



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Termostatik radyatör vanası kullanımının binalarda enerji verimliliği üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması

Experimental investigation of the effect of using thermostatic radiator valve on energy efficiency in buildings

Yazar(lar) (Author(s)): Tuncay KARAÇAM¹, Halil İbrahim VARIYENLİ², Kerim MARTİN³, Ataollah KHANLARI⁴, İpek AYTAÇ⁵

ORCID¹: 0000-0001-7477-8112

ORCID²: 0000-0001-6313-1786

ORCID³: 0000-0002-1960-8070

ORCID⁴: 0000-0001-9691-9799

ORCID⁵: 0000-0003-1213-8325

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Karaçam T., Variyenli H.İ., Martin K., Khanlari A. ve Aytaç İ. "Termostatik radyatör vanası kullanımının binalarda enerji verimliliği üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması", *Politeknik Dergisi*, 25(4): 1713-1721, (2022).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.1031156

Termostatik Radyatör Vanası Kullanımının Binalarda Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması

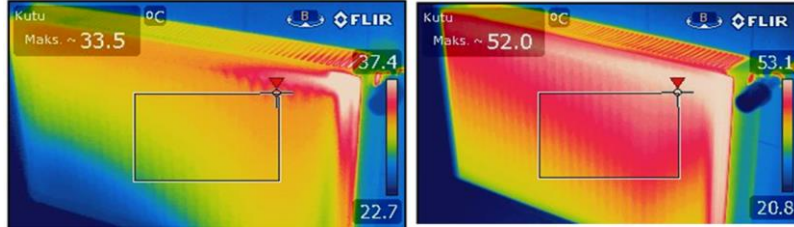
Experimental Investigation of the Effect of Using Thermostatic Radiator Valve on Energy Efficiency in Buildings

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Konut ısıtmasında termostatik radyatör vanası kullanımı / Use of thermostatic radiator valve in residential heating
- ❖ Binalarda enerji verimliliği / Energy efficiency in buildings
- ❖ Termostatik radyatör vanası sayesinde konforlu bir ısıtmanın sağlanması / Providing a comfortable heating thanks to thermostatic radiator valve

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Bu çalışmada termostatik radyatör vanası kullanımının enerji tasarrufuna olan katkısı deneysel olarak araştırılmıştır. Termostatik vana kullanarak yıllık 250 m³ civarında doğal gaz tasarrufu yapılabileceği ortaya konmuştur. /In this study, the contribution of the use of thermostatic radiator valve to energy saving was investigated experimentally. It has been demonstrated that around 250 m³ of natural gas can be saved annually by using a thermostatic valve.



Şekil. Termostatik radyatör vanası kullanılan ve kullanılmayan radyatörlerde ısı dağılımı / **Figure.** Heat distribution in radiators with and without thermostatic radiator valves

Amaç (Aim)

Termostatik radyatör vanası kullanımı ile binaların ısıtılmasında sağlanabilecek olan enerji tasarrufunun belirlenmesi./ Determining the energy savings that can be achieved in the heating of buildings with the use of thermostatic radiator valves

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Termostatik vana kullanılan ve kullanılmayan durumlarda harcanan enerji miktarları karşılaştırılmıştır./The amount of energy consumed in the cases where the thermostatic valve is used and not used has been compared.

Özgünlük (Originality)

Termostatik vana sayesinde sağlanan enerji verimliliği araştırılmıştır./ The energy efficiency provided by the thermostatic valve has been investigated.

Bulgular (Findings)

Bu çalışmada yıllık 250 m³ doğal gaz tasarrufu sağlanabileceği ortaya konulmuştur./ In this study, it has been revealed that 250 m³ of natural gas can be saved annually

Sonuç (Conclusion)

Konutlarda enerji verimliliği açısından termostatik radyatör vanası kullanımı önemli bir yere sahiptir./ The use of thermostatic radiator valves has an important place in terms of energy efficiency in residences.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission

Termostatik Radyatör Vanası Kullanımının Binalarda Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması

Araştırma Makalesi / Research Article

Tuncay KARAÇAM¹, Halil İbrahim VARIYENLİ¹, Kerim MARTİN^{2,*}, Ataollah KHANLARI³, İpek AYTAÇ⁴

¹ Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği, Türkiye

² Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi Elbistan Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği, Türkiye

³ Tarsus Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği, Türkiye

⁴Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 02.12.2021 ; Kabul/Accepted : 08.01.2022 ; Erken Görünüm/Early View : 09.01.2022)

ÖZ

Bu çalışmada termostatik radyatör vanası (TRV) kullanımının enerji verimliliği üzerindeki etkilerinin gözlemlenebilmesi için, 98.8 m² net kullanım alanına sahip bir dairede deneyler yapılmıştır. Deneyler, önce radyatörler üzerinde normal vanalar takılı iken yapılmış daha sonra mevcut vanalar termostatik vanalarla değiştirilerek deneyler tekrarlanmıştır. TRV'ler sayesinde her odanın sıcaklığı ayarlanan değerde sabit tutulabilmiş ve konforlu bir ısınma sağlandığı gözlemlenmiştir. TRV kullanımı radyatörler üzerindeki sıcaklık dağılımları homojenize etmiş ve radyatörün gereksiz yere ısınmasını engelleyerek doğal gaz tasarrufu sağlamıştır. Elde edilen sonuçlara göre TRV sayesinde doğal gaz tüketiminin günde 1.4 m³ azaltılabileceği hesaplanmıştır. Bu değer, aylık 41.82 m³ ve yılda 6 aylık bir kullanım ile 250.9 m³'lük doğal gaz tasarrufu anlamına gelmektedir. Mevcut doğal gaz fiyatları dikkate alınırsa yıllık 577.1 ₺'lik bir tasarruf söz konusudur. Daireye birim fiyatı 150 ₺ olan toplamda 7 adet termostatik vana takılmış ve geri ödeme süresi 1.67 yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca yakıt tüketimindeki azalmaya bağlı olarak çevreye salınan CO₂ miktarında yıllık 470 kg civarında bir azaltım yapılabileceği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Binalarda enerji verimliliği, termostatik radyatör vanası, doğal gaz tasarrufu.

Experimental Investigation of the Effect of Using Thermostatic Radiator Valve on Energy Efficiency in Buildings

ABSTRACT

In this study, experiments were carried out in an apartment with a net area of 98.8 m² in order to observe the effects of using a thermostatic radiator valve (TRV) on energy efficiency. Experiments were performed with normal valves installed on the radiators, then the existing valves were replaced with thermostatic valves and the experiments were repeated. Thanks to the TRVs, the temperature of each room could be kept constant at the set value and it was observed that a comfortable heating was provided. The use of TRV homogenized the temperature distributions on the radiators and provided natural gas savings by preventing unnecessary heating of the radiator. According to the results obtained, it has been calculated that natural gas consumption can be reduced by 1.4 m³ per day thanks to TRV. This value means a natural gas saving of 41.82 m³ per month and 250.9 m³ with a 6-month usage per year. Considering the current natural gas prices, there is an annual saving of 577.1 ₺. A total of 7 thermostatic valves with a unit price of 150 ₺ were installed in the flat and the payback period was calculated as 1.67 years. In addition, it has been observed that a reduction of around 470 kg per year can be made in the amount of CO₂ released to the environment due to the decrease in fuel consumption.

