak otellerin hizmet aldığı bazı periyodik bakım faaliyetleri hidrofor genişleme tankı, basınçlı kaplar, transpalet, buhar kazanı, kompresör hava tankı, sıcak su kazanı periyodik kontrolleri olarak sıralanabilir.

Bakım planlama, program, uygulama ve analiz süreçlerini içerir (Şekil 3). Planlı veya proaktif bakım ile ekipmanların çalışma ömrü uzar. Ekipmanın hizmet ömrünün uzatılması para tasarrufu sağlar. Ekipman daha uzun süre kullanılabilir ve sık sık yedek parça satın alınmasına gerek duyulmaz. Planlı bakım yaparak ucuz bir maliyetle de-





ğıştirilecek bir parçanın maliyeti çok küçük olabilir. Ancak değiştirilmemesi durumunda meydana gelebilecek bir arıza sonrasında çok daha yüksek maliyetli başka parçaların da arızalanmasına yol açabilir. Bu durum hem tamir maliyetlerini yükseltir hem de arıza süresince çalışmayan cihazlar nedeni ile şikâyetlerle karşı karşıya kalınabilir. Örneğin, zamanında bakım yapılması nedeni ile görülmeyen veya tamir atı yapılmayan bir yağ sızıntısı, bütün otelin klima sisteminin arızalanmasına neden olabilir. Bu durum otelin tümünde veya bu klimanın beslediği odalarda müşterilerin konaklatılmamasına ve dolayısıyla gelir kaybına neden olabilir. Bunun maliyeti değıştirilecek parça maliyetinde kat kat fazla olabilir.

Planlı bakımın en büyük avantajlarından birisi de işletme maliyetlerini azaltmasıdır. Düşük maliyetlerle değıştirilebilecek bir parça veya örneğin bakım sırasında temizlenecek bir filtre enerji maliyetlerini azaltabilir. Filtre kirlendiğinde klima öngörülen verim ile çalışamaz. Örneğin, 35 TL’lik bir filtrenin değıştirilmesi ve tıkalı bir evaporatör bobininin temizlenmesi, tüketilen elektrik miktarını% 50 veya daha fazla azaltabilir. Düzenli filtre değışikliklerinin genel klima işletim maliyetlerini % 8 ila 10 oranında azaltması beklenebilir. Büyük tesisler için bu, her sezon önemli enerji tasarrufu anlamına gelebilir [16]. Enerji giderlerinin otel işletmelerindeki değerleri göz önünde bulundurulduğunda bunun çok önemli olduğu görülebilir [17].

Kuruluşlar aşağıdaki hedeflerden birini veya birkaçını arar: kar maksimizasyonu, hizmet veya ürünlerin belirli kalite seviyesi, maliyetleri en aza indirme, güvenli ve temiz çevre veya insan kaynakları geliştirme. Tüm bu hedefler bakımdan büyük ölçüde etkilendiğinden, bakım hedeflerinin kuruluşun hedefleri ile uyumlu olması gerektiği açıktır. Bakımın temel amacı, bir kuruluşun hedeflerine ulaşmasını sağlayacak bir hizmet sunmaktır. Bakım sistemi basit bir giriş/çıkış sistemi olarak görülebilir. Sistem girdileri işçilik, arızalı ekipman, malzeme ve yedek parçalar, aletler, bilgiler, politikalar ve prosedürler ve yedek parçalardır. Çıktı ise tesisin planlı çalışmasını sağlamak için güvenilir ve iyi yapılandırılmış ekipmanlardır. Faaliyetler planlama, programlama, yürütme ve kontrolü içerir. Kontrol, bakım sisteminin amaçlarına göre yapılır. Hedeflerin kuruluş hedefleri ile uyumlu olması gerekir ve ekipman bulunabilirliği, maliyetleri ve süreçlerdeki kaliteyi etkiler. Geri bildirim ve kontrol bu sistemde sistem performansını artırmak için kullanılacak önemli bir işlemdir. Anahtar süreçleri ve kontrol fonksiyonu olan tipik bir bakım sistemi Şekil 4’te gösterilmektedir. Etkili bir bakım kontrol sistemi ekipman güvenilirliğini artırır ve kaynakların optimum kullanımına yardımcı olur [14].

Bütün tesisler gibi otellerde de bina bileşenleri bozulur, yıpranır veya arızalanır. Binalar var oldukları sürece: çelik kısımları paslanır, camları kırılır, motor yatakları aşınır, borular paslanır ve çatılar sızar. Binalarda ve otellerde bakımın amacı, bu bina bileşenlerini mümkün olduğunca uzun süre çalışır durumda tutmak ve ekipman arızalarının meydana gelmesini azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmaktır. Bozulmanın ve

aşınmanın normal etkilerini minimumda tutmakla bakımın en temel amaçları arasında sayılabilir. Bozulmayı önlemenin en etkili yolu önleyici veya koruyucu bakım programının uygulanmasıdır.

Otellerde enerji tasarrufu çatıların ısı kaybına neden olan yalıtımların yapılması, pencerelerden ısı kaçaklarının önlenmesi, pencere ve kapılarda hava sızıntılarının giderilmesi ve otomatik bina kontrol sistemlerinin düzgün çalışması ile sağlanabilir. Otelde genellikle, sürekli olarak arızalanan klima veya ısıtma sistemleri, sızan çatılar, sıkça yanlış alarm veren yangın alarm sistemleri ve çalışmayan tuvalet kapıları, küçük ama şikayetlere neden olan bazı sorunlardır. Bütün bunlar planlı bakım ve onarım uygulamaları ile çözülebilir.

Otel yöneticilerinin, temel bakım ve mühendislik yönetimi kavramlarını, mühendislik verilerinin nasıl analiz edileceğini ve en önemlisi bakım personeli ile kuracağı iletişim yöntemlerini ve mühendislik terminolojilerini anlaması oldukça önemlidir. Oteller konaklama hizmeti sunduklarından ve müşterileri sürekli değiştirdiğinden, sunulan hizmetlerde can güvenliği; ısıtma, havalandırma ve klima, elektrik, su, ulaştırma, dış çevre ve özel tesis ekipmanlarının çalışır durumda olması ve tehlike arz etmemesi oldukça önemlidir. Bir otel, restoran, kulüp, hastane veya diğer konaklama tesislerinde bakım ve mühendislik sistemlerinin yönetilmesi çok da cazip bir konu değildir. Bakım personeli farkedilmeyen, arka planda çalışan kişilerdir ve ancak sorun olduğunda önemleri anlaşılır. Ancak tasarımdan işletmeye kadar düzgün yönetilen sistemler önemli ölçüde uzun vadeli tasarruflar sağlayabilir; veya tam tersine, bu tür sistemlerin yönetilememesi önemli uzun vadeli maliyetlerle sonuçlanabilir. Konaklama ve yemek servisi yöneticileri, sektörlerindeki mühendislik, bakım ve enerji gereksinimlerinin artan önemi nedeniyle yönetim rollerinin değiştiğini farkındalar. Otellerde, bakım/mühendislik/enerji alanlarında maliyetler, gelirden üç ila beş kat daha hızlı artmış ve bu artış maliyetlerinin en azından bir kısmını dengeleyen fiyat artışlarına yol açmıştır. Bakım politikası ve enerji tüketimi genellikle birbirine bağlıdır; Örneğin, ekipmanın bakımı yapılmazsa, enerji tüketimi artar ve kullanım ömrü azalır. Normal bakımın ertelenmesi çok kısa süreli tasarruf sağlar. Bakımı geciktiren birçok otel anormal derecede yüksek bakım, onarım ve ekipman değiştirme maliyetleri ile karşı karşıya kalmaktadır [18]. Daha önceleri, teknisyen veya tekniker pozisyonundaki kişilerle yürütülen bakım hizmetleri, günümüzde teknolojik gelişmeler, birimin organizasyon yapısı, bütçe kararları, güvenlik, iş yükü tanımlama ve çizelgeleme, kontrol ve raporlama gibi karmaşık süreçler nedeni ile günümüzde bir mühendislik hizmeti olarak yürütülmektedir.

Binaların bakım ihtiyacı çok yüksektir. Bir ulusun refahı, Gayri Safi Yurt İçi Hasılabının (GSYİH) büyüklüğü ile belirlenir. Birçok ülkede binalar, ülkenin brüt sabit sermaye oluşumunun % 50'sinden fazlasını aşmaktadır. Birçok gelişmiş ülke, bina stoklarını korumak için inşaat sektöründeki toplam yatırımlarının yarısından fazlasını harca-



makla kalmaz, aynı zamanda GSYİH’larının yaklaşık % 10’unu inşa edilen tesislerin bakımı için harcarlar [19]. Hem uygulamada hem de teoride bina bakımı, ürün odaklı değil, teknik olarak hizmet odaklıdır. Bakım yönetimi, bina performansının en iyi şekilde işlev görmesi için kaynakların kullanılmasını içerir. Başka bir deyişle, binaların işletme aşamalarında yüksek performansta olduklarından emin olmanızı sağlar. Otellerde de bakım harcamalarının büyük bir kısmı binaların veya bina yardımcı tesislerinin (ısıtma ve soğutma tesisatı, su tesisatı, elektrik tesisatı gibi). Bakım yönetimi uygulaması geniş bir bilgi birikimine dayanır (psikoloji, sosyal, finans, yönetim teorisi, bilim ve mühendislikten türetilmiştir). Bu nedenle de otellerde bakım yönetim sisteminin ele alınması ve incelenmesi oldukça önem arz etmektedir [20].

2. METODOLOJİ

2.1 Evren ve Örneklem

Araştırmanın ana kütesini, Denizli ilinde faaliyet gösteren 3, 4, 5 yıldızlı oteller ve butik otel işletmelerinde çalışan yöneticiler oluşturmaktadır. Denizli İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü verilerine göre, 2020 yılı itibariyle Denizli’de Kültür ve Turizm Bakanlığı’ndan turizm işletme belgesi toplam 40 otel bulunmaktadır. Bunların büyük çoğunluğu il merkezinde olmak üzere ilçelerde de tesisler mevcuttur [21]. Çalışma kapsamında 3, 4, 5 yıldızlı ve butik oteller değerlendirmeye alınmıştır bu nedenle il merkezinde, Pamukkale ve Karahayit’de bulunan çalışmaya dahil edilecek tesis sayısı 29’dur. Araştırma konusu nedeniyle, belirlenen 29 otel ile görüşme için yönetim ile randevu almaya çalışılmıştır ancak sadece 13 tanesiyle görüşme sağlanabilmiştir, bunlardan 12 tanesi veri olarak kullanılmıştır, bir tanesi eksik veri nedeniyle uygun bulunmamıştır.

