T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BARIŞ MANÇO KÜLTÜR VE KONGRE MERKEZİ ENERJİ TÜKETİMİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORHAN TURAN

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİMDALI

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Cengiz ÖNER

BİNGÖL-2026

ONAY SAYFASI

ÖNSÖZ

Ülkemizin enerjiye olan gereksinimi, büyüyen ekonomi ve bunun bir sonucu olan şehirleşme ve nüfus artışının ile her geçen gün artmaktadır. Artan ihtiyacın paydaşlarına bakıldığında ülkemizdeki binalar enerji tüketiminde sanayiden sonra ikinci sırada yerini almaktadır. Bina kavramı içerisinde sosyal donatılar, etkinlikler ve kültürel amaçlar ile değerlendirilen kültür merkezlerinin kullanım amacı günümüzde sosyal ihtiyaçların karşılanması olsa da, hizmet amacı her geçen gün genişleyen bu yapıların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Kültür merkezleri içerisinde mağazalar, eğlence mekânları, restoranlar ve sinemalar gibi birçok farklı işlevde birim bir arada olduğu için bu gibi mekânlarda insanlar uzun süre kalmaktadırlar. Bu çalışma kapsamında, ülkemizde mevcut olan bir kültür merkezinden elde edilen veriler ile enerji kullanımı ve verimliliği konusu ele alınmıştır. Bu sayede mevcut durumda verimlilik arttırıcı projelerin belirlenmesi, yapılan etütle birlikte çevrenin korunması, enerjinin etkin kullanılması ve enerji maliyetlerinin işletme bütçesi üzerindeki yükünün hafifletilmesi tesisin daha sağlıklı çalışması sağlanabilecektir.

Bu tez çalışmasının her aşamasında yanımda olan, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, sabırla rehberlik eden değerli tez danışmanım Prof. Dr. Cengiz Öner'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Onun değerli katkıları, bu çalışmanın şekillenmesinde ve başarılı bir şekilde tamamlanmasında büyük bir rol oynamıştır. Ayrıca tezin son haline getirilmesinde yardımını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Perihan ÇULUN'a değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün değerli akademik ve idari personeline de destekleri için teşekkür ederim. Bana her zaman ilham veren ve destek olan eşim Nuran Hanım'a ve çocuklarım Ahmet Musab, Yusuf Taha ve Hüma Begüm'e; anlayışları, sevgileri ve verdikleri destekler için teşekkür ediyorum. Onların varlığı, akademik ve kişisel gelişim yolculuğumda bana güç vermiştir.

Orhan TURAN

Bingöl 2026

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ 1
1.1. Binalarda Yalıtım 3
1.2. Isı Yalıtımının Önemi 4
1.3. Isı Yalıtımı Malzemeleri 4
1.4. Binalara Yalıtım Uygulaması 7
1.5. Enerji Kimlik Belgesi (EKB) 9
1.6. Bina Büyüklüğünün Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisi 10
1.6.1. Küçük Binalarda Enerji Verimliliği Önlemleri 11
1.6.2. Orta Ölçekli Binalarda Enerji Kullanımının Optimize Edilmesi 12
1.6.3. Büyük Bina Enerji Yönetimi Stratejileri 14
1.6.4. Konut ve Ticari Binalarda Enerji Tüketim Modelleri 15
1.7. İnşaat Malzemelerinin Enerji Tüketimindeki Rolü 17
1.8. Farklı Büyüklükteki Binalarda Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu 18
1.9. Enerji Tasarrufu Önlemlerinin Mali Sonuçları 19
1.10. Binalarda Enerji Tüketimin Azaltılmasının Çevresel Etkisi 21
1.11. Bina Enerji Verimliliğinde Gelecekteki Eğilimler 22
1.12. Kaynak Özetleri 23
2. BİNALARIN VE SİSTEMLERİN TANITIMI 27
2.1. Havalandırma Sistemi 31
2.2. Merkezi Soğutma Sistemi 33
2.2.1. Enerji Verimliliği ve Bakım Gereksinimleri 34
2.3. Elektrik Dağıtım Sistemi 35
2.4. Elektrik Motorları 37
3. MATERYAL VE YÖNTEM 40
3.1. Veri Toplama 40
3.2. Enerji Tüketim Analizi 41
3.3. Yalıtım Değerlendirmesi 41
3.4. Isı Merkezi Analizi 42

3.5. Regresyon Analizi....42
3.6. Termal Kameralar....44
3.6.1. Termal Kamera Uygulamaları....45
3.7. Ölçüm ve İnceleme Alanı....45
3.8. Yapılan İncelemeler....46
4. BULGULAR VE TARTIŞMA....47
4.1. Binanın Mimari Yapısı ve Durumu....47
4.2. Aydınlatma Sistemi....49
4.3. Isı Merkezi....49
4.4. Sıcak Kullanım Suyu Üretimi....51
4.5. Tesisat....54
4.6. Split Klima....54
4.7. Tüketim Verileri (Fatura) Analizi Özeti....55
4.8. 2018-2019-2020 Genel Değerlendirme....61
4.9. Potansiyel Enerji Verimliliği Önlemlerinin Analizi....68
4.9.1. C Kazan Ekonomizer Sistemi Kurulumu....68
4.9.2 Vana ve Tesisat Bağlantı Elemanları Yalıtımı....70
4.9.3. Aydınlatma Armatürlerinin LED Aydınlatma Armatürleri ile değişimi....72
4.9.4. Isıtma-Soğutma ve Havalandırma Sistemlerinin İzleme ve Kontrol Sistemi Otomasyonu ile Enerji verimliliğin artırılması (EVÖ2)....73
4.10. Finansal Analiz....75
4.10.1. Maliyet Analizi ve Ekonomik Varlık Ömrü (EVÖ) Değerlendirmesi....75
4.10.2. Vana & Tesisat Bağlantı Elemanları Yalıtım (EVÖ-2)....76
4.10.3. Aydınlatma Armatürlerinin LED Aydınlatma Armatürleri ile değişimi (EVÖ1) (EVÖ-3)....76
4.10.4. Isıtma- Soğutma ve Havalandırma Sistemlerinin İzleme ve Kontrol Sistemi Otomasyonu ile Enerji verimliliğin artırılması (EVÖ2) (EVÖ-4)....77
4.10.5. Aydınlatma Armatürlerinin LED Aydınlatma Armatürleri ile Değişimi....78
4.10.6. Vana ve Tesisat Bağlantı Elemanları Yalıtımı ve Isıtma Radyatörlerine Termostatik Vana Uygulaması....78
4.10.7. Değerlendirme Sonuçları....79
4.10.8. Önlemlerden Sonra Bina Enerji Sınıfındaki Değişim....80
4.11. Isı Kaybı Hesaplamaları İçin Kullanılan Denklemler....80

4.11.1. Barış Manço Kültür Merkezinin Özgül Isı Kaybı Hesabı İşlemleri 81
4.11.2. Barış Manço Kültür Merkezinin TSE 825 Standardına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi.....82
4.11.3. Barış Manço Kültür Merkezinin TSE 825 Standardına Göre ve Yalıtım Yapılarak Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi 84
4.11.4. Yalıtımlı Barış Manço Kültür Merkezinin Özgül Isı Kaybı Hesabı İşlemleri 85
4.11.5. Yalıtımlı Barış Manço Kültür Merkezinin TSE 825 Standardına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi Enerji Tüketim Maliyeti Analizi.....87
4.12 Barış Manço Kültür Merkezinin Yıllık Isıtma Enerjisini Karşılayacak Yakıt Miktarları 89
4.12.1. Yakıt Hesaplamada Kullanılan Temel Formüller.....89
4.12.1.1. Isıl Değer Hesaplaması (kcal).....89
4.12.1.2. Hesaplama Adımları.....90
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 95
5.1. Sonuçlar.....102
5.2. Öneriler 104
KAYNAKLAR.....106

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CO_2	: Karbondioksit
EVÖ	: Enerji Verimliliği Önlemleri
İDR	: İhtiyaç Değerlendirme Raporu
IRR	: İç Karlılık Oranı
kWh	: Kilo Watt saat
LED	: Aydınlatma Emisyonlu Diyotlar
Lüx	: Metrekare Başına Bir Lümene Eşit SI Aydınlatma Birimi
NPV	: Net Bugünkü Değer
Sm^3	: Standart Metreküp
SPB	: Basit Geri Ödeme Süresi
SWH	: Güneş Enerjili Su Isıtma
XPS	: Ekstrüde Polistiren
EPS	: Genleştirilmiş Polistiren
SPF	: Sprey Poliüretan Köpük
EKB	:Enerji Kimlik Belgesi
HDD	: Isıtma Derece Gün Sayısı
TEP	:Ton Eşdeğer Petrol
HVAC	:Isıtma-Soğutma ve Hava Akışını Kontrol eden Sistem
kVA	:Görünür Güç

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yalıtım malzemeleri; a) Ekstrüde köpük b) Ekspande köpük c) Taş yünü 6
Şekil 1.2. Binada Enerji Sertifikasyonunu Etkileyen Faktörler ve Sistemler 8
Şekil 1.3. Armatürler 14
Şekil 2.1. Barış Manço Kültür Merkezi 29
Şekil 2.2. Aydınlatma Armatürleri 30
Şekil 2.3. Elektriksel Görseller 36
Şekil 2.4. Kullanılan motor örnekleri 38
Şekil 4.1. Termal Görüntü 47
Şekil 4.1. (Devam) Termal Görüntü 48
Şekil 4.2. Kazan dairesi termal görüntüsü 53
Şekil 4.3. Kazan Dairesi Ana Hat Dağıtım Borularında Yalıtım 53
Şekil 4.4. 2018-2020 Elektrik Tüketimi – CDD Değerlerinin Grafiği 57
Şekil 4.5. 2018-2019-2020 Doğal Gaz Tüketimi - Hdd Genel Kıyas Grafiği 61
Şekil 4.6. Mevcut Durumdaki Bina Enerji Sınıfları 80

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Binaya İlişkin Genel Bilgiler 28
Tablo 2.2. Aydınlatma Armatürleri Güç Dağılımı 30
Tablo 2.3. Egzoz Aspratörü Bilgileri 32
Tablo 2.4. Klima Santrali Bilgileri 32
Tablo 2.5. Merkezi Soğutma (Hava Soğutmalı Su Soğutma Grubu) Bilgileri 34
Tablo 2.6. Merkezi Soğutma (Hava Soğutmalı Su Soğutma Grubu) Bilgileri 35
Tablo 2.7. Elektrik Motorları Listesi 37
Tablo 4.1. Bina Verileri 48
Tablo 4.2. Pencere Bilgileri 48
Tablo 4.3. Isıtma Sistemi Listesi 50
Tablo 4.4. Baca Gazı Analiz Sonucu 51
Tablo 4.5. Sıcak Su Sistemi Eleman Listesi 53
Tablo 4.6. Split Klima Dış Ünite Bilgileri 55
Tablo 4.7. 2018 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti 56
Tablo 4.8. 2019 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti 56
Tablo 4.9. 2020 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti 56
Tablo 4.10. Tek Zamanlı elektrik tüketimi ve bu tüketimlerin bedelleri 58
Tablo 4.11. Çok Zamanlı elektrik tüketimi ve bu tüketimlerin bedelleri 59
Tablo 4.12. 2018 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti 59
Tablo 4.13. 2019 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti 60
Tablo 4.14. 2020 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti 60
Tablo 4.15. 2018 Doğalgaz Tüketimi 62
Tablo 4.16. Regresyon İstatistikleri – 1 63
Tablo 4.17. 2019 Doğalgaz Tüketimi 64
Tablo 4.18. Regresyon İstatistikleri – 2 65
Tablo 4.19. 2020 Doğalgaz Tüketimi 66
Tablo 4.20. Regresyon İstatistikleri – 3 67
Tablo 4.21. Ekonomizer Sistemi Kurulumu Yatırım Geri Ödeme Süresi Hesapları 69

Tablo 4.22. Vana-Tesisat Bağlantı Elemanları Listesi ve Yalıtımı Enerji – Maliyet Hesapları 70
Tablo 4.23. Vana-Tesisat Bağlantı Elemanları Yalıtımı Yatırım Geri Ödeme Süresi Hesapları 71
Tablo 4.24. Aydınlatma Armatürlerinin Yerine Led Aydınlatma Armatürleri Uygulaması Enerji – Maliyet Hesapları 73
Tablo 4.25. Bina Enerji İzleme ve Kontrol Sistemi Kurulması Enerji – Maliyet Ve Geri Ödeme Süresi Analizi 74
Tablo 4.26. Maliyet Analiz Tablosu EVÖ-1 75
Tablo 4.27. Maliyet Analiz Tablosu EVÖ-2 76
Tablo 4.28. Maliyet Analiz Tablosu EVÖ-3 76
Tablo 4.29. Maliyet Analiz Tablosu EVÖ-4 77
Tablo 4.30. Kredilerin Uygunluk Değerlendirmesi 79
Tablo 4.31. Barış Manço Kültür Merkezinin Özgül Isı Kaybı Hesabı İşlemleri 81
Tablo 4.32. Model Bina için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı 83
Tablo 4.33. Vbrüt ile ilişkili, Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisi Miktarı Bölgelere ve Ara Değer $A_{top}/V_{brüt}$ Oranlarına Bağlı Olarak Sınırlandırılan Q^1 nün Hesaplanması 84
Tablo 4.34. 1cm Yalıtım ile Model Bina Özgül Isı Kaybı Hesabı 87
Tablo 4.35. Yalıtımlı Model Bina için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı 88
Tablo 4.36. Yakıt Türleri ve Isıl Değerleri 92
Tablo 4.37. Barış Manço Kültür Merkezinin Yıllık Isıtma Enerjisini Karşılayacak Yakıt Miktarları 93

BARIŞ MANÇO KÜLTÜR VE KONGRE MERKEZİ ENERJİ TÜKETİMİ ANALİZİ

ÖZET

İnsanların kendilerini güvende hissederek vakit geçirdikleri kongre ve kültür merkezleri ruhsal ihtiyaçları da karşılayacak şekilde tasarlanmaktadır. Kültür merkezleri sinema salonları, eğlence mekânları, yeme içme alanları, mağazalar gibi birçok birimden oluşmaktadır. Sosyal ihtiyaçlarını karşılamak için ayırdıkları vakitlerini kültür merkezlerinde geçiren birçok insanın uzun süre kaldıkları bu mekânlarda kendilerini konforlu hissetmeleri gerekliliği kaçınılmazdır. Bu nedenle kültür merkezleri tasarımında işitsel, görsel ve ısıl konfor gibi konfor koşullarının sağlanması gerekir. Konfor koşullarına uygun tasarım yapılması insanların rahatsızlık duymadığı bu mekânları tercih etmesinde en büyük etkendir. Konfor koşullarının sağlanması sırasında enerjinin etkin kullanımına da önem verilmelidir. Enerji kaynaklarının tüketiminin artması, CO_2 salınımının artması, çevre kirliliği, küresel ısınma, ekosistemin bozulması gibi sorunlara çözüm olabilecek yapıların yapılması elzemdir. Bu çalışmada, Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi'nin enerji tüketimi analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında, kültür merkezinin yıllık enerji tüketim verileri incelenmiş, binaların mimari yapısı, ısıtma ve soğutma sistemleri, aydınlatma sistemleri ve enerji verimliliği analiz edilmiştir. Bulgular, binanın mevcut enerji tüketim seviyesinin yüksek olduğunu ve çeşitli enerji tasarrufu önlemleriyle önemli ölçüde azaltılabileceği tespit edilmiştir. Öneriler arasında bina yalıtımının iyileştirilmesi, verimli aydınlatma sistemlerinin kullanılması, ısıtma ve soğutma sistemlerinin optimize edilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması kapsamında, bina kabuğunun iyileştirilmesi, yüksek verimli mekanik sistemlerin kullanılması yenilenebilir enerji sistemleri ile entegrasyonu önerilmektedir. Bu önlemler enerji maliyetlerini azaltmanın yanı sıra, çevresel sürdürülebilirliği artıracak ve binanın konfor koşullarını iyileştirecektir. Çalışmanın sonuçları, enerji verimliliği projelerinin uygulanması durumunda, kültür merkezinin enerji tüketiminde kayda değer bir azalma sağlanabileceğini ve bu projelerin maliyet etkinliğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tasarrufu, Enerji Tüketimi, Isı Kaybı, Yalıtım, TSE 825.

BARIS MANCO CULTURE AND CONGRESS CENTER ENRGY CONSUMPTION ANALYSIS

ABSTRACT

In this study, the energy consumption of the Barış Manço Culture and Congress Center was analyzed. Cultural centers are multifunctional spaces where individuals spend extended periods of time, fulfilling both their social and, in some cases, spiritual needs. These facilities typically include various units such as auditoriums, cinemas, dining areas, and retail spaces. Therefore, ensuring user comfort in such environments is of great importance.

In the design of cultural centers, factors such as thermal comfort, visual comfort, and acoustic comfort must be carefully considered. Providing optimal comfort conditions is a key determinant in user satisfaction and space preference. At the same time, it is essential to ensure energy efficiency while maintaining these comfort conditions.

This study evaluates the annual energy consumption data of the Barış Manço Culture and Congress Center, taking into account the building's architectural characteristics, heating and cooling systems, and lighting systems. The findings reveal that the current level of energy consumption is relatively high and can be significantly reduced through appropriate energy-saving measures.

Recommended strategies include improving thermal insulation, adopting energy-efficient lighting systems, optimizing heating and cooling operations, and integrating renewable energy sources. These measures are expected not only to reduce energy consumption and operational costs but also to enhance environmental sustainability and indoor comfort conditions.

The results demonstrate that implementing energy efficiency strategies can lead to substantial reductions in energy consumption in cultural buildings, while also improving overall performance and cost-effectiveness.

Keywords: Energy Efficiency, Energy Consumption, Thermal Comfort, Insulation, TSE.

1. GİRİŞ

Ülkemiz enerji üretiminde yabancı kaynaklara bağımlı olma durumumuz, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacın önemini daha da arttırmaktadır (Aksoy vd., 2007). Bunun yanında, fosil yakıt tüketiminin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ve bu yakıtların sürdürülemez olmasından ötürü dünyaya sağladığı zarar kalıcıdır (Çoban ve Kılınç, 2016). Bu sebepler, enerji verimliliği ve korunumu konularını günümüzde gittikçe önem kazanan bir hale getirmiştir. Enerji tüketim miktarlarında gözle görülür bir paya sahip olan bina enerji tüketiminin azaltılması bu konuda alınabilecek temel önlemlerden biridir. Bina enerji verimliliğinin sağlanması konusunda tasarımcılara büyük görev düşmektedir (Şenpınar ve Gençoğlu, 2006). Çevreye duyarlı bina tasarım kriterlerinin geliştirilmesi, bina enerji verimliliğinin sağlanmasında atılabilecek ilk adımlardan biridir ve önemini vurgulamakta yarar vardır. Çevreye duyarlı bina tasarımındaki en önemli amaçlardan biri sıcaklık konfor koşullarını sağlayarak, kullanıcılar için sağlıklı yaşam alanları sağlamaktır (Aydın ve Bıyıkoğlu, 2019). Sıcaklık konforu sağlamak ve ısıtma, soğutma, havalandırma enerji tüketimini azaltmak için, tasarım aşamasında iç mekân konfor koşullarını etkileyen tasarım parametrelerini belirlemek gerekir (Yılmaz, 2012). Bu tasarım parametrelerini dış çevreye ait ve binaya ait tasarım parametreleri şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Sıcaklık konforunu etkileyen binaya ait tasarım parametrelerinden biri, bina kabuğunun optik ve termo fiziksel özellikleridir. Bina kabuğu, binayı dış ortamdan ayıran tüm yapı bileşenlerini kapsar. Dış ortam koşullarına doğrudan maruz kaldığı için, ısı kaybı ve kazançlarının en çok gerçekleştiği yapı bileşenidir. Ayrıca, ısı depolama özelliğine de sahip olan bina kabuğu, ısı geçişinin gerçekleştiği en önemli yapı bileşenidir.

Enerji tüketiminin %35-40'nın binalarda tüketilmesi ve bu oranın iklim bölgesine de bağlı olarak önemli bir bölümünün ısıtmada kullanılması, yapılarda bina kabuğunda alınacak ısısal önlemlerin önemini bize bir kez daha hatırlatmaktadır (Anbarcı vd., 2012). Bina kabuğundaki ısı kayıplarının kontrolü için bina kabuğu katmanlaşmasını uygun belirlemek gerekir (Manioğlu ve Yılmaz, 2002). Isı geçişlerini azaltan ısıl önlemlerin yanı sıra, ısı

depolama sistemleri de uygun iç ortam koşullarının sağlanması ve binalarda enerji verimliliği için bina kabuk sistem tasarımında başvurulacak en uygun yöntemlerden biridir. Isı depolama sistemleri; bünyesinde depoladıkları ısıyı, ortam ısısı düştüğünde ortama salarak iç mekân sıcaklık dengesini sağlayan sistemlerdir. Geleneksel mimaride ısıl konforu sağlamak bir ısı depolama sistemi olan ısıl kütle ile mümkün olmuştur. Fakat günümüz mimarisinde kalın duvar kütlelerinin yer işgal sorunu, ağır sistemler olması ve yerel malzeme temin sıkıntısı gibi sebeplerden ısıl kütle bir yapı kabuğu elemanı olarak karşımıza çıkmamaktadır. Bunun yerine, günümüzde bina kabuğu ısı kayıplarını engellemek için ısı yalıtımına başvurulmaktadır. Isı yalıtımı ısıtma ihtiyaçlı dönemlerde oldukça etkinken, soğutma ihtiyacı olan dönemlerde etkinliğini yitirmektedir. Enerji verimliliğine yaz ve kış dönemlerinde etki edebilecek ve uygun ısısal konforun teminini sağlayabilecek, yenilikçi ısı depolama sistemleri ısı yalıtımına etkin bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple yenilikçi bir ısı depolama sistemi olarak tanımlanan faz değiştiren malzemeler, ısıl kütlelerin enerji etkin bir alternatifi olarak görülmektedir. Faz değiştiren malzemeler, az hacim kaplayan ve gün içerisinde faz değiştirerek ortama ısı enerjisi alıp vererek sıcaklık dengesini sağlayan yenilikçi malzemeler olarak tanımlanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; Barış Manço Kongre ve Kültür Merkezinde mevcut bulunan armatürlerde ısı kaybı, motorlarda enerji verimliliği, ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan klimalar, Chiller grubu ve doğalgaz kullanımı ile ilgili son yıllara ait tüketim miktarları ve fiyatlandırma hakkında araştırma yapmaktır. Bunun yanı sıra binanın fiziki yapısı, çatı, pencere genel durumu incelenmiş, kazan dairesinde bulunan pompalar, motorlar, chiller gibi mekanik unsurları inceleyip güç sarfiyatlarına göre yeterlilik ve verimlilik esasına uygunluk durumu değerlendirmektir. Elde edilen veriler ışığında alternatif kazanımı düşürecek hesaplamayla değişimine gidilecek baca gazı analizi, brülör hesabı, kullanılan fancoil durumuna göre binada bulunan sıhhi tesisatlarında toplam enerji tüketimine etkisinin tespiti ve ısıl koşulların analizi yapılmış, olası verimlilik arttırma ve enerji tasarrufları için önerilerde bulunulmuştur.

1.1. Binalarda Yalıtım

Teknolojinin gelişmesi, sanayinin ilerlemesi ve dünya nüfusunun artışı enerjiye olan ihtiyacı arttırmaktadır. Bu talebin sürekli artması fosil yakıt tüketimini ve dolayısıyla çevre kirliliğini beraberinde getirmektedir. Ülkemizde enerjinin %35-40'ı binalarda tüketilmekte ve tüketilen bu rakamın %85' i ise binaların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır.

Bunun için bina dış kabuğunun uygun yalıtım malzemeleriyle yalıtılması enerjinin korunumu açısından önemlidir (Doğan, 2011). Yalıtım yapı fiziği bağlamında, arzu edilmeyen fiziksel etmenlerin ya da enerjinin bir taraftan diğer tarafa geçişini engelleyen işlem ve sistemlere verilen isimdir. Bunun olabilmesi için özel yalıtım malzemelerine gereksinim duyulmaktadır. Bu özel malzemeleri ısı yalıtımını sağlamak için hafif ve gözenekli yapıya sahip olmalıdır (Manioğlu ve Yılmaz, 2002). Binaların yalıtım uygulamasında, yalıtım levhaları kolon, kiriş, çıkmalar ve dış duvar ölçülerine uyacak şekilde boyutlandırılmaktadır. Yüzeylerin düzgünlüğüne uygun olarak yapıştırma harcı levhaların kenarlarına sürekli, orta eksen boyunca 2-3 öbek yerleştirilerek veya taraklama yöntemiyle uygulanarak levhalar yapıştırılmaktadır. Yapıştırılan levhalar dübel ile tespit edilmektedir. Tespit işleminin duvar örme işleminden önce yapılması durumunda, duvar bloklarının dış yüzeylerinin, levha dış yüzeyleri ile aynı hizada olması gerekmektedir. Duvar bloklarının tespit işleminden önce örülmeleri durumunda ise duvarın kolon-kiriş yüzeyinden, uygulanacak yalıtım levhasının kalınlığı kadar dışa taşacak şekilde örülmesi gerekmektedir. Yalıtılmış yüzeylerin sıvanmasından önce yüzey temizlenmektedir. Sıva olarak cam tülü file taşıyıcılı ince sıva sistemleri veya nokta kaynaklı galvaniz çelik donatı telli kalın sıva sistemleri uygulanmaktadır. Sıva donatısının doğru uygulanması yüzeylerde çatlak oluşma riskinin asgariye indirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Manioğlu ve Yılmaz, 2002). Yalıtım uygulamasında dikkat edilecek en önemli özellik, TSE 825 standardına göre yalıtım malzemesinin seçimidir. Binalara yapılan yalıtım uygulamalarının denetimi termal kamera ile fotoğraflanarak yapılabilmektedir. Enerji kaybına neden olan kötü yalıtımın nerede ve ne kadar olduğunu tespit en etkin yöntemi termal kamera kullanmaktır. Birbirinden çok farklı bina yalıtım sorunlarının, bir termal görüntü sayesinde kolayca tespiti sağlanabilmektedir. Bununla birlikte termal kamera sadece izolasyon sorununu tespit etmekte değil, aynı zamanda sorun olmadığını göstermekte de kullanılabilir. Bina yalıtım uygulamalarının diğer bir denetim yöntemi Enerji Kimlik

Belgesidir (EKB). Bu belgede binalara, yapı kabuğu bileşenlerine bağlı yıllık tüketilen enerji miktarına ve bina CO_2 salınımına göre A, B, C, D, E, F, G tip enerji kimliği verilmektedir.

1.2. Isı Yalıtımının Önemi

Binalarda ısı yalıtımı uygulamasının amacı, binaların ömrünü uzatmak ve bina sakinleri için daha sağlıklı ve konforlu bir yaşam ortamı oluşturmaktır. Yıl boyunca değişen hava koşullarının nem, don ve küf hasarı, demir korozyonu gibi olumsuz etkilerine karşı önlem alınması büyük önem taşımaktadır. Isı yalıtımının temel amacı yapıyı korumak, bakım masraflarını azaltmak ve kışın ısıtmada, yazın soğutmada önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamaktır. Isı yalıtımında ülke ekonomisi ve çevre ilişkisini ele alan çözümler geliştirmek için ekonomi, fizik, kimya, makine, inşaat, mimarlık gibi farklı alanlardan uzmanların iş birliği yapması gerekmektedir (Akıncı, 2007).

1.3. Isı Yalıtımı Malzemeleri

Isı yalıtımı malzemeleri, binaların enerji verimliliğini artırmak ve ısı kaybını azaltmak için kullanılır. Yapılarda kullanılan başlıca ısı yalıtım malzemeleri şunlardır (Mermer, 2019):

- Ekstrüde polistren köpük (XPS)
- Ekspande polistren köpük (EPS)
- Taş yünü

XPS-Haddelenmiş Polistiren Köpük olarak da bilinen ekstrüde polistiren levha, polistiren hammaddesinin bir tabaka halinde ekstrüzyon işlemiyle oluşturulur. Ekstrüzyon sırasındaki haddeleme işlemi, ekstrüde polistirenin ayırt edici bir özelliği olan kapalı gözenekli bir hücre yapısıyla sonuçlanır. Bu ürünün hammaddesi parçacık halindeki polistirendir. Üretim hattında polistiren eritilir ve ilave katkı maddeleri eklenir. Köpük yapısını oluşturmak için üfleme malzemesi eklenir. Karışım daha sonra istenilen boyut ve kalınlığa ulaşmak için belirli sıcaklık ve basınç koşulları altında hat boyunca çekilir. Nihai ürün, kenar örtüşmeleri, kanallar ve pürüzlendirme gibi uzunluk ve yüzey yapısında yapılan ayarlamalarla belirli gereksinimleri karşılayacak şekilde uyarlanır. Bu üretim aşamaları malzemenin homojenliğini sağlar ve tutarlı kalitesini korur. Ortaya çıkan

malzeme, kapalı gözenekli hücre yapısına sahip, suya dayanıklılık sağlayan ve ömrünü uzatan ekstrüde polistirendir. Yalıtımda kolaylık sağlar ve gelecek yüklere karşı yüksek direnç gösterir. Polistirenin bir termoplastik olduğuna dikkat etmek önemlidir. Ekstrüde polistiren tesislerinde yapılan çalışmalarda, işlenmiş malzemenin tekrar üretim hattına entegre edilebilmesi sayesinde herhangi bir kayıp yaşanmaz (Mermer, 2019; Karayiğit, 2015). Ekstrüde Polistren Köpük (XPS) üretiminde şişirici gaz olarak kullanılan HCFC (hidroklorofloro karbon) ozon tabakasına zarar vermektedir.



Şekil 1.1. Yalıtım malzemeleri; a) Ekstrüde köpük b) Ekspande köpük c) Taş yünü

Ekspande polistren köpük, kapalı gözenekli bir ısı yalıtım malzemesidir. Polistren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilmektedir. EPS ürünlerinde köpük, parçacıkları şişirmeye yarayan pentan gazının kullanılmasıyla elde edilir. Bu gaz, parçacıklar içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını kolaylaştırır ve üretim sırasında hızla havanın yerini alır. Sonuç olarak, EPS tabakalarında bulunan çok sayıda küçük kapalı gözenekli hücre içinde önemli miktarda durgun hava sıkışır (her 1 m^3 EPS'de yaklaşık üç ila beş milyar). Malzemenin çoğunluğu hareketsiz, durgun havadan oluşur. Kalıplama işlemi boyunca parçacıklar birbirine kaynaştırılır ve genişletilmiş polistiren köpüğün bir tabakaya veya kalıplanmış bir forma dönüştürülmesi sağlanır (Mermer, 2019).

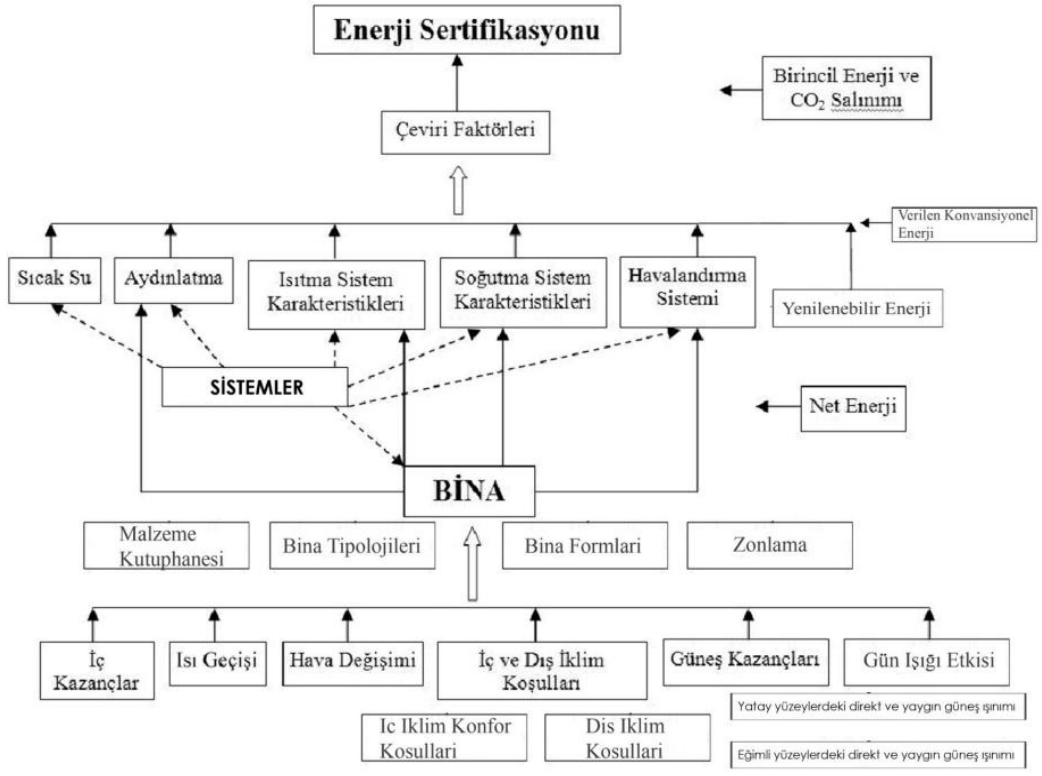
Bazalt veya diyabetik taştan elde edilen taş yünü, 1400 °C gibi yüksek sıcaklıkta erime işlemiyle dönüşüme uğrayarak lif oluşumuna neden olur. Bu çok yönlü malzeme, çeşitli uygulamalara hitap edecek şekilde çeşitli boyutlarda ve teknik özelliklerde üretilmektedir. Şilte, levha, döküm ve boru formlarında mevcuttur. Taş yünü öncelikle ısı, ses ve yangın yalıtımındaki olağanüstü özellikleri ve akustiği düzenleme yeteneği nedeniyle kullanılmaktadır. Özellikle taş yünü yüzde yüz boyutsal stabilite sergiliyor ve aşırı ısı veya nem altında bile boyutu değişmeden kalıyor. Fiziksel özellikleri zamanla bozulmadan, çürümeden, kaybolmadan bozulmadan kalır. Ayrıca taş yünü küf, korozyon ve paslanmaya karşı dayanıklı olup böcek ve mikroorganizmaların neden olduğu yıkıcı etkilere karşı koruma sağlar. 1000 °C erime sıcaklığı ile yangından korunmada önemli bir rol oynar. Ayrıca taş yünü, işlenme kolaylığı sunarak, zahmetsizce kesilmesine ve her bir bileşenin israf edilmeden kullanılmasına olanak tanır (Karayiğit, 2015).