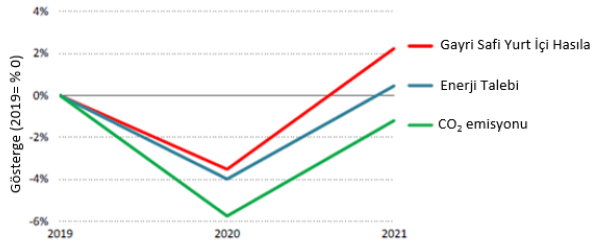
Keywords: Energy efficiency in buildings, thermostatic radiator valve, natural gas saving.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Hızla artan dünya nüfusu ve ülkelerin sanayileşme ile birlikte artan enerji talebi, enerji maliyetleri ve çevre problemleri gibi sorunları beraberinde getirmektedir. COVID-19 salgınının yoğun yaşandığı 2020 yılında azalan enerji talebinin ve CO₂ emisyonu miktarının, tedbirlerin gevşetilmesiyle birlikte 2021 yılında gösterdiği artış “Uluslararası Enerji Ajansının”

yaımladığı “Küresel Enerji Görünümü 2021” raporunda açıkça görülmektedir. Şekil 1 deki grafik 2019 yılı baz alınarak oluşturulmuş ve küresel GDP (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla), enerji talebi ve CO₂ emisyonunu göstermektedir [1]. Bu durum da göz önüne alınır ve enerji kaynaklarının giderek azaldığı düşünülürse yakın zamanda enerjide büyük krizlerin ve daha da artan çevre problemlerinin yoğun bir şekilde yaşanacağı yadsınamaz bir gerçektir. Bu yüzden temiz enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji sistemlerinin verimli kullanılması hayati önem taşımaktadır.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : martinkerim@gmail.com



Şekil 1. Küresel GDP, enerji talebi ve CO₂ emisyonu miktarının yıllara göre değişimi (2019 yılı baz alınarak oluşturulmuştur.) [1] (Change in the amount of global GDP, energy demand and CO₂ emissions by years (based on 2019)

Dünya genelinde binalarda harcanan toplam enerjinin % 32-33'lük kısmı sırasıyla konut ve ticari binalar olmak üzere mahal ısıtması için kullanılmaktadır. Ayrıca sıcak su ihtiyacı için harcanan enerji miktarı da konutlarda % 24 iken ticari binalarda % 12'dir [2]. Bu değerler dikkate alındığında binalarda kullanılan enerjinin yarıdan fazlasının ısıtma amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Dolayısıyla ısıtma sistemleri üzerinde sağlanacak olan verim iyileştirmeleri enerji tasarrufu açısından oldukça önemlidir. Ülkemizin enerji kaynakları bakımından yetersiz olduğu ve kullanılan enerjinin büyük çoğunluğunun ithal edildiği göz önüne alındığında özellikle ısıtma konusunda yapılacak olan tasarrufun Türkiye için daha da önemli olduğu açıkça görülmektedir. Binalarda enerji verimliliği ile alakalı literatürde çok sayıda metot ve çalışma yer almaktadır. Örneğin;

Coşkun ve Oktay yaptıkları çalışmada Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık binasının enerji taramasını yapmışlar ve olası enerji verimliliği açısından iyileştirme noktalarını incelemişlerdir. Bina enerji yönetimi için genel olarak üç yöntem önermektedirler. Bu yöntemler, tek ölçümlü yöntemler, basitleştirilmiş çok ölçümlü yöntemler ve ayrıntılı çok ölçümlü yöntemler şeklindedir. Araştırmacılar öncelikle binanın infiltrasyonla olan kayıpları, camdan oluşan kayıpları, çatıdan oluşan kayıpları, dış duvardan oluşan kayıpları hesaplanmıştır. Araştırmacılar elektrik ve su tüketiminden sağlanan kazançları, doğal aydınlatma ile sağlanan verim artışını da hesaba dâhil etmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre bina dışına yapılan bir yalıtım ile % 34 enerji kazancı, önlemler sonrasında 89 ton CO₂ emisyonu kazancı, 45.000 m³ doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır [3].

Monetti ve arkadaşları Kuzey İtalya'daki Torino şehrinde bulunan çok aileli bir konutu incelemişlerdir. Çalışmada Termostatik Radyatör Vanası (TRV) gibi mahal ısıtma kontrol cihazlarının uygulaması EnergyPlus programı yardımıyla yapılmıştır. Dinamik simülasyon yoluyla, TRV'lerin kontrol etkinliği araştırılmıştır. Çalışma TRV'li ve TRV'siz olarak simüle edilmiştir. Araştırmacılar TRV kullanımının tüm sezon boyunca

ısıtma için kullanılan toplam enerji miktarında % 10'a kadar bir azaltma sağlayacağı sonucuna varmışlardır [4].

Yun ve arkadaşları, binalarda dekoratif eleman olarak kullanılabilen faz değiştiren malzemeler (FDM) sayesinde enerji verimliliği sağlanabileceğini araştırmışlardır. Çalışma Kore'nin büyük şehirlerinde yer alan apartmanlar üzerinde yapılmıştır. Simülasyon Energy Plus 8.7 programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan apartman 101 m² alana sahiptir ve üç farklı FDM kullanılmıştır. Kullanılan FDM'ler n-hexadecane, n-heptadecane ve n-octadecane olup elde edilen sonuçlara göre sırasıyla 326.36, 312.18 ve 205.37 kWh/Yıl enerji tasarrufu sağlamışlardır. Bunun yanı sıra yıllık tasarruf dolar cinsinden sırasıyla 8.55, 8.15 ve 5.17 olup geri ödeme zamanları da 6.88, 6.80 ve 8.38 yıl olmuştur [5].

Altınöz ve Mıhlayanlar tarafından yapılan bir çalışmada mevcut binalara aktif güneş enerjisi sistemlerinin entegre edilmesiyle sağlanabilecek olan tasarruf miktarı araştırılmıştır. Çalışmada yalıtımsız bina, yalıtımlı bina ve yalıtımlı birlikte aktif güneş enerjisi entegre edilmiş bina olmak üzere 3 farklı durum söz konusu olup simülasyon Graphisoft Archicad Programı Eco Designer Star modülü ile yapılmıştır. Yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar değerlendirildiğinde, yıllık birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımı miktarlarında sırasıyla % 32 ve % 67 oranında iyileşme elde edilmiştir. Yalıtımlı bina ve aktif güneş enerjisi entegreli bina dikkate alındığında ise, bu değerler sırasıyla % 17 ve % 32 olarak gerçekleşmiştir [6].

Yılmazoğlu tarafından yapılan çalışmada binalarda uygulanan yalıtım işleminin enerji tasarrufuna etkisi incelenmiştir. Çalışma Ankara'da bulunan aynı özelliklere sahip biri yalıtımlı diğeri yalıtımsız iki bina üzerinde yapılmıştır. Yapılan değerlendirmede ısı yalıtımı uygulanmamış olan binadaki ısı kaybının fazlalığı vurgulanmış ve yalıtım maliyetinin geri ödeme süresinin 3 yıl gibi kısa bir süre olduğu belirtilmiştir [7].