2.2 Veri Toplama Yöntemleri

Araştırmada görüşme yöntemi kullanılmıştır. Çalışma otellerde bakım yönetimini incelemektedir ve 3, 4 ve 5 yıldızlı ve butik otellerin otel bakım yöneticileri ile sınırlıdır. Öncelikle konuyla ilgili literatürü araştırması yapılarak konunun çerçevesi belirlenmiş ve ankete katılanlara sorulacak sorular belirlenmiştir. Otel yöneticilerinin bakım yönetimi uygulamalarına bakışını belirlemek için orijinal versiyonu Ghazi [22] tarafından hazırlanmış beşli likert tipinde (1: Çok önemsiz, 5: Çok Önemli) 34 ifade bulunmaktadır. Anketin orijinal halinde yer alan ifadeler Türkçe’ye çevrilmiştir. Bu çeviri anadili Türkçe ve iyi düzeyde İngilizce bilen iki öğretim üyesi tarafından görüş alınarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Görüşmenin devamında bakım uygulamalarının yanlış uygulanmasından sorumlu engelleri tespit amacıyla beşli likert tipinde (1: Çok önemsiz, 5: Çok Önemli) 10 soru yer almaktadır. Görüşmede yer alan diğer sorularla birlikte tüm sonuçlar bulgular bölümünde paylaşılmıştır. Bu araştırma çerçevesi, literatür taramasına dayalı olarak “Konaklama İşletmelerinde Çalışan Yöneticilerin

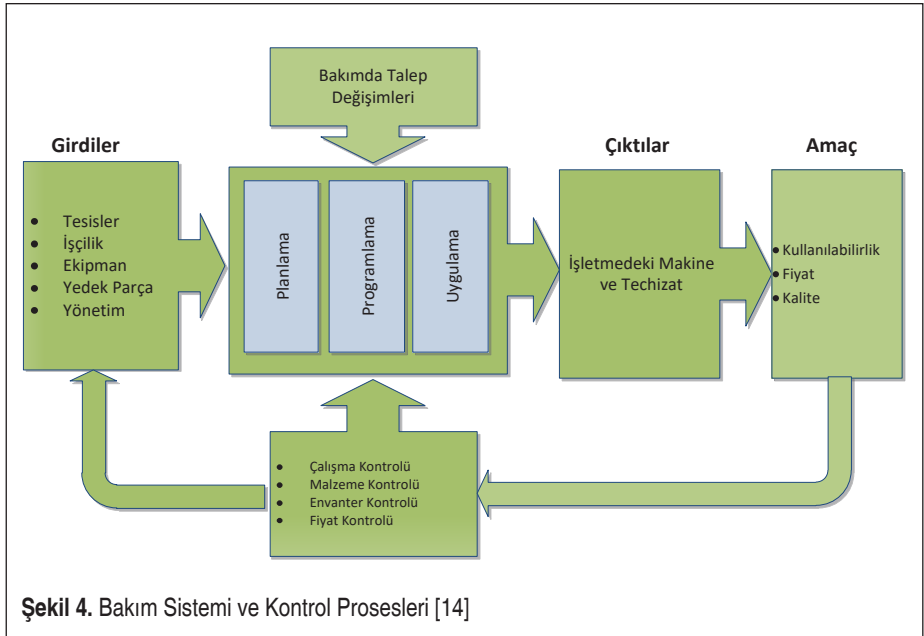
Bakım Yönetimi Uygulamalarına Bakışı” olarak adlandırılmıştır. Otel yönetiminin bakım yönetimine stratejik olarak nasıl yaklaştığı operasyonel ve paydaş görüşlerinin bakış açısını nasıl etkilediği görülmeye çalışılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmaya katılmayı kabul eden bu 12 otelden 3’ü 3 yıldızlı, 5’i 4 yıldızlı, 2’si 5 yıldızlı ve 2’si de butik oteldir (Tablo 1). Örnek sayısı küçük olduğu için gizliliğin korunması ilgili oteller için büyük önem taşımaktadır, katılan oteller için olası özdeşleşmeyi kolaylaştırmayacak şekilde yalnızca toplu veriler (hem oteller hem de katılımcılar için) sunulmaktadır. Bu nedenle çalışmada otel veya kişi adına yer verilmemiştir.

Tablo 1. Denizli’de Görüşme Yapılan Otellerin Dağılımı

	f	%
3 Yıldız	3	25.0
4 Yıldız	5	41.7
5 Yıldız	2	16.7
Butik otel	2	16.7
Toplam	12	100.0



Şekil 4. Bakım Sistemi ve Kontrol Prosesleri [14]



Çalışma ile otel bakım yönetimi uygulamaları ve bakım verimliliğindeki rolü belirlenilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda Tablo 2’de verilen sorular ankete katılan otel yöneticilerine sorulmuş ve 1 ile 5 arasında puan vermeleri istenilmiştir.

Veriler üç bölümde ele alınmıştır;

1. İlk bölümde, Denizli’de bulunan otellerindeki bakım yöneticilerinin bakış açısı ile bakım verimliliği uygulamalarındaki önemini değerlendirilmiştir. Bakım yönetimi, Tablo 2’de de görüleceği üzere 6 ana başlık altında ve toplam 34 ifade ile ele alınmıştır. Katılımcılardan 34 uygulamanın her uygulama için; 1-çok önemsiz (en az) ile 5-çok önemli (en yüksek) arasında değişen bir Likert ölçeği kullanarak bakım yönetimindeki önem düzeyi açısından derecelendirmeleri istenilmiştir. Kullanılan değişkenlerin (uygulamaların) önemi, verilen cevapların ortalaması alınarak Tablo 2’de sunulmuştur. Değişkenler (uygulamalar), görüşülen katılımcıların ortalama cevapları yardımıyla da sıralanmıştır.

2. İkinci bölüm, bakım yönetimi uygulamalarının yetersiz uygulanmasından nedeni olan engellerin bakım yöneticilerinin bakış açısından önemi değerlendirmektedir. Uygulamaların kötü uygulanma nedenlerinden 10 nedenden oluşmaktadır. Her bir nedene atanan önem düzeyi yöneticiler tarafından 1-çok önemsiz (en az) ile 5-çok önemli (en yüksek) arasında değişen bir Likert ölçeği kullanarak işaretlemeleri istenilmiştir. Kullanılan değişkenlerin (engeller) önemi, bütün katılımcıların verdiği puanların ortalaması alınarak bulunmuş ve Tablo 2’de verilmiştir. Değişkenler, görüşülen katılımcıların ortalama cevapları yardımıyla da sıralanmıştır.

3. Son bölümde ise, yöneticilerin konfor ve müşteri memnuniyeti açısından, yaptıkları bakım işini nasıl değerlendirdikleri, bakım faaliyetlerini yürütmek için en önemli olduğunu düşündükleri nedenleri, bakım için teknisyen bulma zorlukları, bakım için dış kaynak kullanıp kullanmadıkları ve dış kaynak kullanırken nelere dikkat ettikleri gibi sorular yöneltilmiştir.

Otel Bakım Yönetimi Uygulamaları ve Bakım Verimliliğindeki Rolü

Tablo 1e’de gösterildiği gibi, 34 ifadenin önem sıralaması ortalamalar alınarak puanları sıralanmıştır; 1.0 çok düşük-en önemsiz ve 5.0 çok yüksek-en önemli şeklindedir. Tabloda bütün kategoriler için ortalamalar alınarak sıralanmıştır. Tablo 2 incelendiğinde görüleceği üzere en düşük ortalama değer 3.58 (14. Bakım personeline eksiksiz teknik dokümantasyon sağlama konusunda üretici/tedarikçi taahhüdü) olurken, en yüksek değer 5 (15. Sayaç okuma gibi günlük bakım (rutin bakım) faaliyetlerini gerçekleştirmek) olarak bulunmuştur.

Her bir ana başlık altındaki sorulara verilen cevapların ortalamaları alınarak ana başlıklar için bir ortalama değer bulunmuştur. Araştırmadaki 6 ana başlık şu şekildedir; Bakım Yönetimi Ekibi, Bakım Yönetim Planı, Bakım Tanımlama ve Değerlendirme, Bakım Eğitimi, Bakım Bilgi paylaşımı ve İletişim, Bakım İzleme Faaliyetleri. Katı-



Tablo 2. Otel Bakım Yönetimi Uygulamaları ve Bakım Verimliliğindeki Rolü

Otel Bakım Yönetimi Uygulamaları ve Bakım Verimliliğindeki Rolü		Ort.	Sıra
Bakım Yönetimi Ekibi (BYE)		4,11	5
1	Bakım işinden sorumlu, yeterli ve çok işlevli bir Bakım Yönetim Ekibine sahip olmak	4,41	8
2	Bakımın tüm yönleri için bir Bakım Yönetim Ekip lideri veya benzer bir kişi olması	4,50	7
3	Bakım yönetimi için organizasyonel bir idari yapıya sahip olmak	3,75	14
4	Üst düzey yönetim / bakım personeli arasında düzenli Bakım Yönetim Ekip toplantıları düzenlemek	4,08	11
5	Bazı bakım çalışmaları için uzman taşeron firmalar kullanmak	3,83	13
6	İyi davranış ve görünümüne sahip kalifiye teknisyenler işe almak	4,08	11
7	Bakım Yönetim Planı (BYP)	4,28	4
8	Bakım politikasını, standart prosedürleri / stratejiyi içeren yazılı bir Bakım Yönetim Planı'na sahip olmak	4,50	7
9	Üst yönetimin (mal sahibi / operatör) BYP uygulamasını onaylanması	4,58	8
10	Bakım departmanının Bakım planının geliştirilmesine katılması	4,41	6
11	Bakım uzmanlarının tasarım ve inşaat öncesi aşamada yer alması	3,91	12
12	BYP'yi en az yılda bir kez düzenli olarak gözden geçirilmesi ve güncellenmesi	4,58	6
13	Bakım programlarını finanse etmek için yıllık bütçe ayrılması	4,41	8
14	Kilit çalışanları bakım planlama, kaynaklar ve araçlar hakkında bilgilendirilmesi	4,25	9
15	Bakım personeline eksiksiz teknik dokümantasyon sağlama konusunda üretici/tedarikçi taahhüdü	3,58	16
16	Bakım İzleme Faaliyetleri (BİF)	4,75	1
17	Sayaç okuma gibi günlük bakım (rutin bakım) faaliyetlerini gerçekleştirmek	5	1
18	Bir hata oluştuğundan sonra yapılması gereken bakım işlemlerini gerçekleştirmek (Düzeltilici / hataya dayalı bakım yaklaşımı)	4,83	3
19	Önceden belirlenmiş zaman aralıklarında düzenli / planlanmış faaliyetler gerçekleştirmek (Önleyici / zamana dayalı bakım yaklaşımı)	4,66	5
20	Daha fazla hasar veya olumsuz sonuçlardan kaçınmak için beklenmedik kusurların acil bakım eylemlerini gerçekleştirmek. (Acil bakım yaklaşımı)	4,50	7
21	Bakım Bilgi paylaşımı ve İletişim (BBİ)	4,45	2
22	Bakımı organize etmek için bilgisayarlı bakım bilgi sistemine sahip olmak	4,16	10
23	Bakım prosedürü kontrol listeleri, protokolleri ve çalışma kurallarını bulundurmak	4,66	5