1.4. Binalara Yalıtım Uygulaması

Yalıtım levhaları kolon, kiriş, çıkmalar ve dış duvar ölçülerine uyacak şekilde boyutlandırılmaktadır. Yüzeylerin düzgünlüğüne uygun olarak, yapıştırma harcı levhaların kenarlarına sürekli, orta eksen boyunca 2-3 öbek yerleştirilerek veya taraklama yöntemiyle uygulanarak levhalar yapıştırılmaktadır. Yapıştırılan levhalar dübel ile tespit edilmektedir. Tespit işleminin duvar örme işleminden önce yapılması durumunda, duvar bloklarının dış yüzeylerinin, levha dış yüzeyleri ile aynı hizada olması gerekmektedir. Duvar bloklarının tespit işleminden önce örülmeleri durumunda ise duvarın kolon-kiriş yüzeyinden, uygulanacak yalıtım levhasının kalınlığı kadar dışa taşacak şekilde örülmesi

gerekmektedir. Yalıtılmış yüzeylerin sıvanmasından 5 önce yüzey temizlenmektedir. Sıva olarak cam tülü file taşıyıcılı ince sıva sistemleri veya nokta kaynaklı galvaniz çelik donatı telli kalın sıva sistemleri uygulanmaktadır. Sıva donatısının doğru uygulanması yüzeylerde çatlak oluşma riskinin en aza indirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Şenkal ve Karagöz, 2011).

Yalıtım uygulamasında dikkat edilecek en önemli özellik, TSE 825 standardına göre yalıtım malzemesinin seçimidir. Binalara yapılan yalıtım uygulamalarının denetimi termal kamera ile fotoğraflanarak yapılabilmektedir. Enerji kaybına neden olan kötü yalıtımın nerede ve ne kadar olduğunu tespit etmenizin en etkin yöntemi termal kamera kullanmaktır. Birbirinden çok farklı bina yalıtım sorunlarının, bir termal görüntü sayesinde kolayca tespiti sağlanabilmektedir. Bununla birlikte termal kamera sadece izolasyon sorununu tespit etmekte değil, aynı zamanda sorun olmadığını göstermekte de kullanılabilir. Bina yalıtım uygulamalarının diğer bir denetim yöntemi binanın EKB'sinin çıkarılmasıdır. Bu belgede binalara, yapı kabuğu bileşenlerine bağlı yıllık tüketilen enerji miktarına ve bina CO_2 salınımına göre A, B, C, D, E, F, G tip enerji kimliği verilmektedir.



Şekil 1.2. Binada Enerji Sertifikasyonunu Etkileyen Faktörler ve Sistemler

1.5. Enerji Kimlik Belgesi (EKB)

Enerji Kimlik Belgesi, '5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu' ve buna bağlı olarak çıkartılan 'Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne göre zorunlu bir göstergedir. 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve bu kanuna bağlı Binalarda Enerji Performansı yönetmeliğinde tanımlanmış ve 1 Ocak 2011' tarihi itibari ile 50 m^2 üzeri inşaat alanına sahip tüm binalara çıkarılması zorunlu hale gelmiştir. Enerji Kimlik Belgesi, verildiği binanın enerji performansını göstermektedir ve tıpkı beyaz eşyalardaki gibi A ve G harfleri aralığında bir enerji sınıfı alır. A verimli binayı, G ise verimsiz binayı sembolize etmektedir. Bir bina olması gereken yapı ve yalıtım standartlarını tam olarak sağlıyorsa C enerji sınıfını alır. Eğer olması gereken standartlardan daha iyi bir yapı ise B ve A enerji sınıflarını alabilmektedir. Yani C enerji sınıfı binanın olması gereken asgari standartları sağladığını göstermektedir (Doğan, 2011).

1 Ocak 2011 tarihinden itibaren Türkiye'de, yeni yapılan binaların yapı kullanım izinleri alınabilmesi için (EKB) çıkartılması zorunlu hale gelmiştir. Bu belgenin düzenlenebilmesi için, binanın enerji sınıfının en az C olması gerekmektedir. Binaların enerji performansı, binanın metrekare başına düşen yıllık enerji tüketimi belirlenerek, bu tüketim miktarına göre CO_2 salınımı hesaplanması ve hesaplanan değerlerin referans bir bina ile kıyaslanması suretiyle değerlendirilir. Bu kıyaslama sonucunda, bina A'dan G'ye kadar olan enerji sınıflarından birine yerleştirilir. EKB hesaplamaları, bilgisayar destekli programlar kullanılarak TS 825 standardına uygun şekilde yapılmaktadır.

Bina enerji performansı hesaplama yöntemi (BEP-HY), binanın enerji tüketimine etki eden tüm parametrelerin binaların enerji verimliliğine etkisini değerlendirmek ve enerji performans sınıfını belirlemek için geliştirilmiştir. Hesaplama yöntemi (BEP-HY); konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller ile alışveriş ve ticaret merkezleri gibi binaların enerji performansını değerlendirmek için kullanılır. Bu hesaplama yöntemi ilgili AB standardı ile gerekli görülen durumlarda ASHRAE ve Türk standartlarından yararlanılarak oluşturulmuştur. Hesaplama sonucunda binanın yıllık ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma ve havalandırma enerji tüketimleri birincil enerji olarak belirlenir (Doğan, 2011).

1.6. Bina Büyüklüğünün Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisi

Farklı büyüklükteki binalardaki enerji tüketim modellerini gösterir, ayrıntılı bir analiz gerektirir. Küçük binalar, kullanılan yakıt miktarı, cihaz verimliliği ve özel elektrik bağlantıları gibi çeşitli faktörler nedeniyle genellikle orta ve büyük benzerlerine kıyasla farklı enerji profilleri sergilerler. Örneğin, küçük binaların ısıtılması veya soğutulması için daha az alana sahip olabilir, ancak aydınlatmayı büyük binalara göre daha az verimli kullanılır ve bu da genel enerji tüketimi sağlanır. Bunun karşılığında, büyük ısıtma tesisleri ve soğutma sistemleri ölçek ekonomilerinden yararlanılır ancak daha kapsamlı aydınlatma ve cihaz ağlarında verimli kullanım sürdürmede zorluklarla karşılaşılabilir (Avesis, 2024). Bu karşılaştırma, bina boyutu ile enerji kullanımı arasındaki karmaşık iletişimi vurgulayarak özel enerji verimliliği önlemlerinin ayrıntılarını vurgulamaktadır.

Binanın ısıtma ve soğutma veriminin değişiminin etkisi önemlidir. Daha büyük binalar genellikle enerji tesislerinin üretimi ve enerji tasarrufu potansiyeli nedeniyle daha gelişmiş ve verimli ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerini içerir. Bu sistemlerin değişiklikleri, çeşitli yönetmelik ve göstergelerde belirtilen mimari tasarım ve mekanik kurulumlarla erişilebilirliği söz konusudur. Bu kurulumlar, binanın enerji tüketimini, soğutma özelliklerini ve ısıtma ve soğutma sonuçlarını muhafaza ederek enerji planlamasını optimize edecek şekilde tasarlanmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2024). Orta büyüklükteki birimler, bazı ölçek verimliliklerinden yararlanırken, sistem kapasitesi ile bina büyüklüğü arasında her zaman optimum dengeyi sağlayamayabilir ve bu potansiyel verimsizliklere yol açabilir. Bunun yerine, küçük binalar, metrekare başına yüksek enerji kullanımına rağmen, yüksek verimli sistemlere yapılan ilk yatırımı doğru bir şekilde ortaya çıkarmakta zorlanabilir.

Bina büyüklüğü ile aydınlatma ve cihazlar için elektrik kullanımı arasındaki dağılım, bir yapı boyutları ile enerji ayak izi arasındaki karmaşıklığın bozulmasının çiziliyor. Büyük binalarda aydınlatma ve cihazların yaygın kullanımı, enerji verimli cihaz ve sistemlerin benimsenmesi de dahil olmak üzere enerji yönetimine yönelik kapsamlı bir görüntüleme gerekmektedir. Bununla birlikte, elektrikli cihazların çok büyük hacimleri, bireysel cihaz maliyetlerindeki sürdürülebilirlikleri dengeleyebilir; bu durum, küçük binalarda pek belirgin olmayan bir olgudur (Çakmanus, 2010). Bu arada orta bölme birimleri, enerji

tasarruflu teknolojilerin benimsenmesinin, aydınlatma ve cihazlara yönelik genel enerji talebiyle daha kolay dengelenebilecek bir orta yol sunuyor. Bu denge, bu bileşenlerin temel hizmetlerinden tasarruf, elektrik tüketiminin azaltılması için çok önemlidir (Ateş vd., 2021).

1.6.1. Küçük Binalarda Enerji Verimliliği Önlemleri

Yalıtımın, küçük binalar için önemli bir enerji verimliliği önlemidir ve ısıtma ve soğutma koşulları önemli ölçüde etkilenir. T.C. Resmi gazete 2024 verisine göre enerji kimlik belgesi, bir binanın enerji ısı, ısıtma ve soğutma kapasitesi de dahil olmak üzere tüketiminin ortaya çıkışında önemli rolünü vurgulamaktadır Uygun bölme, binalarda tüketilen enerjinin önemli bir bölümünün bu hizmetlere tahsis edilmesi gerçeğine değinerek aktif ısıtma ve soğutma işlemlerini azaltır (Özdemir vd., 2017). Yalıtımın erimesiyle, küçük binaların ısınması için enerji tüketiminde belirginliğin azalmasını sağlayabilir. T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024 verisine göre ısıtma binalarında %40-44 oranında en yüksek enerji tüketimi oluşur. Bu durum sadece enerji tasarrufu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan talebin daha sürdürülebilir bir şekilde birleştirilmesini de mümkün kılmaktadır.

Enerji verimli aydınlatma çözümleri, küçük binalarda elektrik enerjisinin azaltılmasına yönelik bir başka etkili strateji olarak öne çıkıyor. Tüketilen toplam elektrik enerjisinin %20'sinin aydınlatmaya atfedildiği göz önüne alınarak, enerji tasarruflu aydınlatma teknolojilerinin kullanılması önemli tasarruflar sağlar (Demir vd., 2020). Bu, geleneksel akkor ampullerin kullandığı enerjinin bir kısmı tüketilen LED aydınlatmanın geçişini ve doğal ışığın varlığına veya doluluğuna göre görünen ayarlanabilir akıllı aydınlatma entegre koruma içerir. Bu harcamalar yalnızca elektrik tasarrufuyla kalmaz, aynı zamanda aydınlatma armatürlerinin ömrünü de uzatır ve sık armatür değiştirme ihtiyacı daha da azalıyor ve hem enerjiden hem de maliyetten tasarruf sağlanıyor.

Küçük kesintili enerji sistemleri, küçük kesintilerin enerji tüketimini ve maliyetleri daha da azaltmak için uygun bir çözüm sunar. Güneş panelleri, küçük rüzgar türbinleri ve güneş termal kollektörleri gibi sistemler, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için küçük binalara etkili bir şekilde entegre edilebilir (Entes Elektronik, 2024; Avesis, 2024). Bu şalter enerji

sistemleri, elektrik üretiminden sıcak su ve bina ısıtmasını desteklemeye kadar çeşitli elektrik kesintilerine hizmet ederek geleneksel enerji kaynaklarına olan enerjiyi sağlar. Yenilenebilir enerjinin benimsenmesi, yalnızca iklim değişimiyle mücadeleye yönelik küresel çabalarla uyumlu kalmaz, aynı zamanda elektrik faturalarında tasarruf; hükümet veya çevre programlarından oluşabilecek potansiyel teşvikler yoluyla uzun vadeli mali fayda da sağlar.

1.6.2. Orta Ölçekli Binalarda Enerji Kullanımının Optimize Edilmesi

Gelişmiş Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (HVAC) sistemleri, orta sıcaklıklı enerji sistemlerinin enerji değişimlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, Arttırılmış Gerçeklik (AR) ile entegre izinler, yalnızca bir binanın içindeki iklimi kontrol etmek için değil, aynı zamanda verimsizlikleri gerçek zamanlı olarak belirleyip ele almak için de karmaşık bir yöntem sağlar (GES Teknik, 2024). Gelişmiş HVAC sistem modülleri şunları içerir:

- Hassas Kontrol: Daha doğru sıcaklık ve nem düzenlemesine olanak tanıyarak aşırı enerji kullanımı olmadan konfor sağlar.
- Gelişmiş Tanılama: AR'nin kesilmesi, enerji israfını engellemek için düzeltilebilecek sistem arızalarının veya verimsizliklerinin tespit edilmesi yardımcı olur.
- Uyarlanabilir Öğrenme: Bazı gelişmiş HVAC sistemleri, enerji kullanımını optimize etmek için ayarları otomatik olarak düzenleyerek bina kullanım modellerinden öğrenilir.

Orta bölmelerdeki bu teknolojilerden yararlanılarak enerji tüketimi önemli ölçüde artırılır ve hem maliyetten tasarruf sağlanır hem de sürdürülebilirliğe katkı sağlanır. Akıllı bina teknolojileri, orta bloklarda enerji tüketiminin öğrenilmesi ve azaltılması konusunda ezber bozan bir şekilde ortaya çıktı. Bu teknolojiler, bir binanın enerji kullanımını verimli bir şekilde toplamak, analiz etmek ve düzenlemek için tasarlanmış bir dizi araç ve sistemi içermektedir (Çakmanus, 2010). Anahtar paket planı şunları içerir:

- Enerji Yönetim Sistemleri (EMS): Bu sistemler, enerji tüketimi kalıplarına ilişkin detaylı bilgiler sunarak bina kaynaklarının enerji kullanımı konusunda uykuda molaların alınmasına olanak sağlar.
- Doluluk Sensörleri: Aydınlatma ve HVAC ürünlerinin insanların varlığına göre otomatik olarak ayarlayarak boş alanlardaki enerji israfını azaltır.
- Akıllı Sayaçlar: Enerji tüketimine ilişkin gerçek zamanlı veriler sunarak hem bina operatörlerini hem de bina sakinlerini enerji konusunda daha donanımlı kalmayı ve takipte teşvik edilmesi.

Binalar bu akıllı entegre teknolojilerle önemli miktarda enerji tasarrufu sağlayabilir, işletme maliyetlerini düşürebilir ve daha sürdürülebilir bir yatırım yapılabilir. Orta büyüklükteki yapılara yönelik güçlendirme seçenekleri, enerji tasarrufunu artırma ve genel verimliliği artırma için uygun bir yol sunar. Bu seçenekler, en yüksek enerji talebine sahip alanlara odaklanan basit yükseltmelerden kapsamlı yenilemelere kadar uzanır (Gamak, 2023). Bazı etkili güç modülleri şunları içerir:

- **Yalıtım İyileştirmesi:** Isıtma ve soğumanın azaltılması için duvarların, çatıların ve zeminlerin ısısının yenilenebilir.
- **Pencere Yükseltmeleri:** Isı kaybı en az indirme için tek camlı pencerelerin enerji tasarruflu çift veya üç camlı modellerle değiştirilmesi.
- **Aydınlatma Çözümleri:** Geleneksel ampullerin enerjisinin bir kısmını kullanan ve daha uzun ömürlü olan LED aydınlatmaya geçiş.

Bu enerji kaybının, orta büyüklükteki değişimlerin enerji ayak izini önemli oranda azalmasına, ancak önemli miktarda maliyet tasarrufuna ve sera gazı emisyonlarında azalmaya yol açabilir.



a **b**

Şekil 1.3. Armatürler a) Yemek Salonu b) Kütüphane tavan görüntüsü

1.6.3. Büyük Bina Enerji Yönetimi Stratejileri

Büyük binalarda enerji tasarrufu için bina otomasyon verileri (BAS) elde edilir, enerjinin ve israfın en aza indirilmesine yönelik bir hareket oluşturulur. Bina otomasyon sistemleri, HVAC sistemleri, aydınlatma ve diğer sistemlerini merkezi bir modül aracılığıyla dağıtım ve kontrol etmek için tasarlanmıştır. Bu, bina genelinde enerji yönetimini optimize ederek önemli miktarda enerji tasarrufu ve tüketim verimliliği sağlar. BAS'ın önemli bir görünümü, doluluk seviyeleri ve hava değişiklikleri gibi parçalara yönelik erişim sağlaması ve enerjinin yalnızca ihtiyaç duyulduğu zaman ve yerde saklanabilmesini sağlamasıdır. Çalışmalar, bu tür sistemlerin değiştirilmesi yoluyla kullanıcı ihtiyaçlarını daha az enerji tüketerek karşılayan verimli binalara ulaşılabileceğini göstermiş ve bu sistemlerin büyük binalar için enerji yönetimi değişimlerindeki önemi vurgulanmıştır (Aksakal, 2011). Güneş enerjisini elektriğe veya ısıya dönüştürülen güneş panelleri gibi teknolojilerin birleştirilmesi, enerji ihtiyacının önemli ölçüde azaltılması bulunabilir. Güneş kollektörlerini kullanan aktif ısıtma sistemleri, hem binanın ısıtılmasında hem de sıcak su tutulmasında önemli bir rol oynayarak geleneksel enerji kaynaklarına olan filtrenin kesilmesi (Avesis, 2024). Dağıtım kabloları, maksimum verimlilik ve dayanıklılık sağlamak için bu bölme enerji sistemlerini inşaat işlemlerine sorunsuz bir şekilde entegre etmektedir. Bu enerji üretimi, tüketim modelleri ile eşleştirme için dikkatli planlama ve tasarım gerektirir; bu da binayı yalnızca daha sürdürülebilir, aynı zamanda daha uzun süre kullanılabilir hale getirir.

Ölçek ekonomileri, büyük binalarda enerji tasarrufu sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. Ölçek ekonomisinin temelinde, binanın boyutunda tasarruf edilen birim enerji başına maliyetin azalmasını uzatır. Bunun nedeni, modülü gelişmiş HVAC sistemleri ve enerji yönetim sistemleri gibi enerji verimliliğine yapılan yatırımın daha geniş bir alana yayılarak metrekare başına toplam maliyetin azaltılabilmesidir. Ek olarak, daha büyük binalarda genellikle ısıtma sistemleri veya yerinde bağlantılı enerji üretimi gibi daha kapsamlı enerji çözümlerini düzenleme olanağı vardır ve bu daha küçük binalar için uygun veya uygun şekilde ödenemez. Sonuç olarak, büyük binalarda daha fazla enerji tasarrufu ve daha yüksek düzeyde enerji verimliliği elde edilebilir. Bu da onların sürdürülebilirlik ve büyüme etkisinin azaltılması konusunda lider olarak kullanılabilir (Söğüt, 2009).

Ölçek ekonomisi sadece finansal bir avantaj değil, aynı zamanda operasyonel bir zorunluluktur. Büyük binaların düşük yüzey alanı/hacim oranı, dış ortam kaynaklı ısı transferini minimize ederek pasif bir iklimlendirme imkanı sunar. Bu avantaj, merkezi bina yönetim sistemleri ile birleştiğinde; havalandırma, aydınlatma ve ısıtma parametreleri anlık doluluk oranlarına göre optimize edilebilir. Böylece, küçük ölçekli yapılarda maliyet sebebi ile tercih edilmeyen atık ısı geri kazanım üniteleri gibi teknolojiler, büyük projelerde sürdürebilirliğin ana taşıyıcısı haline gelir. Büyük binaların enerji tasarrufundaki en büyük gizli avantajı binanın oluşturmuş olduğu dış yapı geometrisidir. Bir bina büyüdükçe hacmi(iç mekan), dış kabuğuna kıyasla çok daha hızlı artar. Isı kaybı veya kazancı büyük oranda dış yüzeyden gerçekleştiği için, büyük bir bina içindeki mevcut olan havayı ısıtmak veya soğutmak için dış yüzeyden kaybedeceği enerji miktarı, metrekare başına daha düşük olmaktadır (Givoni, 1998).

1.6.4. Konut ve Ticari Binalarda Enerji Tüketim Modelleri

Konut ve ticari binaların birleştirilmesi enerji kullanımı ve tasarruf fırsatları arasındaki farklar, öncelikle farklı kapasite ihtiyaçları ve doluluk kalıpları nedeniyle önemlidir. Örneğin konut binaları ısıtma, soğutma, aydınlatma ve küçük ev aletlerine odaklanılarak daha öngörülebilir enerji kullanım modellerine sahip olunmaktadır. Öte yandan, küçük mağazalardan büyük ofislerine kadar uzanan ticari binalar, komple ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri, daha büyük alanlar için aydınlatma ve ofis ekipmanları için güç içeren çok daha büyük ölçekte enerji tüketir. Enerji tüketim

profillerinde ki bu çeşitlilik, hedeflenen enerji tasarrufunun arttırılmasını vurgulamaktadır. Tasarruf oranları büyük ölçüde farklılık gösterir ve verimli bina yönetiminin sonuçlarına, HVAC çözümlerinin optimizasyonu, enerji tasarrufu ve tasarruflu aydınlatma ve çalıştırılmaya geçilmesine bağlıdır. Atık ısıyı geri kazanan teknolojilerin dahil edilmesi, aynı zamanda sera emisyon emisyonlarını ortadan kaldırmanın korunmasına katkıda bulunurken, aynı zamanda enerji tasarrufunu da önemli ölçüde artırabilir (Çakmanus, 2021; Ener Rüşen ve Koç, 2019).

Hem konut hem de ticari faaliyetler enerji tasarrufuna ilişkin örnek olay incelemelerinin incelenmesi, boyut ve tasarımın enerji veriminin üzerinde büyümesinin ortaya çıktığını gösteriyor. Örneğin, daha küçük konut binaları, sıcaklığın bir arada, enerji tasarruflu genişleme ve enerji tasarruflu birimlerin kullanımı gibi basit önlemlerle önemli miktarda enerji tasarrufu sağlar. Bunun aksine, daha büyük ticari binalar, karmaşık enerji ihtiyaçlarından dolayı genellikle farklı miktarlarda enerji dağıtımını izleyen ve kontrol eden özet enerji yönetim sistemlerine ihtiyaç duyar. Bu sistemlerin HVAC verimi, aydınlatmanın ve diğer enerji yoğun operasyonların çalışmasını optimize ederek önemli tasarruflar sağlar. Vaka çalışmaları, enerji tasarrufunun tüketiminin tasarlanması ve harcandığında binanın hacminin ve göz ardı edilmesinin artırıldığını vurgulamaktadır. Bu tür üretim boyunca enerji tasarrufu potansiyeli değerlendirilmekte ve faaliyetlerin yürütülmesine yönelik önerilerde bulunulmaktadır (Söğüt, 2009).

Doluluk düzenlerinin enerji tüketimi ve tasarrufu üzerindeki etkisi abartılamaz. Program sabahın erken saatleri, akşamları ve hafta sonları kullanılan konut binaları, bu yoğun zamanlara odaklanan enerji tasarrufu stratejilerinden faydalanılmaktadır. Örneğin programlanabilir termostatlar dolulukla çalıştırılarak ısıtma ve soğutmayı ayarlayarak önemli miktarda enerji tasarrufu sağlar. 9'dan 5'e kadar ofis merkezlerinde hastaneler gibi 7/24 operasyonlara kadar çeşitli doluluk modellerine sahip ticari binalar, enerji tüketiminin etkili bir şekilde yönetilmesi için daha incelikli bir yaklaşım gerektirir. Doluluk sensörlerinin ticari yayılmaları, aydınlatmayı ve HVAC çalışmasını dinamik olarak ayarlayabilir, boş alanlarda ve yoğun olmayan tüketim enerji tüketimini azaltır. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023 verilerine göre doluluk modellerine dayalı olarak enerji tüketimi yönetimine yönelik bu özel yaklaşım, önemli miktarda enerji tasarrufu sağlar ve enerji verimliliğinin artırılmasında kritik bir husustur.

1.7. İnşaat Malzemelerinin Enerji Tüketimindeki Rolü

Enerji tüketim kalıpları, öncelikle farklı fiyat ihtiyaçları ve doluluk programları nedeniyle konut ve ticari binalar arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Konut binaları genellikle konfora açıklık ve bu da bina sakinlerinin varlığına ve yaşam tarzına bağlı olarak bir ısıtma, soğutma ve aydınlatma talebine yol açar. Bunun yanı sıra ofisleri, perakende satış bölgeleri ve eğitim kurumlarını içeren ticari binalar, daha uzun çalışma saatleri, özel ekipman kullanımı ve daha yüksek doluluk oranları gibi faktörler nedeniyle daha geniş bir enerji ihtiyacına sahiptir. Kullanımdaki bu farklılaşma, enerji tasarrufu açısından verimlilik sunuyor. Konut binaları içindeki maliyetlerden ve enerji tasarruflu cihazların kurulumundan daha fazla faydalanabilirken, ticari binaların bina yönetim verimleri ve HVAC işlemlerinin değiştirilmesi yoluyla önemli tasarruflar sağlar (Avesis, 2024). Bu eşitsizlikler, maliyet ve maliyet tasarrufunu en üst düzeyde boşaltma için enerji tasarrufu yöntemlerinin belirli bina tipine göre uyarlanmasının genişletildiğini vurgulamaktadır.

Çeşitlilik büyüklüğündeki konut ve ticari büyüme enerji tasarrufuna ilişkin vaka çalışmaları, hedeflenen enerji veriminin arttırılmasının ortaya konulması. Örneğin, güneş panelleri ve LED aydınlatma uygulayan küçük bir konut, şebekeye olan enerji miktarını önemli ölçüde artırdı ve böylece enerji maliyetleri düşebilir. Bunun tersine, büyük bir ticari bina, dolulukla ısıtılmaya göre ısıtma, soğutma ve aydınlatmayı sağlayan gelişmiş bina yönetim ölçüm sistemi yoluyla önemli miktarda enerji tasarrufu sağlar (Bostancıoğlu, 2011). Bu vaka çalışmaları, uygun enerji tasarrufu açıklamalarının belirlenmesinde bina hacminin ve önemli rol oynadığını vurgulamaktadır. Küçük konut binaları basit yenileme projeleri ile hızlı kurtarılabilirler elde edilebilirken, daha büyük ticari yapılar genellikle enerji sağlamak optimize etmek için gelişmiş teknoloji ve otomasyonu birleştirici daha kapsamlı bir temel gerektirir.

Doluluk düzenlerinin enerji tüketimi ve tasarrufu üzerindeki etkisi abartılamaz. Konut binaları genellikle sakinlerin en aktif olduğu sabah ve akşam saatlerinde enerji kullanımında ani patlamalar ile öngörülebilir doluluk kalıpları yaşar. Tersine, ticari tesislerde çalışma saatleri, mevsimsel değişiklikler ve özel olaylardan etkilenen ve enerji taleplerindeki dalgalanmalara yol açabilen daha çeşitli bir doluluk programı görülmektedir (Sabilgi, 2024). Bu modellerin kullanılması, etkili enerji tasarrufu önlemlerinin alınması

için çok önemlidir. Örneğin, evlerdeki programlanabilir termostatlar sıcaklıkları tipik doluluk sürelerine göre ayarlanabilirken, ticari binaların aydınlatma ve HVAC sistemi dinamik olarak ayarlayan doluluk sensörlerinden faydalanılır. Bu sadece enerjinin daha verimli kullanımını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda bina sakinleri için konforlu bir ortam da sağlıyor ve doluluk modellerinin enerji tüketimini ve tasarruf stratejilerini şekillendirirken temel bir rolün nasıl oynandığını gösteriyor.

1.8. Farklı Büyüklükteki Binalarda Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu

Güneş panellerinin farklı boyutlardaki birimlerin birleştirilmesinin hem uygulanabilir hem de ekonomik açıdan faydalı olduğu kanıtlanmıştır. Konya'daki bir büyükbaş hayvan çiftliği yapılan bir çalışma, uygun yer seçimi, toplam sabit yatırım ve uygun teknoloji ihtiyaçları dahil olmak üzere güneş enerjisi çözümlerinin hayatta kalmanın kritik öneme sahip olduğu vurgulanmıştır (Evren, 2021). Bu yaklaşım, güneş panellerinin daha küçük konut binalarından daha büyük ticari mülklere kadar evrensel olarak kullanılabilirliğinin sınırlarını çiziyor. Özellikle, güneş enerjisi yatırımlarının ekonomik analizi, elektrik üreticilerinin mevcut mevzuatı ve kayıtlı tarifeleri ve satın alma dağılımının elektrik faturalarında önemli tasarruf potansiyeli olduğu ortaya çıkmaktadır (Yalılı, 2021). Ayrıca, kişinin kendi elektriğini üretmesi ve sıcak su sağlama yeteneği gibi güneş enerjisinin doğrudan faydası, elde edilebilecek önemli ekonomik tasarrufların artması ve güneş panellerini her büyüklükteki bina için uygun bir seçenek haline getirmesi sağlanmaktadır (Sehatek, 2024).

Rüzgâr enerjisinin büyüklüğüne ve varlığına göre ömrü ve kapasitesinin değişebileceği bir çözüm sunmaktadır. Önemli bir husus, bölgedeki dağılım ortalaması ve rüzgâr hızıdır. Çünkü bu faktörler, bir rüzgâr türbininin üretebileceği elektrik miktarını doğrudan etkiler (Aydem Perakende, 2022). Ortalama rüzgâr hızının küpü, rüzgârın enerjisini belirleyerek yüksek hızlı alanlar rüzgâr enerjisi üretmek için daha uygun hale getirir. Rüzgâr hızı ile enerji üretim kapasitesi arasındaki bu ilişki, özellikle rüzgâr bağlantılarının zengin parçaları, büyük parçaların rüzgâr enerjisi çözümlerinden önemli ölçüde faydalanabileceğini göstermektedir. Rüzgâr enerjisinin kalitesi, sıcaklığı ve sürekliliği, sürdürülebilir bir kaynak olarak daha fazla güç sağlaması ve yerel koşullarda uygun olması

özellikleriyle rüzgâr türbinlerinin çeşitli büyüklükteki binalar için etkili bir enerji çözümü olabileceğini düşündürmektedir (Ünal vd., 2024).

Jeotermal ısıtma ve soğutma sistemleri, sıcaklığı verimli bir şekilde düzenlemek için yer kabuğunun ısısından faydalanarak farklı boyutlardaki birimler için ölçeklenebilir bir çözüm sunar. Jeolojik yapı ve bölgesel sıcaklık ortalama yıllık sıcaklık değişimi, belirli bir bina için jeotermal sistemlerin fizibilitesinin belirlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır (Tuğcu vd., 2016). Jeolojik olan bu bağımlılık, jeotermal sistemlerin belirli bir alanda oldukça etkili bir şekilde ortaya çıkmasına rağmen ve etkilerinin büyük oranda farklılık göstermesi anlamına gelir. Yerkabuğunun ısısından etkilenen sabit sıcaklık değişimi, jeotermal sıcaklık hem küçük hem de büyük binalar için güvenilir ve sürdürülebilir bir seçenek haline getirerek enerji tüketimini ve tasarruf açısından kayda değer bir değer sunuyor. Jeotermal sistemlerin büyüklüğü ne olursa olsun bir kişinin özel çıkışına uyarlanabilme ve entegre edilebilir enerji sisteminin önemli bir üye olarak potansiyellerinin değerlendirilebileceğini çiziyor.

1.9. Enerji Tasarrufu Önlemlerinin Mali Sonuçları

Çeşitli büyüklükteki binalarda enerji verimliliğinin maliyet-fayda analizinin yapılması, önemli finansal sonuçların ortaya çıkarılması. Küçük binalar için yalıtımın, pencerelerin ve ısıtmanın ısıl gücü gibi enerji tasarrufuna göre yapılan ilk yatırım bütçesi mütevazı olabilir ve hızlı geri dönüş sağlayabilir. Orta büyüklükteki tesisler, benzer süreçler için daha önemli bir harcama gerektirebilir ancak ölçek ekonomilerinden yararlanmaya devam edebilir. Bununla birlikte, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024 verilerine göre büyük binalar en yüksek peşin ödemelerle karşı karşıyadır, ancak bunlar, genellikle enerji kullanımlarının %40-44'ünü kapsayan özet ısıtma ihtiyaçları içeren enerji tüketimlerinin üretilmesi nedeniyle zaman içinde tahakkuk etmeyen önemli tasarruflarla dengelenmektedir. Bu verimlerin etkinliği aşağıdaki gibi çeşitli faktörlere bağlıdır:

- Binanın sıcaklık özellikleri
- Isıtma ve/veya soğutma verimliliği rejimi
- Binanın enerji tüketim düzeni

Bu öğeler toplu olarak potansiyel tasarrufları tanımlayan ve farklı büyüklükteki binalar için özel enerji aboneliği politikalarının arttırılmasının altını çizer.

Hükümet teşvikleri ve sübvansiyonları, binalarda enerji tasarruflarının teşvik edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu tür önlemlerin özellikle büyük binaların getirebileceği mali yükün miktarı olan hükümetler, bu maliyetleri azaltmak için bir dizi teşvikler uygulamıştır Örneğin, ısı dağılımı gibi enerji harcamaları için damga vergisi muafiyetinin getirilmesi, bina sahiplerini enerji tasarrufuna yatırım yapmaya teşvik etme yönünde önemli bir durumdur (Değirmendereli ve Durukan, 2021). Ayrıca Türkiye'de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2053 net sıfır emisyonu ayırma 2024-2030 dönemi için enerji verimliliği hedeflerinin ana hatlarını çizmiştir. Bu da enerji tasarrufu düzeyinin kararlılığını ve bu çalışmaların finansal olarak desteklenmesini vurgulamaktadır (Çetinkaya, 2024). Bu sübvansiyonlar ve teşvikler aşağıdaki hedeflere yöneliktir:

- Enerji tasarrufu önlemlerine yönelik başlangıçtaki mali engelin azaltılması
- Enerji verimliliği sağlayan teknolojilerin kullanılmasının hızlandırılması
- Enerji tasarrufu ve tüketiminin azaltılmasına yönelik ulusal hedeflerin desteklenmesi.

Bina sahipleri, bu teşviklerden yatırımlarının geri ödeme süresi ölçüsünde yararlanarak enerji ilişkilerinin düzenlerini daha basit ve uygulanabilir hale getirebilirler. Enerji alışverişlerinin yatırım geri ödeme koşulları, öncelikle hem yapılması gereken yatırımın hem de potansiyel tasarrufların performansı nedeniyle, farklı genişlikteki binalar arasında büyük esneklikler göstermektedir. Küçük binalar, daha düşük enerji faturaları ve azalan ısıtma hizmetleri sayesinde sadece birkaç yıl içinde yatırımın geri dönüşünü görebiliyor. Daha fazla enerji kullanımı olan orta büyüklükteki binalarda daha uygun bir geri ödeme süresi elde edilebilir Büyük binalar, en yüksek başlangıç maliyetleriyle karşı karşıya kalmalarına rağmen, özellikle parçaların en büyük enerji gideri olan ısıtmada zaman içinde en önemli tasarruflardan yararlanır. Bu yatırımlar, geri ödeme süresinin önemli ölçüde kısaltabilen devlet teşvikleri de katılımında daha da uygulanabilir hale gelmektedir. Geri ödeme sürelerinin temel özellikleri şunlardır:

- İlk yatırımın kullanımı
- Verimlilik tüketimiyle tasarruf edilen enerji miktarı
- Devlet teşvikleri ve sübvansiyonları

Bu özellikler enerji işlemlerini planlarken bina sahipleri için çok önemli çünkü bunlar, finansal sürdürülebilirliği ve yatırımın geri dönüşünü etkiler.