Gügül ve Köksal tarafından yapılan bir çalışmada Ankara'da yer alan 500 m² kullanım alanına sahip bir konutun ısıtımında kullanılan enerji tahmini ESP-r simülasyon programı aracılığıyla yapılmıştır. Söz konusu konut için enerji verimliliği sağlamak amacıyla geliştirilen yapısal ve yenilenebilir enerji alternatifleri yine aynı program ile simüle edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Konutun her hangi bir uygulama yapılmamış halinin yıllık ısıtım talebi 141 GJ, buna bağlı doğal gaz kullanımı 3.998 m³ olarak hesaplanmıştır. Yapılan iyileştirmeler bu değer ile kıyaslanmıştır. Pencerelerin iyileştirmesinin 22 GJ ile 27 GJ, dış duvar izolasyonunun iyileştirilmesinin 2 GJ ile 5 GJ, çatıya izolasyon uygulamasının 51 GJ enerji tasarrufu sağlayacağı belirtilmiştir. Araştırmacılar ayrıca bu iyileştirmenin birlikte uygulanmasının da yıllık 84 GJ enerji tasarrufu sağlayacağını gözlemlemişlerdir. Bu çalışmada araştırmacılar ek olarak sıcak su temininde güneş enerjisinden yararlandığı takdirde ise % 68 lik bir tasarrufun sağlanabileceğini belirtmişlerdir [8].

Çomaklı yaptığı çalışmada Atatürk Üniversitesi ısıtma merkezinin enerji ve ekserji analizini yapmıştır. Çalışmada kazan ve ısıtma sisteminde meydana gelen enerji kayıpları hesaplanmıştır. Yapılan analizler neticesinde sırasıyla ısıtma sisteminin enerji verimi ve ekserji verimini % 83 ve % 10,8 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca binada mevcut bulunan yalıtım yerine hesaplanan optimum değerdeki 10 cm yalıtımın kullanılması, radyatör arkası yalıtım, perde uygulaması revizeleri, tek cam yerine çift cam kullanılması gibi iyileştirmeler ile % 30 oranında yakıt tasarrufu sağlanabileceğini belirtmiştir [9].

Kılıçlı yaptığı “Ege Üniversitesi Bünyesindeki Mevcut Bir Binanın Enerji-Ekserji Analizi ve İyileştirme Önerileri” adlı çalışmasında Ege Üniversitesi bünyesinde yer alan ve yüksek enerji tüketimi olan “Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü” binasını inceleyerek enerji tasarrufu yönünden performansını araştırmıştır. Binanın önce mevcut sonra iyileştirilmiş durumunun ekserji ve enerji analizlerini yapmış, gerekli iyileştirme önerileri nihayetinde binanın enerji yönünden tasarruf potansiyelini ortaya koymuştur. Hesaplamalar nihayetinde, binanın yıllık olarak 192,57 kWh/m² yıl enerji tüketirken, önerilen iyileştirmeler sonucunda 153,08 kWh/m² yıl enerji tükettiği görülmüştür. %21 oranında enerji tasarrufu sağlanmış, maksimum ekserji veriminin % 5,76 , hava kaynaklı ısı pompasında % 9,89, toprak kaynaklı ısı pompasında % 16,22 olduğunu tespit etmiştir [10].

Akdemir “İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi”ndeki mevcut bir binanın enerji ve ekserji analizi” adlı çalışmasında binanın enerji seviyesi belirlenmiş ve ekserji verimliliğini artırmak için bina kabuğunda iyileştirmeler yapılması ve alternatif olarak (HVAC) sistemlerinin kullanılmasını önermiştir. (EDSL-TAS) adlı yazılımı binanın mimari detayları ve malzeme bilgileri girilerek bina üç boyutlu olarak modellenmiştir. İyileştirmelerin yapılmasıyla enerji seviyesi ve konfor koşulları iyileşmiştir. Bina kabuğunda yapılan gerekli iyileştirmeler sonucunda binanın ısıtma yüklerinin % 69,42 oranında, soğutma yüklerinin % 34,4 azaldığı tespit edilmiştir. Binanın (HVAC) sisteminin ekserji veriminin % 2-14 aralığında olduğu belirlenmiştir. Hava kaynaklı ısı pompası kullanıldığında ekserji veriminin % 4-18, toprak kaynaklı ısı pompası kullanıldığında ise ekserji veriminin % 8-21 aralığında olduğu belirlenmiştir [11].

Yürük ve diğerleri bireysel ısıtma sisteminin kullanıldığı bir binada tesisat temizliğinin enerji tüketimine etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Isıtma tesisatında yapılan temizlik sayesinde radyatör sıcaklıklarında 5°C’lik bir artış elde etmişlerdir. Bu artış radyatörlerde gerçekleşen taşınım ısı transfer mekanizmasında da % 17,2’lik iyileşme sağlarken doğal gaz kullanımında % 21,16’lık bir azalma sağlamıştır [12].

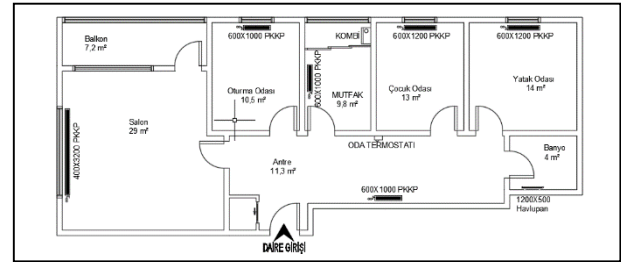
Binalarda ısıtma için harcanan enerji miktarının fazlalığı dikkate alınırsa bu alanda yapılacak olan tasarrufun ne kadar önemli olduğu açıkça görülebilir. Hem küresel

açıdan hem de ülkemiz açısından değerlendirildiğinde binalarda kullanılan enerjinin en aza indirilmesi çevresel anlamda da oldukça yararlı olacaktır. Binalarda enerji tasarrufu sağlamanın basit ve kolay uygulanabilir bir yolu da Termostatik Radyatör Vanası (TRV) kullanımudur. Bu çalışmada termostatik radyatör vanası kullanımının enerji tasarrufuna olan katkısı deneysel araştırılmıştır. Seçilen örnek konutta deneyler TRV’li ve TRV’siz olarak ayrı ayrı yapılmıştır. Her bir deney 3 gün süreyle yapılmış, oda sıcaklıkları ile enerji tüketimleri ölçülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki durum için termal kamera görüntüleri de alınarak radyatörlerin sıcaklık dağılımları incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

2.1. Deneylerin Yapıldığı Daire (The Building Where The Experiments Were Carried Out)

Deneyler, Ankara Keçiören Bademlik Mahallesinde bulunan bireysel ısıtma sistemli (kombili) bir binanın 2. katında yer alan dairede yapılmıştır. Söz konusu bina bodrum, zemin ve 3 kattan oluşmaktadır. Dairenin kat yüksekliği 2.7 m olup kat planı Şekil 2 de görülmektedir. Dış duvarları kuzey ve batı cephelidir ve duvarlarda mantolama mevcuttur.