24	İyi donanımlı bir bakım komuta merkezine sahip olmak	4,58	6
25	Misafirler ve çalışanlar için ücretsiz bir bakım hattına sahip olmak.	4,41	8
26	Arıza gören herhangi bir işçi, basılı veya elektronik bir iş emri başlatabilmesi	4,08	11
27	Çalışma sıklığı ve tüm detayları içeren bakım çalışmaları takvimi bulunması	4,58	6
28	Bina, hizmet, tesis, anlaşma vb. Kayıtların bakımı.	4,66	5
29	Bakım Tanımlama ve Değerlendirme	4,28	4
30	Mevcut ve potansiyel bakım sorunlarını ve çalışan tesis yönetimi etkilerini tanımlanması ve sınıflandırılması	4,66	5
31	Hataların veya sorunların meydana geldiğini bildirmek için etkili ve hızlı yöntemler belirlenmesi	4,41	8
32	İhtiyaç duyulan ekipman ve malzemeyi, özelliklerini ve varsayılan yaşını (sanallaştırma), bakım geçmişini, ihtiyaç duyulan vasıflı işçiliği, maliyetleri, uygulama araçlarını ve finansman kaynaklarının tanımlanması	4,08	11
33	Doluluk sonrası bakım performansının, takip eylemlerinin değerlendirilmesi ve ölçülmesi.	4,41	8
34	Müşterileri ve çalışanları, hizmetlerin bakımıyla ilgili görüşlerini bildirmeye teşvik etmek.	3,83	13
35	Bakım Eğitimi (BE)	4,29	3
36	Personel becerilerini geliştirmek ve yeni teknolojiyi öğrenmek için en az yılda bir kez düzenli olarak bakım eğitimi (tatbikatlar, seminerler, atölyeler) düzenlemek	4,75	4
37	Yeni personelin bakım konusunda eğitilmesi	4,83	2
38	Üreticiler veya tedarikçilerin eğitim oturumları sağlama taahhüdü vermesi	3,91	12
39	Temizlik personelinin, bakımı kolaylaştırmak için ya da bakım ekibinin olmadığı zamanlarda (özellikle gece), kilit, ampül ya da bataryaları değiştirmek gibi görevler konusunda eğitilmesi.	3,66	15

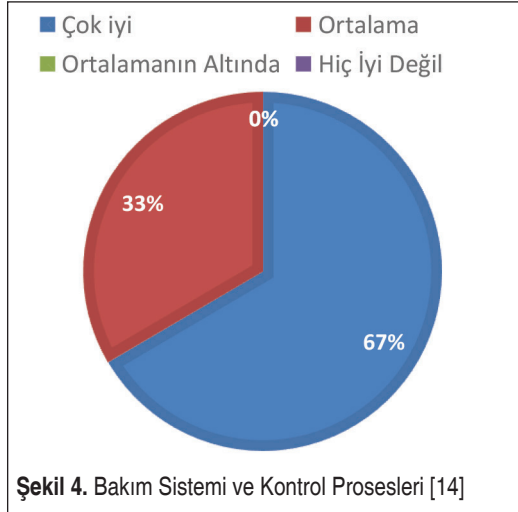
İlmcıların verdikleri cevaplar incelendiğinde en önemli konu 4.75 ortalama ile Bakım İzleme Faaliyetleri olarak görülmektedir. En az önemli konu ise 4.11 ortalama ile Bakım Yönetimi Ekibi olarak görülmektedir. Bu sonuç, otel yöneticilerinin bakım yönetim ekibinin rolünü önemsemediklerini ancak diğer yandan Bakım İzleme Faaliyetlerini ise oldukça önemsediklerini göstermektedir. “Sayaç okuma gibi günlük bakım (rutin bakım) faaliyetlerini gerçekleştirmek” faaliyeti bütün ankete katılanlardan 5 puan almıştır.

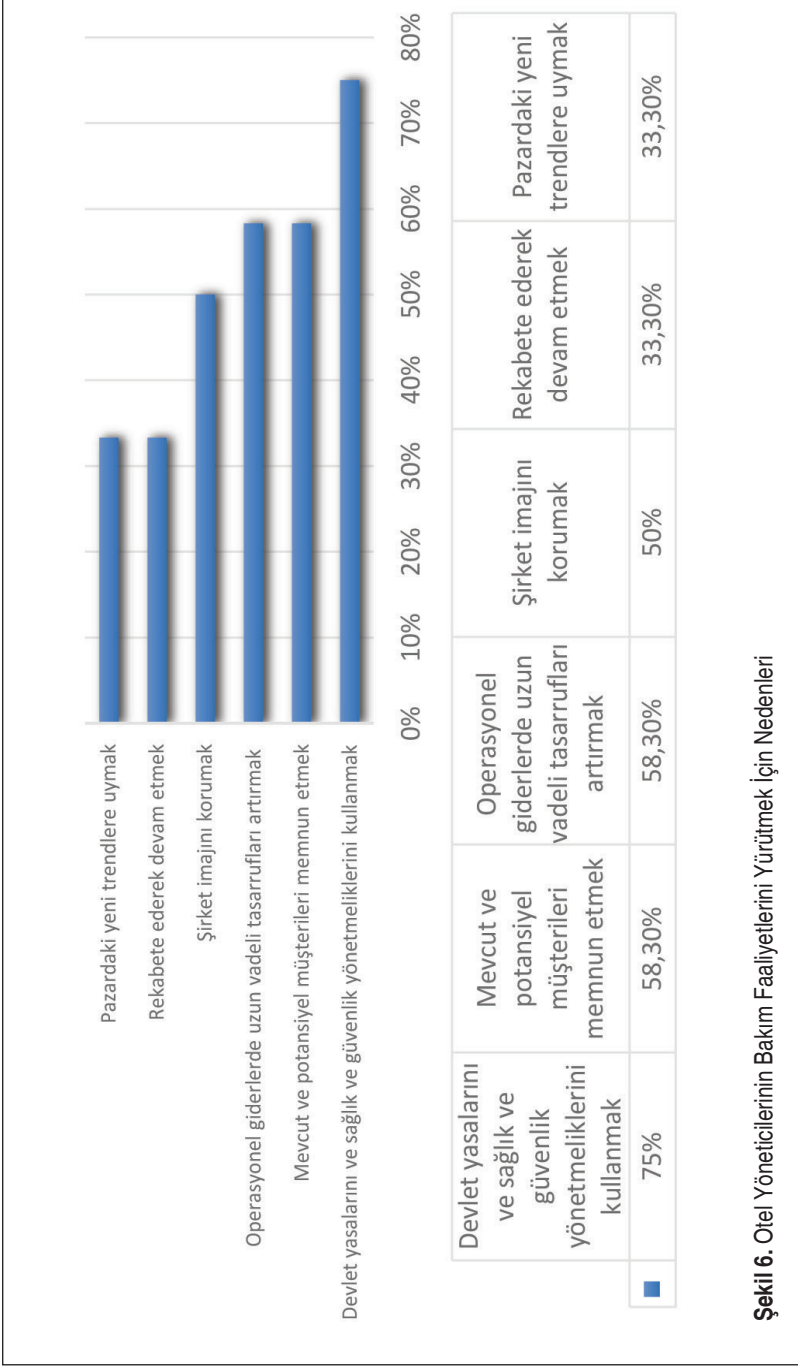
Tablo 3’te ise bakım uygulamalarının kötü uygulanmasından sorumlu engeller belirlenilmeye çalışılmıştır. Genel ortalama 3.81 olarak bulunmuştur. En yüksek 4.41 olurken en düşük 2.41 (S8: Otel sahibi / operatör isteksizliği) değeri bulunmuştur.

Tablo 3. Bakım Uygulamalarının Kötü Uygulanmasından Sorumlu Engeller

Bakım uygulamalarının yanlış uygulanmasından sorumlu engeller.	Ort.	Sıra
S1: Kullanıcıların tutumu ve tesislerin kötüye kullanılması	4,25	3
S2: Bakım çalışmaları için yetersiz fon	3,58	6
S3: İşletme yaşı ve çevre nedeniyle doğal bozulma	3,75	5
S4: Bakım maliyetinin operatörler tarafından şişirilmesi	2,91	7
S5: Yabancılar tarafından tasarlanan ve yapılan binalarda çalışmayı sürdürecekt kalifiye insan gücü eksikliği	4,00	4
S6: Verimsiz envanter sistemi veya kullanılmayan fon nedeniyle sık sık malzeme ve yedek parça sıkıntısı	4,41	1
S7: Bakım departmanında vasıflı personel eksikliği	4,33	2
S8: Otel sahibi / operatör isteksizliği	2,41	8
S9: Eğitimin yetersiz olması ve öneminin belirlenmesi, yeniden eğitime ve eğitime devam etme	4,25	3
S10: Ülkede fark edilir bakım kültürü eksikliği	4,25	3
Genel Ortalama	3,81	-

Tablo incelendiğinde görüleceği üzere en büyük problem olarak “verimsiz envanter sistemi veya kullanılmayan fon nedeniyle sık sık malzeme ve yedek parça sıkıntısı” görülmektedir. Bu ifadeleri “Bakım departmanında vasıflı personel eksikliği” izlemektedir. En az problem olarak ise Otel sahibi / operatör isteksizliği görülmektedir. Otel yöneticileri problemlerin kendileri dışından kaynaklandığını düşünmektedirler.





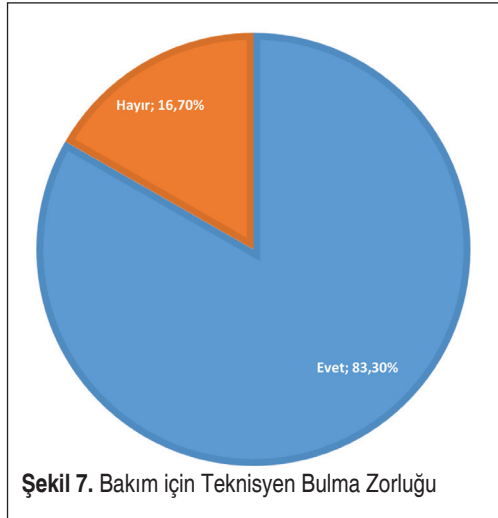
Şekil 6. Otel Yöneticilerinin Bakım Faaliyetlerini Yürütmek için Nedenleri

Yapılan görüşmede otel yöneticilerine konfor ve müşteri memnuniyeti açısından, yaptıkları bakım işini nasıl değerlendirdikleri görülmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre %33.3 yapılan bakımı ortalama bulurken, %66.7'si çok iyi olarak değerlendirilmiştir (Şekil 5). Katılımcılardan hiçbirisi ortalamanın altında veya iyi değil seçeneğini işaretlememişlerdir. Bu da otel yöneticilerinin yürütülen bakım faaliyetlerinden genel olarak memnun olduklarını göstermektedir.