1.10. Binalarda Enerji Tüketimin Azaltılmasının Çevresel Etkisi

Binalar, boyutlarına ve konumlarına bağlı olarak, soğuk iklimlerde ısıtma, sıcak iklimlerde ise soğutma için önemli miktarda enerjiye ihtiyaç duyarlar (Mıhlayanlar ve Meral, 2023). Bu enerji tüketimi, karbonhidratlar ve diğer sera gazlarının atmosfer salımı ile doğrudan özellikleri. İyileştirilmiş enerji, enerji tasarruflu ısıtma ve soğutma sistemleri ve eklenti enerji harcaması kullanımı gibi tasarruf sağlayan enerji tasarrufları ile enerji tasarrufu önemli ölçüde azaltılır. Örneğin:

- Küçük konut binaları güneş panelleri ve enerji tasarrufundan faydalanılır.
- Orta düzeyde ticari yapılar, gelişmiş HVAC sistemlerini ve akıllı enerji yönetim sistemlerini uygulayabilir.
- Büyük endüstriyel kompleksler, yüksek verimli kazanlar ve kojenerasyon sistemleri de dahil olmak üzere özetlenmiş enerji yenileme projelerini benimseyebilir.

Binalardaki enerji talebi, küresel enerji tüketiminin önemli bir bölümünden oluşması, parçalarının daha enerji verimli hale getirilmesi, küresel iklime erişim yolunda kritik bir adımdır (Gamak, 2023). Enerji açısından verimli olan fosil yakıt tüketimi işletmenin atmosfere salınan sera gazı miktarını azaltır. Ayrıca bu binaların, sürdürülebilir geniş kapsamlı benimsenmesinin fizibilitesinin ve faydalarının bir sistemidir. Binalarda enerji tasarrufunun uzun vadeli geniş faydası vardır. Zaman zaman, yaygın enerjinin büyümenin kümülatif etkisi, aşağıdakiler de dahil olmak üzere önemli büyüme noktalarına yol açabilir:

- Daha sağlıklı ekosistemler ve bölümlere yol verme şekli hava ve su kesintili kükürtün bozulması.

- Yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılması, daha sürdürülebilir ve dayanıklı bir enerji sistemine geçişin kolaylaştırılması.
- Enerji tasarruflu bina tasarımları ve malzemelerinin benimsenmesi yoluyla, ısı etkisinin azaltılması.

Bu faydalar, gezegenimizin sağlığına uzun vadeli bir yatırım olarak enerji tasarruflarının artırıldığını vurguluyor. Binaların tasarımında ve işletilmesinde enerji verimliliğine açıklık sağlayan, iklim değişimiyle mücadeleye ve gelecek nesiller için yaşanabilir bir çevreye yönelik küresel çabalara önemli bir katkı sağlanabilir (Gamak, 2023).

1.11. Bina Enerji Verimliliğinde Gelecekteki Eğilimler

Her boyuttaki binalara yönelik enerji tasarrufu teknolojilerindeki yenilikler hızla ilerlemekte ve küçük konut binalarından büyük ticari komplekslere kadar çeşitli olanakları karşılamaktadır. Bina projelerinin hazırlanmasında, enerji bakımını ve baştan sona optimize etmek için artık mimari tasarım, mekanik kurulumlar, aydınlatma ve elektrik kurulumları dahil olmak üzere enerji muhafazasının çeşitli ayrıntıları değerlendirilmektedir. Bu bütünsel olarak, binanın her biriminin enerji tasarrufunun birleştirilmesini sağlar. Örneğin, daha iyi iklimlendirmeyi sağlayan gelişmiş malzemeler inşaatlara ayrılır, binalarda en fazla enerji tüketilen kaynak olarak sınırlandırılmış ve toplam tüketimin %40-44'ünün ısınma ısıtma enerjisi önemli ölçüde artmaktadır. Ayrıca, enerji tasarruflu aydınlatma sisteminin kullanılması ve mekânların doğal ışıkla en üst düzeyde çıkarılacak şekilde çoğaltılarak tasarlanması, yalnızca estetik çekiciliğin artırılmasıyla bekleme, aynı zamanda en pahalı enerji türleri arasında yer alan elektrik enerjisi de önemli ölçüde azalmaktadır.

Enerji verimliliğine yönelik bina mevzuatının gelişmesi, enerji tüketimi ve bunun yoğunluğuna ilişkin artan endişelere yanıt olarak hızlanması bekleniyor (Aydın, 2019). Tahminler, ölçülen bina yasalarının, ısıtma enerjisi tasarrufuna (Çakmanus, 2010) yönelik geleneksel vurgunun dağılımının bölünmesi, sürdürülebilir teknolojilerin ve değişken enerji verilerinin (Entes Elektronik, 2024) dahil olmak üzere giderek daha fazla zorunlu kılınacağını ileri sürmektedir. Bu değişimin, yapılarda daha geniş bir enerji depolaması için enerji alışverişi için daha yüksek standartların belirlenmesi beklenmektedir. Örneğin,

yalnızca kullanılan enerji miktarının azaltılmasına değil, aynı zamanda enerji verimliliği ölçümleri yoluyla enerjinin daha ayrıntılı kullanılmasına yapılan vurgu, bina tasarımı ve işletiminin temel ilkesi haline gelecektir (Gamak, 2023). Bina mevzuatındaki bu tür gelişmeler, muhtemelen inşaatçıları ve geliştiricileri, bina konseptinin ilk aşamalarından itibaren verimli enerji tasarrufu teknolojileri ve tasarımın izlenmesine zorlanacak ve yapıların sadece sürdürülebilir olması değil, aynı zamanda uzun süre beslenmeye uygun takviyesi de sağlanır.

Akıllı şebekelerin enerji tüketimi ve tasarrufları üzerindeki potansiyel etkisi çok büyük ve her büyüklükteki binalarda enerjinin yönetilme mesafesinde devrim yaratmayı mümkün kılmaktadır. Akıllı şebekeler, enerji tedarikçileri ve sahipleri arasında dinamik bir etkileşimi kolaylaştırarak, gerçek zamanlı olarak dağıtılan tabanlı olarak daha verimli enerji kullanımı ve çalıştırılmasına olanak sağlar (Aydın, 2019). Bu teknolojinin daha verimli çalışmasını sağlar:

- Enerji tüketiminin yoğun ve yoğun olmayan saatlere göre otomatik olarak kesilmesi, dolayısıyla enerji maliyetlerinin azalması.
- Güneş panelleri gibi çevresel enerji patlaması binanın enerji sisteminin daha etkin bir şekilde entegre edilmesi.
- Daha fazla enerji tasarrufu olanağının belirlenmesine yardımcı olabilecek ayrıntılı enerji kullanım verilerinin çalıştırılması.

Akıllı şebekelerin benimsenmesi, yalnızca enerji tüketiminin artırılması sağlanmayacak, aynı zamanda karbon salınımlarının azaltılması ve sürdürülebilir enerji tüketiminin teşvik edilmesi gibi daha geniş hedeflere de önemli ölçüde katkı sağlanacak. Bu nedenle, akıllı şebekelerin bina tasarımı ve işletmesine aktarılması, daha fazla enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik elde etme çabasında doğru atılmış önemli bir adımı temsil etmektedir (Aydın, 2019).

1.12. Kaynak Özetleri

İç hava kalitesini ele aldıkları çalışmada alışveriş merkezleri üzerinden değerlendirme yapmışlar. Alışveriş merkezleri için verilen iç hava kalitesi ile ilgili standartları ve

standartlarda verilen değerleri incelenmiştir. İç hava kalitesinin oluşturulması için tasarımda, uygulamada ve işletmede dikkat edilmesi gereken unsurları ele alınmıştır. Sonuçta iç hava kalitesi ile ilgili alışveriş merkezlerinde alınabilecek önlemleri belirtilmiş ve önerilerde bulunulmuştur (Oral ve Arısoy, 2015).

Ana duvar kütlesinin iç tarafına veya dış tarafına yalıtımı yerleştirmenin avantajları ve dezavantajlarını tartışılmıştır. Ayrıca, yalıtılmış ve yalıtılmamış binaların çatı ve duvarlarının ısıl davranışını deneysel metotla araştırılarak, yalıtılmış ev modelinin yalıtılmamış olandan daha uzun ömürlü olduğunu ve daha küçük çatlaklar oluştuğunu gösterilmiştir (Soderegger, 1999). Enerji tasarrufunun, bina kabuğu, enerji kullanım sistemleri ve kullanıcıların iklimlendirme sistemlerinin uygun kullanımından dolayı oluşan katkılarıyla sağlanabileceğini savunulmuştur (Steward, 2003). Yalıtım hesaplamalarını dıştan yalıtımlı ve sandviç duvar olmak üzere iki farklı duvar modeli üzerinde yapmıştır. Dıştan yalıtımlı bir binada 4.6 yıl geri dönüşüm süresi ve yılda 16.359 $/m² tasarruf edildiğini, sandviç duvarda ise bu değerlerin 4.2 yıl ve 20.188 $/m² olduğunu belirtilmiştir (Aytaç ve Aksoy, 2006).

Türkiye'de harcanan enerjinin %40'ının konutlarda tüketildiğini, konutlarda tüketilen enerjinin %80'inin de ısınma amaçlı olduğu belirtilmiştir. Isı kayıplarının engellenmesi ve uygun yalıtım ile enerji ve yakıt tasarrufu sağlanacağını vurgulanmıştır (Tanrıverdi, 2003). Binalarda ısı enerjisi tasarrufunun ancak doğru uygulanmış bir ısı yalıtımı ile sağlanabileceğini, aksi takdirde tüketilen yakıtın binayı değil atmosferi ısıtacağını ve dolayısıyla gereğinden fazla yakıt tüketileceği belirtilmiştir (Şenkal, 2005).

Çalışmalarında Elazığ ilini seçip, bina kabuğu opak bölümlerindeki enerji kayıplarını, bina kabuğu yüzey alanı, yönlendiriliş durumu ve yalıtım kalınlığına göre araştırmalar yapılmıştır. Isı enerji maliyetinde yalıtım kalınlığına bağlı olarak %19 ile %77 arasında değişen enerji tasarrufu sağlanmıştır (Aksoy ve Keleşoğlu, 2007). 5 farklı duvar modeline 2 farklı yalıtım maddesi uygulamış ve optimum yalıtım kalınlıklarının geri ödeme süreleri ile yıllık yakıt ve enerji tasarruflarını belirlenmiştir. En iyi sonuç olarak; yerli kömürün yakıt, EPS yalıtım maddesini bulmuştur (Öztunalı ve Dereli, 2009). Çindeki dört şehir için 5 farklı yalıtım malzemesi kullanarak optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplanmıştır. Buna göre 20 yıllık ömür üzerinden, optimum yalıtım kalınlığı **0,053–0,236** m arasında ve geri

ödeme sürelerinin **1,9–4,7** yıl arasında değişmekte olduğunu gösterilmiştir. Ayrıca ısıtma ve soğutma sezonlarında bina duvarlarındaki ısı transferinde güneş radyasyonunun duvar yönlerine göre etkisini hesaplarla belirtilmiştir. Dış duvarın yüzey renginin optimum kalınlıkları etkilemede önemli olduğunu savunulmuştur (Yu vd., 2009).

Mimarların dış duvar malzemesi seçim sürecinde hangi kriterleri göz önünde bulundurduğu ve ısı yalıtımına ne kadar önem verdiğini araştırmış ve malzeme seçimine yönelik öneriler verilmiştir. En uygun duvar sistemini tespit edebilmek için TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallarına dikkat edilmesi gereğinin önemi vurgulanmıştır (Alyanak, 2010). Tunus'taki binalarda iki farklı duvar tipi ve iki farklı yalıtım malzemesi için ömür maliyet analizini kullanılmıştır. En iyi sonuçları sandviç tipi duvar yapısında genleştirilmiş polistiren malzeme kullanarak elde edilmiştir. Buna göre optimum yalıtım kalınlığı 0.057 m, enerji tasarrufu %58 oranında ve geri ödeme süresi 3.11 yıl olarak hesaplanmıştır (Daouas vd., 2010). Artan dış duvar yüzey alanı oranının artırılan yalıtım kalınlığına etkisini incelenmiştir. Yalıtım kalınlığının çok fazla artırılmasının hem ekonomi hem de ticari anlamda kullanılabilirliği irdelenmiştir (Güllüce vd., 2010).

Yapıların ısı yalıtımı ile ilgili uygulamaları ve karşılaşılan sorunlar konusunda sadece dış duvarlar ile ilgili kesitlerin detayları çizilerek yoğuşma sorunlarının olup olmadığı incelenmiştir. Sorunların çözümü için ise standartlara uyulması, enerji tasarruflu, yoğuşma sorunlarının olmadığı ısı yalıtımlı detayların geliştirilmesi konusunda önerilerde bulunulmuştur (Koçul ve Dereli, 2010). Dışarıdan yalıtım uygulamalarında mantolamanın en uygun yalıtım yöntemi olduğu ve ısı köprüsü oluşturmadığı açıklanmıştır. Dışarıdan yalıtım sisteminin maliyeti diğer sistemlere göre daha yüksek olmasına rağmen, konut gibi uzun süreli kullanılan mekânlar için en uygun sistem olduğu belirtilmiştir (Bostancıoğlu, 2011). İzmir ilindeki bina dış duvarları için gerekli optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri faiz, enflasyon, ömür gibi ekonomik datalar da kullanılarak tespit edilmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre, sıcak iklim bölgelerindeki binalarda yalıtım hesaplamalarının soğutma yüklerine göre yapılması gerektiği vurgulanmıştır (Dağıdır ve Bolattürk, 2011).

Tunus'ta hem ısıtma hem de soğutma yükleri için farklı duvar yönlerinin maliyetler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma, en ekonomik sonucun güneye yönlendirilmiş

duvar için elde edildiğini göstermiştir (Daouas, 2011). Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinden seçilen dört şehirde (Aydın, Edirne, Malatya ve Sivas) ısıtma ve soğutma yükleri için oluşan optimum yalıtım kalınlıkları ve enerji tasarrufları hesaplanmıştır. Dış duvarda yalıtım malzemesi olarak XPS (sıkıştırılmış polistiren) ve EPS (genleştirilmiş polistiren) seçilmiştir. Yakıt olarak ısıtma için doğalgaz kullanılmıştır. Sonuçlar yalıtım malzemesi ve seçilen malzemeye bağlı olarak optimum yalıtım kalınlıklarının 0,036 ve 0,1 m arasında, enerji tasarruflarının 12,08 TL/m² ve 58,28 TL/m² arasında ve geri ödeme sürelerinin 1,5 ve 2,5 yıl arasında değiştiği gösterilmiştir (Gürel ve Daşdemir, 2011).

Çalışmalarında bina kabuğunda yapılan iyileştirmeler ve oluşturulan faydaların mevcut binalar üzerindeki etkisini, var olan binaların özelliklerini ve enerji tüketimi kaynaklı sera gazı salınımları değerlendirilmiştir. Mevcut binaları temsil eden model bina oluşturarak, yüksekliği 7,8 m, 3 katlı yalıtımsız, 156 m² taban alanlı, tek camlı ahşap pencere sistemi olan bina üzerinde hesaplamalar yapılmıştır. Farklı derece gün bölgelerine göre ısıtma ve soğutma periyotlarını ayrı ayrı ele alarak dış duvar ve tavan için optimum yalıtım kalınlıklarını 6 cm ile 16 cm arasında elde edilmiştir (Kaçan vd., 2012). Çalışmalarında, gözenekli yalıtım malzemelerinde taşınım ve ışınımın efektif ısıl iletkenliğe etkisi açısından deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel sonuçlardan, ince folyo ile desteklenmiş gözenekli yalıtım malzemelerinde 20 °C ortalama sıcaklığının altında 0 °C ve 10 °C sıcaklıklarda efektif ısıl iletkenliğin azaldığı gözlemlemiştir (Yüksel ve Avcı, 2012).

2. BİNALARIN VE SİSTEMLERİN TANITIMI

Bu tez çalışması için Merkez Bursa ili Yıldırım ilçesine bağlı Mimar Sinan mahallesinde bulunan Barış Manço Kültür Merkezi enerji bakımından incelenmiştir. Şevket Yılmaz Eğitim Araştırma Hastanesi, Bursa Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Kalp Merkezi, Polis Meslek Yüksekokulu, AFAD ve Bursa Teknik Üniversitesi gibi birçok kamu binaları yakınlık nedeniyle; kültürel, dinlenme gibi alanlarda yoğunluk yaşanması Kültürel Merkez ihtiyacını artırmış bunu sonucunda 2003 yılında 24710 metrekare kapalı inşaat alanıyla başlanılan 11500 metrekare toplam inşaat alanı olan Barış Manço Kültür Merkezi bodrum, zemin kat, 1 kat olarak 3 ayrı yapı birimden oluşturulmuştur. Zemin katta; depolar, hangarlar, otopark ve 4 adet halk eğitim kursu için alanlara yer verilmiş, bodrum katta; orta büyüklükte kafeterya ve yemek salonu, her biri 250 kişilik büyüklükte 3 nikah salonu, 3 sinema salonu ve robotik kodlama kursu bulunmaktadır. Binanın Fonksiyonel dağılımı incelendiğinde 2. kat 2022 yılında bir sinema salonun da tadilata girerek 300 kişilik kapasitede bir kütüphane,1 sinema salonu, idari odalar, gelin hazırlanma odaları ve her katta WC bulunmaktadır. Etrafında birden çok kamu binaları mevcuttur. Çevresinde bulunan kamu ve sosyal donatılar göz önüne alındığında, binadaki yapılacak enerji iyileştirmelerin sadece işletme maliyetlerini düşürmekle kalmayıp, aynı zamanda bölgedeki kentsel ısı adasına da etkisinin azaltılmasına da katkı sunacağı öngörülmektedir.

Tablo 2.1. Binaya İlişkin Genel Bilgiler

1. Bina Adı	Barış Manço Kültür Merkezi			
2. İnşaat Yılı	2003			
3. Kullanım Amacı	Kültür Merkezi			
4. Kapalı Hacim	24.710,95 m³			
5. İnşaat Alanı	11.500 m²			
6. Kullanım Alanı	7.513,45 m²			
7. Yıllık Isıtma Derecesı Gün Sayısı	**2018**	1374		
	2019	1497		
	2020	1567		
8. Yıllık Soğutma Derecesi Gün Sayısı	**2018**	349		
	2019	316		
	2020	346		
9. Isıtma/ Soğutma Sistemi	Merkezi Isıtma Sistemi – Kazan			
	Merkezi Soğutma Sistemi - Chıller			
9.1. Sıcak Kullanım Suyu Üretimi	KAZAN			
10. Cephe İzolasyonu	10 cm TAŞYÜNÜ			
11. Kullanıcı Sayısı	111			
12. Şehir	BURSA			
13. Yıllık Elektrik Tüketimi	**2018**	47,33 TEP	Aritmetik Ortalaması	45,84 TEP
	2019	49,35 TEP		
	2020	40,85 TEP		
14. Yıllık Doğal Gaz Tüketimi	**2018**	40,21 TEP	Aritmetik Ortalaması	36,13 TEP
	2019	40,83 TEP		
	2020	27,34 TEP		



a



b

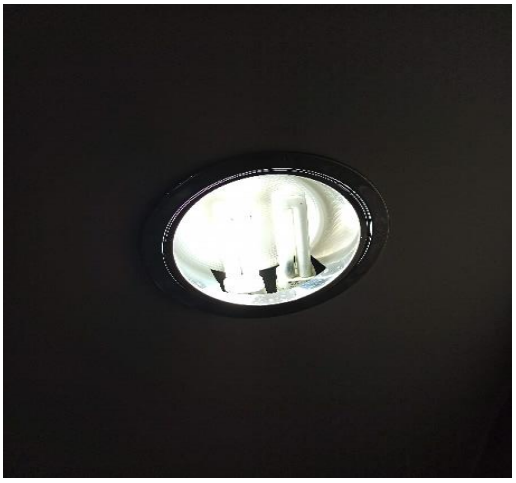
Şekil 2.1. Barış Manço Kültür Merkezi, a) Google Haritalar b) Bahçe Görüntüsü



a



b



c



d

Şekil 2.2. Aydınlatma Armatürleri a) Nikah Salonu b) Projektör c) Armatür Tavan d) Gösteri Salonu

Tablo 2.2. Aydınlatma Armatürleri Güç Dağılımı

Armatür Tipi	Adet	Gücü (W)	Toplam Güç (kW)
36W Floresan	970	36	34.92
2x18w pwc spot	900	36	32.4
1x50w spot	200	600	120
1w metaralde spot	150	1	0.15
2x36w floresan	140	72	10.08
400w projektör (dış aydınlatma için)	15	400	6

- 36W Floresan: 970 adet, her biri 36 watt, toplam güç 34,92 kW
- 2x18W pwc spot: 900 adet, her biri 36 watt, toplam güç 32,4 kW
- 1x50W spot: 200 adet, her biri 600 watt, toplam güç 120 kW
- 1w metaralde spot: 150 adet, her biri 1 watt, toplam güç 0,15 kW
- 2x36W floresan: 140 adet, her biri 72 watt, toplam güç 10,08 kW
- 400W projektör (dış aydınlatma için): 15 adet, her biri 400 watt, toplam güç 6 kW

2.1. Havalandırma Sistemi

Binada mekanik bir havalandırma sistemi bulunmaktadır. Bazı bölgelerin havalandırma, ısıtma ve soğutma ihtiyacı klima santralleri ile karşılanmaktadır. Klima santralleri ısıtma amaçlı olarak çalışırken kazandan gelen suyu kullanmakta, soğutma amaçlı çalışırken soğutma gruplarından gelen suyu kullanmaktadır. Kışın ısıtmada kazandan gelen sıcak su ısıtıcı serpantinden geçerken bu serpantin üzerinden fan vasıtası ile hava geçirilerek ısı transferi sağlanmakta ve böylece sıcak hava üretilmekte, bu hava kanallar vasıtası ile ısıtılacak ortama getirildikten sonra üfleme menfezleri ile mahalle üflenmektedir. Yine ortamdaki hava emme menfezleri ile emilerek kanallar vasıtası ile klima santraline geri gelmektedir. Böylece ortamın hem havalandırması hem de ısıtılması gerçekleştirilmektedir. Yazın soğutma grubundan gelen soğuk su serpantinden geçerken bu serpantin üzerinden fan vasıtası ile hava geçirilerek ısı transferi sağlanmakta ve böylece soğuk hava üretilmekte, bu hava kanallar vasıtası ile soğutulacak ortama getirildikten sonra üfleme menfezleri ile mahalle üflenmektedir. Yine ortamdaki hava emme menfezleri ile emilerek kanallar vasıtası ile klima santraline geri gelmektedir. Böylece ortamın hem havalandırması hem de soğutulması gerçekleştirilmektedir. Ayrıca tuvaletler gibi ortamdan kokuları almak için kullanılan ve aynı zamanda hava sirkülasyonu gerçekleştirip ortam havalandırmasına yardımcı olan egzoz aspiratörleri bulunmaktadır.

Tablo 2.3**.** Egzoz Aspratörü Bilgileri

Cihaz İsmi	Marka	Tip	Hava Debisi (m^3/h)	Toplam Basınç (mmSS.)	Motor Gücü (kW)	Adet
Hücresel Tip Egzoz Aspiratörü	Nusret Klima	NHK 12	7,000	60	3	2

Tablo 2.4. Klima Santrali Bilgileri

Cihaz İsmi	Marka	Tip	Hava Debisi (m^3/h)	Fan Motor Gücü (kW)	Hava Debisi (m^3/h)	Fan Motor Gücü (kW)	Adet
14 Büyük Salon KS	Teba	P 18-18	28,000	20	25,200	15	1
M.San. 12 Bod. Kat Çalış Ofis KS	Teba	P 12-12	12,000	7.5	10,800	5.5	1
Sergi Fuar ve Bölüm KS	Teba	P 24-21	43,000	25	38,700	20	1
M.San. 13 Küçük Salon KS	Teba	P 12-12	9,500	5.5	8,550	4	1
M.San. 15 Atölye Böl. KS	Teba	P 12-9	8,000	4	10,800	4	1
M.San. 13 Küçük Salon KS	Teba	P 12-12	9,500	5.5	8,550	4	1

Genel Tespitler ;

- Aspiratör ve klima santrallerinin kayışlarının düzenli olarak kontrolü yapılmalıdır. Gerginliği ve yıpranmaları kontrol edilmelidir. Yıprandığı takdirde yenisi ile değiştirilmelidir. Aksi takdirde fan ve motor arası devir aktarımında kaymalar olacak ve daha fazla elektrik tüketimiyle daha az debide hava emişi olacaktır.
- Aspiratör ve klima santralleri sistemlerinin bakımları işin uzmanı ve eğitimini almış kişilerce periyodik olarak yapılmalıdır.
- Havalandırma ve iklimlendirme teknolojisi yakından takip edilmeli enerji verimliliği fırsatları değerlendirilmelidir.

Klima santralleri filtreleri belli periyotlar halinde kontrol edilmeli ve gerekli filtre temizleme ya da değişimi gerçekleştirilmelidir. Motor ve fan vasıtasıyla basınçlandırılan hava filtrelerden geçerek, mahallerin hava kalitesini sağlamaktadır. Kirlilik oranı yüksek filtreler havanın geçmesine izin vermez, bir sonraki adım olan havanın ısıtması/soğutulması aşamasına yeterli hava gitmemesine dolayısıyla iklimlendirilen ortamlarda sıcaklık düşümlerine neden olacaktır. Ayrıca fanın zorlanmasına dolayısıyla motorunda zorlanmasına ve ısınmasına/arızalara neden olacaktır. Bakım faaliyetleri kapsamında bu durumlar değerlendirilmelidir.

Barış Manço Kültür Merkezi'nde yapılan yenilemeler arasında havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin güncellenmesi de bulunmaktadır. Bu güncellemeler sayesinde merkez, kışın ısıtma ve yazın soğutma ihtiyaçlarına uygun olarak donatılmıştır, böylece ziyaretçilere çeşitli kültürel ve sosyal etkinlikler sırasında konforlu bir ortam sunulmaktadır. Ayrıca, özellikle tuvaletler gibi alanlardan kokuların uzaklaştırılması ve hava sirkülasyonun sağlanması için egzoz fanları da kurulmuştur. Bu fanlar, ortamın daha güzel bir hale gelmesine katkıda bulunmaktadır.

2.2. Merkezi Soğutma Sistemi

Yaz aylarında binanın soğutma ihtiyacı toplamda 2 adet hava soğutmalı su soğutma grubu ile karşılanmaktadır. Aşağıda hava soğutmalı su soğutma gruplarına ait etiket değerleri verilmiştir.

Tablo 2.5. Merkezi Soğutma (Hava Soğutmalı Su Soğutma Grubu) Bilgileri

Ünite İsmi	Marka	Kapasite (kW)	Kompresör (kW)	Fan Motoru (kW)	Adet
Chiller	Teba	490,7	4 x 36,99	8 x 2	2

Genel Tespitler ;

Hava Soğutmalı Su Soğutma Grupları, soğutulan suyu ortam soğutmasını sağlayan fancoil üniteleri ve klima santrallerine göndererek çalışır. Soğutma söz konusu olduğunda, enerji tasarrufu için dikkate alınması gereken iki önemli husus vardır:

- Chiller'in tükettiği enerji
- Sirkülasyon pompalarının tükettiği enerji.

Enerji tüketimini azaltmanın anahtarı, yüksek COP değerinde ve hız kontrolü ile kademeli çalışmaya olanak tanıyan bir soğutma grubu kompresör motorunda yatmaktadır. EER veya COP değeri daha yüksek olan bir soğutma sistemi seçilerek güncelleme yapılarak soğutma sisteminin kullandığı elektrik miktarı azaltılabilir. Ancak mevcut soğutma grubunun soğutma kapasitesi veya gereken soğutma yükü tam olarak anlaşılmadan, soğutma grubunun değiştirilmesi için projenin değerlendirilmesi mümkün değildir. Tüm soğutma gruplarının tozlu ortamlardan uzak tutulması, soğutma ızgaralarının ve serpantinlerinin düzenli olarak kontrol edilerek temizlenmesi, kirlenmenin önlenmesi açısından önemlidir. Tüm soğutma gruplarının düzenli bakımının yapılması gerekmektedir. Soğutma grubu teknolojilerinin yakından takip edilmesi ve enerji tasarrufu fırsatlarının değerlendirilmesi önemlidir.

2.2.1. Enerji Verimliliği ve Bakım Gereksinimleri

Yaz aylarında binanın soğutma ihtiyacı toplamda 2 adet hava soğutmalı su soğutma grubu ile karşılanmaktadır. Aşağıda hava soğutmalı su soğutma gruplarına ait etiket değerleri verilmiştir.

Tablo 2.6. Merkezi Soğutma (Hava Soğutmalı Su Soğutma Grubu) Bilgileri

Ünite İsmi	Marka	Kapasite (kW)	Kompresör (kW)	Fan Motoru (kW)	Adet
Çiller	Teba	490,7	4 x 36,99	8 x 2	2

Genel Tespitler;

- Hava Soğutmalı Su Soğutma Gruplarında soğutulan su fancoil ünitelerine ve klima santrallerine gönderilmektedir. Fancoil ve klima santralleri vasıtasıyla ortam soğutması sağlanmaktadır.
- Soğutmada önemli enerji tasarruf odakları, soğutma sisteminde kullanılan Chillerin soğutma için tükettiği enerji ve sirkülasyon pompalarının tükettiği enerjidir. COP değeri ne kadar yüksekse ve chiller kompresör motoru hız kontrolü ile kademeli çalışma imkânı sunuyorsa, enerji tüketimi o kadar az olmaktadır. EER veya COP değeri daha yüksek olan soğutma sistemi seçip yenilenerek soğutma sisteminin tükettiği elektrik miktarı azaltılabilir.
- Tüm soğutma grupları tozlu ortamlardan uzak tutulmalı gerek soğutma ızgaraları gerekse serpantinleri düzenli olarak kontrol edilip kirlilikleri giderilmesi gerektiği incelenmiştir.
- Tüm soğutma grupları bakımları periyodik olarak yapılması gerektiği incelenmiştir.
- Soğutma grubu teknolojileri yakından takip edilmeli enerji tasarrufu sağlayacak imkânlar değerlendirilmesi gerektiği incelenmiştir.

2.3. Elektrik Dağıtım Sistemi

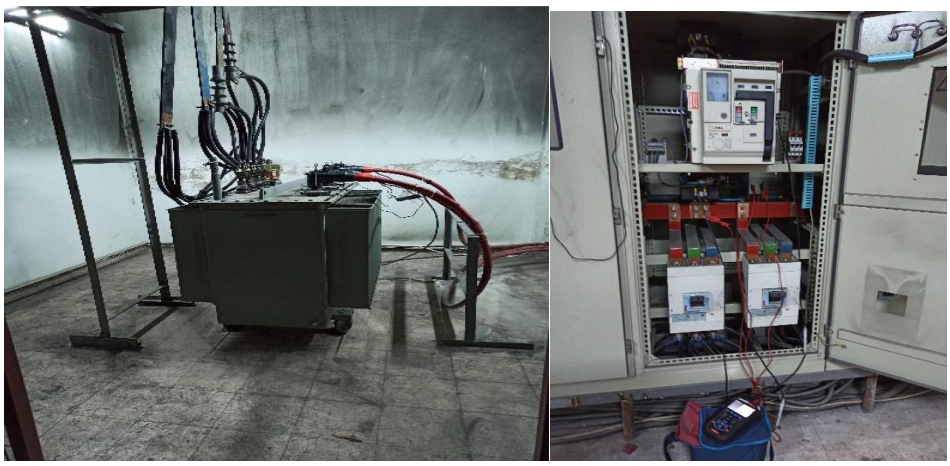
Binanın elektrik enerjisi ihtiyacı, bir adet 1250 kVA kapasiteli hermetik tip transformatör ile sağlanmaktadır. Bu transformatöre ait elektriksel sistem analizi ile ilgili grafikler Tablo 2.7'de verilmiştir. Bu grafikler, sinyaller üzerinde genel bir değerlendirme yapabilmek için rapora dâhil edilmiştir. Güç Faktörü; bir elektrik devresinde harcanan aktif gücün (kW), şebekeden çekilen görünür güce (kVA) oranıdır. 0 ile 1 arasında değişen bu değer, elektrik enerjisinin ne kadar verimli kullanıldığını gösterir. Kısaca;

Buradan aktif güç değeri PF= k W /kVA . bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada güç faktörü 0.8 olarak kabul edilmiştir. Buna göre 1250 kVA. Kapasiteli transfarmatör için aktif güç:

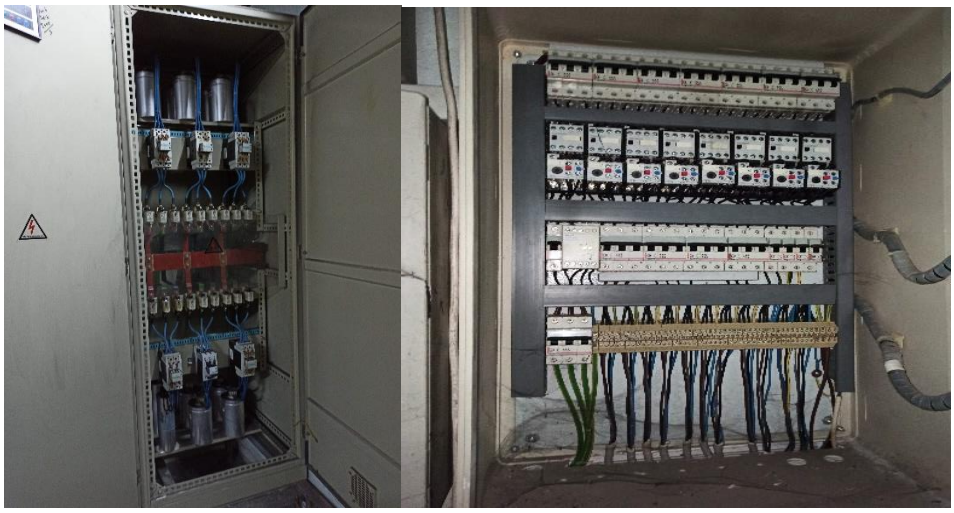
kW=0.8x1250=1000 kW olarak bulunmuştur.