Şekil 2. Deneylerin yapıldığı dairenin kat planı (Floor plan of the flat where the experiments were conducted)

2.2. Isıtma Sisteminin Elemanları (Elements of the Heating System) Kombi (Combi)

Kullanılan kombi, tam yoğuşmalı bir kombidir. Tam Yoğuşmalı kombiler, ihtiyaca göre ayarlanabilen ısıtma kapasitesine sahiptir. Akıllı ısıtma sistemleri sayesinde ortamın anlık ihtiyacına bağlı olarak NTC sensörler ile alev modülasyonunu frekans kontrollü fan ve gaz valfi ile doğru orantılı çalışarak sağlamaktadırlar. Cihazın bu özelliği ile yüksek verim ve yakıt tasarrufu elde edilmektedir. Radyatör sıcaklık aralığı minimum 40°C, maksimum 85°C olmaktadır. Kombiler yerden ısıtma sistemlerinde de kullanılabilirlerdir. Kullanım suyu sıcaklığı 35°C ile 60°C arasında ayarlanabilmektedir.

Radyatör ve Termostatik Radyatör Vanası (Radiator and Thermostatic Radiator Valve)

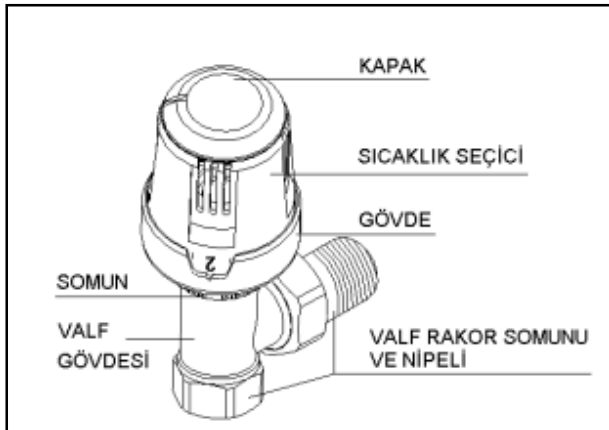
Deneylerde söz konusu dairede hâlihazırda bulunan panel radyatörler kullanılmıştır (Şekil 3). Panel radyatörler 25 mm hatve ile en yüksek ısıl güce sahip radyatörlerdendir. Zirkonyum ve kataforez boyalı teknolojileri kullanılarak üretilen radyatörlerin ömürleri

ortalama 20 yıldır. Panel radyatörlerde 400 ile 3000 mm arasında uzunluk seçenekleri vardır. Yüksek işletme basıncına olanak sağlamaktadır. Radyatörün ortama verdiği ısı gücü 2448 W'tır. Deneylerde kullanılan radyatörler TSE (TS EN 442-1 ve TS EN 442-2) ve DIN (DIN EN 442-1 ve DIN EN 442-2) belgelerine sahiptir [13].



Şekil 3. Panel radyatör (Panel radiator)

Deneylerde termostatik radyatör vanası olarak Şekil 4'te görülen köşe tipi ½" TRV kullanılmıştır. Termostatik vanalarda sıcaklık göstergesi bulunabileceği gibi 0, *, 1, 2, 3, 4, 5 gibi kademeler de bulunabilmektedir. Söz konusu rakamların tekabül ettiği sıcaklık dereceleri vana üreticilerine göre değişiklik gösterse de genellikle sırasıyla 5, 7, 11, 16, 20, 24 ve 29°C değerlerini göstermektedir. Ara değerler kademeler arasındaki çubuklar ile tayin edilebilmektedir [14]. Oda sıcaklığı termostat üzerindeki bu skala yardımıyla ayarlanır. Termostat, oda sıcaklığı ayarlanan değere geldiği zaman otomatik olarak vana üzerindeki pimi iterek su akışını kısar ve vanayı kapatarak radyatörün gereksiz yere ısınmasını önler. Termostatik radyatör vanalarında, oda sıcaklığı iki derece düşünce, termostat tekrar devreye girip vana üzerindeki pimi itmeyi bırakarak peteğin tekrar ısınmasını sağlar. Bu sayede daha konforlu bir ısınma sağlanırken aynı zamanda % 40'a varan bir enerji tasarrufu da sağlanmış olur [15].

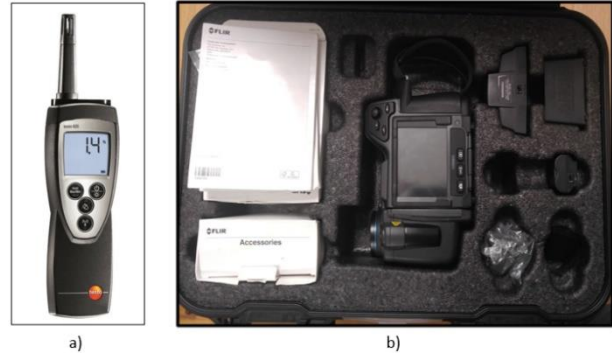


Şekil 4. Termostatik radyatör vanası (TRV) [14] (Thermostatic radiator valve (TRV))

Termohigrometre ve Termal Kamera (Thermohygrometer and Thermal Camera)

Deneylerde ortam sıcaklığı Şekil 5a'da gösterilen termohigrometre ile ölçülmüştür. Kullanılan termohigrometre 182 x 64 x 40 mm boyutunda ve 195

g'dır. Ölçüm aralığı 10-60°C olup hassasiyeti 0,5°C'dir. Ayrıca radyatör üzerindeki sıcaklık dağılımının gözlemlenebilmesi için Şekil 5b'deki termal kamera kullanılmıştır.



Şekil 5. a) Termohigrometre, b) Termal kamera (a. Thermohygrometer, b. Thermal camera)

2.3. Hesaplamalar (Calculations) Belirsizlik Analizi (Uncertainty Analysis)

Çalışmada oluşan belirsizlikler denklem 1 [16] kullanılarak hesaplanmıştır. Sıcaklık ve doğal gaz ölçümündeki hatalar farklı farklı belirlenmiş ve belirsizliğin toplam değeri 1.002 olarak ortaya çıkmıştır.

$$W_F = \left[\left(\frac{\partial F}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

Bu ifadedeki F değeri x bağımsız değişkenler ile tarif edilen bir fonksiyon, W ifadeleri de belirsizlik değerlerini göstermektedir.