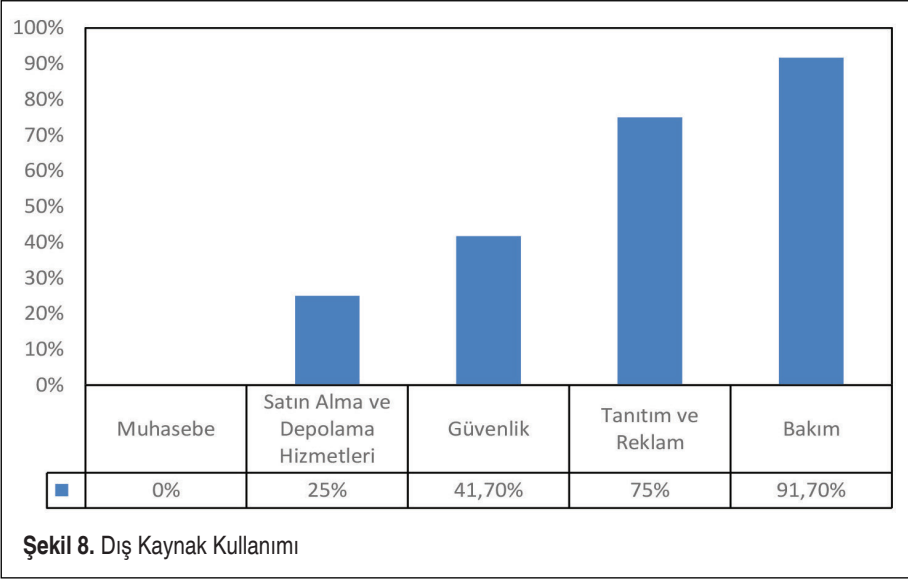
Otel yöneticilerine bakım faaliyetlerini yürütmek için en önemli olduğunu düşündükleri nedenlerin belirlenmesi amacı; rekabete ederek devam etmek, şirket imajını korumak, pazardaki yeni trendlere uymak, devlet yasalarını ve sağlık ve güvenlik yönetmeliklerini kullanmak, mevcut ve potansiyel müşterileri memnun etmek, operasyonel giderlerde uzun vadeli tasarrufları artırmak soruları yöneltilmiş ve bu sorular içerisinde istedikleri seçenekleri seçmeleri istenmiştir. Katılımcıların verdikleri cevaplar Şekil 6'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi yasalar ve yönetmeliklerin zorlayıcı etkileri %75 ile ilk sırada yer almaktadır. Bunu mevcut ve potansiyel müşterilerin memnuniyetini sağlamak ve operasyonel giderlerde uzun vadeli tasarrufları artırmak (%58.3) izlemektedir. En önemsemedikleri nedenler ise %33.3 ile rekabete ederek devam etmek ve pazardaki yeni trendlere uymak olarak görülmektedir.

Otel yöneticilerine “Otel endüstrisinde bakım hizmeti için teknisyen bulmak kolay mıdır?” sorusunu yönelttiğimizde %16,7'si hayır yanıtını verirken %83,3'ü evet yanıtını verdi (Şekil 7). Katılımcıların büyük bir çoğunluğunun evet cevabı vermesi, otellerin kolay bir şekilde teknisyen bulabildiklerini göstermektedir.

Otel işletmecisi olarak deneyiminizde, aşağıdaki operasyonel fonksiyonlardan hangisi genellikle otellerde dış kaynak kullanımı gerektirir? Sorusuna verilen yanıtlar Şekil

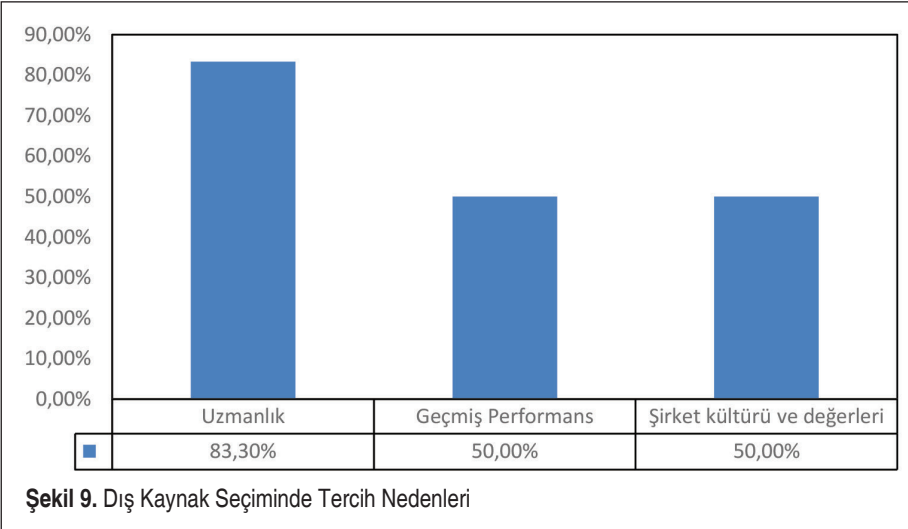


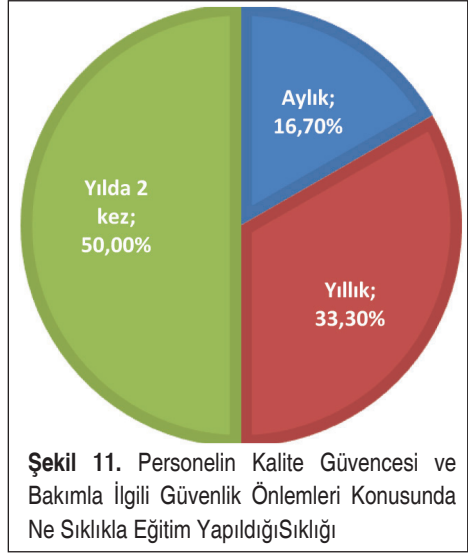
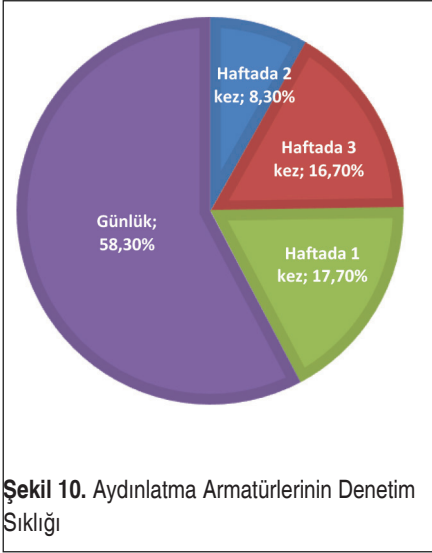
Şekil 7. Bakım için Teknisyen Bulma Zorluğu



8’de verilmiştir. Buna veri doğrultusunda görüşme yapılan 12 otelden 11 tanesinin (%91.7) bakım hizmetleri için dış kaynak kullandığı, bunun dışında tanıtım ve reklam için (%75) ile güvenlik ve satın alma (%41.7) için dış kaynak kullanırken muhasebe için dış kaynak kullanılmadığı görülmüştür.

Bir diğer soru ile otel yöneticilerine dış kaynak seçiminde nelere dikkat ettikleri sorulmuştur. Bu soruya verdikleri yanıtlar Şekil 9’da gösterilmiştir. 12 otel içerisinde



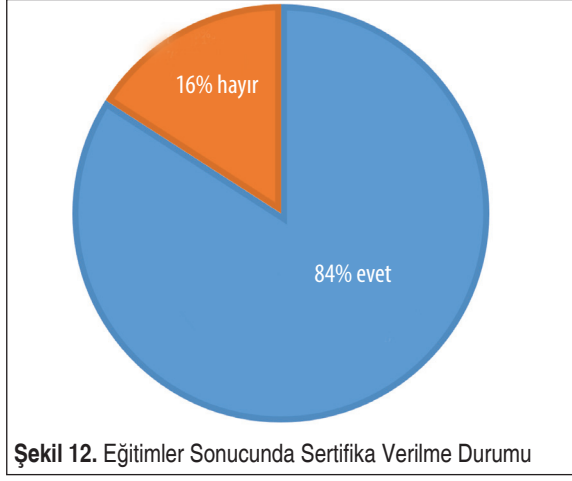


10 tanesi (%83) uzmanlığa dikkat ederken 6 tanesi (%50) geçmiş performansa, 6 tanesi (%50) ise şirket kültürünün ve değerlerin dış kaynak seçiminde etkili olduğunu belirtmiştir. Ankete katılan yöneticilerin büyük çoğunluğunun uzmanlığı önemsedığı görülmektedir. Diğer yandan önceki çalışmaların ve iyi veya kötü deneyimlerin de önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Bir diğer soru ile bakımın hangi sıklıkta yapıldığı belirlenilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda katılımcılara “Otel odalarındaki aydınlatma armatürlerinin ne sıklıkla denetlenmesi gerektiğini düşünüyorsunuz?” sorusu yöneltilmiştir. Bu soruya verilen cevaplar Şekil 10’da verilmiştir. Şekil 10’dan da görüldüğü gibi katılımcıların çok büyük bir çoğunluğu (%58.3) günlük olarak kontrol yapılmasını sağlarken haftada 3 kez sağlayanlar %16.7 ve haftada 1 kez kontrol yapılmasını sağlayanlar ise %17.7 olarak gerçekleşmektedir.

Otellerde bakım konusunda eğitim sıklığının belirlenmesi amacı ile katılımcılara personelin kalite güvencesi ve bakımla ilgili güvenlik önlemleri konusunda ne sıklıkla eğitim yapıldığı sorulmuştur. %50’si yılda iki kez eğitim verildiğini, %33.3’ yıllık eğitimler planladıklarını, %16,7’si ise aylık eğitimler verdiklerini belirtmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi yöneticilerin yarısı yılda iki kez eğitim verildiğini belirtmişlerdir, Şekil 11.

Bakım konusunda verilen bu eğitimler neticesinde eğitim alanlara sertifika verilip verilmeyeceği sorulmuş ve yanıtlar Şekil 12’de paylaşılmıştır. Şekil 12’de görüldüğü gibi katılımcıların çok büyük bir çoğunluğu (%84) eğitim konusunda sertifika verilmesini önemsemektedirler.



4.SONUÇ

Bakım yönetimi, enerji verimliliğini artırmak ve toplam maliyetleri optimum tutmak için oldukça önemli bir rol oynar. Otellerde kullanılan cihazların, işletim ve bakım maliyetleri ile enerji tüketiminin azaltılması için ekipmanların bakımları uygun bir şekilde yapılmalı ve kontrol edilmelidir. Otel endüstrisinde yaygın olarak wbenimlenen stratejiler arasında, yöneticilerin zorlu iş ortamlarında işletme maliyetlerini azaltmak için dış kaynak kullanımı bulunmaktadır. Bakım hizmetlerinin de bir kısmının dış kaynaklardan sağlandığı bilinmektedir. Böyle bir stratejinin amacı verimliliği ve gelirlerini artırmaktır. Otellerin kendi alanlarına odaklanması ve sürekli değişen iş ortamına uyum sağlama yeteneğini güçlendirmesi bu yöntemle sağlanabilir.