Yukardaki sonuca göre verimli kullanabilmek için yeterli olan güç hesaplanarak elde edilmiştir.

Elektrik panoları ve transformatörler ile ilgili görseller aşağıda sunulmuştur.



a b



c

Şekil 2.3. Elektriksel Görseller a)Transfarmatör b)Elektrik Panosu c)Sigorta Panosu

Elektrik panoları üzerinde termal inceleme yapılmış, aşırı ısınan ekipman, hat mevcudiyeti sorgulanmıştır. Elektrik tablo/panolarına ilişkin inceleme sadece enerji verimliliği kapsamında değerlendirilmiştir. Elektrik iç tesisleri yönetmeliği, güvenlik vb. hususlar kapsam dışında tutulmuştur. Termal inceleme tekniği kullanılarak aşırı ısınan noktalar belirlenmiştir. Panolardaki yük dağılımının optimize edilmesi ve ısınma kaynaklı enerji kayıplarının giderilmesi konusu tavsiye edilir.

2.4. Elektrik Motorları

Binanın elektrik motorları ısıtma ve soğutma sistemleri için pompa motorları ve klima santralleri için fan motorları olmak üzere iki tipe ayrılabilir. Isıtma ve soğutma sistemindeki motorlar hız kontrollü olup yedekli olarak çalışmaktadır. Kazan sirkülasyon pompası motorları, kalorifer sirkülasyon pompaları, klima santrali aspiratör ve vantilatör fan motorları başta olmak üzere gerçekleştirilen çeşitli motorların elektriksel ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2.7. Elektrik Motorları Listesi

NO	MARKA MODEL	AKTİF GÜÇ	VERİMLİLİK SINIFI	MİKTAR (Ad)
1	DAB DPH 60/280-50 T	589 W	-	2
2	DAB DPH 60/250-40 T	348 W	-	2
3	DAB DPH 60/340-65 T	756 W	-	2
4	DAB DPH 60/250-40 T	348 W	-	2
5	DAB DPH 60/250-40 T	348 W	-	2
6	DAB DPH 60/250-40 T	348 W	-	2
7	DAB DPH 60/250-40 T	348 W	-	2
8	DAB DPH 60/250-40 T	348 W	-	2
9	DAB D 56/250-40 T	257 W	-	2
10	DAB DPH 60/340-65 T	756 W	-	2
11	DAB DPH 60/340-65 T	756 W	-	2
12	DAB DPH 60/340-65 T	756 W	-	2
13	GAMAK GM 160 M4	11 kW	EFF 2	1
14	GAMAK GM 160 L4	15 kW	EFF 2	1
15	GAMAK GM 132 S2A	5,5 kW	EFF 2	1
16	GAMAK GM 112 M4	4 kW	EFF 2	1
17	GAMAK GM 180 M4	18,5 kW	EFF 2	1
18	GAMAK GM 160 L4	15 kW	EFF 2	1
19	GAMAK GM 112 M2	4 kW	EFF 2	2
20	GAMAK GM 100 L2	3 kW	EFF 2	4

Tablo 2.7'de belirtilen farklı elektrik motorlarına ait görseller aşağıda gösterilmektedir.



a



b

Şekil 2.4. Kullanılan motor örnekleri, a) Sirkülasyon pompası b) Fan-Motor grubu

Genel Tespitler:

- Yapılan incelemeler sonucunda ciddi bir fiziksel kusur veya arızalı motor tespit edilmemiştir.
- İşletmedeki ısıtma ve soğutma pompa-motorlarında hız kontrolü bulunmaktadır.
- Klima santrallerinin yıllık çalışma saatleri düşük olduğu için fan motorlarına sürücü ve motor değişimi önerilmemektedir.
- Termografik inceleme esnasında aşırı ısınan hat, şalt ekipmanı tespit edilmemiştir.

Ekonomik ömrü dolan motorların değişiminde EN 60034-30-1: 201 standardı çerçevesinde yüksek verimli motorlar tercih edilmelidir. Bunun için teknik birimlerin ömür boyu maliyetlerin hesaplanmasında satın alma birimlerine destek vermesi gerekmektedir.

$$K = t.P_N.x.k.(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\mu_{eff}}) \quad (2.1)$$

- K: Toplam tasarruf miktarı (₺ / yıl)
- t: Toplam çalışma saatleri (saat / yıl)
- PN: Motorun anma gücü (kW)
- x: Motor yük oranı
- k: Elektrik birim maliyeti (₺ / kWh)
- µ: Mevcut motor verimlilik değeri
- µeff: Yeni motor verimlilik değeri

Teknolojinin gelişmesi, sanayinin ilerlemesi ve dünya nüfusunun artışı enerjiye olan ihtiyacı arttırmaktadır. Bu talebin sürekli artması fosil yakıt tüketimini ve dolayısıyla çevre kirliliğini beraberinde getirmektedir. Ülkemizde enerjinin % 35-40'ı binalarda tüketilmekte ve tüketilen bu rakamın % 85' i ise binaların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Bunun için bina dış kabuğunun uygun yalıtım malzemeleriyle yalıtılması enerjinin korunumu açısından önemlidir (Şenpınar ve Gençoğlu, 2006). Yalıtım yapı fiziği bağlamında, arzu edilmeyen fiziksel etmenlerin ya da olayların bir taraftan diğer tarafa geçişini engelleyen işlem ve sistemlere verilen isimdir. Lakin bunun olabilmesi için yalıtkan denen özel malzemelere gereksinim duyulmaktadır. Bu özel malzemeler ısı yalıtımını sağlamak için hafif ve gözenekli yapıya sahip olmalıdır (Manioğlu ve Yılmaz, 2002).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi'nin enerji tüketimini ve verimliliğini analiz etmeyi amaçlamıştır. Çalışmada yapıya ilişkin fiziksel yapı, toplam inşaat alanı, kullanım alanı, yıllık ısıtma ve soğutma derece günleri, kullanıcı sayısı gibi temel bilgileri içeren veri ve materyallerden yararlanılmıştır. Ayrıca çalışmada 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait elektrik ve doğalgaz enerji tüketim verileri de incelenmiştir. Mevcut aydınlatma sistemi 2x18 W PLC armatürler ile 1x18 W ve 2x36 W floresan armatürlerden oluşmaktadır. Merkezi doğalgazlı kazanlarla ısıtılan yapının yalıtımı arttırmak amacıyla bina cephelerine 10 cm taş yünü yalıtım malzemesi uygulandı. Yalıtımın etkinliğini değerlendirmek ve enerji kayıplarını tespit etmek amacıyla termal kameralar ve Enerji Kimlik Sertifikaları (EKB) kullanıldı.

3.1. Veri Toplama

Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi'ne ait kullanıcı yoğunluğu, enerji tüketim verileri ve bina fiziki yapısına ilişkin veriler toplandı. Söz konusu verilerin toplanmasında nicel ve nitel araştırma yöntemleri bir arada kullanılmış olup; bina fiziki yapısına dair teknik detaylar mimari ve mekanik projeler incelenmiştir. Kullanıcı yoğunluğu, bina amacı göz önünde bulundurulmuştur. Enerji tüketim verilerinin analizinde, dağıtım şirketlerinin alınan faturaları göz önüne alınarak aylık, yıllık ve 5 yıllık dönemlerinin ortalaması alınarak ortaya çıkarılmıştır.

Isı kaybı, motor verimliliği, ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan klimalar, Chiller grubu ve doğalgaz kullanımı ile ilgili son yıllara ait tüketim miktarları ve fiyatlandırma hakkında bilgiler elde edildi. Elde edilen veriler elektrik dağıtım şirketinden ve doğalgaz dağıtım şirketlerinden son 5 yıllık veriler girilerek elde edilmiştir. Veriler BEBKA (Bursa-Eskişehir-Bilecik Kalkınma Ajansı) oluşturmuş olduğu verilerden alınmıştır. Bu veriler sayesinde bazı izlenim halinde olunan büyük yapılı binalarda iyileştirmeler takip edilmektedir. Her yıl alınan değerler sistemde kayıt altında tutulup, yapılan çalışmalar sonrasında kazanımlar görülmektedir.

3.2. Enerji Tüketim Analizi

2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait yıllık elektrik ve doğalgaz tüketim verileri bilgisayar ortamında kayıt altına alınarak Microsoft excel programı kulanılarak yıllara göre tüketim değerleri oluşturulmuş olup veriler ilgili enerji dağıtım şirketlerinden alınmıştır.

Bina içi ısı kayıpları, dış cephe izolasyonunun etkinliği ve termal konfor koşulları ısı kayıpları, duvarlarda oluşan sıva açıkları ve doğramalarda oluşan açıklıklar gözlemlenerek TS 825(Binalarda Isı Yalıtım Kuralları) standartları referans olarak alınmış yerinde gözlemlenerek değerlendirilmiştir. Aydınlatma sisteminde mevcut armatürlerin LED armatürlerle değiştirilmesi durumunda enerji ve maliyet tasarrufu mevcut yıldaki tüketim/saat fiyatlandırması yapılarak güncel birim elektrik tarifesi üzerinden geri dönüş süresi değerlendirilmesi yapılmıştır.

3.3. Yalıtım Değerlendirmesi

Bina cephelerinde kullanılan 10 cm taş yünü izolasyon malzemesinin etkinliği termal kamera ile değerlendirildi. Bu çalışmada, enerji verimliliği ve ısı yalıtımı değerlendirmeleri için Testo 872 model termal kamera kullanılmıştır. Testo 872, 320 x 240 piksel çözünürlüğe sahip kızılötesi algılayıcısıyla yüksek doğrulukta sıcaklık ölçümleri yapabilmektedir. Mevcut mahalde elde edilen U değerinin olması gereken performans bakımından (Verimli Enerji Bina) derecesinde incelenerek tablolar halinde gösterilmiştir. Bina kabuğundaki ısı kayıplarının kontrolü için yalıtım malzemelerinin TSE825 standardına uygunluğu incelendi. Buradan binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının standartta verilen sınır değerinden küçük olması gerekmektedir.

Yalıtım malzemelerinin enerji verimliliğine etkisi ve bina enerji kimlik belgesi (EKB) değerlendirmeleri yapıldı.

3.4. Isı Merkezi Analizi

Barış Manço Kültür Merkezi'nde bulunan doğalgazlı yakıtlı merkezi ısıtma sisteminin enerji performansını değerlendirmek amacıyla kazan dairesinde çeşitli ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kazanların yanma verimliliği baca gazı değerleri ve sistemin genel enerji tüketim performansı ölçümler için elektrokimyasal sensörlü baca gazı Testo 350 analiz cihazı kullanılmıştır. Cihaz probu baca çıkışında uygun noktaya yerleştirilerek bacadan çıkan oksijen ile karbonmonoksit oranları ve baca gazı sıcaklığı hesaplanmıştır.

Kazanların yanma performansının belirlenmesi için baca gazı analiz cihazı kullanılarak oksijen (O_2), karbonmonoksit (CO), baca gazı sıcaklığı ve yanma verimi değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler sayesinde kazanların hava-yakıt karışımının uygun seviyede olup olmadığı değerlenmiştir. Ayrıca sistemin verimli sağlamak amacıyla kazanların periyodik bakım ve kontrol işlemleri incelenmiş, brülör ayarları, yanma havası miktarı ve baca gazı değerleri kontrol edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda kazanların çalışma koşulları değerlendirilmiş ve enerji verimliliğini arttırmaya yönelik iyileştirme gereksinimleri belirlenmiştir.

3.5. Regresyon Analizi

Enerji tüketimi ve verimliliği üzerine yapılan regresyon analizlerinde bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişki değerlendirildi. Bu çalışmada bina enerji tüketimi ile dış ortam sıcaklık koşulları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla regresyon analizi uygulanmıştır. Analizde, incelenen yıllara ait doğalgaz ve elektrik tüketim verileri ile aynı dönemlere ait iklim verileri de göz önüne alınarak karşılaştırılmıştır. Özellikle ısıtma ihtiyacını temsil eden Isıtma Derece Gün (HDD) değerleri ile enerji arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

R ve R^2 değerleri kullanılarak modelin veri setindeki değişkenler arasındaki ilişki ne kadar iyi açıklandığı analiz edilmiştir. Bu analiz sayesinde dış hava koşullarının bina enerji tüketimine olan etkisi ortaya konulmuş ve sistemin enerji performansı değerlendirilmiştir. Elde edilen regresyon modeli yardımıyla enerji tüketimindeki değişimlerin iklim koşulları ile olan ilişkisi analiz edilmiş olup, enerji verimliliği bakımından kazanım ve kayıp,

değerlendirmeleri yapılmıştır. Regresyon analizlerinde kullanılan R ve R^2 (R kare) kavramları, modelin veri setindeki değişkenler arasındaki ilişkiyi ne kadar iyi açıkladığını değerlendirmek için kullanılan önemli istatistiksel ölçütlerdir (Biyoistatistik, 2024).

- Çoklu R, bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki korelasyonun bir ölçüsüdür.
- 0 ile 1 arasında bir değere sahiptir.
- Çoklu R değeri 1'e ne kadar yakınsa, bağımsız değişkenler bağımlı değişkeni o kadar iyi açıklar.
- Çoklu R değeri pozitif bir ilişkiyi gösterir, yani bağımsız değişken arttıkça bağımlı değişken de artar (Topal vd., 2010).
- R Kare (R^2), bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenin varyansını ne kadar açıkladığını gösterir.
- 0 ile 1 arasında bir değere sahiptir.
- R^2 değeri, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki toplam değişimin yüzde kaçını açıkladığını gösterir.
- Örneğin, R^2 değeri 0.65 ise, bağımsız değişkenler bağımlı değişkendeki değişimin %65'ini açıklamaktadır.
- R^2'nin yüksek olması, modelin iyi bir uyum sağladığını ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu gösterir (Erden, 2020).
- R değeri, regrasyon analizinde bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü gösteren çoklu korelasyon katsayısını ifade eder. R değerinin 1'e yaklaşması değişkenler arasında güçlü bir ilişki olduğunu, 0'a yaklaşması ise ilişkinin zayıf olduğunu gösterir.
- Ayarlı R Kare, R^2'nin bir türevidir ve modeldeki bağımsız değişken sayısına göre düzeltilmiştir.
- Ayarlı R^2, özellikle birden fazla bağımsız değişken olduğunda kullanılır ve modelin karmaşıklığını dikkate alarak R^2'yi ayarlar.
- Bu, modelde gereksiz bağımsız değişkenlerin olup olmadığını değerlendirmek için kullanışlıdır.
- Ayarlı R^2 değeri, R^2 değerinden genellikle daha küçüktür ve modelin gerçek açıklama gücünü daha doğru bir şekilde yansıtır (Şavkay, 2024).

3.6. Termal Kameralar

Bu çalışmada, enerji verimliliği ve ısı yalıtımı değerlendirmeleri için Testo 872 model termal kamera kullanılmıştır. Testo 872, 320 x 240 piksel çözünürlüğe sahip kızılötesi algılayıcısıyla yüksek doğrulukta sıcaklık ölçümleri yapabilmektedir. Termal duyarlılığı 60 mK olan bu cihaz, küçük sıcaklık farklarını algılayarak detaylı analizlere olanak tanır. Ayrıca, 8.9 cm (3.5 inç) boyutunda bir ekran barındıran kamera, kullanıcıya hem kızılötesi hem de gerçek görüntü seçenekleri sunar. Sıcaklık dağılımlarının görselleştirilmesi için cihaz, demir, gökkuşağı, sepya gibi 10 farklı renk paleti sağlar. Bu çalışma kapsamında, Barış Manço Kültür Merkezi'nde yapılan incelemelerde Testo 872 termal kamera kullanılarak yapının farklı bölgelerindeki sıcaklık farkları tespit edilmiş ve yalıtım etkinliği değerlendirilmiştir.

Termografi kavramı ‘sıcaklık resmi’ anlamına gelen kelimelerin köklerinden elde edilmiştir. Kızılötesi termografi ışınımı ve bununla ilişkili olarak yüzey sıcaklığını algılamak ve ölçmek üzere, elektronik optik cihazlar kullanma bilimidir. Işınım, ışıyan enerji (elektromanyetik dalgalar) doğrudan bir iletim ortamı olmaksızın hareket ederken ortaya çıkan ısı hareketidir. Modern kızılötesi termografi, ışınımı algılamak ve ölçmek ve bunu denetlenen yapı veya ekipmanın yüzey sıcaklığı ile ilişkilendirmek üzere, elektronik optik cihazlar kullanılarak uygulanır. Bir cisim tarafından salınan ışınımın miktarı sıcaklık arttıkça artar, bu yüzden termografi sıcaklıktaki farkları görmemizi sağlar. Termografik bir kamera tarafından görüntülendiklerinde, sıcak cisimler daha soğuk arka planların yanında oldukça göze çarpar. İnsanlar ve diğer sıcakkanlı hayvanlar gündüz veya gece rahatlıkla görülebilir hale gelir (Yılmaz, 2012).

Termal kameralar son derece düşük sıcaklık farklarını algılayabilir ve bu farkları gerçek zamanlı video görüntüsü olarak dönüştürüp monitörde izlenmesini sağlar. Bu 6 cihazlar objelerden yayılan termal enerjiyi ölçmeye yarayan lenslerden ve algılayıcılardan oluşur. Termal kamera, kızılötesi dalga boyu spektrumunda, ekipmanla doğrudan temas gerçekleştirmeksizin sıcaklık modellerini algılayan bir cihazdır. Görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen IR enerjiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiye göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlendiği görüntüleme sistemidir. Şekil

1.2.1'de görüldüğü gibi termal kameralar çıplak gözle tespit edilmeyen, ancak ciddi sonuçlara yol açabilen küçük problemleri net olarak görmemizi sağlar (Yılmaz, 2012).

3.6.1. Termal Kamera Uygulamaları

Termal görüntüleme (termografi) elektrikli donanımları, sağlık, ,savunma ve bina yalıtım denetlemeleri için kullanılabilir. Termografi, yalıtım esas olarak bina içinde hem kazanım hem de kayıp olabilen ısı transferini kontrol altına almak için kullanılır. İyi planlanmış bir termal denetleme daha az enerji kullanımını sağlar. Termal görüntüleme bir binada pencereler, saçaklar veya kötü biçimde yalıtılmış duvarlar gibi alanların civarındaki ısı kaybını kontrol etmek için kullanılabilir. Yapılarda enerji kaybının ortaya konulması ile ilgili yapılan uygulamalarda genellikle kızılötesi termografisi kullanılmaktadır. Termal kameralar sayesinde enerji kaçışlarının tespiti için gerekli olan termografik görüntülerin elde edilmesi sağlanmış olur. Termal görüntülerde piksel değerleri, bu piksellere karşılık gelen noktaların termal ısı değerleridir (Yılmaz, 2012)

Termal kameralar, elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölümünde (0,9–14 μm) yayılan ışınımı uzaktan algılayarak termografik görüntüler elde eder. Yeryüzündeki tüm cisimler belirli bir sıcaklığa sahip oldukları için kızılötesi ışınım yaparlar. Stefan-Boltzmann Kanunu sayesinde, çıplak gözle görülemeyen bu ışınım, termal kameralar aracılığıyla kolaylıkla tespit edilebilir (Yılmaz, 2012). Termal görüntüleme teknolojisini kullanan cihazlar, kızılötesi ışımayı tespit eden lensler kullanarak görüntü elde ederler. Lenslerden elde edilen kızılötesi ışıma değerleri sayısal değerlere çevrilir ve yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelecek şekilde farklı renklerle belirtilerek termografik görüntü elde edilir.

3.7. Ölçüm ve İnceleme Alanı

Bu tez çalışması, Bursa ili, Yıldırım ilçesinde bulunan Barış Manço Kültür Merkezi'ni inceleme alanı olarak seçilmiştir. Kültür merkezi, 2003 yılında inşa edilmiş olup, bodrum, zemin kat ve 1. kat olmak üzere üç yapı biriminden oluşmaktadır. Toplamda 24.710 metrekare kapalı inşaat alanına sahip olan merkez, çeşitli kültürel ve sosyal etkinlikler için yoğun olarak kullanılmaktadır.

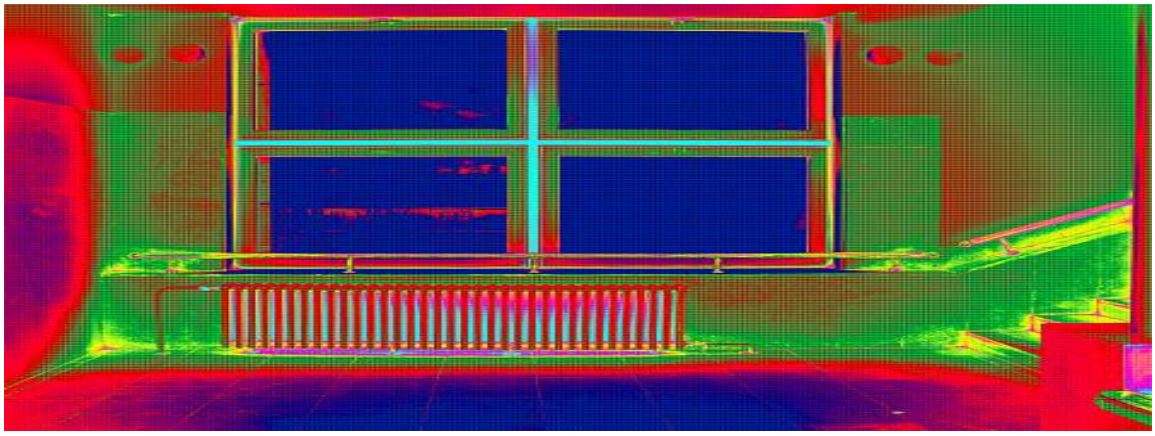
3.8. Yapılan İncelemeler

Termal kamera kullanılarak yapılan ölçümler, binanın ısıtma ve soğutma sistemlerinin etkinliği, dış cephe yalıtımı ve enerji tüketimi üzerinde odaklanılmıştır. Ölçümler, binanın farklı bölgelerinde alınmış olup, özellikle pencereler, duvarlar ve tavanlarda oluşabilecek ısı kayıplarını tespit etmeye yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, merkezi ısıtma ve soğutma sistemlerinin performansı da termal analizlerle değerlendirilmiştir.

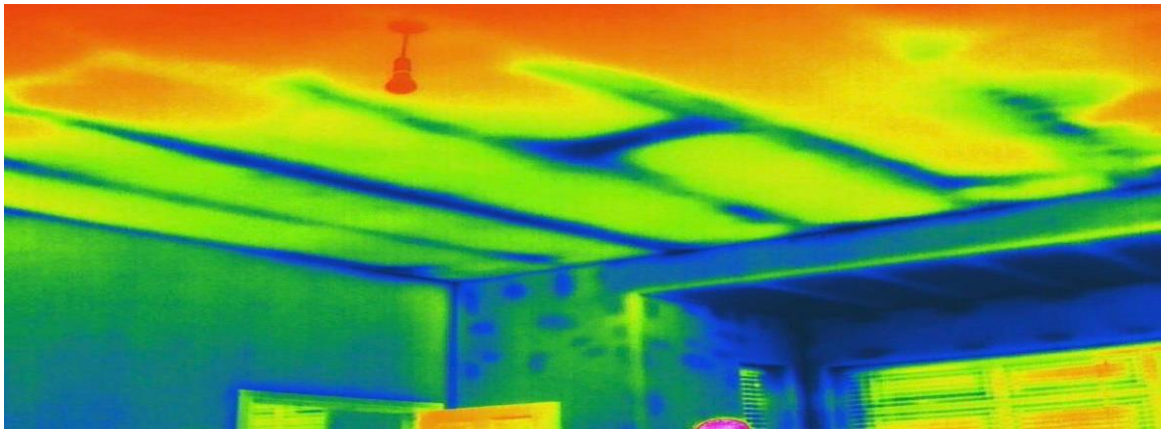
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Binanın Mimari Yapısı ve Durumu

Barış Manço Kültür Merkezinin yapısal verileri aşağıdaki Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir. Kültür merkezi 10 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Bina cephelerinden alınan termal görüntüler bu bilgiyi doğrulamaktadır. İç ortam ısıtılırken alınan termal görüntülerde pencerelerden olan ısı kaybının duvarlara göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum yalıtımlı binalar için böyle olması gereklidir (Doğan, 2011). Termal Görüntülerde ısı köprüleri gözlemlenmemiş. Pencere ve belirli doğramalarda ısı kaybı lokal olarak görülmüştür.

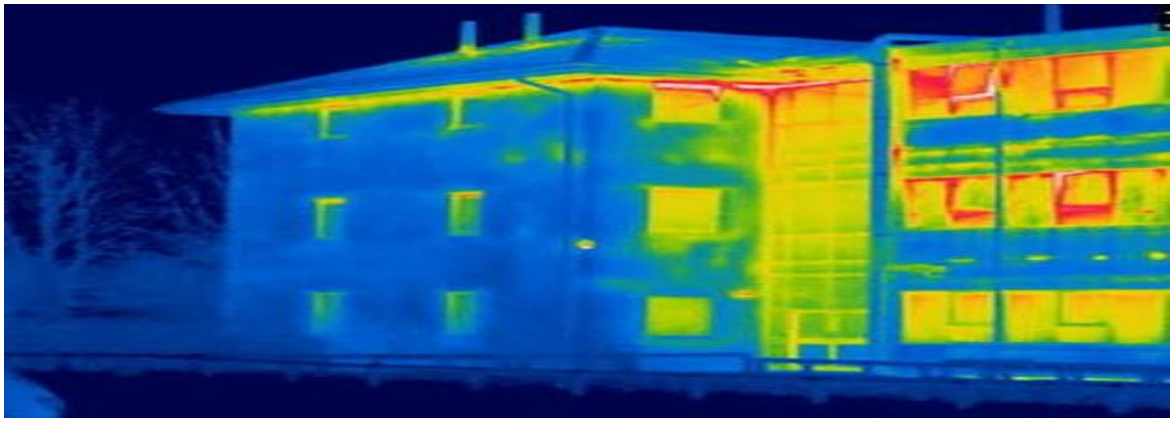


a



b

Şekil 4.1. Termal Görüntü a)Petek b)Tavan c)Dış Görüntü



c

Şekil 4.1. (Devam) Termal Görüntü a)Petek b)Tavan c)Dış Görüntü

Tablo 4.1. Bina Verileri

Mahal	Çevre	Alan	Yükseklik	Hacim	Betonarme	Dolgu Duvar	Pencere
	(m)	(m^2)	(m)	(m^3)	(m^2)	(m^2)	(m^2)
Bodrum Kat	249,23	3.172,23	3	9.516,68	249,23	916,61	89,47
Zemin Kat	296,89	2.170,61	3,5	7.597,14	271,88	568,5	518,66
1.Normal Kat	296,89	2.170,61	3,5	7.597,14	241,7	466,78	545,76
Toplam	843,00	7.513,45	10,00	24.710,95	762,81	1.951,89	1.153,89

Tablo 4.2. Pencere Bilgileri

Mahal	Çevre	Alan	Yükseklik	Hacim	Betonarme	Dolgu Duvar	Pencere
	(m)	(m^2)	(m)	(m^3)	(m^2)	(m^2)	(m^2)
Bodrum Kat	356,63	4.678,96	3,5	16.376,36	249,23	916,61	89,47
Zemin Kat	348,35	4.472,14	3,5	15.652,47	271,88	568,5	518,66
1.Normal Kat	331,977	4.242,61	3,5	14.849,14	241,7	466,78	545,76
Toplam	1.036,96	13.393,71	10,50	46.877,98	762,81	1.951,89	1.153,89

4.2. Aydınlatma Sistemi

Barış Manço Kültür Merkezinin aydınlatma sisteminde çok sayıda 2x18 W PLC armatür ve 1x18 W ve 2x36 W floresan armatürler kullanılmış olup binanın aydınlatma ihtiyacı bu armatürler ile karşılanmaktadır. Dış aydınlatmada ise LED armatürler kullanılmıştır. Aydınlatma sistemi üzerinde enerji analizörü vb. tüketim değerlerinin takip ve kontrolünü sağlayacak cihaz tesisi söz konusu değildir.

4.3. Isı Merkezi

Barış Manço Kültür ve Kongre binası; ısıtma merkezinde her biri 350.000 Kcal/h kapasiteli 3 adet doğalgazlı merkezi kazan bulunuyor. Isıtma merkezinde hali hazırda işletmede olan A ve B kazanlarında Baymak Zümrüt 3S modelleri kullanılmaktadır. Kazan C için aynı yedek model mevcuttur. Isıtma işlemi, kazanlardan ısıtılan suyun binalara ısı sağlamak amacıyla F ünitelerine ve klima santrallerine yönlendirilmesini içermektedir. Bu verimli yöntem, sıcak su kullanarak mekânları etkili bir şekilde ısıtır. Düzgün çalışması ve güvenliği sağlamak için yetkili servis sağlayıcılar tarafından düzenli bakım ve muayeneler yapılmaktadır. Bu rutin kontroller, baca gazı analizini ve hava ayarlarının ayarlanmasını içeren, işletme öncesi ve sonrası değerlendirmeleri kapsar.

Periyodik bakım ve kontrol prosedürlerinin uygulanmasıyla kazanların verimli çalışması ve uzun ömürlü olması sağlanır. Isı merkezi, enerji verimliliğini artırmak ve enerji tüketimini optimize etmek amacıyla düzenli ölçüm ve analizler yaparak verimliliği ve enerji tasarrufunu artırıyor. Çevre dostu yanma süreçlerini sürdürmek ve emisyonları azaltmak için düzenli olarak baca gazı analizleri yapılmaktadır. Ana kazanlarda herhangi bir arıza olması durumunda devreye giren yedek kazan bulunması sayesinde sistem güvenliği ve kesintisiz ısıtma sağlanmaktadır. Kazanların güvenli ve verimli çalışmasını garanti altına almak için güvenlik protokolleri uygulanmaktadır.

Isı merkezindeki bu verimlilik odaklı yönetim şekli, sadece ana ekipmanlar ile sınırlı olmayıp, sistemin diğer ekipmanlarla ilişkisini ve performansını etkilemektedir. Bu bağlamda tesisat, pompa grupları ayrıca çalışma prensibi yönünden incelenmelidir.

Tablo 4.3. Isıtma Sistemi Listesi

Sistem Tipi	**Marka / Model / Seri No**	**Üretim Tarihi**	**Kapasite**	**Durum**
			Kcal/h	
Doğalgaz - Merkezi Kazan A	Baymak – Zümrüt 3S - 613100010	06- 2003	350.000	Aktif
Doğalgaz - Merkezi Kazan B	Baymak – Zümrüt 3S - 613100009	06- 2003	350.000	Aktif
Doğalgaz - Merkezi Kazan C	Baymak – Zümrüt 3S - 613100011	06- 2003	350.000	Yedek

Kazanlar: 3 adet doğalgazlı merkezi kazan bulunmaktadır.

- Kazan A: Baymak Zümrüt 3S, Seri No: 613100010, Üretim Tarihi: 06-2003, Kapasite: 350.000 Kcal/h, Durum: Aktif
- Kazan B: Baymak Zümrüt 3S, Seri No: 613100009, Üretim Tarihi: 06-2003, Kapasite: 350.000 Kcal/h, Durum: Aktif
- Kazan C: Baymak Zümrüt 3S, Seri No: 613100011, Üretim Tarihi: 06-2003, Kapasite: 350.000 Kcal/h, Durum: Yedek

Genel Tespitler

- Kazanda ısıtılan su fancoil ünitelerine ve klima santrallerine gönderilmektedir. Fancoil ve klima santralleri vasıtasıyla ısıtma sağlanmaktadır.
- Merkezi kazan sistemi 2 adet ana bir adet yedek olmak üzere toplamda 3 kazandan oluşmaktadır.
- Kazanların yetkili servisler tarafından işletme öncesi ve sonrası kontrol edildiği, baca gazı analizi, hava ayarı vb. kontrol işlemleri sonrası devreye alındığı beyan edilmiştir.

Isıtma, kazandan ısıtılan suyun hem fancoil ünitelerine hem de klima santrallerine aktarılmasıyla sağlanır. Yetkili servisler, kazanların düzgün çalışmasını sağlamak amacıyla, işletme öncesi ve sonrası kontroller yaparak, baca gazı analizi, hava ayarı gibi işlemleri gerçekleştirmektedir. Yetkili servisler, kazanların düzgün çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için düzenli kontroller yapar ve gerekli ayarlamaları yapar. Isıtma merkezinde sistemin performansını optimize etmek ve maksimum enerji verimliliğine ulaşmak için ölçüm ve analizler yapılmaktadır.

Tablo 4.4. Baca Gazı Analiz Sonucu

Ölçüm Parametresi		**İdeal Değer Aralığı (Doğalgaz)**	**1.Kazan Ölçüm Sonucu**	**2.Kazan Ölçüm Sonucu**	**Durum/Analiz**
Oksijen (O^2) Oranı	%2-%3		%12,6	%11,7	İdeal Değerin Üzerinde
Yanma Verimi	Optimum Seviye		Düşük	Düşük	Verim Kaybı Var

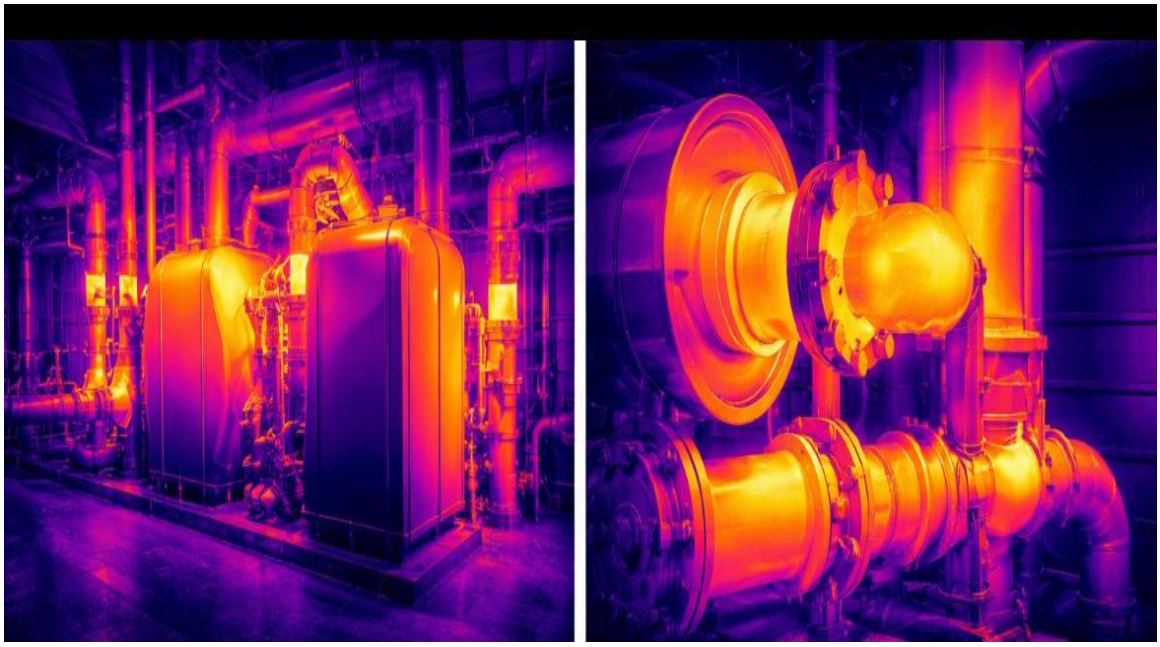
Isıtma merkezinde yapılan ölçüm ve analizler sonucunda kazanların yanma verimliliği değerlendirilmiştir. Yapılan baca gazı analizlerde kazanların yanma havası ayarlarının optimum seviyede olmadığı görülmüştür. Doğalgaz yakıtlı kazanlarda baca gazı oksijen(O_2) değerinin %2-3 aralığında olması beklenmektedir (Turn, 2013). Ancak yapılan ölçümlerde birinci kazanda %12,8 diğer kazanda ise %11,7 seviyelerinde oksijen değeri ölçülmüştür. Bu değerlerin önerilen aralığın üzerinde olması, yanma için gerekli olandan fazla hava verildiğini ve yanma veriminin düştüğünü göstermektedir. Bu nedenle sistemde kullanılan brülörlerin hava-yakıt oranı ayarlarının yeniden gözden geçirilmesi ve gerekli optimizasyon işlemlerinin yapılması önerilmiştir. Reküparatör kullanımı önerilebilir. Reküparatör kullanılarak sıcak baca gazlarının ısısı ile yanma havası ısıtılabilir (Eastop and McConkey, 1993).