Sıcaklık ölçümlerinde ± 0.05 °C hassasiyetli termal kamera kullanılmış, sıcaklık ölçüm noktasının hassasiyeti 0.8 olarak dikkate alınmıştır. Okumanın 0.3'lük hassasiyetle yapıldığı hesaba katılarak ölçülen sıcaklık değerlerindeki belirsizlik denklem 2 kullanılarak ± 0.855 °C olarak hesaplanmıştır.

$$W_{sıcaklık} = \left[(w_{kamera})^2 + (w_{yer})^2 + (w_{okuma})^2 \right]^{1/2} = 0.855 \quad (2)$$

Doğal gaz tüketimi, ± 0.5 m³ hassasiyetli sayaçtan okunmuştur. Okuma hassasiyeti ise 0.15 olarak hesaba katılmıştır. Belirsizlik 3. Denklem kullanılarak ± 0.522 m³ hesaplanmıştır.

$$W_{gaz \ ölçümü} = \left[(w_{sayaç})^2 + (w_{okuma})^2 \right]^{1/2} = 0.522 \quad (3)$$

Amortisman ve Geri Ödeme Süresinin Hesabı (Calculation of depreciation and payback period)

Yapılan iyileştirmenin ekonomik olarak değerlendirilebilmesi için amortisman ve geri ödeme süresinin hesaplanması gerekmektedir. Vergi usul kanununa göre amortisman hesabında kullanılan iki yöntemden bahsetmek mümkündür. Bunlardan biri normal amortisman yöntemi diğeri ise azalan bakiyeler yöntemidir. Normal amortisman yönteminde amortisman değeri yatırım maliyeti malzemenin faydalı ömrüne bölünerek bulunurken azalan bakiyeler yönteminde her

Yıl üzerinden hesaplanacak tutar daha önce belirlenen amortisman miktarlarının düşülmesi ile bulunur [17]. Yapılan çalışmada normal amortisman hesabı (Denklem 4) kullanılarak amortisman değeri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$Yıllık\ amortisman\ tutarı = \frac{Maliyet}{Faydalı\ Ömür} \quad (4)$$

Geri ödeme süresi de denklem 5 [18] kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$Geri\ ödeme\ süresi = \frac{Projenin\ yatırım\ tutarı - Hurda\ değer}{Yıllık\ ortalama\ net\ kar + Yıllık\ amortisman\ payları} \quad (5)$$

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

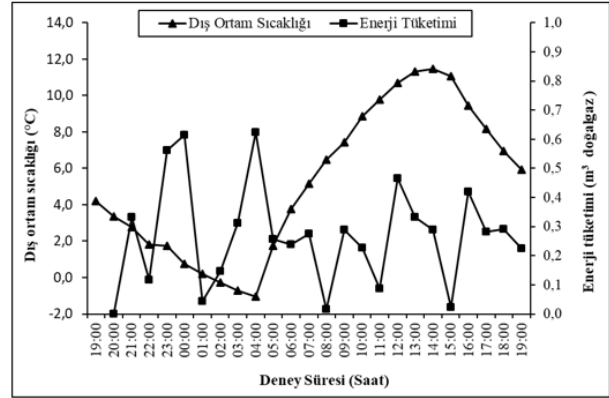
Deneyler TRV'siz ve TRV'li olarak ayrı ayrı yapılmıştır. Deneylerde bir günlük ölçümler, deney başlangıcı 19:00 ve bitişi ertesi gün 19:00 olmak üzere 24 saat boyunca her saat başı dış hava sıcaklığı, ortam sıcaklıkları ve gaz tüketimi değerleri ölçülerek yapılmıştır. Gaz tüketim miktarı her saatin başında ve sonunda doğal gaz sayacından okunan değerlerin farkı alınarak hesaplanmıştır. (Denklem 6) Sonuçların kıyaslanabilmesi için dış ortam sıcaklıklarının eşit ya da birbirine yakın olması beklenmektedir. Ancak deneyler gerçek hava şartlarında yapıldığı için eşit dış ortam sıcaklıkları elde etmek oldukça zordur. Bu nedenle iki deney arasındaki sıcaklık farklarının minimize edilmesi için deneyler 3er gün sürdürülmüş ve ortalama değerler dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Ortalama değerler denklem 7 yardımıyla bulunmuştur. Elde edilen doğal gaz tasarrufu, TRV'siz durumda kullanılan doğal gaz miktarından TRV'li durumdaki doğal gaz tüketim miktarı çıkarılıp TRV'siz durumda tüketilen doğal gaz miktarına bölerek hesaplanmış ve 100 ile çarpılarak % olarak ifade edilmiştir. (Denklem 8)

$$Gaz\ tüketim\ miktarı = Son\ endeks - ilk\ endeks \quad (6)$$

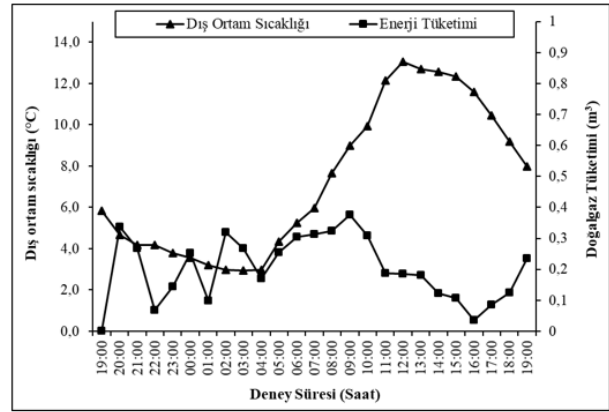
$$T_{ort} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_{24}}{24} \quad (7)$$

$$Doğal\ gaz\ tasarruf\ miktarı\ (\%) = \frac{Gaz\ tüketimi_{TRV'siz} - Gaz\ tüketimi_{TRV'li}}{Gaz\ tüketimi_{TRV'siz}} \times 100 \quad (8)$$

Şekil 6'daki grafik dış ortam sıcaklığı ve doğal gaz tüketimlerini göstermektedir. Grafik incelendiğinde dış ortam sıcaklık değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu ancak TRV kullanıldığı durumda doğal gaz kullanımının ciddi anlamda azaldığı görülmektedir. Ayrıca TRV kullanılmayan durumda doğal gaz tüketimi oldukça dalgalı bir yol izlemesine rağmen TRV kullanılan durumda daha stabil bir gaz kullanımı söz konusudur. Bu durum TRV yokken kombinin kararlı çalışmadığının bir



a)



b)

Şekil 6. Dış ortam sıcaklığı ve doğal gaz tüketimi a)TRV'siz b)TRV'li (Outdoor temperature and natural gas consumption a)Without TRV b)With TRV)

göstergesidir. Saat 04'ten sonra her iki durumda da hava sıcaklığı artmaya başlamıştır. Hava sıcaklığının artmasıyla doğal gaz tüketiminin azalması beklenen bir sonuçtur. Ancak TRV kullanılmayan durumda hava sıcaklığının artması doğal gaz tüketiminde kayda değer bir azalma göstermemiş hatta gaz tüketiminin arttığı saat dilimleri bile gözlemlenmiştir. TRV'li durumda ise hava sıcaklığının iyice artmaya başladığı sabah saatlerinden (08'den sonra) sonra doğal gaz tüketiminin azaldığı Şekil 6 b'de bariz bir şekilde görülmektedir. Yani TRV sayesinde odaların gereğinden fazla ısınması engellenmiş ve dolayısıyla doğal gaz kullanımı azalmıştır.