Yapılan çalışmada bakım hizmetlerin büyük bir kısmının dış kaynaklardan sağlandığı görülmüştür. Otel işletmecileri için bakımla ilgili önemli olan konu, bakım ve işletme maliyetinin artması ve enerji verimliliğinin sağlanmasıdır. İşletmelerin bakım personelinin sertifikalandırılması konusuna önem verdikleri de bulgular arasında yer almıştır. Yapılan çalışmada, katılımcılar, bakım faaliyetlerinin yürütülmesi konusunda en büyük etkinin yasa ve yönetmeliklerdeki zorlamalar olduğunu ve aynı zamanda müşteri memnuniyetinin sağlanması ve giderlerin azaltılması konusunun da belirleyici olduğunu belirtmişlerdir. Bu sorumlulukları yerine getirirken hem çalışanların hem de müşterilerin ilgi ve görüşlerinin dikkate alındığı yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Bakım uygulamalarının önündeki en büyük sorun olarak verimsizlik ve sık sık malzeme ve yedek parça sıkıntısı olduğu belirtilmiştir. Katılımcıların tümü sayaç okunması gibi günlük rutin bakım faaliyetlerini çok önemsediklerini ortaya koymuşlardır. Bakım personelinin eğitimi, arıza sonrası düzeltici faaliyetlerin yapılarak onarımın gerçekleştirilmesi de katılımcılarca önemli konular arasında görülmektedir.



Yapılan çalışma sonucunda, özellikle otellerde bakım konusunda uzmanlaşmış, eğitilmiş ve sertifikalı bakım personeli konusunda bir ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir. Otellerde rutin bakım faaliyetlerinin yürütüldüğü ve yöneticilerin bakım konusunda farkındalıklarının olduğu da ortaya çıkarılmıştır.

KAYNAKÇA

1. **Chan, K. T., Lee, R. H. K., & Burnett, J.** 2001. "Maintenance Performance: A Case Study of Hospitality Engineering Systems," *Facilities*, vol. 19, no. 13/14, p.494–504. doi:10.1108/02632770110409477.
2. **Lai, J. H.** 2013. "An Analysis of Maintenance Demand, Manpower, and Performance of Hotel Engineering Facilities," *Journal of Hospitality & Tourism Research*, vol. 37, no. 3, p.426–444. doi:10.1177/1096348012436380.
3. **Campbell, J. D.** 1995. *Strategies in Excellence in Maintenance Management*, Productivity Press, Portland.
4. **Campbell, J. D., Jardine, A. K.** 2001. *Maintenance Excellence: Optimizing Equipment Lifecycle Decisions*, Campbell JD, Jardine, A.K., Eds., CRC Press, New York.
5. **Xiang, Z., Schwartz, Z., Gerdes, J. H., Uysal, M.** 2015. "What Can Big Data and Text Analytics Tell us About Hotel Uuest Experience and Satisfaction?," *International Journal of Hospitality Management*, vol. 44, no. 1, p.120–130. doi:10.1016/j.ijhm.2014.10.013.
6. **Mattila, A. S., & O'Neill, J. W.** 2003. "Relationships Between Hotel Room Pricing, Occupancy, and Guest Satisfaction: A Longitudinal Case of a Midscale Hotel in the United States," *Journal of Hospitality & Tourism Research*, vol. 27, no. 3, p.328–341. doi:10.1177/1096348003252361.
7. **Li, H., Ye, Q., Law, R.** 2013. "Determinants of Customer Satisfaction in the Hotel Industry: An Application of Online Review Analysis," *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, vol. 18, no. 7, p.784–802. doi:10.1080/10941665.2012.708351.
8. **Arenas, E. F., Colina, N. V.** 2010. "The Planned Preventive Maintenance in Hotel Facilities: An Undeferable Priority," *Retos Turísticos*, vol. 9, no. 1, p.45–47.
9. **Longart, P.** 2020. "Understanding Hotel Maintenance Management," *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, vol. 21, no. 3, p.267-296. doi: 10.1080/1528008X.2019.1658148
10. **Garg, A., Deshmukh, S. G.** 2006. "Maintenance Management: Literature Review and Directions," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 12, no. 3, p.205–238. doi:10.1108/13552510610685075
11. **Rutherford, D. G., O'Fallon, M. J.** 2007. *Hotel Management and Operations*, John Wiley & Sons., Organizational Design, Eddystone C. Nebel III.
12. **Mutlu Öztürk, H., Öztürk, H. K.** 2019. "Maintenance and Maintenance Management Systems in Accommodation," *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 96, no. 2, p.83-93. doi: 10.5604/01.3001.0013.7938.



13. **Seeley, I. H.** 1987. *Building Maintenance*, Macmillan International Higher Education, New York.
14. **Ben-Daya, M., Duffuaa, S. O., Raouf, A., Knezevic, J., Ait-Kadi, D.** 2009. *Handbook of Maintenance Management and Engineering*, Vol. 7, Springer, London.
15. **Narayan, V.** 2004. *Effective Maintenance Management: Risk and Reliability Strategies for Optimizing Performance*, Industrial Press Inc., New York.
16. **Cruzan, R.** 2009. *Manager’s Guide to Preventive Building Maintenance*, The Fairmont Press Inc., Lilburn.
17. **Öztürk, H. K., Öztürk, H. M., Dombaycı, Ö. A.** 2018. “Turizm sektöründe enerji tüketimi ve enerji tasarruf olanakları,” *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, cilt. 2, sayı 1, s.17-28.
18. **Bennett, D.** 2009. *Maintenance Management*, First Edition, Global Media, Delhi.
19. **Olanrewaju, A. L., Abdul-Aziz, A. R.** 2014. *Building Maintenance Processes and Practices: The Case of a Fast Developing Country*, Springer, Singapore.
20. **Son, L. H.** 1993. *Building Maintenance Technology*, Macmillan International Higher Education, London.
21. **KYI.** 2020. “Konaklama ve yeme –İçme, Denizli İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü”, <https://denizli.ktb.gov.tr/TR-211864/konaklama---yeme---icme.html>, son erişim tarihi: 20.05.2020.
22. **Ghazi, K. M.** 2016. “Maintenance Management Practices in 5-star Hotels,” *International Journal of Heritage, Tourism, and Hospitality*, vol. 10, no. 1/2, p.161-191.



Güneş Kollektörlerinin Enerji, Ekserji, Termoeolojik, Sürdürülebilirlik, Termoekonomik ve Eksergoekonomik Analizleri

Hakan Çalışkan*

ÖZ

Bu çalışmada, güneş kolektörlerinin enerji, ekserji, termoeolojik, sürdürülebilirlik, termoekonomik ve eksergoekonomik analizleri açıklanmış ve örnek bir uygulama üzerine bu analizler uygulanmıştır. Örnek uygulama olarak 8 m² alanında düzlemsel güneş kolektörü esas alınmıştır. Sistemin enerji verimi %52,46 olarak bulunurken, ekserji verimi %1,99 olarak hesaplanmıştır. Sistemin sürdürülebilirlik indeksi, termoeolojik performans katsayısı, termoekonomik parametre değeri ve toplam eksergoekonomik parametre değeri sırasıyla 1,02, 0,0206, 1,4 W/TL ve 2,683 W/TL olarak bulunmuştur. Sistemin en yüksek enerji girişi ve ekserji girişi, gelen güneş ışınımından kaynaklanmaktadır. Bu enerjinin/ekserjinin büyük bir kısmının kayba ve tersinmezliklerden dolayı yıkıma uğradığı görülmektedir. Bu durum, düzlemsel güneş kolektörlerinin en büyük dezavantajdır.

Anahtar Kelimeler: Enerji, ekserji, güneş kolektörü, sürdürülebilirlik, termoekonomik analiz, verim

Energy, Exergy, Thermoeologic, Sustainability, Thermoeconomic and Exergoeconomic Analyses of Solar Collectors

ABSTRACT

In this study, energy, exergy, thermoeologic, sustainability, thermoeconomic and exergoeconomic analyses of solar collectors are explained and these analyses are applied to a case study. As a case study, flat plate solar collector with 8m² area is considered. The exergy efficiency of the system is calculated as 1,99%, while energy efficiency is 52,46%. The sustainability index, thermoeologic performance coefficient, thermoeconomic parameter rate and total exergoeconomic parameter rate of the system are found as 1,02, 0,0206, 1,4 W/TL and 2,683 W/TL, respectively. The maximum energy input and exergy input are caused by the incoming solar radiation. It is seen that most of this energy/exergy is lost, and destructed due to irreversibilities. This situation is the biggest disadvantage of the flat plate solar collectors.

Keywords: Energy, exergy, solar collector, sustainability, thermoeconomic analysis, efficiency

Geliş/Received : 26.07.2020

Kabul/Accepted : 06.08.2020

¹ Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Uşak
hakan.caliskan@usak.edu.tr
ORCID: 0000-0002-6571-0965



1. GİRİŞ

Petrol, kömür, doğalgaz gibi yakıtlar, yenilenebilir olmayan ve kullanıldıkça azalan geleneksel enerji kaynakları olarak bilinir [1]. Yaşam standartlarına ve nüfus artışına bağlı olarak, geleneksel enerji kaynakları günden güne azalır. Ayrıca, kullanıldıkça sera gazı salmaları açısından da çevreci değillerdir [2]. Bu sebeple, çevreci ve sürdürülebilir enerji kaynakları üzerine araştırmalar giderek artmaktadır. Gerekli enerji ihtiyacını karşılamada yenilenebilir enerji önemli rol oynamaktadır. Güneş, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları tükenmeyen sürdürülebilir kaynaklardır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları, geleneksel enerji kaynaklarına göre daha çevrecidir [3-5].

Enerji, çevre yönetiminde önemli rol oynar. Enerji üretiminde genellikle yenilenebilir olmayan enerji türleri kullanılır ve bunlar SO_x, CO, NO_x gibi çevreye ve canlılara zararlı emisyon salarlar [6,7]. Bu sebeple, çevreci enerji üretimi amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önemlidir. Günümüzde, elektrik enerjisinin beşte biri yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir [8]. Yenilenebilir enerji kaynakları temiz ve güvenli enerji kaynakları olarak da bilinir ve güneş enerjisi bunlar arasında gelecek vaat eden bir enerji çeşididir. Güneş enerjisi ücretsizdir ve dünyanın enerji ihtiyacını karşılayabilecek kapasitede bir enerji kaynağıdır [9-11].