4.4. Sıcak Kullanım Suyu Üretimi

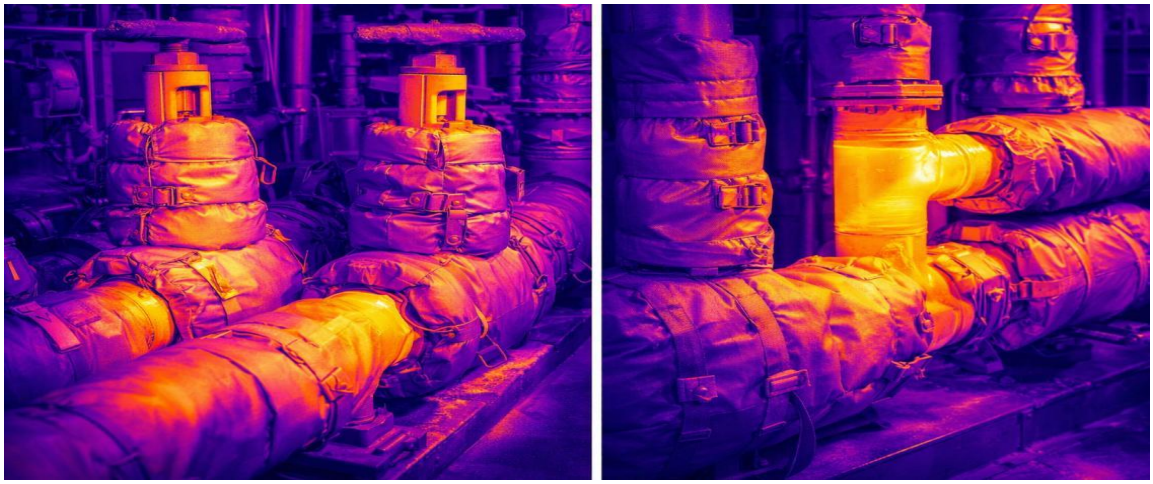
Barış Manço Kültür Merkezi'nin Sıcak Su Üretimi genel olarak incelendiğinde Sıcak Su Sisteminin birçok temel bileşenden oluştuğu anlaşılmaktadır. Sistemde hali hazırda aktif olarak çalışan 1000 litre kapasiteli Baymak marka çift serpantinli boyler, binanın sıcak kullanım suyu ihtiyacını karşılayacak kapasitede olup merkezi sistem ile çalışmaktadır. Enerji verimliliğini artırmak ve çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmek için, özellikle evsel sıcak su üretimi için tasarlanmış çift bobinli kazan sisteminin yanı sıra güneş enerjili su ısıtma sisteminin de uygulanması tavsiye edilir (Duffie and Beckman, 2013). Literatürde güneş enerjisi destekli sıcak kullanım suyu sistemlerinin enerji tüketimini önemli ölçüde azalttığı belirtilmektedir. Yapılan çalışmalarda, çift serpantinli boyler sistemlerinin güneş kollektörleri ile entegre edilmesi durumunda sıcak kullanım suyu üretiminde %20-%40

aralığında enerji tasarrufu sağlandığı belirtilmektedir (Kılıç, 2012). Özellikle merkezi sıcak su sistemine sahip binalarda bu tür entegrasyonların hem enerji verimliliğini artırdığı hem de fosil yakıt tüketimini azalttığı çeşitli araştırmalarda ortaya konulmuştur (Kalogirou, 2004). Benzer şekilde yapılan bir başka çalışmada güneş enerjisi destekli sıcak su sistemlerinin yıllık enerji tüketimini yaklaşık olarak %30 oranında azalttığı ifade edilmektedir (Duffie and Beckmani, 2013). Kazan sistemi, binaya sıcak su sağlamak için belirlenen kazan dairesinde bulunan bir kazan kullanılarak çalışmaktadır. Kazanın ürettiği sıcak su, kazanlar aracılığıyla bina geneline dağıtılır.

Çift serpantinli kazan sisteminin eklenmesiyle su ısıtmada güneş enerjisinden faydalanılması mümkün hale gelmektedir. Bu entegrasyon yalnızca çevreye duyarlı bir ısıtma çözümü sunmakla kalmıyor, aynı zamanda enerji kullanımını da etkili bir şekilde azaltıyor. Binada sıcak su kullanımına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu ihtiyaç kazan dairesinde bulunan kazan aracılığıyla karşılanmaktadır. Kültür merkezi gibi yüksek insan sirkülasyonuna sahip binalarda, sıcak suyun konfor şartlarını bozmadan ve enerji israfına yol açmadan dağıtılması kritik önem taşımaktadır. Çift serpantinli sistemin sağladığı bu hibrid çalışma prensibi, binanın toplam enerji verimlilik indeksini (EPI) iyileştirmekte ve sürdürülebilir işletme maliyetlerine doğrudan katkı sunmaktadır.



Şekil 4.2. Kazan dairesi termal görüntüsü



Şekil 4.3. Kazan Dairesi Ana Hat Dağıtım Borularında Yalıtım

Tablo 4.5. Sıcak Su Sistemi Eleman Listesi

No	Marka / Model / Seri No	DURUM
01	Baymak – 1000 lt Boiler – Etiketi Yok	AKTİF

Sadece sıcak kullanım suyu üretimi için çift serpantinli boiler sistemi ile güneş enerjili su ısıtma sistemi kullanılması önerilmektedir.

4.5. Tesisat

Barış Manço Kültür Merkezi'nin ısıtma ve sıcak su ihtiyacı merkezi sistem kullanılarak karşılanmaktadır. Termal Merkez ve Tesisat, sıcak boru hatlarının yalıtılmasına yönelik yaygın bir uygulama belirledi ancak bağlantı parçaları ve vanalarda ısı yalıtımının eksik olduğunu fark etti. Enerji verimliliğini ve sistem performansını artırmak için, bağlantı parçaları ve vanalar üzerinde vana ceketleri ve termo kaplamalar gibi ısı yalıtım uygulamalarının uygulanması tavsiye edilir. Bu önlemler enerji tasarrufu ve sistem verimliliğinin optimize edilmesi açısından önemlidir. Konut ortamında sıcak su üretimi çeşitli bileşenleri içerir. Bu bileşenlerden biri de 1000 litre kapasiteli ve hali hazırda çalışır durumda olan Baymak marka çift serpantinli kazandır. Enerji verimliliğini artırmak ve çevre dostu olmayı teşvik etmek için, özellikle evsel sıcak su üretimine yönelik çift bobinli kazan sisteminin yanı sıra güneş enerjili su ısıtma sisteminin de dahil edilmesi edilir (Duffie ve Beckman, 2013). Bu entegrasyon, çevreye duyarlı bir çözüm sunarken enerji kullanımını en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

Kültür merkezinin tesisat ve ısıtma sistemlerinin uzun ömürlü ve optimum performansta olması için yetkili servisler tarafından rutin bakımları yapılmaktadır. Modernizasyon Çalışmaları: Merkezde devam eden modernizasyon çalışmaları, fiziki altyapının geliştirilmesinin yanı sıra enerji verimliliği ve çevre dostu uygulamaların hayata geçirilmesine de odaklanıyor. Barış Manço Kültür Merkezi, Yıldırım Belediyesi'nin düzenlediği kültürel etkinliklerin yanı sıra enerji tasarruflu özellikleri ve yeni tesisat sistemleri olduğu da incelenmiştir.

4.6. Split Klima

Binada muhtelif kullanımda olan bazı yerlerde split klimalar bulunmaktadır. Bazı ofis kısımlarında ısıtma soğutma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Mevcut cihazların enerji performans katsayıları binanın enerji yoğunluğu üzerinde belirleyici olduğundan ve bağımsız şekilde müdahale olanağı sunmasından dolayı enerjiyi istediğimiz şekilde düzeltme imkânı vermektedir. Buradan hareketle filtre temizliği, dış ünite temizliği, gaz kaçak kontrolleri gibi kapsamlı önleyici bakımlar yapılabilir. Ayrıca, ekonomik ömrünü tamamlamış ve düşük verimli cihazların yüksek verimli cihazlar ile değişimi de işletmeye

katkı sunacağı göz ardı edilememelidir. Split klima senelik periyodik bakımları yapılmalıdır. Eksilen gazlar ilave edilmeli ve filtre temizlikleri yapılmalıdır.Split klima sistemlerine ilişkin güncel bilgiler Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Split Klima Dış Ünite Bilgileri

MARKA	MODEL	SOĞUTMA KAPASİTESİ			ISITMA KAPASİTESİ			SOĞUTUCU AKIŞKAN	ADET
		(Btu/h)	(W)	(kcal/h)	(Btu/h)	(W)	(kcal/h)		
Wiessmann	Vitoclima-200		3.500			3.800		R410A	2
Regal	RAC 18 A		5.280			5.450		R410A	1
Mitsubıshı Electrıc	M.SPLİT			ETİKET	YOK			R410A	2
MİTSUBISHI ELECTRIC	SPLİT			ETİKET	YOK			R410A	1

4.7. Tüketim Verileri (Fatura) Analizi Özeti

Elektrik ve Doğalgaz tüketimi ile ilgili detaylı aylık-yıllık analiz verileri belirlenmiş olup aşağıda bu tüketim verilerinin üzerinden yapılan analizler yer almaktadır.

2018-2019 Dönemi:2018 yılında 550.379 kWh olan elektrik tüketimi, 2019 yılında %4,27 oranında artış göstererek 573.840 kWh seviyesine yükselmiştir. Bunun sebebi, tesisin kullanım yoğunluğundaki artışa veya eklenen yeni mekanik sistemlerin enerji ihtiyaçlarına bağlanabilir.

2020 Dönemi: 2020 yılında ise tüketimde radikal bir düşüş yaşanmış ve bir miktar 474.850 kWh seviyelerine kadar düşmüştür. Bir önceki yıla göre %17,21 azalma olmuştur. Küresel pandemi döneminde oluşan kısıtlamalar nedeni ile bina kullanım yoğunluğunda düşme meydana gelmiştir.

Sonuç olarak; 2020 yılında tüketim miktarı olarak en düşük seviyelerde olmasına rağmen birim maliyetlerinin yüksek olması toplam maliyetin 2018 yılının üzerinde olmuştur. Enerji fiyatlanmasında oluşan dalgalanmalara karşın ısı yalıtımı, otomasyon sistemleri ve verimli pompa grubu kullanılması gerekmektedir.

Elektrik Tüketim Verileri (Fatura) Analizi ;

Tablo 4.7. 2018 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti

Enerji Türü	Tüketim			Maliyet	Birim Maliyet
	Miktar	Birim	TEP	TL	TL / TEP
Elektrik	550.379,20	kWh	47,33	295.647,96	6.246,18

2018 yılında elektrik tüketimi 550.379,20 kWh olarak gerçekleşmiş ve bu tüketim, 47,33 (TEP) ile ifade edilmiştir. Bu dönemde toplam maliyet 295.647,96 TL olup, birim maliyet 6.246,18 TL/TEP olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.8. 2019 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti

Enerji Türü	Tüketim			Maliyet	Birim Maliyet
	Miktar	Birim	TEP	TL	TL / TEP
Elektrik	573.842,60	kWh	49,35	440.301,45	8.921,93

2019 yılında elektrik tüketimi 573.842,60 kWh'ye yükselmiştir, bu da yaklaşık %4,27'lik bir artışı ifade etmektedir. Bu tüketim, 49,35 TEP olarak belirlenmiş ve maliyet 440.301,45 TL'ye çıkmıştır. Birim maliyet ise 8.921,93 TL/TEP olmuştur, bu da birim maliyette önemli bir artışı göstermektedir.

Tablo 4.9. 2020 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti

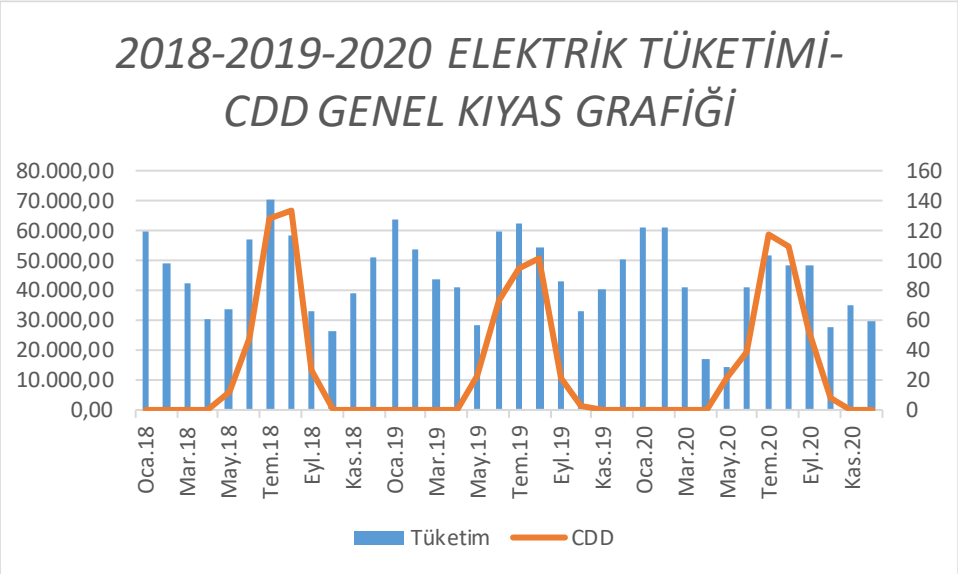
Enerji Türü	Tüketim			Maliyet	Birim Maliyet
	Miktar	Birim	TEP	TL	TL / TEP
Elektrik	474.956,44	kWh	40,85	419.140,49	10.261,42

2020 yılında elektrik tüketimi 474.956,44 kWh'ye düşmüş, bu da %17,21'lik bir azalma anlamına gelmektedir. Bu tüketim, 40,85 TEP olarak hesaplanmış ve maliyet 419.140,49 TL olmuştur. Birim maliyet ise 10.261,42 TL/TEP olarak belirlenmiştir, bu da birim maliyetin daha da arttığını göstermektedir.

2019 yılında elektrik tüketiminde bir artış gözlemlenirken, 2020 yılında belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Tüketimdeki bu dalgalanma, enerji verimliliği tedbirleri, üretim değişiklikleri veya diğer dış etkenlerden kaynaklanabilir. Aynı zamanda, 2019 ve 2020 yıllarında birim maliyetlerin sürekli artması dikkat çekicidir. Bu artış, enerji maliyetlerindeki genel yükselişi veya enerji kullanım verimliliğindeki değişimleri yansıtıyor olabilir. Özellikle 2020 yılında tüketimdeki düşüşe rağmen maliyetlerin yüksek kalması, birim maliyetlerin arttığını göstermektedir.

Soğutma derece gün sayılarının 0 olduğu dönemlerde elektrik tüketiminde artış gözlemlenmiştir. Bu durum, özellikle soğutma ihtiyacının olmadığı dönemlerde başka faktörlerin elektrik tüketimini artırdığına işaret etmektedir. Örneğin, bu dönemlerde artan üretim faaliyetleri, yeni ekipman kullanımı veya farklı operasyonel ihtiyaçlar nedeniyle elektrik tüketiminde yükselme yaşanmış olabilir. Soğutma gereksiniminin düşük olduğu bu zaman dilimlerinde enerji tüketiminin artması, enerji kullanım alışkanlıkları ve operasyonel değişiklikler gibi farklı nedenlerden kaynaklanabilir.

Grafik 4.1'e den hiç bahsedilmemiş bu grafik yorumlanmalıdır. Grafikteki düşey eksende ver alan veriler hangi birimdedir neyi ifade ediyor? Örneği 80 000 kW mı? Grafik iyice yorumlanmalıdır.



Şekil 4.4. 2018-2020 Elektrik Tüketimi – CDD Değerlerinin Grafiği

Elektrik Tarife Analizi ;

Tesis ihtiyacı olan elektrik enerjisini “Ticarethane OG (Orta Gerilim) Tek Terimli Tek Zamanlı” tarife üzerinden temin etmektedir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu 01.07.2021’den itibaren geçerli tarifelerine göre Çift Terimli Tek Zamanlı Ticarethane OG tarifesi ve Tek Terimli Çok Zamanlı Ticarethane OG tarifesi 2020 yılı tüketimleri için analiz edilmiştir.

Tablo 4.10. Tek Zamanlı elektrik tüketimi ve bu tüketimlerin bedelleri

Aylar	**Tüketim Miktarı (kWh)**	**Tüketim Bedeli (TL)**
Ocak	61.167,68	56.648,31
Şubat	60.927,84	56.467,66
Mart	40.720,08	37.731,45
Nisan	16.007,46	15.330,33
Mayıs	14.340,27	13.730,93
Haziran	37.642,77	36.469,47
Temmuz	51.823,68	49.916,81
Ağustos	48.334,86	44.607,05
Eylül	33.028,48	31.182,99
Ekim	27.850,51	26.307,58
Kasım	34.658,88	32.808.20
Aralık	48.473,12	48.682,21
TOPLAM	474.976,64	439.882,99

Tablo 4.11. Çok Zamanlı elektrik tüketimi ve bu tüketimlerin bedelleri

Aylar	**Tüketim Miktarı (06:00-17:00) (kWh)**	**Tüketim Miktarı (17:00-22:00) (kWh)**	**Tüketim Miktarı (22:00-06:00) (kWh)**	**Tüketim Bedeli (TL)**
Ocak	4.419,36	11.675,52	5.299,80	60.057,53
Şubat	4.346,40	11.491,87	5.221,35	59.399,83
Mart	2.813,08	6.997,44	5.434,25	39.620,79
Nisan	2.124,33	2.142,34	5.435,56	22.844,85
Mayıs	2.120,44	2.282,06	5.638,31	23.369,15
Haziran	3.179,20	3.175,80	5.705,85	27.514,09
Temmuz	4.515,32	4.540,56	6.036,52	32.500,29
Ağustos	3.471,90	3.708,56	5.384,44	26.633,80
Eylül	2.529,20	2.653,30	5.381,48	21.886,04
Ekim	2.053,10	2.153,45	5.449,53	21.014,27
Kasım	2.055,74	2.153,30	5.579,42	21.266,08
Aralık	3.335,65	3.296,88	5.645,54	25.690,28
TOPLAM	34.964,72	79.770,88	52.511,04	460.817,70

Bu tablolar, hem tek zamanlı hem de çok zamanlı elektrik tüketimini ve bu tüketimlerin bedellerini göstermektedir. Yapılan hesaplamalara göre tek zamanlı tarife sonucu tüketim bedeli 439.882,99 TL çıkarken çok zamanlı tarife uygulandığı zaman 460.817,20 TL çıkmaktadır. Bu durumda çok zamanlı tarifenin tek zamanlı tarifeye göre yıllık 20.934,21 TL daha fazla tüketim bedeli olduğu görülmüştür. Bu nedenle mevcut tarifede bir değişiklik önerilmemektedir. Yapılan hesaplamada vergi, fon ve paylar hariç tutulmuştur.

Doğalgaz Tüketim Verileri (Fatura) Analizi;

Tablo 4.12. 2018 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti

Enerji Türü	Tüketim			Maliyet	Birim Maliyet
	Miktar	Birim	TEP	TL	TL / TEP
Doğalgaz	48.741,43	Sm^3	40,21	49.499,64	1.230,98

Tablo 4.13. 2019 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti

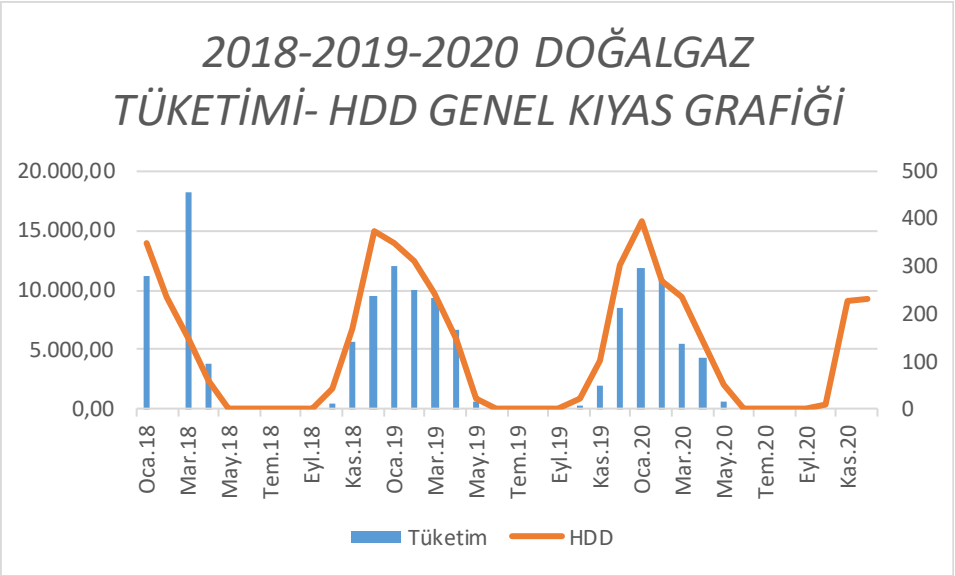
Enerji Türü	Tüketim			Maliyet	Birim Maliyet
	Miktar	Birim	TEP	TL	TL / TEP
Doğalgaz	49.492,69	Sm³	40,83	59.045,90	1.446,09

Tablo 4.14. 2020 Yılı Enerji Tüketim ve Maliyeti

Enerji Türü	Tüketim			Maliyet	Birim Maliyet
	Miktar	Birim	TEP	TL	TL / TEP
Doğalgaz	33.138,91	Sm³	27,34	50.334,04	1.841,07

Tablo 4.12, 4.13, 4.14'de yer alan veriler karşılaştırmalı incelendiğinde şu sonuçlara ulaşılmaktadır;

2018 yılında 48.741,43 Sm^3 olan doğalgaz tüketimi, 2019 yılında yaklaşık olarak %1.6 oranında sınırlı bir artışla 49.492,69 Sm^3 seviyesine ulaşmıştır. 2020 yılında ise belirgin bir azalma gözlemlenmektedir. Bunun sebepleri arasında mevsimsel sıcaklık farkı pandemi ve dışsal faktörleri sıralayabiliriz. Tüketilen enerji TEP cinsinden karşılığı tabloyu incelediğimizde 2020 yılında 27,34 TEP seviyesine inmiştir. Isıtma derece gün sayılarının 0 olduğu dönemlerde kazan tüketiminin olmadığı gözlenmiştir. Bu durum, ısıtma ihtiyacının olmadığı bu dönemlerde kazanların kullanılmadığını ve dolayısıyla kazan tüketiminin sıfıra düştüğünü göstermektedir. Başka bir deyişle, ısıtma gereksinimi olmadığında, kazanların çalıştırılmasına gerek kalmamış ve bu nedenle enerji tüketimi de olmamıştır. Bu bulgu, kazanların sadece ısıtma ihtiyacı olduğunda devreye girdiğini ve bu dönemde enerji tasarrufu sağlandığını ortaya koymaktadır. Son üç yıla ait HDD'ye bağlı doğalgaz tüketim verileri aşağıdaki grafikte sunulmuştur.



Şekil 4.5. 2018-2019-2020 Doğal Gaz Tüketimi - Hdd Genel Kıyas Grafiği

4.8. 2018-2019-2020 Genel Değerlendirme

2018-2019-2020 ısıtma derece gün – doğalgaz tüketimi regresyon analizi kazanların ısıtma ihtiyacı paralelinde çalıştırıldıklarını göstermektedir (R^2~0,65). Regresyon istatistikleri Tablo 20'de verilmiştir. Isıtma derece gün (HDD) ve doğalgaz tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemek için yapılan regresyon analizleri, kazanların ısıtma ihtiyacına paralel olarak çalıştırıldığını göstermektedir. Bu analizler, R^2 değerinin yaklaşık 0,65 olduğunu, yani ısıtma derece günlerinin doğalgaz tüketiminin %65'ini açıkladığını ortaya koymaktadır. Bu da, doğalgaz tüketiminin büyük ölçüde ısıtma ihtiyacına bağlı olduğunu göstermektedir.

Yıllık karşılaştırmalar; 2018'in başında Mart ayında tüketim miktarı pik noktası olarak görünmekte iken, 2019'un aynı dönemine göre bir miktar daha yüksek görünmektedir. 2020 yılının Mart ayından itibaren tüketim verilerinde, önceki yılların aynı aylarına kıyasla daha fazla bir düşüş veya farklılık gözükmektedir. Bu durum, merkezin pandemi kısıtlamaları nedeniyle kapalı olduğu dönemlerine denk gelmektedir. Tablo 4.15 incelediğimiz zaman kazanların ısıtma ihtiyacına parelel olarak devreye girdiğini görmekteyiz. Bu temel olarak enerji yönetimini temel düzeyde çalıştığını göstermektedir. Bina dış hava sıcaklıklarına uygun bir enerji tüketimi sergilemektedir. %65'lik korelasyon değeri iyi bir durum olarak bilinse de, kalan %35'lik pay; binada yalıtım, kullanım yoğunluğu veya diğer dış etkenlere bağlanabilir.

Tablo 4.15. 2018 Doğalgaz Tüketimi

Aylar	Tüketim (TL)	HDD
Oca.18	11.151,74	350
Şub.18	0.00	234
Mar.18	18.219,76	147
Nis.18	3.795,59	60
May.18	0.00	0
Haz.18	0.00	0
Tem.18	0.00	0
Ağu.18	0.00	0
Eyl.18	0.00	0
Eki.18	456,25	41
Kas.18	5.673,29	170
Ara.18	9.444,80	372

2018 yılına ait verilerde, özellikle kış aylarında (Ocak, Şubat, Mart, Kasım, Aralık) doğalgaz tüketiminin yüksek olduğu görülmektedir. Bu aylarda HDD değerleri de yüksektir, bu da ısıtma ihtiyacının yüksek olduğunu göstermektedir.

- Ocak 2018: 11.151,74 TL'lik doğalgaz tüketimi ve 350 HDD değeri ile en yüksek tüketim değerlerinden birine sahiptir.
- Mart 2018: En yüksek doğalgaz tüketimi olan 18.219,76 TL, HDD değeri 147 olarak kaydedilmiştir.
- Kasım ve Aralık 2018: Kasım ayında 5.673,29 TL ve 170 HDD, Aralık ayında ise 9.444,80 TL ve 372 HDD değerleri görülmektedir.

Bu veriler, ısıtma ihtiyacı arttıkça doğalgaz tüketiminin de arttığını göstermektedir. Ancak, Şubat ve Ekim aylarında HDD değerleri olmasına rağmen doğalgaz tüketiminin sıfır olduğu görülmektedir. Bu durum, belirli aylarda ısıtma ihtiyacının karşılanmasında başka yöntemler veya enerji kaynaklarının kullanıldığını veya tüketim verilerinde bir eksiklik olabileceğini düşündürmektedir.

Tablo 4.16. Regresyon İstatistikleri – 1

Ölçüm	Değer
Çoklu R	0.623033
R Kare (R^2)	0.38817
Ayarlı R Kare	0.326987
Standart Hata	4911.968
Gözlem	12

Regresyon analizi sonuçlarına göre;

- R Kare (R^2): 0.38817, yani HDD değişkeni doğalgaz tüketiminin %38'ini açıklamaktadır. Bu orta düzeyde bir açıklama gücüdür.
- Ayarlı R Kare: 0.326987, modelin gerçek veri seti üzerindeki açıklama gücünün hafifçe düştüğünü göstermektedir.
- Çoklu R: 0.623033, HDD ile doğalgaz tüketimi arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.
- Standart Hata: 4911.968, modelin tahminlerindeki ortalama hata miktarını ifade etmektedir.
- Gözlem: 12, yıllık verilerin her ay için toplandığını göstermektedir.

Genel olarak, regresyon analizi sonuçları, ısıtma derece günlerinin doğalgaz tüketimini anlamlı bir şekilde açıkladığını, ancak diğer faktörlerin de dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, doğalgaz tüketimini optimize etmek için ısıtma sistemlerinin daha verimli kullanılabileceğini ve ısıtma ihtiyacının doğru bir şekilde tahmin edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Tablo 4.17. 2019 Doğalgaz Tüketimi

Aylar	Tüketim (TL)	HDD
Oca.19	12.040,51	349
Şub.19	10.033,85	312
Mar.19	9.337,04	244
Nis.19	6.683,16	146
May.19	646,76	21
Haz.19	0.00	0
Tem.19	0.00	0
Ağu.19	0.00	0
Eyl.19	0.00	0
Eki.19	345,28	23
Kas.19	1.966,88	100
Ara.19	8.439,21	302

2019 yılına ait verilerde de, 2018 yılına benzer bir şekilde, kış aylarında doğalgaz tüketiminin yüksek olduğu görülmektedir. Ancak, 2019 yılında HDD değerlerinin tüketim üzerindeki açıklama gücü çok daha yüksek bir seviyededir.

- Ocak 2019: 12.040,51 TL'lik doğalgaz tüketimi ve 349 HDD değeri ile yüksek tüketim seviyesindedir.
- Şubat 2019: 10.033,85 TL ve 312 HDD, doğalgaz tüketimi ve ısıtma ihtiyacının yine yüksek olduğu bir başka aydır.
- Mart 2019: 9.337,04 TL ve 244 HDD, tüketim ve ısıtma ihtiyacı oldukça yüksek seviyelerdedir.
- Nisan 2019: 6.683,16 TL ve 146 HDD, ısıtma ihtiyacının azalmaya başladığı bir dönemdir.
- Aralık 2019: 8.439,21 TL ve 302 HDD, kış aylarına dönüşte yüksek tüketim ve HDD değerleri kaydedilmiştir.

Tablo 4.18. Regresyon İstatistikleri – 2

Ölçüm	Değer
Çoklu R	0.980265
R Kare (R^2)	0.96092
Ayarlı R Kare	0.957012
Standart Hata	986.4479
Gözlem	12

- R Kare (R^2): 0.96092, yani HDD değişkeni doğalgaz tüketiminin %96'sını açıklamaktadır. Bu oldukça yüksek bir açıklama gücüdür ve ısıtma ihtiyacı ile doğalgaz tüketimi arasında çok güçlü bir ilişki olduğunu gösterir.
- Ayarlı R Kare: 0.957012, modelin gerçek veri seti üzerindeki açıklama gücünün çok az bir düşüş gösterdiğini belirtir.
- Çoklu R: 0.980265, HDD ile doğalgaz tüketimi arasında çok güçlü bir pozitif ilişki olduğunu gösterir.
- Standart Hata: 986.4479, modelin tahminlerindeki ortalama hata miktarının oldukça düşük olduğunu belirtir.
- Gözlem: 12, her ay için yıllık verilerin toplandığını gösterir.

2019 yılı için yapılan regresyon analizi, HDD (ısıtma derece gün) ile doğalgaz tüketimi arasındaki ilişkinin çok güçlü olduğunu ve ısıtma ihtiyacının doğalgaz tüketimini büyük ölçüde belirlediğini göstermektedir. R^2 değerinin %96 olması, modelin ısıtma ihtiyacına dayalı doğalgaz tüketimini çok iyi bir şekilde tahmin edebildiğini ortaya koymaktadır. Bu, kazanların ısıtma ihtiyacına göre çalıştırıldığını ve ısıtma derece günlerinin tüketimi anlamlı bir şekilde açıkladığını doğrulamaktadır. Bu bulgular, 2019 yılında doğalgaz tüketiminin büyük ölçüde ısıtma ihtiyacına bağlı olduğunu ve diğer faktörlerin (örneğin, yalıtım kalitesi, dış hava sıcaklığı gibi) daha az etkili olduğunu göstermektedir. Bu, enerji yönetimi ve verimlilik çalışmalarında dikkate alınması gereken önemli bir noktadır.

Tablo 4.19. 2020 Doğalgaz Tüketimi

Aylar	Tüketim (TL)	HDD
Oca.20	11.871,60	396
Şub.20	10.766,74	269
Mar.20	5.487,83	235
Nis.20	4.371,70	149
May.20	616,21	49
Haz.20	0.00	0
Tem.20	0.00	0
Ağu.20	0.00	0
Eyl.20	24,83	0
Eki.20	0.00	10
Kas.20	0.00	228
Ara.20	0.00	231

2020 yılına ait verilerde de, kış aylarında doğalgaz tüketiminin yüksek olduğu ve HDD değerleri ile paralel bir seyir izlediği gözlemlenmektedir. Ancak, 2019 yılına göre bazı farklılıklar bulunmaktadır.

- Ocak 2020: 11.871,60 TL'lik doğalgaz tüketimi ve 396 HDD değeri ile en yüksek tüketim seviyesindedir.
- Şubat 2020: 10.766,74 TL ve 269 HDD, yüksek tüketim ve HDD değeri gösterir.
- Mart 2020: 5.487,83 TL ve 235 HDD, ısıtma ihtiyacının azaldığı bir dönemdir.
- Nisan 2020: 4.371,70 TL ve 149 HDD, ısıtma ihtiyacının daha da azaldığını gösterir.
- Mayıs 2020: 616,21 TL ve 49 HDD, düşük tüketim ve ısıtma ihtiyacı olan bir aydır.
- Kasım ve Aralık 2020: Kasım ve Aralık aylarında HDD değerleri yüksek olmasına rağmen doğalgaz tüketiminin sıfır olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum, ısıtma ihtiyacının başka yöntemlerle karşılandığını veya veri eksikliği olduğunu düşündürmektedir.