3 günlük deney süresince ölçülen hava sıcaklıklarının ortalamaları TRV'siz ve TRV'li deneylerde sırasıyla 5.2°C ve 7.3°C olmuştur. Ortalama doğal gaz tüketimleri ise TRV'siz ve TRV'li deneylerde sırasıyla 6.466 m³ ve 5.072 m³ olarak gerçekleşmiştir. TRV'li deneylerde dış ortam sıcaklığının yüksek olması ısı kaybını azaltmış ve TRV sayesinde radyatörlerin gereksiz yere ısınması engellenmiştir. Böylece kombi daha kısa süre devrede kalmıştır. Dolayısıyla doğal gaz tüketimi TRV sayesinde azalmıştır. Eğer aynı durumda TRV olmasaydı ısı kaybı azalmasına rağmen radyatöre su girişi devam edecek ve ortam gereğinden fazla ısınacaktı. Sonuç olarak doğal gaz tüketimi yine fazla olacaktı. Yani buradaki doğal gaz tüketimindeki azalma TRV ile sağlanmıştır. Aradaki 1.4

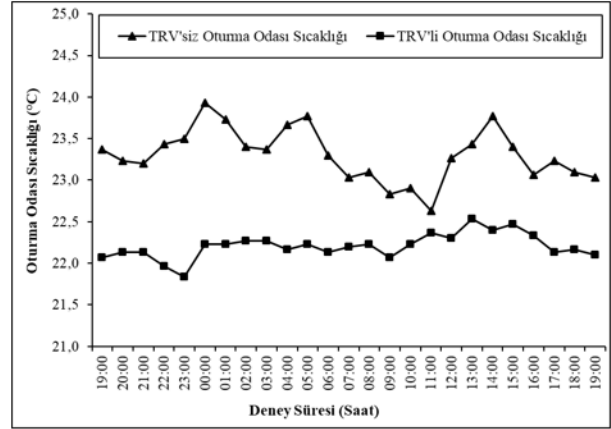
m³'lük fark % 21.65'lik bir azalmaya tekabül etmekte olup, ayda 41.82 m³, yılda (6 aylık bir kullanım hesaba katılarak) 250.92 m³'lük bir tasarruf anlamına gelmektedir. Doğal gazın m³ fiyatının 2.3 ₺ [19] olduğu hesaba katılırsa yıllık 577.1 ₺'lik bir tasarruf söz konusudur. Ayrıca bir termostatik vanaların ömrünün 15 yıl olduğu düşünülürse vanalar kullanım ömürleri boyunca 8656.74 ₺'lik tasarruf sağlayacaktır. Bu tasarrufun sadece 1 konutta gerçekleştiği düşünülürse TRV kullanılarak yapılabilecek olan tasarrufun değeri daha net anlaşılabilir.

Günümüz piyasasında bir termostatik radyatör vanasının ortalama fiyatının 150 ₺ olduğu düşünülerek dairede kullanılan toplam 7 adet termostatik radyatör vanasının faydalı ömrü 20 yıl olarak dikkate alınıp yıllık amortisman tutarı denklem 4 kullanılarak 52.5 olarak hesaplanmıştır. Bu amortisman tutarı ve yıllık 577.1 ₺ tasarruf hesaba katılarak yapılan iyileştirmenin geri ödeme süresi denklem 5 yardımıyla 1.67 yıl olarak hesaplanmıştır.

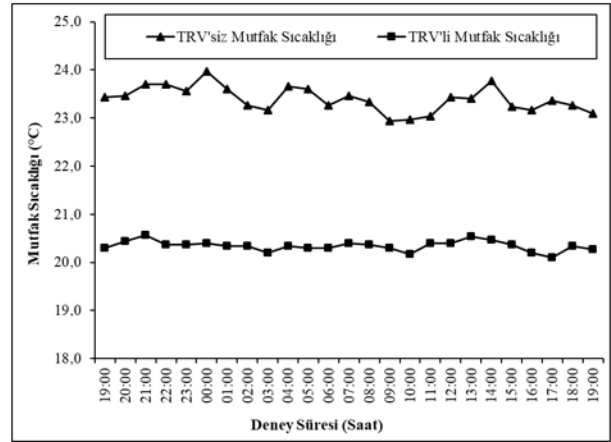
Yakıt tüketimindeki azalmanın çevresel olarak da büyük önemi vardır. 1m³ doğal gazın yanması sonucunda 1.87 kg CO₂ açığa çıkmaktadır. TRV sayesinde sağlanan 1.4 m³'lük azalma ile günlük CO₂ salınımı 2.62 kg azaltılmıştır. Ülkemizde yaklaşık 16.5 milyon doğal gaz abonesinin olduğu düşünülürse CO₂ salınımı günde 43.2 milyon ton dolaylarında azaltılabilir.

Şekil 7'deki grafik oturma odası ve mutfağın TRV'siz ve TRV'li durumdaki sıcaklık dağılımlarını göstermektedir. Grafik incelendiğinde her iki odanın da TRV'li durumda daha stabil sıcaklık değerlerinde olduğu görülmektedir. TRV'siz durumda oda sıcaklıklarında ciddi dalgalanmalar yaşanmıştır. Bu durum konforlu ısınmanın olmadığını göstermektedir. TRV sayesinde oda sıcaklığı, ayarlanan değere yakın bir sıcaklıkta seyretmiştir.

Şekil 8'deki grafikler TRV'siz ve TRV'li durumda da sıcaklıklarının ortalama değerlerini ve tüketilen doğal gaz miktarını göstermektedir. Şekil 7a'daki grafik incelendiğinde ortalama oda sıcaklıklarının oldukça dalgalı olduğu ve doğal gaz kullanımının diğer duruma göre yine dalgalı ve daha fazla olduğu görülmektedir.



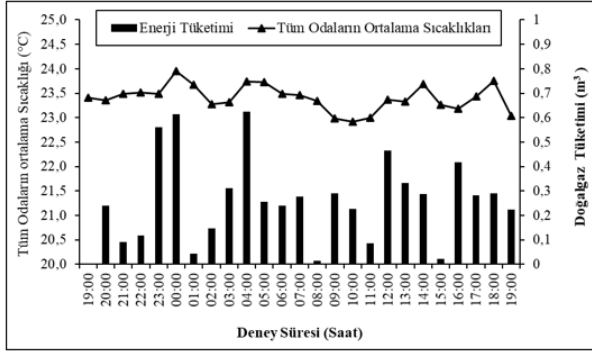
a)



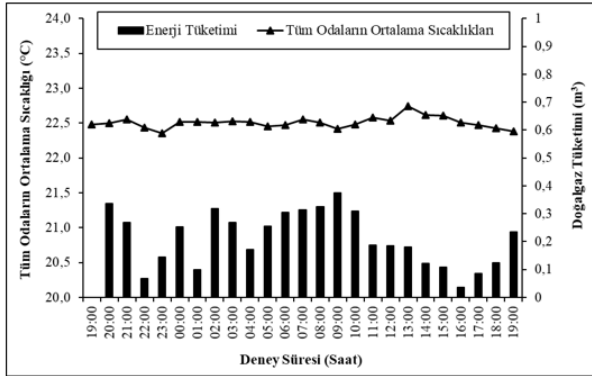
b)

Şekil 7. Oturma odası ve mutfağın TRV'siz ve TRV'li durumda sıcaklıkları a) Oturma odası b) Mutfak (Temperatures of the living room and kitchen with and without TRV a) Living room b) Kitchen)

Yani TRV kullanılmayan durumda konforlu bir ısınma gerçekleşmezken aynı zamanda doğal gaz tüketimi de fazla olmuştur. TRV'li durumda ise 22.5°C civarında sabit bir sıcaklık söz konusu olup doğal gaz tüketimi TRV'siz duruma göre 1m³ kadar daha az olmuştur. Bu grafiklerden, TRV kullanımının doğal gaz tüketimini azaltmanın yanında daha konforlu bir ısınma sağladığı sonucu da çıkarılabilmektedir.