Güneş enerjisi, güneşin ısı ve ışınım ışığı olarak tanımlanabilir. Güneş enerjili ısıtma sistemleri, fotovoltaiik sistemler, solar (güneş enerjili) termal enerji sistemleri, güneş mimarisi ve yapay fotosentez gibi sürekli gelişen teknolojileri kullanır. Önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir ve güneşin enerjisini nasıl yakalayıp dağıttıklarına veya enerjiye nasıl dönüştürdüklerine bağlı olarak pasif solar veya aktif solar olarak karakterize edilir. Aktif solar teknikler; fotovoltaiik sistemler, yoğunlaştırılmış güneş enerjili güç sistemleri ve güneş enerjili su ısıtma sistemleridir. Pasif solar teknikler ise güneş enerjili (solar) binaları ve solar malzemeleri kapsar [12]. Enerji kaynaklarından üretilen enerjinin büyük bir kısmı binalar (yapılar) için kullanılır. Bu sebeple, güneş enerjisi sistemlerinin binalarda kullanılmasıyla enerji tüketimi azaltılabilir. Bu bağlamda, güneş enerjili su ısıtma sistemleri yaygın olarak binalarda kullanılmaktadır. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri olarak güneş kolektörleri sıklıkla kullanılır ve kolektörler güneş ışınımını emerek bunu ısı enerjisine dönüştürür ve içinden geçen akışkana ısıyı transfer ederler [13,14].

Yaygın olarak kullanılan düzlemsel güneş kolektörleri 1950'li yıllarda Hottel ve Whillier tarafından geliştirilmiştir. Düzlemsel güneş kolektörü; siyah düzlemsel bir emici yüzey, ısı kaybını azaltan ve ışınımı geçiren bir saydam yüzey, emici yüzeyden ısıyı alan bir ısı transfer akışkanı (hava, antifriz, su vb.) ve ısı yalıtımı içeren bir sistemdir. Emici yüzey, ince bir tabaka şeklindedir ve genellikle akışkanın geçtiği borular ile birlikte. Su, ısıyı emici yüzeyden yalıtımlı ısı tankına aktarmak için bu boruların içinde dolaştırılır. Bu teknoloji temel olarak konutların enerji faturasında önemli etken olan sıcak su ihtiyacını ve yüzey ısıtmasını karşılamada kullanılır. Diğer

uygulama şekilleri çamaşırhaneler, araç yıkama yerleri, askeri yıkama tesisleri, havuzlar ve yemek tesisleri gibi değişkenlik göstermektedir [15].

Güneş kolektörleri yüzey esaslı kolektörlerdir. İlk olarak güneş ışığını emer ve ısıya dönüştürür, ardından bu ısı, ısı transfer akışkanına aktarılır. Sistemde ısı; ışınım, taşınım ve iletim yoluyla kayba uğrayabilir. Bu sebeple ısı kaybını azaltmak ve sistemdeki kayıp ve tersinmezlikleri belirlemek önemlidir [16]. Yenilenebilir enerji sistemleri, ekserji ve sürdürülebilirlik değerlendirmeler de göz önüne alındığında daha detaylı olarak incelenebilir. Ekserji, genellikle enerjinin kalitesi olarak bilinir ve sistemin çevre ile denge halinde olduğu ölü durum koşulu olarak bilinen referans çevre ile ilişkilidir. Sürdürülebilirlik değerlendirmesi yapabilmek için de ekserjiye ihtiyaç vardır [3,17]. Ayrıca tersinmezliklerin termodinamik performans üzerindeki etkilerini inceleyen termoeolojik analiz yöntemi de ekserji analizini esas alır [18]. Termoekonomik ve eksergoekonomik analizlerde, ekonomi ve enerji-ekserji analizleri birlikte kullanılır ve bu analizler sistemlerin gerçek ürün maliyetlerinin belirlenmesini sağlar. Eksergoekonomik analizde, ısıl sistemin çevresi ile olan etkileşimi ve içerisindeki termodinamik verimsizliklerin maliyetinin belirlenmesi için kullanılacak gerçek verilerin ekserji değerleri olduğu kabul edilir [19-22].

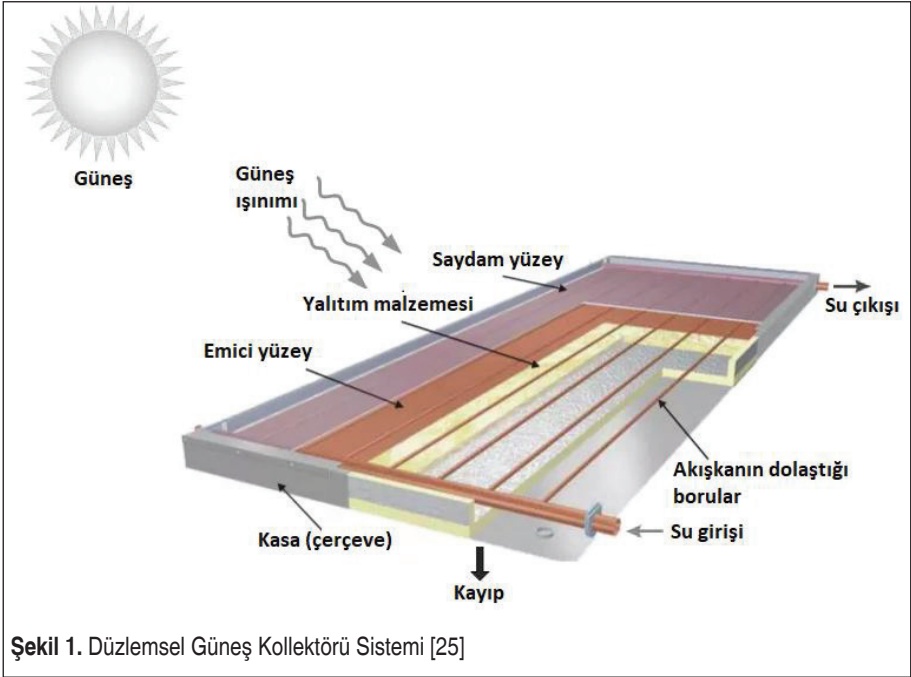
Bu çalışmada, güneş kolektörlerinin enerji, ekserji, termoeolojik, sürdürülebilirlik, termoekonomik ve eksergoekonomik analizleri açıklanmış ve örnek bir düzlemsel güneş kolektörü sisteme bu analizler uygulanmıştır.

2. YÖNTEM VE ANALİZ

Düzlemsel güneş kolektörleri, binalarda su ısıtma amacıyla kullanılan en yaygın güneş kolektörü çeşididir. Bu kolektörler genellikle emici yüzey, saydam yüzey (cam), çerçeve sistemi ve yakıtım içerir. Güneş ışınımı, emici yüzey tarafından emilir ve kolektör içerisindeki borularda dolaşan iş akışkanı suya ısı olarak aktarılır. Düzlemsel güneş kolektörleri iş akışkanı suyu kaynama noktasının altındaki bir sıcaklığa kadar ısıtır. Kış aylarında ısı gereksiniminin karşılanmasında ve talep sıcaklığının 30 °C - 70 °C olduğu uygulamalarda yaygın olarak tercih edilir [23,24]. Düzlemsel güneş kolektörü sistemi Şekil 1’de gösterilmiştir.

Örnek uygulama olarak; 45 derece açı ile yerleştirilen 2 m x 4 m ebatlarında olan 8 m² alanlı bir düzlemsel güneş kolektörü esas alınmıştır. Güneş sıcaklığı 5500 °C, hava sıcaklığı 30 °C, kolektör cam sıcaklığı 45 °C, gökyüzü sıcaklığı -40 °C, güneş ışınımı 1000 W/m², camın yarıcılığı 0,92 ve camın geçirgenliği 0,92 olarak ele alınmıştır. İşlem süresince su, kolektöre 23 °C sıcaklıkta girmekte ve 59,95 °C sıcaklıkta çıkmaktadır.

Ekserji analizi sadece termodinamiğin I. kanunu değil, II. kanunu da esas alır. Ekserji analizi sistemlerin kullanılabilir enerjilerini belirleme ve değerlendirme için kullanı-



lır. Ekserji; enerjinin kalitesi, potansiyeli veya kullanılabilirlik olarak tanımlanır. Termodinamik sistemlerde enerjinin sürdürülebilir kalite değerlendirmesinin yapılmasına olanak tanır. Ekserji analizinin diğer hedefleri; termodinamiğin II. kanunu verimini ve tersinmezlikleri belirleme olarak ifade edilebilir. Tersinmezlik, entropi üretimi ile doğru orantılıdır. Termodinamiğin II. kanununa göre işlem sürecinde ekserjinin bir kısmı yıkıma uğrar. Ekserji analizi için referans durum önemlidir. Referans durum, sistemin veya akışın içinde bulunduğu gerçek çevreye benzer referans çevre olarak kabul edilir. Eğer bir sistem çevresi ile dengede ise, o sistem ölü durum koşulundadır. Ölü durum koşulunda sistemin ekserjisi sıfıra eşittir, yani herhangi bir yararlı iş elde edilemez. Bu ölü durum koşulunda, sıcaklık “ölü durum sıcaklığı” (referans sıcaklık), basınç ise “ölü durum basıncı”dır [17].

Sürdürülebilir gelişme ile enerji kaynaklarının verimli olarak kullanımı sağlanır. Ekserji analizi yöntemi, etkin verim değerlendirme ve beraberinde sürdürülebilirlik değerlendirme sağlaması sebebiyle, toplumların gelişmesine de katkıda bulunan bir araçtır. Sürdürülebilir değerlendirme, kaynakların etkin ve verimli kullanımı için gereklidir ve sürdürülebilirlik indeksi fonksiyonu ve ekserji verimine bağlıdır [17]. Termoekolojik analiz de, ekserji analizini kullanan bir analiz yöntemidir [18].

Termoekonomik analiz enerji analizini esas alır, eksergoekonomik analiz ise ekserji temellidir. Bu çalışmada termoekonomik ve eksergoekonomik analiz olarak EXCEM

(Exergy-Cost-Energy-Mass Analysis) (Ekserji-Maliyet-Enerji-Kütle Analizi) yöntemi esas alınmıştır. EXCEM analizi genellikle iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, tüm akımların enerji ve ekserji analizleri yapılmaktadır. İkinci aşamada ise, sistem termoekonomik ve eksergoekonomik açıdan değerlendirilmektedir. [20-22].

Sistem sürekli rejim için incelenmiştir ve denge denklemleri buna göre ele alınmıştır. Güneş kolektörünün enerji denge denklemi aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\dot{E}n_{su,g} + \dot{E}n_{güneş,g} = \dot{E}n_{su,ç} + \dot{E}n_k \quad (1)$$

Burada $\dot{E}n_{su,g}$ kolektöre giren suyun enerjisi, $\dot{E}n_{güneş,g}$ kolektöre gelen güneş ışınımı enerjisi, $\dot{E}n_{su,ç}$ kolektörden çıkan suyun enerjisi ve $\dot{E}n_k$ kolektörün enerji kaybıdır.