Tablo 4.20. Regresyon İstatistikleri – 3

Ölçüm	Değer
Çoklu R	0.780434
R Kare (R^2)	0.609077
Ayarlı R Kare	0.569985
Standart Hata	2898.777
Gözlem	12

- R Kare (R^2): 0.609077, yani HDD değişkeni doğalgaz tüketiminin %61'ini açıklamaktadır. Bu orta düzeyde bir açıklama gücüdür ve ısıtma ihtiyacı ile doğalgaz tüketimi arasında anlamlı bir ilişki olduğunu gösterir.
- Ayarlı R Kare: 0.569985, modelin gerçek veri seti üzerindeki açıklama gücünün hafifçe düştüğünü belirtir.
- Çoklu R: 0.780434, HDD ile doğalgaz tüketimi arasında pozitif bir ilişki olduğunu gösterir.
- Standart Hata: 2898.777, modelin tahminlerindeki ortalama hata miktarını ifade etmektedir.
- Gözlem: 12, her ay için yıllık verilerin toplandığını gösterir.

2020 yılı verileri, HDD ve doğalgaz tüketimi arasındaki ilişkinin 2019 yılına kıyasla daha düşük olduğunu göstermektedir. R^2 değerinin %61 olması, modelin ısıtma ihtiyacına dayalı doğalgaz tüketimini açıklamada orta düzeyde başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu, 2019 yılına göre daha düşük bir açıklama gücüdür ve ısıtma ihtiyacının doğalgaz tüketimini etkilediğini ancak diğer faktörlerin de önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Kasım ve Aralık aylarında HDD değerlerinin yüksek olmasına rağmen doğalgaz tüketiminin sıfır olması, verilerin eksik olabileceğini veya ısıtma ihtiyacının başka yöntemlerle karşılandığını düşündürmektedir. Bu durum, enerji yönetimi ve veri doğruluğu açısından dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır. 2020 yılı için yapılan regresyon analizi, HDD'nin doğalgaz tüketimi üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu, ancak diğer faktörlerin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bulgular, enerji verimliliğini artırmak ve doğalgaz tüketimini optimize etmek için farklı stratejilerin ve yöntemlerin kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

4.9. Potansiyel Enerji Verimliliği Önlemlerinin Analizi

Değerlendirilen önlemler aşağıda liste halinde verilmiştir;

- C Kazanına Ekonomizer Sistemi Kurulumu
- Vana ve Tesisat Bağlantı Elemanları Yalıtımı
- Aydınlatma Armatürlerinin LED Aydınlatma Armatürleri ile değişimi (**EVÖ1**)
- Isıtma- Soğutma ve Havalandırma Sistemlerinin İzleme ve Kontrol Sistemi Otomasyonu ile Enerji verimliliğin artırılması (**EVÖ2**)

4.9.1. C Kazan Ekonomizer Sistemi Kurulumu

Mevcutta bulunan C kazanı ölçümlerinde baca gazı sıcaklığının 185°C sıcaklıklarda çalıştığı gözlemlenmiştir. C kazanına uygulanacak ekonomizer sayesinde baca gazı sıcaklığı düşürülerek kazan verimliliğini artırmak ve ısıl kayıpları azaltmak açısından önemlidir. Daha düşük baca gazı sıcaklığı, atık ısı geri kazanımı sistemleriyle entegre edildiğinde, sistemin toplam enerji verimliliğini yükseltir ve yakıt tüketimini azaltır. Bu yaklaşım, özellikle mevcut kazan kapasitesini optimize etmek ve enerji maliyetlerini minimize etmek için etkili bir yöntem olarak değerlendirilebilir. Kısaca, C kazanı yüksek çalışma sıcaklığına rağmen baca gazı sıcaklığının kontrollü şekilde düşürülmesi, enerji verimliliği ve işletme ekonomisi açısından önemli bir tamamlayıcı strateji olarak değerlendirilebilir.

Tablo 4.21. Ekonomizer Sistemi Kurulumu Yatırım Geri Ödeme Süresi Hesapları

Kazan Baca Çıkışına Ekonomizer Kurulumu	
Parametre	**Değer**
Bacagazı Hız Değeri	4,5 m/s
Baca Alanı	0,0962 m²
Bacagazı Yoğunluğu	0,7715 kg/m³
Bacagazı Debisi	0,339 kg/s
Bacagazı Cp Değeri	0,3387 kcal/kg°C
Bacagazı Ekonomizer Giriş Sıcaklığı	185,0 °C
Bacagazı Ekonomizer Çıkış Sıcaklığı	130,0 °C
Sıcaklık Farkı	55,0 °C
Bacadan Kazanılabilecek Enerji	6,2182 kcal/s
Bacadan Kazanılan Enerji	22.385,69 kcal/h
Ekonomizer Verimi	0,90
Suya Aktarılan Enerji	20.147,12 kcal/h
Kazan Verimi	0,85
Kazan Yıllık Çalışma Saati	2000 h
Öngörülen Doğalgaz Tasarrufu	5.746,06 Sm³/Yıl
Doğalgaz Birim Maliyeti	1,53 TL/Sm³
Öngörülen Doğalgaz Tasarrufu	8.791,47 TL/Yıl
Yatırım Maliyeti	5.450,00 Euro
23.12.2021 Kur	13,01 Euro/TL
Yatırım Maliyeti	70.945,71 TL
Basit Geri Ödeme Süresi	9,52 Yıl

C Kazanına Ekonomizer Sistemi Kurulumuyla yılda 5.746,06 Sm³ doğalgaz tasarrufu ve 8.791,47 TL mali tasarruf hesaplanmıştır. Yatırımın maliyeti 83.667,31 TL olup basit geri ödeme süresi 9,52 yıldır. Hesaplanan fiyatlar ve değerler 23.12.2021 tarihine göre belirlenmiştir.

4.9.2 Vana ve Tesisat Bağlantı Elemanları Yalıtımı

Tablo 4.22. Vana-Tesisat Bağlantı Elemanları Listesi ve Yalıtımı Enerji – Maliyet Hesapları

No	Mahal Adı / Tesisat Elemeanıu ve Adetleri	Anma Çapı	Eşdeğer Uzunluk	İzolesiz Durum				İzoleli Durum		
				Boru Dış Çapı (d1)	Yüzey Sıcaklığı Ts	Qyalıtımsız	Mevcut Enerji Kaybı	Yalıtımlı Boru Dış Çapı (d2)	Qyalıtımlı	İzolasyonlu Enerji Kaybı
		(DN)	(m)	(m)	(°C)	(W/m)	(W)	(m)	(W/m)	(W)
1	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (4 adet)	50	10,00	0,0603	50,00	66,78	667,81	0,1803	6,55	65,52
2	Kazan Dairesi Yalıtımsız Çek Vana (2 adet)	50	2,00	0,0603	50,00	66,78	133,56	0,1803	6,55	13,10
3	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (14 adet)	40	35,00	0,0483	50,00	54,90	1.921,55	0,1683	5,77	201,79
4	Kazan Dairesi Yalıtımsız Çek Vana (7 adet)	40	7,00	0,0483	50,00	54,90	384,31	0,1683	5,77	40,36
5	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (2 adet)	150	5,00	0,1683	50,00	166,89	834,45	0,2883	13,16	65,80
6	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (3 adet)	65	7,50	0,0730	40,00	49,02	367,67	0,1930	4,91	36,81
7	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (3 adet)	50	7,50	0,0603	40,00	41,36	310,21	0,1803	4,37	32,76
8	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (3 adet)	40	7,50	0,0483	40,00	33,98	254,85	0,1683	3,84	28,83
9	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (2 adet)	150	5,00	0,1683	40,00	103,70	518,48	0,2883	8,77	43,87
10	Kazan Dairesi Yalıtımsız Pislik Tut.	150	2,50	0,1683	40,00	103,70	259,24	0,2883	8,77	21,93
11	Kazan Dairesi Yalıtımsız Flanş (2 adet)	150	1,00	0,1683	40,00	103,70	103,70	0,2883	8,77	8,77
12	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (6 adet)	65	15,00	0,0730	50,00	79,10	1.186,54	0,1930	7,36	110,44
13	Kazan Dairesi Yalıtımsız Flanş (3 adet)	65	1,50	0,0730	50,00	79,10	118,65	0,1930	7,36	11,04
14	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (3 adet)	65	7,50	0,0730	40,00	49,02	367,67	0,1930	4,91	36,81
15	Kazan Dairesi Yalıtımsız Flanş (3 adet)	65	1,50	0,0730	40,00	49,02	73,53	0,1930	4,91	7,36
16	KS Bağlantısı Yalıtımsız 3 Yollu Vana	40	3,00	0,0483	50,00	54,90	164,70	0,1683	5,77	17,30
17	KS Bağlantısı Yalıtımsız 3 Yollu Vana	25	3,00	0,0334	50,00	39,71	119,13	0,1534	4,74	14,23
18	KS Bağlantısı Yalıtımsız Vana	25	2,50	0,0334	50,00	39,71	99,28	0,1534	4,74	11,86
19	KS Bağlantısı Yalıtımsız 3 Yollu Vana	40	3,00	0,0483	50,00	54,90	164,70	0,1683	5,77	17,30
20	KS Bağlantısı Yalıtımsız 3 Yollu Vana	25	3,00	0,0334	50,00	39,71	119,13	0,1534	4,74	14,23
21	KS Bağlantısı Yalıtımsız Vana (2 adet)	25	5,00	0,0334	50,00	39,71	198,55	0,1534	4,74	23,71
22	KS Bağlantısı Yalıtımsız Vana (3 adet)	40	7,50	0,0483	50,00	54,90	411,76	0,1683	5,77	43,24
23	KS Bağlantısı Yalıtımsız Pislik Tutucu	40	2,50	0,0483	50,00	54,90	137,25	0,1683	5,77	14,41
24	KS Bağlantısı Yalıtımsız 3 Yollu Vana	40	3,00	0,0483	50,00	54,90	164,70	0,1683	5,77	17,30
25	KS Bağlantısı Yalıtımsız Vana (2 adet)	40	5,00	0,0483	40,00	33,98	169,90	0,1683	3,84	19,22

Tablo, vana ve tesisat bağlantı elemanlarının yalıtım durumu ile ilgili enerji ve maliyet hesaplamalarını içermektedir. Tablo, yalıtımsız ve yalıtımlı durumlar için çeşitli parametrelerin karşılaştırmasını sunar. Her bir satır, farklı bir eleman veya eleman grubunun yalıtım durumuna göre enerji kaybını ve diğer ilgili değerleri gösterir. Örneğin, "No 1" numaralı satırda, Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (4 adet) elemanının yalıtımsız durumda 50 mm nominal çapa sahip olduğu ve 10 metre uzunluğunda olduğu belirtilmiştir. Borunun dış çapı 0,0603 m olup yüzey sıcaklığı 50 °C'dir. Bu durumda, yalıtımsız enerji kaybı metre başına 66,78 W, toplamda ise 667,81 W'dır. Aynı elemanın yalıtımlı durumu incelendiğinde, yalıtım yapılmış borunun dış çapının 0,1803 m olduğu ve yalıtımlı enerji kaybının metre başına 5,61 W, toplamda ise 13,10 W olduğu görülmektedir. Bu tablo, yalıtımın enerji kaybını nasıl etkilediğini ve yalıtım yapılmasının potansiyel enerji tasarruflarını hesaplamak için kullanılır. Yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar arasındaki farklar, yalıtımın etkinliğini değerlendirmeye yardımcı olur.

Tablo 4.23. Vana-Tesisat Bağlantı Elemanları Yalıtımı Yatırım Geri Ödeme Süresi Hesapları

No	Mahal Adı / Tesisat Elemeanıu ve Adetleri	Anma Çapı	Tasarruflar						Yatırım Maliyeti	Basit Geri Ödeme Süresi
			Tasarruf Edilen Enerji	Tasarruf Yüzdesi	Toplam Enerji Tasarrufu	Yıllık Enerji Tasarrufu	Yıllık Yakıt Tasarrufu	Yıılık Mali Tasarruf		
		(DN)	(W/m)	(%)	(W)	(kWh)	(Sm^3)	(TL/Yıl)	(TL)	(Yıl)
1	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (4 adet)	50	60,2	90,2%	602,29	1.204,58	147,73	226,02	571,12	2,53
2	Kazan Dairesi Yalıtımsız Çek Vana (2 adet)	50	60,2	90,2%	120,46	240,92	29,55	45,20	214,76	4,75
3	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (14 adet)	40	49,1	89,5%	1.719,76	3.439,52	421,82	645,38	1.751,12	2,71
4	Kazan Dairesi Yalıtımsız Çek Vana (7 adet)	40	49,1	89,5%	343,95	687,90	84,36	129,08	669,06	5,18
5	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (2 adet)	150	153,7	92,1%	768,65	1.537,31	188,53	288,46	424,80	1,47
6	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (3 adet)	65	44,1	90,0%	330,85	661,70	81,15	124,16	442,50	3,56
7	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (3 adet)	50	37,0	89,4%	277,45	554,90	68,05	104,12	428,34	4,11
8	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (3 adet)	40	30,1	88,7%	226,02	452,04	55,44	84,82	375,24	4,42
9	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (2 adet)	150	94,9	91,5%	474,61	949,22	116,41	178,11	424,80	2,39
10	Kazan Dairesi Yalıtımsız Pislik Tut.	150	94,9	91,5%	237,31	474,61	58,21	89,05	423,62	4,76
11	Kazan Dairesi Yalıtımsız Flanş (2 adet)	150	94,9	91,5%	94,92	189,84	23,28	35,62	320,96	9,01
12	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (6 adet)	65	71,7	90,7%	1.076,09	2.152,19	263,94	403,83	885,00	2,19
13	Kazan Dairesi Yalıtımsız Flanş (3 adet)	65	71,7	90,7%	107,61	215,22	26,39	40,38	346,92	8,59
14	Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (3 adet)	65	44,1	90,0%	330,85	661,70	81,15	124,16	442,50	3,56
15	Kazan Dairesi Yalıtımsız Flanş (3 adet)	65	44,1	90,0%	66,17	132,34	16,23	24,83	346,92	13,97
16	KS Bağlantısı Yalıtımsız 3 Yollu Vana	40	49,1	89,5%	147,41	294,82	36,16	55,32	181,72	3,28
17	KS Bağlantısı Yalıtımsız 3 Yollu Vana	25	35,0	88,1%	104,90	209,81	25,73	39,37	139,24	3,54
18	KS Bağlantısı Yalıtımsız Vana	25	35,0	88,1%	87,42	174,84	21,44	32,81	106,20	3,24
19	KS Bağlantısı Yalıtımsız 3 Yollu Vana	40	49,1	89,5%	147,41	294,82	36,16	55,32	181,72	3,28
20	KS Bağlantısı Yalıtımsız 3 Yollu Vana	25	35,0	88,1%	104,90	209,81	25,73	39,37	139,24	3,54
21	KS Bağlantısı Yalıtımsız Vana (2 adet)	25	35,0	88,1%	174,84	349,68	42,88	65,61	212,40	3,24
22	KS Bağlantısı Yalıtımsız Vana (3 adet)	40	49,1	89,5%	368,52	737,04	90,39	138,30	375,24	2,71
23	KS Bağlantısı Yalıtımsız Pislik Tutucu	40	49,1	89,5%	122,84	245,68	30,13	46,10	140,42	3,05
24	KS Bağlantısı Yalıtımsız 3 Yollu Vana	40	49,1	89,5%	147,41	294,82	36,16	55,32	181,72	3,28
25	KS Bağlantısı Yalıtımsız Vana (2 adet)	40	30,1	88,7%	150,68	301,36	36,96	56,55	250,16	4,42
Toplam			**1415,9**	**90,2%**	**8.333,33**	**16.666,65**	**2.043,97**	**3.127,27**	**9.975,72**	**3,19**

Vana ve Tesisat Bağlantı Elemanları Yalıtımı ile yılda 2.043,97 Sm^3 doğalgaz tasarrufu ve 3.127,27 TL mali tasarruf hesaplanmıştır. Yatırımın maliyeti 9.975,72 TL olup basit geri ödeme süresi 3,19 yıldır.

Tablo 4.22, vana ve tesisat bağlantı elemanlarının yalıtımı ile ilgili yatırım geri ödeme sürelerini hesaplamaktadır. Bu tablo, yalıtımın sağlayabileceği enerji ve maliyet tasarruflarını detaylandırarak, yapılan yatırımın ne kadar sürede geri ödeneceğini göstermektedir. Tablo, farklı bir eleman veya eleman grubunun yalıtım sonucu elde edeceği tasarruflar ve yatırım maliyetleriyle ilgili bilgiler sunar.

No 1: Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (4 adet) elemanı için yapılan hesaplamalara göre, anma çapı 50 mm olan bu vana yalıtıldığında 60,2 W enerji tasarrufu sağlamakta ve %90,2 oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu durum, yıllık 19,66 MW enerji tasarrufu

anlamına gelir ve yıllık enerji tasarrufu 240,92 TL olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, yıllık 25,58 Sm³ yakıt tasarrufu sağlanmakta ve yıllık mali tasarruf 547,73 TL'ye ulaşmaktadır. Yalıtım için yapılan yatırım maliyeti 226,02 TL olup, bu yatırımın basit geri ödeme süresi 0,41 yıl olarak belirlenmiştir.

No 2: Kazan Dairesi Yalıtımsız Çek Vana (2 adet) elemanı için anma çapı 50 mm'dir. Yalıtım sonrasında 60,9 W enerji tasarrufu ve %90,2 enerji tasarruf oranı sağlanmıştır. Yıllık enerji tasarrufu 19,76 MW olup, yıllık enerji tasarrufu mali değeri 241,92 TL olarak hesaplanmıştır. Yakıt tasarrufu yıllık 25,69 Sm³ ve mali tasarruf 550,11 TL'dir. Yatırım maliyeti 226,02 TL ve geri ödeme süresi 0,41 yıldır.

No 3: Kazan Dairesi Yalıtımsız Vana (14 adet) elemanı için anma çapı 40 mm'dir. Bu elemanın yalıtım sonrası enerji tasarrufu 49,1 W, tasarruf oranı %89,1'dir. Yıllık enerji tasarrufu 18,95 MW, yıllık enerji tasarrufu mali değeri 2.405,92 TL, yıllık yakıt tasarrufu 255,67 Sm³ ve yıllık mali tasarruf 5.478,20 TL olarak hesaplanmıştır. Bu elemanın yalıtım yatırım maliyeti 2.263,74 TL olup, basit geri ödeme süresi 0,41 yıldır.

Tablo genelinde, toplamda 1415,9 W enerji tasarrufu sağlanmış olup, tasarruf yüzdesi %90,2'dir. Toplam enerji tasarrufu 8.333,33 MW, yıllık enerji tasarrufu mali değeri 16.666,65 TL, yıllık yakıt tasarrufu 2.043,97 Sm³ ve yıllık mali tasarruf 31.227,27 TL olarak hesaplanmıştır. Yatırım maliyetlerinin toplamı 9.975,72 TL olup, ortalama basit geri ödeme süresi 3,19 yıldır. Bu tablo, yalıtımın enerji ve maliyet tasarrufları üzerindeki olumlu etkilerini ve yapılan yatırımın ne kadar sürede geri döneceğini ayrıntılı bir şekilde göstermektedir. Yalıtım sayesinde sağlanan enerji verimliliği ve mali tasarruflar, yatırımların kısa sürede geri ödenebileceğini ortaya koymaktadır.

4.9.3. Aydınlatma Armatürlerinin LED Aydınlatma Armatürleri ile değişimi (EVÖ1)

Bina aydınlatmasında genel olarak LED aydınlatma kullanılmamıştır. Bu başlık altında mevcut armatürlerin LED armatürler ile değişimi ele alınarak tasarruf ve maliyet analizleri yapılmıştır. 2020 bina enerji tüketimlerinin pandemi nedeniyle azalmasından dolayı 2019 tüketim değerlerine göre hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 4.24. Aydınlatma Armatürlerinin Yerine Led Aydınlatma Armatürleri Uygulaması Enerji – Maliyet Hesapları

Konum	Armatür Tipi	MEVCUT DURUM					ÖNERİLEN DURUM					TASARRUF		
		Adet	Çalışma Saati	Armatür Gücü (W)	Toplam Güç (kW)	Yıllık Tüketilen Elektrik Enerjisi (kWh)	Armatür Gücü (W)	Yatırım Maliyeti Birim Fiyat (USD)	Yatırım Maliyeti Birim Fiyat (TL)	Yıllık Tüketilen Elektrik Enerjisi (kWh)	Yatırım Maliyeti Toplam (TL)	Tasarruf Edilen Elektrik Enerjisi (kWh)	Tasarruf Edilen Elektrik Enerjisi (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Barış Mnço Kültür Merkezi	36w Floresan	970	1000	36	34,92	34.920,00	20	27	310,1922	19.400,00	300.886,4	15.520,00	13.657,60	22,03
	2x18w plc spot	900	1000	36	32,4	32.400,00	20	27	310,1922	18.000,00	279.173,0	14.400,00	12.672,00	22,03
	2x36w floresan	140	1000	72	10,08	10.080,00	35	31	356,1466	4.900,00	49.860,5	5.180,00	4.558,40	10,94
TOPLAM						77.400,00	TOPLAM			42.300,00	629.919,94	35.100,00	30.888,00	20,39

Aydınlatma Armatürlerinin LED Aydınlatma Armatürleri ile değişimi (EVÖ1) ile yılda 35.100 kWh elektrik tasarrufu ve 30.888,00 TL mali tasarruf hesaplanmıştır. Yatırımın maliyeti 629.919,94 TL olup basit geri ödeme süresi 20,39 yıldır. Yukarıda göründüğü üzere çalışma saatlerinin düşüklüğü ve maliyetlerin yüksekliğinden dolayı bu proje şu an için önerilmemektedir. Maliyet düşüşleri ile tekrar değerlendirilmelidir. Hesaplarda 23.12.2021 tarihli TCMB USD/TL kuru kullanılmıştır.

4.9.4. Isıtma-Soğutma ve Havalandırma Sistemlerinin İzleme ve Kontrol Sistemi Otomasyonu ile Enerji verimliliğin artırılması (EVÖ2)

Enerji izleme ve kontrol sistemi otomasyonunun kurulması ve etkinliğinin sağlanması sureti ile;

- Cihaz ve ekipmanların verimlilik odaklı bakım ve kontrollerinin gerçekleştirilmesi ve sürdürülmesi sağlanacaktır.
- İç konfor şartlarının standartlaştırılması, merkezi iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinin belirlenen konfor şartları dikkate alınarak işletilmesi sağlanacaktır.
- Gereksiz kullanımların önüne geçilmiş olacaktır.
- Çalışanlarda enerji verimliliği ve iklim değişikliği konusunda farkındalık sağlanacaktır.

Çalışanların ve teknik birimin enerji verimliliği odaklı hareket etmesi, sistem bakım ve kontrollerinin enerji verimliliği dikkate alınarak gerçekleştirilmesi, enerji tüketimlerinin

takibi ve artışların nedenlerinin sorgulanması sureti ile asgari %5 oranında tasarruf sağlanacağı öngörülmektedir. 2020 yılı tüketim değerleri dikkate alındığında;

Tablo 4.25. Bina Enerji İzleme ve Kontrol Sistemi Kurulması Enerji – Maliyet Ve Geri Ödeme Süresi Analizi

Doğalgaz Tüketimi	49.492,69	Sm³/Yıl
	526.602,22	kWh/Yıl
Elektrik Tüketimi	573.842,60	kWh/Yıl
Doğalgaz Birim Fiyat	0,143	TL/ kWh
Elektrik Birim Fiyat	0,88	TL/ kWh
Öngörülen Tasarrufu Miktarı	5,00%	
Elektrik Tasarrufu Miktarı	28.692,13	kWh/Yıl
Doğalgaz Tasarrufu Miktarı	26.330,11	kWh/Yıl
Elektrik Tasarrufu Maliyeti	25.249,07	Tl/Yıl
Doğalgaz Tasarrufu Maliyeti	3.765,21	Tl/Yıl
Toplam Mali Tasarruf	29.014,28	Tl/Yıl
Yatırım Maliyeti	165.000,00	TL
Basit Geri Ödeme Süresi	5.686.854,8	Yıl

Isıtma-Soğutma ve Havalandırma Sistemlerinin İzleme ve Kontrol Sistemi Otomasyonu ile Enerji verimliliğin artırılması (EVÖ2) ile yılda 28.692,13 kWh elektrik tasarrufu, 26.330,11 kWh doğalgaz tasarrufu, ve toplam 29.014,28 TL mali tasarruf hesaplanmıştır. Yatırımın maliyeti 165.000,00 TL olup basit geri ödeme süresi 5,69 yıldır. Bu hesaplamalardaki yıllık tüketimler pandemi etkisi nedeniyle 2020 yılından önceki son yıl olan 2019 yılından alınmıştır. Birim tüketim maliyetleri ise 2020 yılında son fatura üzerindeki birim fiyatları üzerinden alınmıştır.

4.10. Finansal Analiz

4.10.1. Maliyet Analizi ve Ekonomik Varlık Ömrü (EVÖ) Değerlendirmesi

Chiller grubuna ait olan kazanlarda ekonomizer yoktur. Ancak böyle bir ekonomizer sisteme entegre edilmesi aşağıda ki tabloda verilen olası ekonomik kazanım hesabı yapılmıştır.

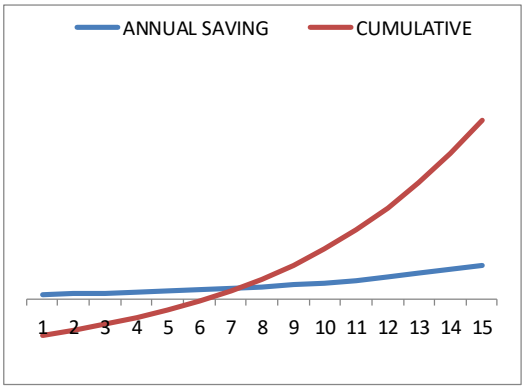
Tablo 4.26. Maliyet Analiz Tablosu EVÖ-1

EVÖ-1 C KAZANINA EKONOMİZER SİSTEMİ KURULMASI EKONOMİK ANALİZ

YIL	TASARRUF	KÜMÜLATİF
1	€ 675,75	-€ 5.755,25
2	€ 783,87	-€ 4.971,38
3	€ 909,29	-€ 4.062,09
4	€ 1.054,78	-€ 3.007,32
5	€ 1.223,54	-€ 1.783,78
6	€ 1.419,31	-€ 364,47
7	€ 1.646,39	€ 1.281,92
8	€ 1.909,82	€ 3.191,74
9	€ 2.215,39	€ 5.407,13
10	€ 2.569,85	€ 7.976,98
11	€ 2.981,03	€ 10.958,01
12	€ 3.457,99	€ 14.416,00
13	€ 4.011,27	€ 18.427,27
14	€ 4.653,07	€ 23.080,35
15	€ 5.397,57	€ 28.477,91
16	€ 6.261,18	€ 34.739,09
17	€ 7.262,96	€ 42.002,05
18	€ 8.425,04	€ 50.427,09
19	€ 9.773,04	€ 60.200,13
20	€ 11.336,73	€ 71.536,86

YILLIK TASARRUF EURO	YATIRIM MALİYETİ EURO	İSKONTO ORANI %	İŞLETME VB. MALİYETLER EURO
€ 675,75	-€ 6.431,00	16,0%	0,00

NPV	SPP	IRR
€ 5.219,86	9,52	23,5%



Türkiye'deki enflasyon oranına eşit olduğu için iskonto oranı %16 alınmıştır. Her projenin ekonomik ömrü, Türkiye'deki olası inovasyon oranı karşılaştırılarak Ekonomik Varlık Ömrü (EVÖ) kullanılan teknolojiye göre varsayılmaktadır.

4.10.2. Vana & Tesisat Bağlantı Elemanları Yalıtım (EVÖ-2)

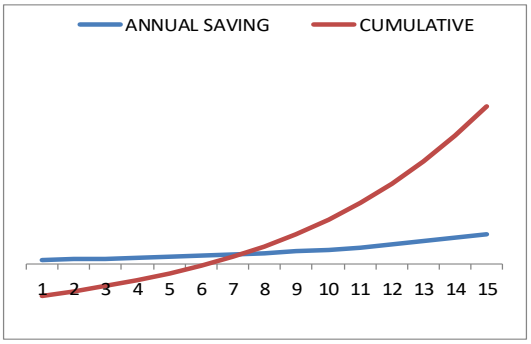
Tablo 4.27. Maliyet Analiz Tablosu EVÖ-2

EVÖ-2 VANA & TESİSAT BAĞLANTI ELEMANLARI YALITIM PROJESİ EKONOMİK ANALİZ

YIL	TASARRUF	KÜMÜLATİF
1	€ 240,37	-€ 526,40
2	€ 278,83	-€ 247,57
3	€ 323,44	€ 75,87
4	€ 375,19	€ 451,06
5	€ 435,22	€ 886,29
6	€ 504,86	€ 1.391,15
7	€ 585,64	€ 1.976,78
8	€ 679,34	€ 2.656,12
9	€ 788,03	€ 3.444,15
10	€ 914,12	€ 4.358,27
11	€ 1.060,38	€ 5.418,65
12	€ 1.230,04	€ 6.648,69
13	€ 1.426,84	€ 8.075,53
14	€ 1.655,14	€ 9.730,67
15	€ 1.919,96	€ 11.650,63
16	€ 2.227,15	€ 13.877,78
17	€ 2.583,50	€ 16.461,28
18	€ 2.996,86	€ 19.458,13
19	€ 3.476,35	€ 22.934,49
20	€ 4.032,57	€ 26.967,06

YILLIK TASARRUF EURO	YATIRIM MALİYETİ EURO	İSKONTO ORANI %	İŞLETME VB. MALİYETLER EURO
€ 240,37	-€ 766,77	16,0%	0,00

NBD	GÖ	İKO
€ 3.377,54	3,19	47,1%



4.10.3. Aydınlatma Armatürlerinin LED Aydınlatma Armatürleri ile değişimi (EVÖ1) (EVÖ-3)

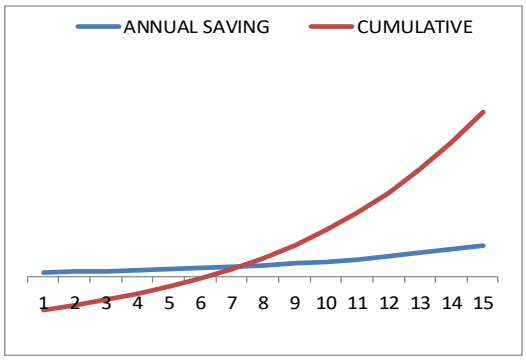
Tablo 4.28. Maliyet Analiz Tablosu EVÖ-3

EVÖ-3 LED DÖNÜŞÜM PROJESİ (EEM1)

YIL	TASARRUF	KÜMÜLATİF
1	€ 2.374,17	-€ 46.043,97
2	€ 2.754,04	-€ 43.289,93
3	€ 3.194,68	-€ 40.095,25
4	€ 3.705,83	-€ 36.389,42
5	€ 4.298,77	-€ 32.090,65
6	€ 4.986,57	-€ 27.104,08
7	€ 5.784,42	-€ 21.319,66
8	€ 6.709,93	-€ 14.609,74
9	€ 7.783,51	-€ 6.826,22
10	€ 9.028,88	€ 2.202,65
11	€ 10.473,50	€ 12.676,15
12	€ 12.149,26	€ 24.825,41
13	€ 14.093,14	€ 38.918,54
14	€ 16.348,04	€ 55.266,58
15	€ 18.963,73	€ 74.230,31

YILLIK TASARRUF EURO	YATIRIM MALİYETİ EURO	İSKONTO ORANI %	İŞLETME VB. MALİYETLER EURO
€ 2.374,17	-€ 48.418,14	16,0%	0,00

NBD	GÖ	İKO
-€ 17.717,67	20,39	9,9%



4.10.4. Isıtma- Soğutma ve Havalandırma Sistemlerinin İzleme ve Kontrol Sistemi Otomasyonu ile Enerji verimliliğin artırılması (EVÖ2) (EVÖ-4)

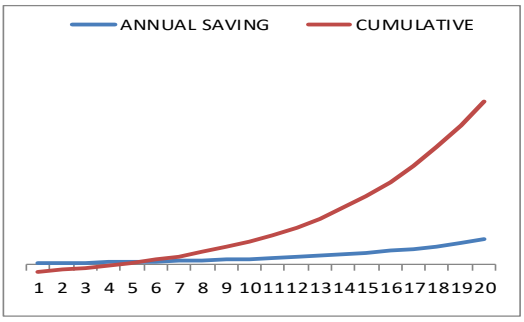
Tablo 4.29. Maliyet Analiz Tablosu EVÖ-4

EVÖ-4 Isıtma- Soğutma ve Havalandırma Sistemlerinin İzleme ve Kontrol Sistemi Otomasyonu ile Enerji verimliliğin artırılması (EEM2) Ekonomik Analiz

YEAR	SAVING	CUMULATIVE
1	€ 2.231,77	-€ 10.450,78
2	€ 2.588,85	-€ 7.861,93
3	€ 3.003,07	-€ 4.858,86
4	€ 3.483,56	-€ 1.375,30
5	€ 4.040,93	€ 2.665,63
6	€ 4.687,48	€ 7.353,11
7	€ 5.437,48	€ 12.790,59
8	€ 6.307,47	€ 19.098,06
9	€ 7.316,67	€ 26.414,73
10	€ 8.487,33	€ 34.902,07
11	€ 9.845,31	€ 44.747,37
12	€ 11.420,56	€ 56.167,93
13	€ 13.247,85	€ 69.415,78
14	€ 15.367,50	€ 84.783,28
15	€ 17.826,30	€ 102.609,58
16	€ 20.678,51	€ 123.288,10
17	€ 23.987,07	€ 147.275,17
18	€ 27.825,01	€ 175.100,17
19	€ 32.277,01	€ 207.377,18
20	€ 37.441,33	€ 244.818,51

ANNUAL SAVING EURO	INVESTMNET COST EURO	DISCOUNT RATE %	OTHER COSTS EURO
€ 2.231,77	-€ 12.682,55	16,0%	0,00

NPV	SPP	IRR
€ 25.796,24	5,68	32,3%



Mevcut durumda sistemde kapsamlı bir izleme ve kontrol otomasyonu bulunmamaktadır. Bu nedenle önerilen otomasyon senaryosu üzerinden enerji verimliliği artışı değerlendirilmiştir. Isıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinde izleme-kontrol otomasyonu incelendiğinde ekonomik analiz sonuçları incelendiğinde, sistemin önemli düzeyde enerji tasarrufu sağladığı görülmektedir. Yıllık enerji tasarrufu 2.231.77 euro olarak hesaplanmıştır. Başlangıç maliyeti 12.682,55 euro olarak hesaplanmış olup; geri ödeme süresi yaklaşık olarak 5,5 yıl bulunmuştur. Bu değer, uygulamanın orta vadede ekonomik açıdan uygun olduğunu göstermektedir.