a)

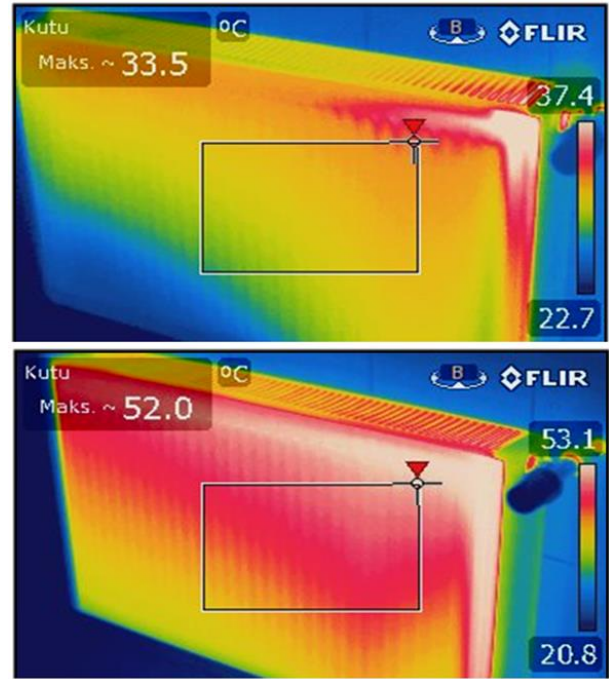


b)

Şekil 8. Tüm odaların ortalama sıcaklığı ve doğal gaz tüketimi a)TRV'siz b)TRV'li (Average temperature and natural gas consumption of all rooms a)Without TRV b)With TRV)

Şekil 9'daki görseller mutfaktaki radyatörün TRV'li (a) ve TRV'siz (b) durumda termal kamera ile çekilmiş görüntüleridir. Radyatör yüzeyindeki kırmızı, turuncu ve mavi bölgeli alanlar sırasıyla yüksek, orta ve düşük sıcaklık alanlarını temsil etmektedir. Şekil 9'da en yüksek sıcaklık 37,4°C iken en düşük sıcaklık 22,7°C'dir. Dikdörtgen çerçeve ile alınan bölgenin sıcaklığı ise 33,5°C'dir. Benzer şekilde Şekil 9 b'de en yüksek sıcaklık 53,1°C iken en düşük sıcaklık 20,8°C'dir. Dikdörtgen çerçeve ile alınan bölgenin

sıcaklığı ise 52°C'dir. Şekil 9'daki resimlerden de görüldüğü gibi TRV'nin olduğu durumda radyatör yüzeyinde homojen bir sıcaklık dağılımı oluşmuşken, TRV'nin olmadığı durumda sıcaklık dağılımı dengesiz olmuştur. Ayrıca radyatör yüzeyindeki sıcaklık değerlerine bakılacak olursa TRV olmayan durumda radyatörün gereksiz yere fazla ısındığı görülmektedir. Yani ihtiyaçtan fazla bir ısınma gerçekleşmiştir ve dolayısıyla daha fazla bir yakıt sarfıyatı söz konusudur. TRV kullanıldığında ise radyatörler gereği kadar ısınmış ve konforlu bir ısınma sağlanmıştır. Dairedeki diğer radyatörlerde de buna benzer durumlar söz konusudur.



Şekil 9. Mutfak radyatörünün termal kamera görüntüleri a)TRV'li b)TRV'siz (Thermal camera images of the kitchen radiator a) with TRV b) without TRV)

Çizelge 1. Sonuçların literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırılması (Comparison of results with other studies in the literature)

Yapılan Çalışma	Uygulanan Yöntem	Tasarruf Miktarı
Coşkun ve Oktay [3]	Yalıtım	34%
Monetti ve arkadaşları [4]	TRV (Similasyon)	10%
Altınöz ve Mihlayanlar [6]	Güneş enerjisi kullanımı	32%
Güçül ve Köksal [8]	Güneş enerjisi kullanımı (Sıcak su temini için)	68%
Çomaklı [9]	Yalıtım, Radyatör arkası yalıtım, çift cam	30%
Kılıçlı [10]	Mantolama, pencere ve kapı değişimi	21%
Akdemir [11]	Bina kabuğunda iyileştirme	69.42%
Yürük ve arkadaşları [12]	Tesisat temizliği	21.16%
Bu Çalışma	TRV Kullanımı deneysel	21.65%

3.2. Sonuçların Literatürde Yer Alan Diğer Çalışmalarla Kıyaslanması (Comparison of the Results with Other Studies in the Literature)

Literatürde klasik radyatör vanalarının yerine TRV kullanımının binalarda sağlayacağı enerji tasarrufuna dair deneysel bir çalışma yer almamaktadır. Elde edilen sonuçların daha net anlaşılabilmesi açısından sonuçlar, binalarda enerji tasarrufu sağlamak amacıyla uygulanan diğer bazı enerji tasarrufu yöntemleri ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama tablo halinde Çizelge 1’de sunulmuştur.

Yukarıdaki tablo incelendiğinde binalarda enerji verimliliği sağlamak amacıyla yapılan çalışmaların % 10 ile % 69 arasında değişen oranlarda tasarruflar sağladığı görülmektedir. Tasarrufun önemi değerlendirilirken yapılan işlemin de hesaba katılması gerekmektedir. Yatırım maliyeti yüksek olan bazı teknikler TRV’den daha fazla bir tasarruf sağlamıştır. Ancak TRV uygulamasının malzeme ve işçilik gideri dikkate alındığında diğer yöntemlere kıyasla oldukça az bir maliyetle % 21.65 oranında bir tasarruf sağlanabildiği görülmektedir. Bu değer azımsanamayacak kadar iyi bir değerdir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu deneysel çalışmada bireysel ısıtma sisteminin kullanıldığı bir dairede yakıt tasarrufu sağlamak amacıyla klasik radyatör vanaları termostatik radyatör vanaları ile değiştirilmiş ve iki durum kıyaslanmıştır. Deneyler önce klasik vanalar takılıken yapılmıştır. Daha sonra vanalar termostatik vanalarla değiştirilmiş ve deneyler tekrarlanmıştır. Her iki durumda da deney 3’er gün sürdürülmüştür. Ortalama oda sıcaklıkları ölçülmüş ve kullanılan yakıt miktarları hesaplanmıştır. Yakıt miktarı saatlik olarak doğal gaz sayacından okunan son endeks ve ilk endeks arasındaki fark bulunarak hesaplanmıştır. Oda sıcaklıkları termal kamera ile her saat diliminde ayrı ayrı ölçülmüş ve 3 günün ortalaması alınmıştır. Ayrıca termal kamera ile TRV’li ve TRV’siz durumda görüntüler alınmış ve sıcaklık dağılımları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

•Dış ortam sıcaklığının hemen hemen aynı olduğu iki deney arasında kullanılan yakıt miktarında gözle görülür bir azalma sağlanmıştır. TRV sayesinde günlük ortalama doğal gaz tüketimindeki azalma 1.4 m³ olarak hesaplanmış ve aylık 41.82 m³ doğal gaz tasarrufu edilebileceği hesaplanmıştır. Bu değer % 21.65 seviyesinde bir doğal gaz tasarrufu anlamına gelmektedir.