Güneş kolektörüne gelen güneş ışınımı enerjisi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\dot{E}n_{güneş,g} = \alpha I_{güneş} A \quad (2)$$

Burada α kolektör camı geçirgenliği, $I_{güneş}$ güneş ışınımı ve A kolektör yüzey alanıdır.

Güneş kolektörünün enerji kaybı; taşınım ($\dot{Q}_{taş}$) ve ışınım ($\dot{Q}_{ış}$) ısı kayıplarından kaynaklanır.

$$\dot{E}n_k = \dot{Q}_{taş} + \dot{Q}_{ış} \quad (3)$$

$$\dot{Q}_{taş} = h A (T_{yüz} - T_0) \quad (4)$$

$$\dot{Q}_{ış} = \varepsilon \sigma A (T_{yüz}^4 - T_{gökyüzü}^4) \quad (5)$$

Burada ε kolektör camının yayıcılığı, σ Stefan-Boltzman sabiti, $T_{yüz}$ kolektör yüzey sıcaklığı ve $T_{gökyüzü}$ gökyüzü sıcaklığıdır.

Güneş kolektöründen çıkan ve kolektöre giren suyun net enerji değişimi (\dot{Q}_{su}) denge denkleminde aşağıdaki şekilde çekilerek bulunur:

$$\dot{Q}_{su} = \dot{E}n_{su,ç} - \dot{E}n_{su,g} = \dot{E}n_{güneş,g} - \dot{E}n_k \quad (6)$$



Güneş kolektörünün enerji verimi;

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{su}}{\dot{E}n_{güneş,g}} 100 \quad (7)$$

Güneş kolektörünün ekserji denge denklemi aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\dot{E}x_{su,g} + \dot{E}x_{güneş,g} = \dot{E}x_{su,ç} + \dot{E}x_k + \dot{E}x_y \quad (8)$$

Burada $\dot{E}x_{su,g}$ kolektöre giren suyun ekserjisi, $\dot{E}x_{güneş,g}$ kolektöre gelen güneş ışınımı ekserjisi, $\dot{E}x_{su,ç}$ kolektörden çıkan suyun ekserjisi, $\dot{E}x_k$ kolektörün ekserji kaybı ve $\dot{E}x_y$ kolektörün ekserji yıkımıdır.

Güneş kolektörüne giren suyun ekserjisi:

$$\dot{E}x_{su,g} = \dot{m}_{su} c_{p,su} \left[(T_{su,g} - T_0) - T_0 \ln \left(\frac{T_{su,g}}{T_0} \right) \right] \quad (9)$$

Burada \dot{m}_{su} kolektörde dolaşan suyun debisi, $c_{p,su}$ suyun özgül ısısı, $T_{su,g}$ kolektöre giren suyun sıcaklığı (K) ve T_0 çevre sıcaklığıdır (K).

Güneş kolektöründen çıkan suyun ekserjisi:

$$\dot{E}x_{su,ç} = \dot{m}_{su} c_{p,su} \left[(T_{su,ç} - T_0) - T_0 \ln \left(\frac{T_{su,ç}}{T_0} \right) \right] \quad (10)$$

Burada $T_{su,ç}$ kolektörden çıkan suyun sıcaklığıdır (K).

Güneş kolektörüne gelen güneş ışınımı ekserjisi:

$$\dot{E}x_{güneş,g} = \alpha I_{güneş} A \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_0}{T_{güneş}} \right)^4 - \frac{4}{3} \left(\frac{T_0}{T_{güneş}} \right) \right] \quad (11)$$

Burada $T_{güneş}$ güneşin yüzey sıcaklığıdır (K).

Güneş kolektörünün ekserji kaybı; taşınım ekserji kaybı ($\dot{E}x_{taş}$) ve ışıma ekserji kaybından ($\dot{E}x_{iş}$) oluşur.

$$\dot{E}x_k = \dot{E}x_{taş} + \dot{E}x_{iş} = \dot{Q}_{taş} \left(1 - \frac{T_0}{T_{sis}} \right) + \dot{Q}_{iş} \left(1 - \frac{T_0}{T_{sis}} \right) \quad (12)$$

Burada T_{sis} hava ve kolektör yüzeyi sıcaklıklarının ortalamasıdır (K).

$$T_{sis} = \frac{T_0 + T_{yüz}}{2} \quad (13)$$

Güneş kolektörünün ekserji yıkımı denge denkleminde çekilerek bulunur.

$$\dot{E}x_y = \dot{E}x_{su,g} + \dot{E}x_{güneş,g} - \dot{E}x_{su,ç} - \dot{E}x_k \quad (14)$$

Güneş kolektörünün toplam entropi üretimi ($\dot{S}_{ür}$) aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\dot{S}_{ür} = \frac{\dot{E}x_y}{T_0} \quad (15)$$

Güneş kolektörünün ekserji verimi:

$$\Psi = \frac{\Delta \dot{E}x_{su}}{\dot{E}x_{güneş,g}} 100 = \frac{\dot{E}x_{su,ç} - \dot{E}x_{su,g}}{\dot{E}x_{güneş,g}} 100 \quad (16)$$

Sürdürülebilirlik indeksi (SI):

$$SI = \frac{1}{1 - \Psi} \quad (17)$$

Termoekolojik analiz, ekolojik performans katsayısı (*ECOP*) ile ifade edilir. Bu katsayı da güneş kolektörü sistemi için net faydalı ekserji çıkışının ekserji yıkımına oranı olarak ifade edilir [18].

$$ECOP = \frac{\Delta \dot{E}x_{su}}{\dot{E}x_y} \quad (18)$$



Termoekonomik analiz; termoekonomik analiz parametresi (R_{en}) ile ifade edilir ve sistemin enerji kaybının ($\dot{E}n_k$) toplam kollektör maliyetine (K) oranıdır [17]. Burada kollektör maliyeti yaklaşık olarak 2500TL kabul edilmiştir [26].

$$R_{en} = \frac{\dot{E}n_k}{K} \quad (19)$$

Eksergoekonomik analiz, eksergoekonomik parametre (R_{ex}) ile ifade edilir. Bu parametre sistemin ekserji kaybının ($\dot{E}x_k$) ve ekserji yıkımının ($\dot{E}x_y$) toplam kollektör maliyetine oranlarının toplamıdır [17].

$$R_{ex} = R_{ex,k} + R_{ex,y} = \frac{\dot{E}x_k}{K} + \frac{\dot{E}x_y}{K} \quad (20)$$

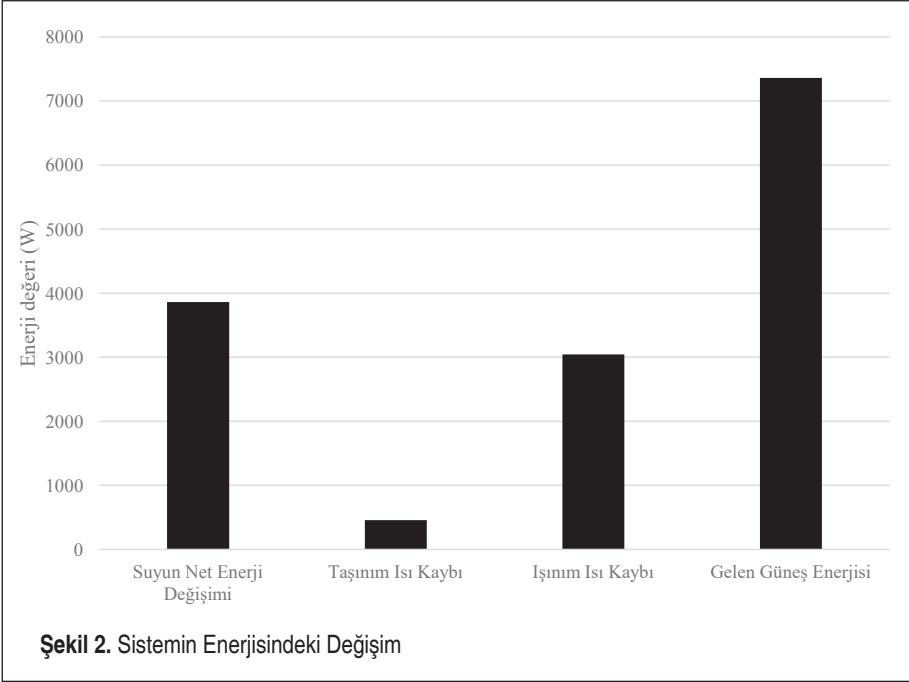
Burada $R_{ex,k}$ ekserji kaybından kaynaklı eksergoekonomik parametre ve $R_{ex,y}$ ekserji yıkımından kaynaklı eksergoekonomik parametredir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Örnek uygulama olarak ele alınan sisteme, enerji ekserji, sürdürülebilirlik, termokolojik, termoekonomik ve eksergoekonomik analizler uygulanmıştır. Enerji analizi sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir. Sisteme gelen güneş ışınımı 7360 W'lık enerji girişine sebebiyet vermektedir. Sistemden 456,865 W'lık taşınım ısı kaybı, 2042,404 W'lık ışınım ısı kaybı olmaktadır. Kolektörden çıkan ve kolektöre giren suyun enerji değişimi de 3860,731 W olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak sistemin enerji verimi %52,46 olarak bulunmuştur. Sistemin enerjisindeki değişim Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Enerji Analizi Sonuçları

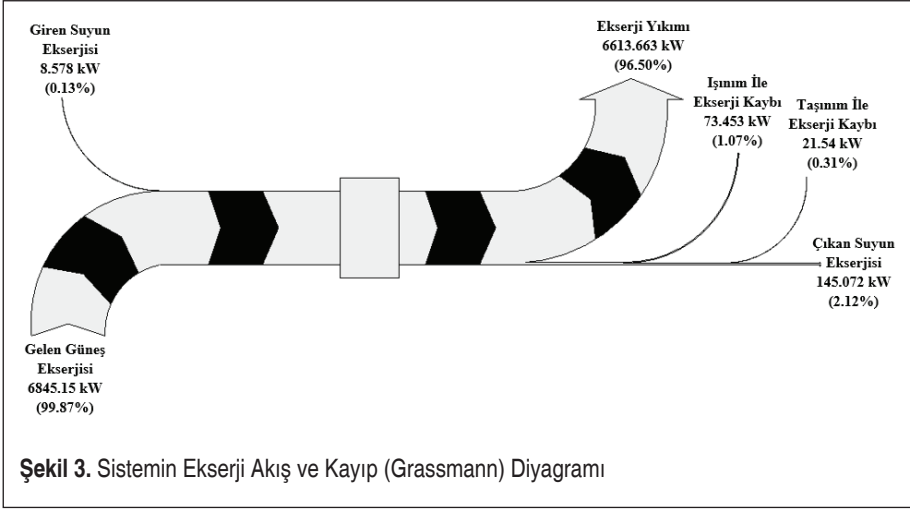
Enerji Parametresi	Değer
Suyun Net Enerji Değişimi	3860,731 W
Enerji Kaybı	3499,269 W
-Taşınım Isı Kaybı	456,865 W
-Işınım Isı Kaybı	3042,404 W
Gelen Güneş Enerjisi	7360 W
Enerji Verimi	% 52,46