4.10.5. Aydınlatma Armatürlerinin LED Aydınlatma Armatürleri ile Değişimi

Finansman tutarı 250.000 € 'ya kadar olan alt projeler;

- Güç Faktörü (PF) ≥0,9
- Renksel Geri Verim
- CE belgeli
- Yukarıdaki değerlerin laboratuvarlardan elde edilmiş olması ve/veya Relux ve Dialux gibi aydınlatma dizayn yazılımları için fotogrametrik detaylarının olması
- LED lambaları ve LED armatürleri için ömür 50,000 Saat

Referans;

- AB Direktifleri 2005/32/EC
- EN 62560;
- EN 61347-2-13;
- IEC/PAS 62612 Ed. 1;
- EST LED aydınlatma gereklilikleri;
- Lider üretici verileri

4.10.6. Vana ve Tesisat Bağlantı Elemanları Yalıtımı ve Isıtma Radyatörlerine Termostatik Vana Uygulaması

Finansman tutarı 250.000 € 'ya kadar olan alt projeler;

- Uygun malzeme; Cam yünü, taş yünü, XPS, EPS, SPF, Cam Köpüğü
- CE, EN 14303/5/7/8/9

Referans ;

- CE, EN 14303
- Lider üretici verileri
- Isıtma- Soğutma ve Havalandırma Sistemlerinin İzleme ve Kontrol Sistemi
- Otomasyonu ile Enerji Verimliliğin Artırılması

Finansman tutarı 250.000 € 'ya kadar olan alt projeler;

- ISO 50001 ile uyumlu olmalıdır,
- ISO 3001, ISO 14001, EN 16247, EN 15500 ile uyumlu olması tercih edilmektedir.

Referans;

- ISO 50001
- ISO 9001
- ISO 14001
- EN 16247
- EN 15232
- EN15500

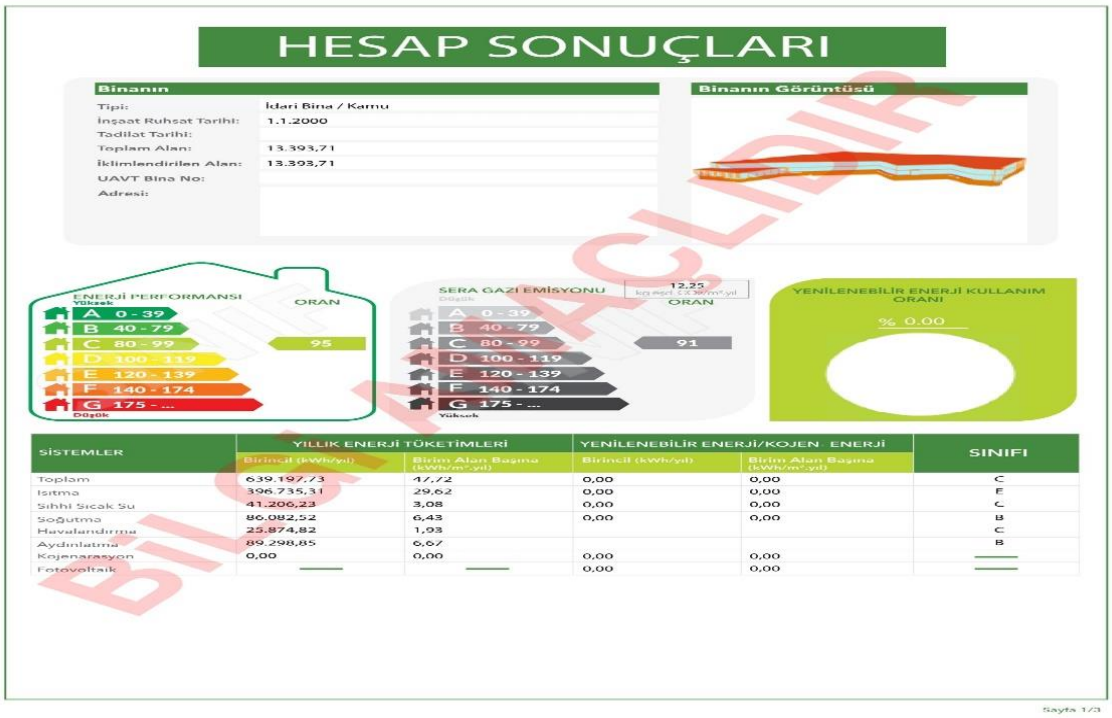
4.10.7. Değerlendirme Sonuçları

Tablo 4.30. Kredilerin Uygunluk Değerlendirmesi

Barış Manço Kültür Merkezi Verimlilik Artırıcı Önlemlere Kredi Uygunluk Değerlendirmesi											
ÖNERİ KODU	TOPLAM YATIRIM (EURO)	TASARRUF POTANSİYELİ (%)	LİMİT (%)	CO_2 AZALTIM ORANI (%)	LİMİT (%)	BASİT GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ	LİMİT	NPV	IRR	Criteria	RESULT
EVÖ 1	6.431,00 €	11,61%		11,61%		9,52		5.219,86 €	23,5%	✓	UYGUN
EVÖ 2	766,77 €	4,13%		4,13%		3,19		3.377,54 €	47,1%	✓	UYGUN
EVÖ 3 / EEM 1	48.418,14 €	6,12%		6,12%		20,39		-17.717,67 €	9,9%	x	UYGUN DEĞİL
EVÖ 4 / EEM2	12.682,55 €	5,00%		5,00%		5,68		25.796,24 €	32,3%	✓	UYGUN

Tablo 4.30 incelendiğinde, EVÖ 1, EVÖ 2 ve EVÖ 4 önlemlerinin pozitif değeri NPV ve yüksek IRR değerleri sayesinde ekonomik olarak uygun olduğu görülmektedir. Özellikle EVÖ 2 kısa geri ödeme süresi ile ön plana çıkmaktadır. EVÖ 3 ise negatif NPV ve uzun geri ödeme süresi nedeni ile uygun değildir. Bu doğrultuda, sınırlı kaynakların etkin olarak kullanımı açısından yüksek karlılık ve kısa geri ödeme süresine sahip önlemlerin gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

4.10.8. Önlemlerden Sonra Bina Enerji Sınıfındaki Değişim



Şekil 4.6. Mevcut Durumdaki Bina Enerji Sınıfları

Şekil incelendiğinde; mevcut durumdaki binanın enerji sınıfının seviyesi D sınıfı olduğu görülmektedir. Bu durum, binanın enerji tüketim açısından orta seviyede performans gösterdiği görülmektedir. Enerji kimlik belgesinde A sınıfı en verimli ve sırasıyla G sınıfı ise en düşük seviyeyi göstermektedir.

Önerilen enerji verimliliği önlemlerinin uygulanması ile binanın enerji sınıfının daha üst seviyelere (C veya B sınıfı) yükseleceği mümkün olup, bina da enerji tüketiminin azalacağını ve sistemin veriminin artacağını göstermektedir.

4.11. Isı Kaybı Hesaplamaları İçin Kullanılan Denklemler

Barış Manço Kültür Merkezinin ısıtma enerjisi ihtiyacının belirlenmesinde ilk aşama özgül ısı kaybı hesabının yapılması, daha sonrada yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının belirlenmesi olacaktır. Genel formül;

$$Q=U\times A\times \Delta T \qquad (4.1)$$

4.11.1. Barış Manço Kültür Merkezinin Özgül Isı Kaybı Hesabı İşlemleri

Tablo 4.31. Barış Manço Kültür Merkezinin Özgül Isı Kaybı Hesabı İşlemleri

		1	2	3	4	5	6
		Yapı elemanı kalınlığı	Isı iletkenlik değeri	d/k	Isı geçirgenlik katsayısı	Isı taşıyan yüzey	Isı kaybı
Duvar Yüzeyleri	$1/\alpha_{iç}$			0,130			
	İç Sıva	0,02	0,87	0,023			
	Tuğla	0,19	0,45	0,422			
	Dış Sıva	0,0	1,4	0,021			
	$1/\alpha_{dıG}$			0,040			
	TOPLAM			0,637	1,571	295,75	**464,55**
Duvar Yüzeyleri	$1/\alpha_{iç}$			0,130			
	Gç Sıva	0,02	0,87	0,023			
	Normal Beton	0,2	2,1	0,095			
	DıG Sıva	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_{dıG}$			0,040			
	TOPLAM			0,310	3,229	18,484	**59,69**
Taban	$1/\alpha_{iç}$			0,170			
	Betonarme	0,2	1,4	0,115			
	Grobeton	0,35	0,4	0,875			
	Taşıyıcı beton	0,05	2,1	0,024			
	$1/\alpha_{dıG}$			0,170			
	TOPLAM			1,354	0,369	120,05	**44,34**
Tavan	$1/\alpha_{iç}$			0,130			
	İç Sıva	0,02	0,87	0,023			
	Betonarme	0,12	2,1	0,057			
	$1/\alpha_{dıG}$			0,080			
	TOPLAM			0,290	2,76	120,05	**331,02**
Pencere					2,30	55,453	**127,54**
	TOPLAM						**1027,14**
A_{toplam}=	609,79 m^2	Bina Brüt Hacmi=1008,43 m^3			$_h$=1	H=1293,37 W/K	

Tablo incelendiğinde Barış Manço Kültür Merkezi binasına ait yapı elemanlarının ısı geçiş özellikleri incelenmiş ve özgül ısı kaybı hesaplanmıştır.

Hesaplamalar sonucunda toplam ısı kaybı 1293,57 W/K olarak bulunmuştur. Bu değer, iç ve dış ortam arasındaki her 1 derece sıcaklık farkı için meydana gelen ısı kaybını ifade etmektedir. Elde edilen bulgulara göre en yüksek ısı kayıplarının dış duvarlar ve saydam yüzeyler (pencereler) üzerinden gerçekleştiği belirlenmiştir. Özellikle pencerelerin yüksek ısı iletkenlik katsayısına sahip olması, toplam ısı kaybını arttırıcı bir etken olarak öne çıkmaktadır. Buna karşılık, yalıtım uygulanan yapı elemanlarında ısı kaybının daha düşük olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak elde edilen veriler, yapı kabuğu tasarımında ısı yalıtımının ve malzeme seçimlerinin enerji verimliliği açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, hesaplanan değerlerin TSE 825 kapsamında değerlendirilmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılması önerilmektedir.

4.11.2. Barış Manço Kültür Merkezinin TSE 825 Standardına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi

Barış Manço Kültür Merkezinin özgül ısı kaybı hesabı sonuçları, TSE 825 standardının verdiği 1. DG bölgesi için aylık ortalama dış sıcaklık değerleri ve ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri kullanılarak model bina için aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Tablo 4.32. Model Bina için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı									
Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjsi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	H	Ti-Td	H(Ti-Td)	i	g	i g	γ	ay	Qay
Ocak	1293,37	10,60	13709,71	1613,48	994,82	2608,30	0,19	0,99	29770437,89
Şubat		10,00	12933,69		1251,01	2864,50	0,22	0,99	25307900,11
Mart		7,40	9570,93		1520,51	3134,00	0,33	0,95	17636667,08
Nisan		3,20	4138,78		1716,82	3330,30	0,80	0,71	4586688,73
Mayıs		θe yüksek	0,00		2012,94	3626,42			0,00
Haziran		θe yüksek	0,00		2126,06	3739,54			0,00
Temmuz		θe yüksek	0,00		2066,17	3679,65			0,00
Ağustos		θe yüksek	0,00		1919,77	3533,26			0,00
Eylül		θe yüksek	0,00		1590,39	3203,87			0,00
Ekim		0,50	646,68		1267,65	2881,13	0,46	0,20	180624,06
Kasım		6,00	7760,21		944,92	2558,40	0,33	0,95	13802472,66
Aralık		9,70	12545,68		868,39	2481,87	0,20	0,99	26997293,69
Qyıl= Qay		**=118282084,22 kJ**		=32882,42 kWh					

Barış Manço Kültür Merkezinin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 32882,42 kWh olarak hesaplanmıştır.

Barış Manço Kültür Merkezinin oda yüksekliği 2,80 m olduğuna göre Q=Qyıl/Vbrüt ifadesinden brüt hacim başına yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanır. Bu işlemle model bina için Q=32,61 kWh/m3 olarak bulunur. Bu aşamada Atop/Vbrüt oranına bakılır. Bu oran 0,2< Atop/Vbrüt<1,05 arasında (ara değer olarak ifade edilir) ise iklim bölgesine göre Barış Manço Kültür Merkezinin aşağıdaki tablodan faydalanılarak; Q1.1DG=14,1xA/V+3,4 ifadesi kullanılır. Böylece Barış Manço Kültür Merkezinin TSE 825'e göre kullanabileceği maksimum yıllık ısıtma enerjisi miktarı hesaplanmış olur.

Tablo 4.33. Vbrüt ile ilişkili, Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisi Miktarı Bölgelere ve Ara Değer $A_{top}/V_{brüt}$ Oranlarına Bağlı Olarak Sınırlandırılan Q^1 nün Hesaplanması

$V_{brüt}$ ile iliĢkili hesaplama					
1.Derece Gün Bölgesi	Q'1DG =	14,1 x	A/V +	3,4	[kWh/m3,yıl]
2.Derece Gün Bölgesi	Q'2DG =	22,4 x	A/V +	7,8	[kWh/m3,yıl]
3.Derece Gün Bölgesi	Q'3DG =	24,4 x	A/V +	11,7	[kWh/m3,yıl]
4.Derece Gün Bölgesi	Q'4DG=	26,5 x	A/V +	16,3	[kWh/m3,yıl]

Atop/Vbrüt=0,60 olarak hesaplandığına göre Q1.1DG=11,93 kWh/m3 olarak bulunur. Son olarak yapılacak işlem Q, Q1 değerlerinin karşılaştırılması olacaktır. Eğer Q1≥Q ise bina TSE 825'e göre uygun bir binadır. Barış Manço Kültür Merkezinin yıllık ısıtma enerjisi miktarı 32,61 kWh/m3 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 11,93 kWh/m3'ten büyük olduğu için binanın standarda uygun olmadığı ortaya çıkmaktadır.

4.11.3. Barış Manço Kültür Merkezinin TSE 825 Standardına Göre ve Yalıtım Yapılarak Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi

Barış Manço Kültür Merkezinin yalıtımsız olması yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını çok arttırmaktadır. Yapılan hesaplama, binanın TSE 825 standardının beklediği maksimum değerden çok daha fazla bir enerji ihtiyacı olduğunu ortaya koymaktadır. Barış Manço Kültür Merkezinin kabuğunda iyileştirme yapılması durumunda TSE 825'in standart değerine ulaşılabilirliğini hesaplamak mümkündür. Bunun için önce yalıtım malzemeleri ilave edilerek binanın özgül ısı kaybı tekrar hesaplanacak ve ardından yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanacaktır

4.11.4. Yalıtımlı Barış Manço Kültür Merkezinin Özgül Isı Kaybı Hesabı İşlemleri

Barış Manço Kültür Merkezinin duvar ve tavan yüzeylerinde 1cm'lik yalıtım uygulaması yapılması durumunda binanın özgül ısı kaybı aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi olacaktır. Tablodaki veriler, binanın yapı elemanlarının özgül ısı kaybını hesaplamak için kullanılmıştır. Özgül ısı kaybı hesaplaması, yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayılarını (U-değeri) ve yüzey alanlarını kullanarak yapılır. Bu hesaplama, her bir yapı elemanının üzerinden geçen ısı miktarını belirlemeye yardımcı olur.

Formül:

$Q=U\times A\times \Delta T$ (4.2)

Burada:

- Q : Isı kaybı (Watt)
- U : Isı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)
- A : Isı taşıyan yüzey alanı (m²)
- ΔT : İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı (K veya °C)

Her bir yapı elemanı için, ısı kaybı şu şekilde hesaplanır:

Yapı Elemanı Kalınlığına Göre Isı Geçirgenlik Katsayısı (U);

Isı geçirgenlik katsayısı, yapı elemanlarının kalınlıklarına ve ısı iletkenlik değerlerine bağlı olarak hesaplanır.

U değeri, yapı elemanının toplam kalınlığının (d) ısı iletkenlik değerine (λ) bölünmesiyle bulunur:

$U=\frac{1}{\sum\frac{d}{\lambda}}$ (4.3)

Burada d: Kalınlık (m), λ : Isı iletkenlik değeri (W/mK)

Toplam Isı Geçirgenlik Katsayısı (U);

Her bir katman için hesaplanan U değerleri toplandıktan sonra toplam U değeri elde edilir.

Isı Kaybı (Q);

Toplam U değeri ile yüzey alanı (A) ve sıcaklık farkı (ΔT) çarpılarak ısı kaybı hesaplanır.

$$Q=U\times A\times \Delta T \tag{4.4}$$

Örnek Hesaplama

Duvar Yüzeyleri İçin:

- İç Sıva: d=0,02m, λ=0,87
- Tuğla: d=0,19m, λ = 0,45
- Dış Sıva: d=0,03 m, λ=1,4
- Ekstrüde Pol.: d=0,01 m, λ=0,031

Toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U):

$$U = \frac{1}{\frac{d_{iç\ sıva}}{\lambda_{iç\ sıva}}+\frac{d_{tuğla}}{\lambda_{tuğla}}+\frac{d_{dış\ sıva}}{\lambda_{dış\ sıva}}+\frac{d_{ekstrüde\ pol.}}{\lambda_{ekstrüde\ pol.}}+1\ /\ iç\ +1\ /\ dış}$$

$$U = \frac{1}{\frac{0.02}{0.87}+\frac{0.19}{0.45}+\frac{0.03}{1.4}+\frac{0.01}{0.031}+0.13+0.04}$$

$$U = \frac{1}{0.959} \approx 1.043\ W\ /\ m^2K$$

Isı kaybı (Q)

$$Q = U\ x\ A\ x\ \Delta T$$

Bu hesaplamalar, her bir yapı elemanı için ayrı ayrı yapılarak toplam ısı kaybı bulundu ve tabloya eklendi.

Tablodaki diğer yapı elemanları için benzer hesaplamalar yapıldı ve sonuçlar toplanarak binanın toplam ısı kaybı hesaplandı.

Tablo 4.34. 1cm Yalıtım ile Model Bina Özgül Isı Kaybı Hesabı

		1	2	3	4	5	6
		Yapı elemanı kalınlığı	Isı iletkenlik değeri	d/k	Isı geçirgenlik katsayısı	Isı taşıyanyüzey	Isı kaybı
Duvar Yüzeyleri	1/ iç			0,130			
	İç Sıva	0,02	0,87	0,023			
	Tuğla	0,19	0,45	0,422			
	Dış Sıva	0,03	1,4	0,021			
	Ekstrüde Pol.	0,01	0,031	0,323			
	1/ dış			0,040			
	TOPLAM			0,959	1,043	295,75	**308,32**
Duvar Yüzeyleri	1/ iç			0,130			
	İç Sıva	0,02	0,87	0,023			
	Normal Beton	0,2	2,1	0,095			
	Dış Sıva	0,03	1,4	0,021			
	Ekstrüde Pol.	0,01	0,031	0,323			
	1/ dış			0,040			
	TOPLAM			0,632	1,582	18,484	**29,24**
Taban	1/ iç			0,170			
	Betonarme	0,2	1,74	0,115			
	Grobeton	0,35	0,4	0,875			
	Taşıyıcı beton	0,05	2,1	0,024			
	1/ dış			0,170			
	TOPLAM			1,354	0,369	120,05	**44,34**
Tavan	1/ iç			0,130			
	İç Sıva	0,02	0,87	0,023			
	Betonarme	0,12	2,1	0,057			
	Cam Yünü	0,01	0,04	0,250			
	1/ dış			0,080			
	TOPLAM			0,540	1,48	120,05	**177,81**
Pencere					2,30	55,453	**127,54**
	TOPLAM						**687,25**

Eşitlik (4.1) kullanılarak Barış Manço Kültür Merkezinin toplam özgül ısı kaybı H=953,47 W/K bulunur

.

4.11.5. Yalıtımlı Barış Manço Kültür Merkezinin TSE 825 Standardına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi Enerji Tüketim Maliyeti Analizi

Toplam özgül ısı kaybı hesaplanan yalıtımlı model bina için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamaları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Barış Manço Kültür Merkezinin brüt hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 21,67kWh/m3'olarak bulunur. Bu değer, TSE 825 standardının ön gördüğü maksimum değerden yüksektir. Kısaca, bina kabuğunda 1cm'lik bir yalıtım ile uygun yalıtım kalınlığına sahip olunamamaktadır.

Tablo 4.35. Yalıtımlı Model Bina için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı									
Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	H	Ti-Td	H(Ti-Td)	i	g	i g	γ	ay	Qay
Ocak	953,47	10,60	10106,81	1613,48	994,82	2608,30	0,26	0,98	20229022,70
Şubat		10,00	9534,73		1251	2864,50	0,30	0,96	16970200,70
Mart		7,40	7055,70		1520,5	3134,00	0,44	0,89	11387437,34
Nisan		3,20	3051,11		1716,8	3330,30	1,09	0,60	2729629,50
Mayıs		Qe Yüksek			2012,9	3626,42			
Haziran		Qe Yüksek			2126,1	3739,54			
Temmuz		Qe Yüksek			2066,2	3679,65			
Ağustos		Qe Yüksek			1919,8	3533,26			
Eylül		Qe Yüksek			1590,4	3203,87			
Ekim		0,50	476,74		1267,7	2881,13	6,04		100049,08
Kasım		6,00	5720,84		944,92	2558,40	0,45	0,89	8905771,35
Aralık		9,70	9248,69		868,39	2481,87	0,27	0,98	18284293,95
Qyıl= Qay		**=78606404,62 k J**		=21852,58 kWh					

Model bina için hesaplanan enerji ihtiyacı, sunulan referans bina verileri ile karşılaştırıldığında yaklaşık %40 oranında daha düşük bulunmuştur. Bu azalma yapı

kabuğunda gerçekleştirilen ısı yalıtım uygulamalarının ısı kayıplarını önemli ölçüde sınırlandırdığını göstermektedir. Bu bağlamda, ısı yalıtımının enerji verimliliği stratejileri içerisindeki kritik rolü bir kez daha doğrulanmıştır.

Tasarruf(%)=(Q_{eski}-Q_{yen}i/Q_{eski}) x100 (4.5)
Formülüyle elde edilir.

4.12 Barış Manço Kültür Merkezinin Yıllık Isıtma Enerjisini Karşılayacak Yakıt Miktarları

Barış Manço Kültür Merkezinin ve yalıtımlı Barış Manço Kültür Merkezinin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını karşılamak amacıyla farklı yakıt türleri için gereken yakıt miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamada aşağıdaki tabloda bulunan yakıt türleri ve ısıl değerleri kullanılmıştır. Kullanılan formüller ve hesaplamalar şu şekildedir

Gerekli LPG Miktarı (kg) = $\frac{30462.5}{10900}$ ≈2.79 kg

Gerekli Elektrik Enerjisi (kWh) = $\frac{30462.5}{860}$ ≈35.41 kWh

Gerekli Doğalgaz Miktarı (m^3) = $\frac{30462.5}{8250}$ ≈3.69 kg

4.12.1. Yakıt Hesaplamada Kullanılan Temel Formüller

4.12.1.1. Isıl Değer Hesaplaması (kcal)

Her bir yakıt türü için gerekli enerji miktarını hesaplamak için kullanılan temel formül:

$$\textbf{Gerekli Yakıt Miktarı (kg veya m}^3\textbf{)} = \frac{\textit{Gerekli Enerji (kJ)}}{\textit{Yakıtın Isıl Değeri (kcal / kg veya kcal /m3)}} \quad (4.6)$$

Burada dikkat edilmesi gereken nokta, gerekli enerji miktarının kJ cinsinden verilmesi ve yakıtın ısıl değerinin kcal cinsinden olmasıdır. Bu nedenle, enerji birimlerinin uyumlu hale getirilmesi gerekir.

Enerji Dönüşüm Faktörü:
kJ cinsinden verilen enerji değerini kcal cinsine çevirmek için;

1 kcal=4.184 kJ

Dolayısıyla:

Gerekli Enerji (kCal) = $\frac{Gerekli\ Enerji\ (kJ)}{4.184}$

Enerji dönüşüm faktörü kullanılarak, farklı birimlerde ifade edilen enerji değerlerinin ortak bir birimde değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Bu çalışmada kJ cinsinden hesaplanan enerji değerlerin kcal birimine dönüştürülerek daha anlaşılabilir ve karşılaştırılabilir hale getirilmiştir. Yapılan bu dönüşüm, hesaplamaların tutarlılığını artırmakta ve elde edilen sonuçların literatür ile uyumlu şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Bununla birlikte, enerji hesaplamalarında birim birliğinin sağlanmasının, özellikle farklı kaynaklardan elde edilen verilerin karşılaştırılmasında kritik bir öneme sahip olduğu değerlendirilmektedir. Aksi takdirde, birim farklılıkları hesaplama hatalarına ve sonuçların yanlış yorumlanmasına neden olabilmektedir. Bu kapsamda, dönüştürülen enerji değerleri esas alınarak bir sonraki bölümde model binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını karşılayacak yakıt miktarları hesaplanmıştır.

4.12.1.2. Hesaplama Adımları

Gerekli Enerji Miktarını kcal Cinsine Çevirme:

Örneğin, 127480058 kJ enerjiye ihtiyaç varsa;

Gerekli Enerji (kCal) = $\frac{127480058}{4.184}$ ≈30462,5 kCal

Gerekli Yakıt Miktarını Hesaplama:

Gerekli enerji miktarını hesapladıktan sonra, her bir yakıt türü için gerekli miktarı bulmak için:

Gerekli Yakıt Miktarı (kg) = $\frac{Gerekli\ Enerji\ (kCal)}{Yakıtın\ Isıl\ Değeri\ (\frac{kCal}{kg})}$

Gerekli Taş Kömürü Miktarı (kg) = $\frac{30462.5}{6100}$ ≈4.99 kg

Örnek Hesaplamalar:

Tabloda verilen çeşitli yalıtım kalınlıkları için gerekli yakıt miktarlarını hesaplamak üzere yukarıdaki formülleri kullanabiliriz. Örneğin:

- Tavan Yalıtım Kalınlığı 0 cm, gerekli enerji 127480058 kJ:
- Taş Kömürü:

Gerekli Enerji (kCal) = $\frac{127480058}{4.184}$ ≈30462,5 kCal

Gerekli Taş Kömürü Miktarı (kg) = $\frac{30462.5}{6100}$ ≈4.99 kg

- Maden Kömürü:

Gerekli Maden Kömürü Miktarı (kg) = $\frac{30462.5}{5500}$ ≈ 5.54 kg

- Odun:

Gerekli Odun Miktarı (kg) = $\frac{30462.5}{3000}$ ≈10.15 kg

- Kalorifer Yakıtı:

Gerekli Kalolifer Yakıtı Miktarı (kg) = $\frac{30462.5}{10000}$ ≈3.05 kg

- Motorin:

Gerekli Motorin Miktarı (kg) = $\frac{30462.5}{10200}$ ≈2.98 kg

- Doğalgaz

Gerekli Doğalgaz Miktarı (m^3) = $\frac{30462.5}{8250}$ ≈3.69 kg

- LPG

Gerekli LPG Miktarı (kg) = $\frac{30462.5}{10900}$ ≈2.79 kg

- Elektrik

Gerekli Elektrik Enerjisi (kWh) = $\frac{30462.5}{860}$ ≈35.41 kWh

Tablo 4.36. Yakıt Türleri ve Isıl Değerleri

Yakıt Türü	Isıl Değeri	Birimi
Taş Kömürü	6100	kCal/kg
Maden Kömürü	5500	kCal/kg
Odun	3000	kCal/kg
Kalorifer Yakıtı	10000	kCal/kg
Motorin	10200	kCal/kg
Doğalgaz	8250	kCal /m^3
LPG	10900	kCal /kg
Elektrik	860	kCal /kWh

Tablo 4.37. Barış Manço Kültür Merkezinin Yıllık Isıtma Enerjisini Karşılayacak Yakıt Miktarları

Gerekli Enerji (kJ)	Tavan Yalıtım Kalınlığı (cm)	Duvar Yalıtım Kalınlığı (cm)	TaĞ Kömürü (kg)	Maden Kömürü (kg)	Odun (kg)	Kalorifer Yakıtı (kg)	Motorin (kg)	Doğalgaz (m^3)	LPG (kg)	Elektrik (kWh)
127480058	0	0	4991	5536	10149	3045	2985	3691	2793	35405
108178950	1	0	4236	4698	8613	2584	2533	3132	2370	30044
101158606	2	0	3961	4393	8054	2416	2369	2929	2217	28095
97530325	3	0	3819	4235	7765	2329	2284	2824	2137	27087
95314613	4	0	3732	4139	7589	2277	2232	2759	2089	26472
93821127	5	0	3674	4074	7470	2241	2197	2716	2056	26057
92746286	6	0	3631	4028	7384	2215	2172	2685	2032	25758
91935723	7	0	3600	3992	7319	2196	2153	2662	2015	25533
91302650	8	0	3575	3965	7269	2181	2138	2643	2001	25357
90794527	9	0	3555	3943	7229	2169	2126	2629	1990	25216
90377687	10	0	3539	3925	7195	2159	2116	2617	1980	25100
127480058	0	0	4991	5536	10149	3045	2985	3691	2793	35405
103997805	0	1	4072	4516	8280	2484	2435	3011	2279	28883
93143938	0	2	3647	4045	7416	2225	2181	2697	2041	25869
86839148	0	3	3400	3771	6914	2074	2033	2514	1903	24118
82713861	0	4	3239	3592	6585	1976	1937	2395	1812	22972
79803692	0	5	3125	3466	6354	1906	1869	2310	1749	22164
77640560	0	6	3040	3372	6181	1854	1818	2248	1701	21563
75969537	0	7	2975	3299	6048	1815	1779	2199	1665	21099
74639859	0	8	2923	3241	5942	1783	1748	2161	1636	20730
73556643	0	9	2880	3194	5856	1757	1722	2130	1612	20429
72657190	0	10	2845	3155	5785	1735	1701	2103	1592	20179
127480058	0	0	4991	5536	10149	3045	2985	3691	2793	35405
85069623	1	1	3331	3694	6773	2032	1992	2463	1864	23626
67747698	2	2	2653	2942	5394	1618	1586	1961	1485	18815
58307657	3	3	2283	2532	4642	1393	1365	1688	1278	16194
52376768	4	4	2051	2275	4170	1251	1226	1516	1148	14546
48311220	5	5	1892	2098	3846	1154	1131	1399	1059	13417
45353808	**6**	**6**	**1776**	**1970**	**3611**	**1083**	**1062**	**1313**	**994**	**12596**
43107512	7	7	1688	1872	3432	1030	1009	1248	945	11972
41344313	8	8	1619	1795	3292	987	968	1197	906	11482
39924038	9	9	1563	1734	3179	954	935	1156	875	11088
38755838	10	10	1517	1683	3086	926	908	1122	849	10764

Yukarıdaki sonuçlar incelendiğinde Barış Manço Kültür Merkezinin yıllık ısıtma enerjisini karşılaması için gerekli elektrik enerjisinin 35405 kWh olduğu, aynı ihtiyaç aynı binaya tavandan 10cm yalıtım uygulaması ile karşılandığında gerekli elektrik enerjisinin 25100 kWh olduğu görülmektedir. Bu hali ile bile model bina yıllık ısınma enerjisi için harcadığı enerjiden %29 tasarruf sağlamaktadır. Eğer 10 cm yalıtım tavan yerine duvarlarda gerçekleştirilirse 20179 kWh elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da %43'lük bir tasarruf sağlayacaktır. Model bina için TSE 825'e uygun yalıtım yapıldığı düşünülürse, yani tavan ve duvarlarda 6 cm yalıtım sağlandığında, gerekli elektrik enerjisi miktarı 12596 kWh olacaktır. Bu değer %64 enerji tasarrufu sağlanacağını ifade etmektedir.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler, yapı kabuğundaki iyileştirmelerin enerji verimliliği üzerindeki etkisinin doğrusal değil, stratejik bir yerleşim meselesi olduğunu kanıtlamaktadır. Bu bina üzerinden gidildiğinde; sadece tavan veya sadece duvar yalıtımı gibi parçalı uygulamaların, bütüncül bir sistem tasarımıyla kıyaslandığında yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu çalışma; yalıtımda başarının maksimum kalınlık ile değil yapı kabuğunun tamamını kapsayan kesintisiz ve standartlara uygun (TSE 825) bütüncül bir geometrik planlama ile mümkün olduğunu sayısal verilerle kanıtlanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Barış Manço Kültür Merkezi, Bursa'nın Yıldırım ilçesi Mimar Sinan mahallesinde bulunan önemli bir kültürel ve sosyal merkezdir. 2003 yılında inşa edilen bina, toplam 24.710,95 metreküp kapalı hacme ve 7.513,45 metrekare kullanım alanına sahiptir. Bina, merkezi bir kazan tarafından desteklenen merkezi ısıtma sistemi ve chiller ile desteklenen merkezi soğutma sistemine sahiptir. Yıllık ısıtma ve soğutma derecesi günleri, enerji talebindeki yıllık değişimleri vurgulamaktadır. Örneğin, ısıtma derecesi günleri 2018 yılında 1.374, 2019 yılında 1.497 ve 2020 yılında 1.567 iken, soğutma derecesi günleri 2018 yılında 349, 2019 yılında 316 ve 2020 yılında 346 olmuştur. Bu değişimler, uyum sağlayabilen ve verimli HVAC sistemlerinin önemini ortaya koymaktadır.

Binanın yıllık elektrik ve doğalgaz tüketimi, yıllar arasında önemli değişkenlikler göstermektedir. Örneğin, yıllık elektrik tüketimi 2018 yılında 47,33 TEP, 2019 yılında 49,35 TEP ve 2020 yılında 40,85 TEP olmuştur. Doğalgaz tüketimi ise 2018 yılında 40,21 TEP, 2019 yılında 40,83 TEP ve 2020 yılında 27,34 TEP olarak kaydedilmiştir. Bu değişkenlikler, enerji tüketimini optimize etme ve enerji verimliliğini artırma ihtiyacını vurgulamaktadır.