•Yıllık bazda 6 aylık aktif bir kullanım dikkate alınarak 250.9 m³ doğal gaz tasarrufu yapılabileceği ortaya koyulmuştur.

•TRV sayesinde radyatörlerin aşırı ısınması engellenmiş ve doğal gazın daha verimli kullanılması sağlanmıştır.

•Günümüz koşullarında doğal gazın m³ fiyatının 2.3 ₺ olduğu hesaba katılırsa yıllık 577.1 ₺’lik bir tasarruf sağlanabileceği görülmektedir.

•Termostatik radyatör vanası fiyatının ortalama 150 ₺ olduğu ve dairede toplamda 7 adet vana kullanıldığı göz önünde bulundurularak geri ödeme süresi 1.67 yıl olarak hesaplanmıştır.

•TRV’ler, radyatör üzerindeki sıcaklık dağılımını homojenize ederek yakıt tasarrufunun yanı sıra konforlu bir ısınma da sağlamıştır.

•Yakıt tüketiminin azaltılmasına bağlı olarak çevreye salınan CO₂ miktarı da yıllık 470 kg civarında azaltılmış olmaktadır. Ülkemizde 16.5 milyon doğal gaz abonesi olduğu düşünülerek yıllık 7.7 megaton seviyesinde bir CO₂ azaltım potansiyelinin söz konusu olduğu görülmüştür.

•Bu deneysel çalışma ile binalarda enerji verimliliği açısından TRV kullanımının oldukça basit ve etkili bir yöntem olduğu gözlemlenmiştir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS’ CONTRIBUTIONS)

Tuncay KARAÇAM: Deneylerin yapılması, grafik çizimi, veri analizi, hesaplamalar ve grafiklerin analizinde görev almıştır.

Halil İbrahim VARİYENLİ: Deneylerin yapılması, analiz ve hesaplamaların kontrolü ve makale yazımında görev almıştır.

Kerim MARTİN: Hesaplamalar, grafik çizimi ve analizi ile makale yazımında görev almıştır.

Ataollah KHANLARI: Deneylerin yapılmasında ve makale yazımında görev almıştır.

İpek AYTAÇ: Deneylerin yapılması, analiz ve hesaplamaların kontrolü ve makale yazımında görev almıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KISALTMALAR (NOMENCLATURE)

GDP: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla

TRV: Termostatik Radyatör Vanası

FDM: Faz Değiştiren Malzeme

NTC: Negatif Sıcaklık Kontrollü

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] International Energy Agency, "Global Energy Review 2021," 2021. [Online]. Available: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d0031107-401d-4a2f-a48b9eed19457335/GlobalEnergyReview2021.pdf>.
- [2] Ürge-Vorsatz D., Cabeza L.F., Serrano S., Barreneche C., ve Petrichenko K., "Heating and cooling energy trends and drivers in buildings," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 41: 85–98, (2015).
- [3] Coşkun C. ve Oktay Z., "Enerji Tasarrufu Perspektifinde Bir Kampüs Binasının Enerji Taraması Çalışması," *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Derg.*, Şubat: 49–55, (2010).
- [4] Monetti V., Fabrizio E. ve Filippi M., "Impact of low investment strategies for space heating control: Application of thermostatic radiators valves to an old residential building," *Energy Build.*, 95: 202–210, (2015).
- [5] Yun B. Y., Park J. H., Yang S., Wi S., ve Kim S., "Integrated analysis of the energy and economic efficiency of PCM as an indoor decoration element: Application to an apartment building," *Sol. Energy*, 196:437–447, (2020).
- [6] Altınöz M. ve Mıhlayanlar E., "Aktif Güneş Sistemlerinin Bina Enerji Verimliliği Üzerindeki Katkısının İncelenmesi," *Kocaeli Üniversitesi Mimar. ve Yaşam Derg.*, 4:2, 323–335, (2019).
- [7] Yılmazoğlu Z. M., "Binalarda Isı Yalıtımının Örnek İki Binada Karşılaştırılması ve Ekonomik Analizleri," *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Derg.*, 71: 48–56, (2011).
- [8] Güğül G.N. ve Köksal M.A., "Economic evaluation of the methods used to reduce energy consumption of a single detached house," *J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ.*, 34:1, 215–234, (2019).
- [9] Çomaklı K., "Atatürk Üniversitesi Isıtma Merkezinin Enerji ve Ekserji Analizi", *Doktora Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2003).
- [10] Kılıçlı A., " Ege Üniversitesi Bünyesindeki Mevcut Bir Bina Enerji-Ekserji Analizi Ve İyileştirme Yöntemleri", *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2018).
- [11] Akdemir M., "İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'ndeki Mevcut Bir Bina Enerji ve Ekserji Analizi", *Yüksek Lisans Tezi*, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, (2013).
- [12] Yürük M., Variyenli H.İ., Martin K., Khanları A., "Bireysel ısıtma sistemlerinde tesisat temizliğinin enerji verimliliği açısından deneysel olarak değerlendirilmesi", *Politeknik Dergisi*, Erken Görünüm.
- [13] İnternet, " DemirDöküm Radyatör ", <https://www.demirdokum.com.tr/urunler/demirdokum-radyator-14592.html>. Son Erişim Tarihi:06.01.2022.
- [14] İnternet, "ECA Radyatör Valfleri", (2011). <https://www.eca.com.tr/upload/content/media6038b6e8b815f-pdf-12-03-213.pdf>. Son Erişim Tarihi: 01.12.2021.
- [15] İnternet, Tesisat.org, "Termostatik Vana Kullanım Klavuzu", (2018). <https://www.tesisat.org/termostatik-vana-kullanim-kilavuzu.html>. Son Erişim Tarihi: 01.12.2021.
- [16] Martin K., Boran K., "Isı borulu havadan havaya ısı değiştiricisinde CuO+Fe/Saf Su ve CuO/Saf su nano akışkanlarının kullanımının ısı performansına etkisinin incelenmesi", *Politeknik Dergisi*, 24(3): 763-770, (2021).
- [17] Pamukçu F., "Maddi Duran Varlıklarda Amortisman Uygulamasının Türkiye Muhasebe Standartları Ve Türk Vergi Mevzuatı Açısından Karşılaştırılması", *Muhasebe ve Denetim Bakış*, Ekim 2010: 67-84, (2010).
- [18] Gedik T., Akyüz K. C., Akyüz İ., " Yatırım Projelerinin Hazırlanması Ve Değerlendirilmesi (İç Karlılık Oranı Ve Net Bugünkü Değer Yöntemlerinin İncelenmesi)", *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7(7); 51-61, (2005).
- [19] İnternet, "Başkent Gaz," <https://www.baskentdogalgaz.com.tr/Images/upload/dokumanlar/2022%20y%C4%B1%C4%B1%20OCAK%20ay%C4%B1%20perakende%20sat%C4%B1%20C5%9F%20tarifeleri%20ve%20fiyatlar%C4%B1.pdf>. Son erişim tarihi: 06.01.2022.