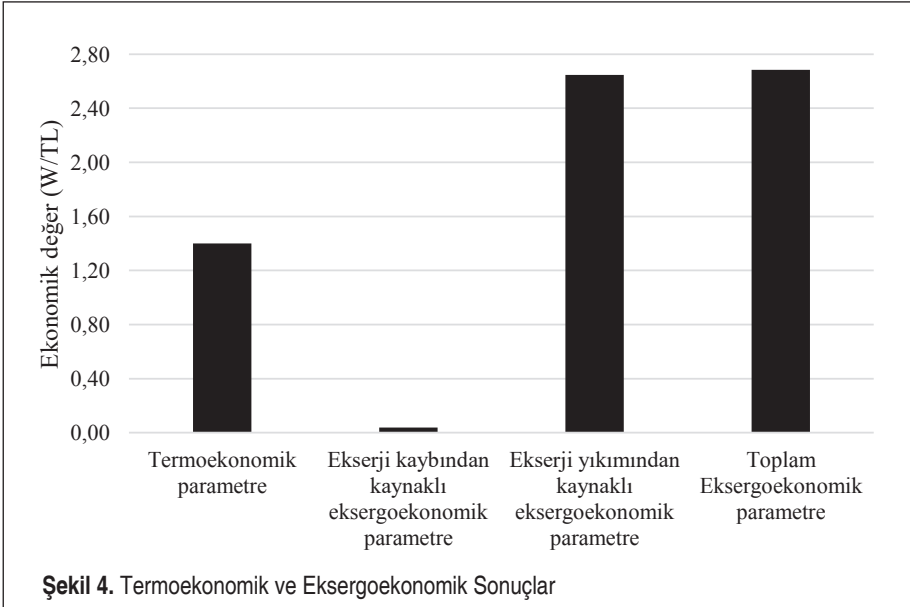
Sistemin ekserji analizi sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur. Giren suyun ekserjisi 8,578 W, çıkan suyun ekserjisi 145,072 W, taşınım ile ekserji kaybı 21,54 W, ışıınım ile ekserji kaybı 73,453 W, gelen güneş ışıınımı ekserjisi 6845,15 W, ekserji yıkımı 6613,663 W, toplam entropi üretimi 21,816 W/K ve ekserji verimi %1,99 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ekserji akış ve kayıp (Grassmann) diyagramı Şekil 3’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Ekserji Analizi Sonuçları

Ekserji Parametresi	Değer
Suyun Net Ekserji Değişimi	136,494 W
-Çıkan Suyun Ekserjisi	145,072 W
-Giren Suyun Ekserjisi	8,578 W
Ekserji Kaybı	94,993 W
-Taşınım İle Ekserji Kaybı	21,540 W
-Işınım İle Ekserji Kaybı	73,453 W
Gelen Güneş Ekserjisi	6845,15 W
Ekserji Yıkımı	6613,663 W
Ekserji Verimi	% 1,99
Entropi Üretimi	21,816 W/K



Sistemin sürdürülebilirlik indeksi 1,02, termoekolojik performans katsayısı olan ECOP değeri 0,0206, termoekonomik parametre değeri 1,4 W/TL, ekserji kaybindan kaynaklı eksergoekonomik parametre değeri 0,038 W/TL, ekserji yıkımından kaynaklı eksergoekonomik parametre 2,645 W/TL, toplam eksergoekonomik parametre ise 2,683 W/TL olarak bulunmuştur. Termoekonomik ve eksergoekonomik sonuçlar Şekil 4’de sunulmuştur.



Sistemin en yüksek enerji girişi ve ekserji girişi değerleri, gelen güneş ışınımından kaynaklanmaktadır. Bu enerjinin büyük bir kısmının kayba ve tersinmezliklerden dolayı yıkıma uğradığı görülmektedir. Bu durum, düzlemsel güneş kolektörlerinin en büyük dezavantajı olarak değerlendirilmektedir. Sistemin enerji verimi ortalama bir değer olarak değerlendirilse de, ekserji veriminin, sürdürülebilirlik indeksinin ve termoeolojik değer in oldukça düşük olduğu görülmektedir. Enerji analizinde referans çevre (ölü durum koşulları) hesaba katılmadığından, verim değeri ekserji verimine göre yüksektir. Ekserji analizinde çevre koşulları göz önüne alındığından, ekserji ile ilişkili sürdürülebilirlik ve termoeolojik analiz sonuçları da düşük çıkmaktadır. Kayıpların azaltılması verim artışına sebebiyet vereceğinden, sistemin yalıtımının iyileştirilmesi gerekmektedir ve tersinmezliklerin azaltılması için de düzlemsel kolektör tasarımının geliştirilmesi önerilebilir.

KAYNAKÇA

1. **Caliskan, H., Hepbasli, A.** 2009. "Comparing The Energetic and Exergetic Prices of Various Energy Sources for The Turkish Residential and Industrial Applications," Proceedings of the 1st International Exergy, Life Cycle Assessment and Sustainability Workshop & Symposium (ELCAS-2009), p. Exergy and Buildings I.8, 4-6 June, 2009, Nisyros, Greece.
2. **Caliskan, H., Hepbasli, A.** 2010. "Energy and Exergy Prices of Various Energy Sources Along With Their CO2 Equivalentents," Energy Policy, vol. 38, p. 3468-3481.
3. **Caliskan, H., Dincer, I., Hepbaşlı, A.** 2013. "Energy, Exergy and Sustainability Analyses of Hybrid Renewable Energy Based Hydrogen and Electricity Production and Storage Systems: Modeling and Case study," Applied Thermal Engineering, vol. 61, p. 784-798.
4. **Caliskan, H., Dincer, I., Hepbasli, A.** 2013. "Exergoeconomic and Environmental Impact Analyses of a Renewable Energy Based Hydrogen Production System," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 38, p. 6104-6111.
5. **Caliskan, H.** 2016. "Exergy and Sustainability Assessments of Flat Plate Solar Thermal Collectors," International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences (IJETMAS), vol. 4, no. 10, p. 8-12.
6. **Akella, A. K., Saini R. P., Sharma, M.P.** 2009. "Social, Economical and Environmental Impacts of Renewable Energy Systems," Renewable Energy, vol. 34, p. 390-396.
7. **Caliskan, H.** 2015. "Thermodynamic and Environmental Analyses of Biomass, Solar and Electrical Energy Options Based Building Heating Applications," Renewable & Sustainable Energy Reviews, vol. 43, p. 1016-1034.
8. EIA (International Energy Agency). 2013. "U.S. Energy Information Administration," <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=527&t=1>, 01.06.2020.



9. **Chamoli, S.** 2013. "Exergy Analysis of a Flat Plate Solar Collector," *Journal of Energy in Southern Africa*, vol. 24, p. 8-13.
10. **Faizal, M., Saidur, R., Mekhilef, S., Hepbasli, A., Mahbubul, I. M.** 2014. "Energy, Economic and Environmental Analysis of a Flat-Plate Solar Collector Operated with SiO₂ Nanofluid," *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 17, p. 1457-1473.
11. **Caliskan, H.** 2016. "Environmental Assessment of Solar Collectors". *International Journal of Engineering Technology Science and Research (IJETSRS)*, vol. 3, no. 9, p. 42-45.
12. IEA (International Energy Agency). 2011. "Solar Energy Perspectives: Executive Summary," International Energy Agency, <http://www.eng.uc.edu/~beaucag/Classes/SolarPowerForAfrica/SolarEnergyPerspectives6111251e.pdf>, 01.06.2020.
13. **Shojaeizadeh, E., Veysi, F.** 2016. "Development of a Correlation for Parameter Controlling Using Exergy Efficiency Optimization of an Al₂O₃/Water Nanofluid Based Flat-Plate Solar Collector," *Applied Thermal Engineering*, vol. 98, p.1116-1129.
14. **Sun, C., Liu, Y., Duan, C., Zheng, Y., Chang, H., Shu, S.** "A Mathematical Model to Investigate on the Thermal Performance of a Flat Plate Solar Air Collector and its Experimental Verification," *Energy Conversion and Management*, vol. 115, p. 43-51.
15. **Kainth, M., Sharma, V. K.** 2014. "Latest Evolutions in Flat Plate Solar Collectors Technology," *International Journal of Mechanical Engineering (IJME)*, vol. 1, no. 1, p. 7-11.
16. **Jeon, J., Park, S., Lee, B. J.** 2016. "Analysis on the Performance of a Flat-Plate Volumetric Solar Collector Using Blended Plasmonicnanofluid," *Solar Energy* vol. 132, p. 247-256.
17. **Dincer, I., Rosen, M. A.** 2007. *Exergy: Energy Environment and Sustainable Development*, ISBN: 10:0080445292, Elsevier, Oxford, UK.
18. **Ust, Y., Sahin, B., Kodal, A., Akcat, I. H.** 2006. "Ecological Coefficient of Performance Analysis and Optimization of an Irreversible Regenerative-Brayton Heat," *Applied Energy*, vol. 83, p. 558-572.
19. **Çalışkan, H.** 2012. *Özgün Isıl Enerji Depolama Sistemlerinin Analizi ve Performans Değerlendirmesi*, Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir.
20. **Rosen, M. A., Dincer, I.** 2003. "Exergy-Cost-Energy-Mass Analysis of Thermal Systems and Processes," *Energy Conversion and Management*, vol. 44, p. 1633-1651.
21. **Rosen, M. A., Dincer, I.** 2003. "Thermoeconomic Analysis of Power Plants: an Application to a Coal Fired Electrical Generating Station," *Energy Conversion and Management*, vol. 44, p. 2743-2761.
22. **Rosen, M. A., Dincer, I.** 2003. "Exergoeconomic Analysis of Power Plants Operating on Various Fuels," *Applied Thermal Engineering*, vol. 23, p. 643-658.

23. **Darling, D.** 2016. “Flat Plate Solar Thermal Collector,” http://www.daviddarling.info/encyclopedia/F/AE_flat_plate_solar_thermal_collector.htm,01.06.2016.
24. **Solarserver.** 2016. “Solar Collectors,”. <http://www.solarserver.com/knowledge/basic-knowledge/solar-collectors.html>, 01.06.2016
25. Enerji Portalı. 2020. “Güneş Kollektörü Nedir,”r. <https://www.enerjiportali.com/gunes-kollektoru-nedir/>, 01.06.2020.
26. **Solaranka.** 2020. “Ankara Solar Güneş Enerjisi,” <https://www.solaranka.com/>,01.06.2020.