Barış Manço Kültür Merkezi'nde çeşitli tipte aydınlatma armatürleri kullanılmaktadır. 970 adet 36W floresan, 900 adet 2x18W pwc spot, 200 adet 1x50W spot, 150 adet 1W metaralde spot, 140 adet 2x36W floresan ve 15 adet 400W projektör bulunmaktadır. Toplam aydınlatma gücü ise 203,55 kW'dır. Aydınlatma sistemlerinin enerji verimliliği açısından düzenli olarak kontrol edilmesi ve gerekirse yenilenmesi önemlidir.

Binada mekanik bir havalandırma sistemi bulunmaktadır. Klima santralleri, ısıtma için kazandan gelen sıcak suyu, soğutma için ise soğutma gruplarından gelen soğuk suyu kullanmaktadır. Bu sistemler, hem ısıtma hem de soğutma işlemlerini verimli bir şekilde gerçekleştirmektedir. Ayrıca, egzoz aspiratörleri, tuvalet gibi alanlardan kokuları uzaklaştırarak hava sirkülasyonunu sağlamaktadır. Havalandırma sistemlerinin düzenli bakımı ve filtre değişimleri, enerji verimliliğini artırmak ve sistemlerin uzun ömürlü olmasını sağlamak açısından öneme sahiptir.

Barış Manço Kültür Merkezi'nin enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından önemli adımlar attığı görülmektedir. Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin güncellenmesi, enerji tüketimini optimize etmek ve ziyaretçilere konforlu bir ortam sunmak için yapılmıştır. Ayrıca, elektrik motorları ve havalandırma sistemlerinin periyodik bakımları, enerji verimliliğini artırmak ve operasyonel maliyetleri azaltmak için önemlidir. Bununla birlikte, bina yalıtımının iyileştirilmesi ve enerji kayıplarının minimize edilmesi de enerji verimliliğini artırmak için dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Termal kameralar kullanılarak yalıtım sorunlarının tespit edilmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılması, binanın enerji performansını daha da artıracaktır.

Barış Manço Kültür Merkezi'nin enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından attığı adımlar, diğer kamu binaları için örnek teşkil etmektedir. Enerji tüketiminin optimize edilmesi, düzenli bakım ve yenileme çalışmaları ile bina, hem enerji maliyetlerini azaltmakta hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır.

Barış Manço Kültür Merkezi, toplam 24,710.95 metreküp kapalı hacme ve 7,513.45 metrekare kullanım alanına sahiptir. Binanın cepheleri, 10 cm kalınlığında taş yünü ile yalıtılmış olup, bu yalıtım malzemesinin etkinliği termal kameralar kullanılarak değerlendirilmiştir. Termal görüntüler, yalıtımın genel olarak etkili olduğunu, ancak pencerelerden kaynaklanan ısı kayıplarının duvarlara kıyasla daha fazla olduğunu ortaya koymuştur**.** Bu bulgu, binalarda pencere yalıtımının önemini vurgulamaktadır.

Pencereler, duvarlara göre daha fazla ısı kaybına neden olduğundan, enerji verimliliği açısından çift cam veya daha gelişmiş pencere teknolojilerinin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca, termal görüntülerde ısı köprülerinin bulunmadığı ve bina yalıtımının TS 825

standardına uygun olduğu tespit edilmiştir. 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait doğalgaz tüketim verileri analiz edilmiştir.

Analizler, ısıtma derece gün sayısının (HDD) doğalgaz tüketimi üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu göstermiştir. 2020 yılı verilerine göre, HDD değişkeni doğalgaz tüketiminin %61'ini açıklamaktadır ($R^2 = 0.609077$). Bu, ısıtma ihtiyacının doğalgaz tüketimini büyük ölçüde belirlediğini gösterir. Ancak, doğalgaz tüketimini optimize etmek için diğer faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Örneğin, yalıtım kalitesi, dış hava sıcaklığı ve bina kullanım alışkanlıkları gibi değişkenler de doğalgaz tüketimini etkileyebilir.

Barış Manço Kültür Merkezi'nde yapılan termal görüntüleme çalışmaları, pencerelerden kaynaklanan ısı kayıplarının duvarlara göre daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, bina yalıtımının önemli bir bileşeni olarak pencere yalıtımının gözden geçirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, tesisat ve ısıtma sistemlerindeki armatür ve vanaların yalıtımında eksiklikler tespit edilmiştir. Bu eksikliklerin giderilmesi, enerji verimliliğini artıracak ve ısı kayıplarını azaltacaktır.

Bina yalıtımının enerji tasarrufu üzerindeki etkisi önemli ölçüde belirlenmiştir. Tavan ve duvarlarda 6 cm yalıtım yapılması durumunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 35,405 kWh'dan 12,596 kWh'a düşmektedir. Bu, %64 oranında bir enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu bulgu, yalıtımın enerji maliyetlerini önemli ölçüde düşürdüğünü ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunduğunu göstermektedir. Yalıtımın etkin bir şekilde uygulanması, binaların enerji performansını iyileştirmek için kritik öneme sahiptir.

Barış Manço Kültür Merkezi'nin yalıtım malzemelerinin uygunluğuna dair yaptığımız araştırmada, yalıtım malzemelerinin TS 825 standardına uygun olması gerekmektedir. Araştırma sonuçlarına göre, bina kabuğunda uygun yalıtım yapılmadığı takdirde enerji kaybı ve maliyetlerin yüksek olacağı incelenmiştir. Örneğin, mevcut bina için gerekli elektrik enerjisi miktarı 35,405 kWh iken, tavan ve duvarlarda 6 cm yalıtım yapıldığında bu miktar 12,596 kWh'a düşmektedir, bu da %64 enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Yalıtım malzemeleri, binaların ısı kaybını minimuma indirmek için hafif ve gözenekli yapıda olmalıdır. Yalıtım levhalarının uygun şekilde yerleştirilmesi ve doğru sıva

sistemlerinin uygulanması, yüzeylerde çatlak oluşumunu engelleyerek yalıtımın etkinliğini artırır. Barış Manço Kültür Merkezi'nde kullanılan yalıtım malzemeleri TSE 825 standardına uygun olduğu takdirde, enerji verimliliği sağlanabilir ve enerji maliyetleri önemli ölçüde düşürülebilir.

Barış Manço Kültür Merkezi için yapılan yalıtım malzemesi değerlendirmesi sonucunda, mevcut yalıtım kalınlıklarının TSE 825 standardına uygun olmadığı görülmüştür. Yalıtım yapılarak bile, binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı TSE 825'in öngördüğü maksimum değerin üzerinde kalmaktadır. Özellikle bina kabuğunda yapılan iyileştirmeler ile uygun yalıtım sağlanamadığı incelenmiştir. Bu durumda, Barış Manço Kültür Merkezi'nin mevcut yalıtım malzemeleri ve uygulamaları TSE 825 standardına uygun değildir ve enerji verimliliğini artırmak için ek iyileştirmeler gerekmektedir. Barış Manço Kültür Merkezi'nin mevcut yalıtım durumu, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının yüksek olduğunu göstermektedir. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 35405 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tavan ve duvarlarda 10 cm yalıtım yapılması durumunda bu değer 20179 kWh'a düşmektedir, bu da %43'lük bir enerji tasarrufu sağlamaktadır. TS825 standardına uygun yalıtım yapılması durumunda, yani tavan ve duvarlarda 6 cm yalıtım sağlandığında, gerekli elektrik enerjisi miktarı 12596 kWh olacaktır. Bu da %64 enerji tasarrufu sağlanacağını göstermektedir.

Mevcut yalıtım kalınlıkları ve malzemelerinin TSE 825 standardına uygun olmadığı, enerji verimliliğini sağlamak için ek iyileştirmelere ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Uygun yalıtım malzemeleri arasında cam yünü, taş yünü, XPS (ekstrüde polistiren), EPS (genleştirilmiş polistiren), SPF (sprey poliüretan köpük) ve cam köpüğü gibi malzemeler bulunmaktadır. Bu malzemeler hafif ve gözenekli yapıları ile ısı kaybını minimuma indirmek için uygundur.

Barış Manço Kültür Merkezi'nde mevcut yalıtım malzemeleri ve uygulamaları TSE 825 standardına uygun değildir ve enerji verimliliğini artırmak için ek iyileştirmeler gerekmektedir. Binanın mevcut yalıtım kalınlıkları, standardın gerektirdiği seviyenin altındadır. TSE 825 standardına uygun yalıtım yapılması durumunda, bina önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayabilir ve ısıtma maliyetlerini düşürebilir. Bununla beraber, çalışmada kullanılan termal kamera ile ilgili bilgiler verilebilir.

Termal kameralar, yüzey sıcaklıklarını algılayarak ve ölçerek kızılötesi termografi prensibiyle çalışır. Bu kameralar, objelerden yayılan termal enerjiyi algılayan lensler ve algılayıcılardan oluşur. Termal kameralar, kızılötesi dalga boyu spektrumunda (9–14 μm) yayılan ışınımı uzaktan algılayarak termografik görüntüler elde eder. Bu cihazlar, son derece düşük sıcaklık farklarını algılayabilir ve bu farkları gerçek zamanlı video görüntüsü olarak monitörde izlenmesini sağlar. Lenslerden elde edilen kızılötesi ışıma değerleri sayısal değerlere çevrilir ve yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelecek şekilde farklı renklerle belirtilerek termografik görüntü oluşturulur.

Barış Manço Kültür Merkezi'nde termal kameralar kullanılarak izolasyon hataları tespit edilerek detaylı inceleme yapıldı. Bu araştırmadan elde edilen bulgular birçok önemli sonuca yol açtı. İlk olarak binanın pencerelerinin duvarlara göre daha fazla ısı kaybına neden olduğu görüldü. İyi yalıtılmış yapılarda bu beklenirken, pencerelerdeki yalıtımın duvarlardaki kadar etkili olmadığı ortaya çıktı. Isı köprülerinin incelenmesine geçildiğinde bina cephelerinde böyle bir köprünün bulunmadığı belirlendi. Bu durum bina yalıtımının TSE 825'in belirlediği standartlara uygun olduğunu göstermektedir. Ancak tesisat ve ısıtma sistemlerindeki armatür ve vanaların yalıtımında eksiklikler tespit edilmiştir. Bu sorunları düzeltmek için valf ceketleri ve termo kaplamaların uygulanması gibi önlemlerin uygulanması tavsiye edilir (İzoder, TSE 825).

Elektrik panolarında yapılan termal incelemelerde ekipman hatlarında herhangi bir aşırı ısınma belirtisine rastlanmadı. Bu durum elektrik tesisatında düzenli bakım yapıldığını ve sistemin sorunsuz çalışmasının sağlandığını göstermektedir. Bina yalıtım uygulamalarında termal kameraların önemi ve enerji verimliliğinin arttırılmasında kullanılması bu bulgularla vurgulanmaktadır.

Güçlü bir araç olarak kullanılan termal kameralar, enerji israfını ve yalıtım eksikliklerini etkili bir şekilde tespit eder. Yalıtım sorunlarının tespitine ek olarak termografik denetimler aynı zamanda sistemlerin düzgün çalıştığının doğrulanmasına da hizmet eder. Bu önemli süreç, enerji verimliliğinin ve binaların genel performansının optimizasyonunda çok önemli bir rol oynamaktadır.

Barış Manço Kültür Merkezi'nde yapılan incelemeler, mevcut yalıtım malzemelerinin TSE 825 standardına uygun olmadığını ve bu durumun enerji kaybına yol açtığını göstermektedir. Örneğin, binanın mevcut yalıtım durumunda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 35405 kWh olarak hesaplanmıştır. Ancak tavan ve duvarlarda 6 cm yalıtım yapıldığında bu değer 12596 kWh'a düşmekte ve %64 oranında enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Barış Manço Kültür Merkezi'nde kullanılan yalıtım malzemelerinin enerji verimliliğini artırıcı nitelikte olması gerekmektedir. Hafif ve gözenekli yapıda olan yalıtım malzemeleri, binaların ısı kaybını minimuma indirmek için tercih edilmelidir. Uygun şekilde yerleştirilen yalıtım levhaları ve doğru sıva sistemleri, yüzeylerde çatlak oluşumunu engelleyerek yalıtımın etkinliğini artırır. Ancak mevcut yalıtım kalınlıklarının TSE 825 standardına uygun olmadığı ve ek iyileştirmeler gerektiği tespit edilmiştir.

Barış Manço Kültür Merkezi'nin ısıtma enerjisi ihtiyacının belirlenmesinde özgül ısı kaybı hesaplamaları yapılmıştır. Mevcut durumda binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 3288242 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu değer, TSE 825 standardının öngördüğü maksimum değerden yüksektir ve bina kabuğunda uygun yalıtım yapılmadığını göstermektedir.

Bina kabuğunda yapılan iyileştirmeler, enerji tüketimini azaltmak için önemli bir adımdır. Örneğin, tavan ve duvarlarda 10 cm yalıtım yapılması durumunda, binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı %43 oranında azalarak 20179 kWh'a düşmektedir. TSE 825 standardına uygun yalıtım yapılması durumunda ise enerji tasarrufu %64'e ulaşmaktadır.

Barış Manço Kültür Merkezi'nin enerji sınıfının belirlenmesi ve yapılan iyileştirmelerle elde edilen enerji tasarrufu, bina enerji verimliliğini artırmada yalıtımın kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Mevcut yalıtım durumunun iyileştirilmesi, enerji tüketimini ve maliyetlerini önemli ölçüde düşürmekte ve uzun vadede ekonomik kazanç sağlamaktadır.

Bu çalışma, benzer nitelikteki diğer kültür merkezleri için de örnek teşkil edecek niteliktedir.

Bu çalışmada, enerji tüketiminin azaltılması ve çevreye duyarlı bina tasarımı üzerinde durulmuştur. Benzer şekilde Türkiye'de konut tipi binaların ısıtma yükü altında ömür maliyet analizi üzerinden optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi incelenmiştir. Her iki çalışma da, enerji verimliliğinin artırılmasının, ısıtma maliyetlerinin düşürülmesinde ve çevresel etkilerin azaltılmasında önemli rol oynadığına işaret edilmektedir (Aydın ve Biyikoğlu, 2019).

Enerji kullanımının çevresel etkilerini incelerken, özellikle fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan çevre kirliliğine ve sürdürülemezliğe vurgu yapılmıştır (Çoban ve Kılınç, 2016). Bu tez çalışmasında ise enerji tüketim miktarlarını azaltarak ve verimliliği artırarak bu tür çevresel zararların önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel etkiler açısından fosil yakıtlara üstün olduğunu belirtmiş ve bu bağlamda yapılan çalışmanın yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etme potansiyeline işaret edilmiştir (Şenpınar ve Gençoğlu, 2006).

Uluslararası yeşil bina sertifika sistemleri ve Türkiye'deki bina enerji verimliliği uygulamalarını karşılaştırmışlardır (Anbarcı, Giran ve Demir, 2012). Bu tez çalışması bu tür sertifika sistemlerine uyum sağlama ve global standartlara erişme yolunda önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini vurgularken, bu çalışmanın da benzer bir yönelim gösterdiği söylenebilir (Yılmaz, 2012).

Bu tez çalışmasında enerji tasarrufunu ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik ederek çevresel ayak izini azaltma amacı güdülmektedir. Bu hedefler, çevresel zararların azaltılması ve enerji kaynaklarının etkin kullanımı ile uyumlu olarak karşılanabilir (Çoban ve Kılınç, 2016). Ayrıca, bina enerji verimliliği ve yeşil sertifika sistemlerine yönelik çalışmalar (Anbarcı vd., 2012) bu tez çalışmasının işaret ettiği enerji verimliliği stratejilerinin uygulanabilirliğini destekler niteliktedir.

Bu tez çalışmasında enerji tüketimini azaltmanın yanı sıra, yenilenebilir enerji kullanımını da önerilmektedir. Bu, Türkiye'nin enerji potansiyeli üzerine yaptığı çalışmayla paralellik göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi açısından önemini vurgulanırken (Yılmaz, 2012), bu çalışmada bu kaynakların kültürel merkezler gibi büyük tüketim alanlarında nasıl entegre edilebileceği üzerine odaklanılmaktadır. Bina kabuğu ve ısıtma sistemi tasarımının enerji tüketimi üzerindeki etkilerini incelenmiştir (Aydın ve Biyikoğlu, 2019; Manioğlu ve Yılmaz ,2002); bu tez çalışmasında ise bu konseptleri pratik bir örnekle somutlaştırmaktadır. Kültür merkezinin enerji tüketimini azaltma stratejileri, yalıtım ve bina kabuğu tasarımı açısından değerli bilgiler sunmaktadır.

5.1. Sonuçlar

Bu çalışma, Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi'nin enerji tüketim analizi üzerine odaklanarak mevcut durumu değerlendirmekte ve enerji verimliliğini artırmak için öneriler sunmaktadır. Çalışma boyunca elde edilen bulgular ve yapılan analizler, bazı önemli sonuçları ortaya koymuştur.

Kültür merkezi, yıllık bazda önemli miktarda enerji tüketmektedir. Elektrik ve doğalgaz kullanımının detaylı analizi, enerji verimliliği açısından iyileştirme potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. 2018-2020 yılları arasında enerji tüketiminde dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Bu dalgalanmalar, bina kullanıcı sayısındaki değişiklikler ve mevsimsel faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Bina kabuğunda kullanılan 10 cm taş yünü ile yapılan yalıtımın enerji tasarrufuna katkı sağladığı, ancak bu yalıtım kalınlığının artırılmasıyla daha fazla enerji tasarrufu sağlanabileceği belirlenmiştir. Termal kameralarla yapılan analizler, yalıtım malzemelerinin etkinliğini ve bina kabuğundaki ısı kaçaklarını net bir şekilde ortaya koymuştur. Aydınlatma sistemlerinde LED teknolojisinin kullanılması, enerji tasarrufu açısından önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Mevcut aydınlatma armatürlerinin yenilenmesi ve sensör teknolojileri ile desteklenmesi önerilmektedir.

Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin (HVAC) enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi, bu sistemlerin optimize edilmesi gerektiğini göstermiştir. Özellikle

chiller grubu ve kazan dairesinde kullanılan sistemlerin modernize edilmesi önerilmektedir. Kültür merkezi çatısına güneş panelleri yerleştirilerek elektrik üretiminin artırılması, enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve çevresel etkilerin azaltılması açısından büyük bir fırsat sunmaktadır.

Güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, merkezi enerji tüketimini azaltarak sürdürülebilir bir yapı oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. Enerji verimliliği projelerinin hayata geçirilmesi, uzun vadede önemli ekonomik tasarruflar sağlayacaktır. Ayrıca, karbon ayak izinin azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından da olumlu etkiler yaratacaktır. Enerji verimliliğine yönelik yapılan her yatırım, hem ekonomik açıdan hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından değerli katkılar sağlayacaktır.

Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi'nin mevcut şartlarda hesaplanan 1 günlük ısınma maliyetinin tutarı 576 TL olduğu önceden hesaplanmıştır. Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi'nin mevcut bazı yapı bileşenleri U değerlerini TSE 825 standartlarına uygun hale getirmek, aynı zamanda ısınmak için tükettiği enerji maliyetini azaltmak için yapılması önerilen iyileştirmeler sonucu 1 günlük ısınma maliyetinin 396 TL olabileceği önceden hesaplanmıştır.

Yapılması önerilen iyileştirmeler sonucunda Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi'nin ısınmak için ödeyeceği bedel üzerinden günlük 207 TL (%36) kazanç elde edilebileceği görülmektedir. Mevcut şartlarda Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi nin ısıtılması için harcanan yıllık tutar 103.680 TL olduğu daha önceden hesaplanmıştır. Isı ihtiyacını azaltıcı yönde yapılması öngörülen değişikliklerden sonra ısınmak için harcanacak tutarın 66.420 TL olabileceği hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar dahilinde Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi'nin yapılan iyileştirmeler sonucu doğalgaz tüketim bedeli üzerinden yıllık 37.260 TL (%36) kazanç elde edebileceği görülmektedir.

Yapılan amortisman hesabına göre Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezİ'nin ısınma maliyetlerini iyileştirmek için yapılması öngörülen tüm harcamalar, 1,92 yıl yani 346 kış günü içerisinde geri kazanılabilmektedir. Sonuç itibari ile Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi için 346 kış gününden sonraki her kış günü için günlük 207 TL kâr elde etmesi

beklenmektedir. Yalıtımın enerji tüketimini azaltıcı yönde çok önemli bir faktör olduğu bu çalışmada ortaya konulmuştur. Ele alınan Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi'nin enerji tüketiminin iyileştirilmesi konusunda ortaya konulacak yöntemler ve elde edilmesi beklenen enerji tüketimi iyileştirmelerinin, benzer özelliklere sahip birçok Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi içinde örnek teşkil edeceği umulmaktadır.

5.2. Öneriler

Barış Manço Kültür ve Kongre Merkezi'nin enerji tüketimi analizi, mevcut durumun iyileştirilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması için çeşitli öneriler sunmaktadır. Bu öneriler, bina kullanıcılarının konforunu artırmak, enerji maliyetlerini düşürmek ve çevresel etkileri azaltmak amacıyla stratejik bir yol haritası oluşturmaktadır. Enerji verimliliği projelerinin uygulanması, bina yönetiminin uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

- Uygun motorlar ve güçlü pompalarla verimi yükseltip, enerji kullanımında tasarrufa gidilmelidir.
- Kazan, pompa, klima ve kombi bakımları belirli periyotlarla muhakkak yapılmalıdır.
- Klima filtre temizliği yapılmalıdır.
- Elektriksel olarak LED armatörler kullanılmalıdır.
- Kapalı alanlar, hangarlar, depolar, merdivenler gibi alanlarda fotoselli aydınlatma kullanılarak tasarrufa gidilmelidir.
- Ana hat dağıtım panosunun belirli aralıklarla kontrolü yapılmalıdır.
- Bina enerji dağıtım manuel dışında otomasyon sistemi ile yapılmalıdır.
- Fazladan aydınlatmalar gereksiz yere kullanılmamalıdır.
- Mantolama, ceket ve vana yalıtımı dikkate alınmalıdır.
- Güç dağıtım, pompa, motor gibi elemanların gücü tam devirde ve hızda olmalıdır.
- Aydınlatma ihtiyacına bağlı elektrik tüketim miktarlarının net tespiti için kolon hattı üzerine sabit enerji analizörü tesisi önerilmektedir.

Çeşitli enerji verimliliği önlemleri değerlendirildiğinde, aşağıdaki adımların uygulanması önerilmektedir:

- C kazanına ekonomizör sisteminin dahil edilmesi, baca gazı sıcaklığının düşürülmesi ve daha sonra bu enerjinin kazan dönüş suyuna aktarılması yoluyla enerji tasarrufu için bir fırsat sunmaktadır. Bu tedbirin uygulanmasıyla yıllık 5.746,06 Sm^3 doğal gaz ve 8.791,47 TL finansman giderinde önemli bir tasarruf sağlanabilecek. Bu kurulumun yatırım getirisi 9,52 yıl olarak hesaplanıyor.
- Vana ve sıhhi tesisat armatürlerinin yalıtımının iyileştirilmesi, enerji kayıplarını etkili bir şekilde azaltarak, yıllık 2.043,97 Sm^3 doğal gaz ve 3.127,27 TL tutarında önemli miktarda mali tasarruf sağlayabilir. Bu özel çabanın yatırım getirisinin 3,19 yıllık bir süre içinde elde edilmesi öngörülüyor.
- Geleneksel aydınlatma armatürlerinin yerine LED armatürlerin kullanılması, elektrik tüketiminde yıllık 35.100 kWh azalma ve 30.888 TL'lik kayda değer bir mali tasarruf da dahil olmak üzere önemli faydalar sağlama potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, bu girişimin ekonomik sürdürülebilirliği, gerekli olan önemli miktardaki başlangıç yatırımı nedeniyle şu anda engellenmektedir. Sonuç olarak, LED aydınlatma armatürleriyle ilgili maliyetler düştükten sonra bu girişimin yeniden değerlendirilmesi zorunludur.

Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin bir izleme ve kontrol sistemi aracılığıyla otomasyonu, bakımın optimize edilmesini ve cihaz ve ekipmanların çalışmasının düzenlenmesini amaçlamaktadır. Bu uygulama, enerji tüketimini etkili bir şekilde en aza indirir ve tesis içinde tutarlı konfor seviyeleri oluşturur. Bunun sonucunda toplam 29.014,28 TL tasarrufla önemli maddi faydalar elde edilebiliyor. Ayrıca yıllık elektrik tüketiminde 28.692,13 kWh, doğal gaz tüketiminde ise 26.330,11 kWh azalma sağlanacak. Bu projenin yatırım getirisinin 5,69 yılda elde edileceği tahmin ediliyor. Barış Manço Kültür Merkezi'nde yapılan enerji verimliliği çalışmaları, enerji maliyetlerini azaltma ve çevresel sürdürülebilirliği artırma açısından önemli bulgular sunmaktadır. Yalıtımın etkin bir şekilde uygulanması, enerji tasarrufunu büyük ölçüde artırırken, tesisat ve ısıtma sistemlerindeki yalıtım eksikliklerinin giderilmesi de enerji verimliliğini artıracaktır. Ekonomizer sisteminin kurulumu, LED aydınlatma kullanımı ve otomasyon sistemleri gibi önlemler, enerji tüketimini optimize ederek uzun vadeli mali tasarruflar sağlayacaktır. Bu bulgular ve öneriler, Barış Manço Kültür Merkezi'nin enerji verimliliğini artırmak ve enerji maliyetlerini azaltmak için yapılacak çalışmaların temelini oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

(Givoni, B. (1998). Climate considerations in building and urban desing. The USA: Van Nostrand Reinhold.

Aksakal, H. (2011). Bina Otomasyon Sistemlerinin Enerji Verimliliğine Etkisinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı.

Aksoy, U., Keleşoğlu, Ö. (2007). Bina kabuğu yüzey alanı ve yalıtım kalınlığının ısıtma maliyeti üzerinde etkileri. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(1), 103-109.

Anbarcı, M., Giran, Ö. ve Demir, İ. H. (2012). Uluslararası yeşil bina sertifika sistemleri ile Türkiye'deki bina enerji verimliliği uygulaması. NWSA-Engineering Sciences, 7(1), 368-383.

Ateş, A. M., Kestane, Ö. ve Ulgen, K. (2021). Üniversite Binalarının Enerji Performans Değerlendirmesi: MCBÜ Köprübaşı Meslek Yüksekokulu Örneği, Mühendis Ve Makina, 62(704), 534-555.

Enerji yönetimi sorular. (2024). KTU Avesis. https://avesis.ktu.edu.tr.

Rüzgâr enerjisi nedir? Rüzgâr türbinleri nasıl enerji üretir? (2024). https://www.aydemperakende.com.tr/blog/ruzgar-enerjisi-nedir-ruzgar-turbinleri-enerji-uretimi.

Aydın, N., ve Bıyıkoğlu, A. (2019). Türkiye'de konut tipi binaların ısıtma yükü altında ömür maliyet analizi yöntemi ile optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Politeknik Dergisi, 22(4), 901-911.

Aydın, Ö. (2019). Binalarda Enerji Verimliliği Kapsamında Yapılan Projelerin Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği. Mimarlık ve Yaşam, 4(1), 55-68.

Bartın Valiliği. (2024). https://bartin.csb.gov.tr/binalarda-enerji-verimliligi-i-6004.

Beytekin, E. H. (2016). Yapı Kabuğunun Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Biyoistatistik A.D. (2024). Korelasyon ve Regresyon Analizi. A.Ü.T.F. Retrieved from https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/30768/mod_resource/content/0/14_Korelasyon%20ve%20Regresyon%20Analizi.pdf.

Bostancıoğlu, E. (2011). Mevcut Binalarda Yapılan Ekolojik İyileştirmelerin Enerji Kazancı. Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 1(2), 15-24.

Cinkaya, N. (2024). II. Ulusal enerji verimliliği eylem planı yayımlandı, Enerji Ajansı. https://enerjiajansi.com.tr/ii-ulusal-enerji-verimliligi-eylem-plani-yayimlandi/.

Çakmanus, İ. (2010). Binalarda enerji verimliliğinin değerlendirilmesi. Teknik Makale, 4. Sayı.

Çakmanus Mühendislik Enerji San. ve Tic. Ltd. Şti. (2010). https://www.yesilbinadergisi.com/yayin/698/binalarda-enerji-verimliliginin-degerlendirilmesi_21030.html .

Çakmanus, İ. (2021). Binalarda enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik. Makina Mühendisleri Odası Ankara Şubesi https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/users/zeynep/1.%20BIBALARDA%20SURDURULEBILIRLIK-mmo%20sunum%2013%2002%202021.pdf.

Çoban, O., ve Kılınç, N. (2016). Enerji kullanımının çevresel etkilerinin incelenmesi. Marmara Coğrafya Dergisi, 33(4), 589-606.

Değirmendereli, A., ve Durukan, L. (2021). Enerji Verimliliği Kapsamında Konutlara Yönelik Vergi Teşvikleri: Bir Vergi Teşvik Mekanizması Önerisi. Akademi Sosyal Bilimler Dergisi, 8(24), 562-577.

Demir, H., Çıracı, G., Kaya, R. ve Ünver, Ü. (2020). Aydınlatmada Enerji Verimliliği: Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Durum Değerlendirmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 25(3), 1637-1652 .

Doğan, M. (2011). Enerji kullanımının coğrafi çevre üzerindeki etkileri. Marmara Coğrafya Dergisi, 23, 36-52.

Duffie, J. A. & Beckman,W. A. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes. New Jersay: Wiley.

Eastop, T.D. and McConkey, A. (1993). Applied Thermodynamics for EngineeringTechnologists. New Delhi: Pearson Education LTD.

Ener Rüşen, S., ve Koç, M. (2019). Enerji tüketim ve CO2 salınım değerlerinin analizi; bir gıda fabrikası örneği. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(4), 1478–1488.

Entes Elektronik. (2024). Enerji verimliliği nedir? Enerji tasarrufu nedir? Enerji tasarrufu neden önemlidir?. 24 Mayıs 2024 tarihinde https://www.entes.com.tr/enerji-verimliligi-nedir-enerji-tasarrufu-nedir/ .

Erden, C. (2020). Regresyon Analizi: Minitab Uygulaması. Retrieved from https://cerden.medium.com/kategorik-veriler-ile-%C3%A7oklu-regresyon-analizi-minitab-uygulamas%C4%B1-e30f74a9b73d.

Evren, B. (2021). GES fizibilite analizi nasıl yapılır? Entegro Enerji Sistemleri. https://entegro.com.tr/ges-fizibilite-analizi-nasil-yapilir/ .

GAMAK, (2023). Enerji verimliliği nedir? Yönetmeliği neleri kapsar? https://www.gamak.com/enerji-verimliligi-nedir-yonetmeligi-neleri-kapsar .

GES Teknik, (2024). HVAC Sistemleri ve Artırılmış Gerçeklik. Enerji verimliliği için akıllı termostatlar: İşyerinde ve evde tasarruf sağlayın. GesTeknik. https://gesteknik.com/enerji-verimliligi-icin-akilli-termostatlar-isyerinde-ve-evde-tasarruf-saglayin-2/ .

Harputlugil, G., ve Harputlugil, T. (2016). Çevresel konfor ve enerji tasarrufu bağlamında konut kullanıcıları davranış profilleri üzerine bir araştırma. Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(3), 695-708.

Kalogirou, S.A. (2004). Solar thermal collectors and applications .Prrogress in Energy and Combustion Science, 30(3),231-295 .

Manioğlu, G., ve Yılmaz, Z. (2002). Bina kabuğu ve ısıtma sistemi işletme biçiminin ekonomik analizi. İTÜ Dergisi/a Mimarlık, Planlama, Tasarım, 1(1).

Mıhlayanlar, E., ve Meral, S. (2023). Mevcut Binalarda Enerji Verimli Yenileme ve EKB Uygulaması. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi, 9(2), 478-497.

Özdemir, A., Pınarlık, M., ve Ercan, E. (2017). Sürdürülebilir Binalar İçin Dünyada Uygulanan Devlet Teşvikleri Ve Uygulamaların İncelenmesi. TÜBAV Bilim Dergisi, 10(1), 52-60.

Sabilgi. (2024). Binalarda ısı yalıtımı yönetmeliği. https://sabilgi.com/mevzuatlar/binaisiyalitim.aspx .

Sehatek. (2024). Güneş enerjisinin bina enerji performansına etkisi. https://sehatek.com.tr/gunes-enerjisinin-bina-enerji-performansina-etkisi/..

Söğüt, Z. (2009). Binalarda enerji taraması ve örnek uygulama. Savunma Bilimleri Dergisi, 8(2), 127–143.

Şavkay, D. (2024). R-Kare (R-Squared) Nedir? (SPSS) — Resimli. Retrieved from https://www.spss-yardimi.com/r-kare-r-squared-nedir-spss/.

Şenkal Sezer, F. (2005). Türkiye'de ısı yalıtımının gelişimi ve konutlarda uygulanan dış duvar yalıtım sistemleri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 10(2), 14.

Şenkal Sezer, F.,ve Karagöz Yeşilyurt, N. (2011). Türkiye'deki çift duvar arası ısı yalıtım uygulamalarında ısı köprülerinin analizi ve yurtdışı uygulamaları ile karşılaştırılması. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16(1), 47.

Şenpınar, A., ve Gençoğlu, M. (2006). Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel etkileri açısından karşılaştırılması. Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi, 4(2), 49-54.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). Binalarda enerji verimliliği. Ölçme ve değerlendirme. https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimliligi-olcme-degerlendirme .

T.C. Resmi Gazete. (2024). Binalarda enerji performansı yönetmeliği. https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=13594&mevzuatTur=KurumVe KurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5 .

Topal, M., Eyduran, E., Yağanoğlu, A. M., Sönmez, A. Y., ve Keskin, S. (2010). Çoklu Doğrusal Bağlantı Durumunda Ridge ve Temel Bileşenler Regresyon Analiz Yöntemlerinin Kullanımı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41(1), 53-57.

Tuğcu, A., Arslan, O., Köse, R., Yamankaradeniz, N. (2016). Jeotermal Destekli Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Termodinamik ve Ekonomik Analizi: Simav Örneği. Isı Bilimi Ve Tekniği Dergisi, 36(1), 143-159.

Turn, S.R. (2013). An Introduction to Combustion:Concepts and Applications. McGraw-Hill Education.

Ünal, R., Akçay, M. T., ve Özgünel, S. (2024). Rüzgâr Enerjisi Verimliliğinin Artırılması ve Simülasyonunda Etkisinin İncelenmesi. International Journal of Engineering Research and Development, 16(1), 236-249.

Yalılı, M. (2021). Lisanslı fotovoltaik güneş enerji santrali yatırımının finansal analizi: Van ili örneği. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10(3), 1055–1074.

Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önem. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 33-54.