

BİR YAPININ DOĞALGAZLI KOMBİ İLE YERDEN ISITILMASI UYGULAMASINDA ISITMA PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Experimental Investigation of the Thermal Performance of a Natural Gas Fired Combi Boiler with Radiant Floor Heating Application in a Building

Bilsay Pastakkaya

ÖZET

Fosil enerji kaynaklarının verimli ve tasarruflu bir bakış açısıyla tüketilmesi, fosil yakıtların ekonomik, ekolojik ve sosyolojik açıdan yarattığı olumsuzlukların iyileştirilmesi noktasında, sürdürülebilir bir gelecek için kritik öneme sahiptir. Doğal gazlı ısıtıcı cihazların ısıtma performansı, sadece cihazın teknik üstünlüklerine değil, aynı zamanda ısı dağıtım sisteminin türüne, çalışma özelliklerine ve verimliliğine de yüksek oranda bağlıdır. Bu çalışmada, yerden ısıtma sistemi ile ısı dağıtım yapan bir doğal gazlı kombinin, bir binanın ısı ihtiyacını karşılama sürecinde, çalışma özellikleri ve ısıtma performansı deneysel olarak incelenmiştir. Buna göre, 109 m² taban alanına sahip bir konutun, anma ısı gücü 25 kW olan ve doğalgaz ile çalışan yoğuşmalı kombi cihazı ile ısıtılmasında, ısıtma periyodu boyunca yapının, ısıtıcı cihazın ve ısı dağıtım sisteminin ısıtma performansı, doğal gaz kaynaklı ısıtma enerjisi ve elektrik enerjisi tüketim değerleri belirlenmiştir. Buna göre, çalışma verimi yüksek ısıtıcı cihaz ile doğru tasarlanmış ve uygulanmış yerden ısıtılmalı ısı dağıtım sisteminden oluşan ısıtma sisteminin, düşük çalışma sıcaklıklarında bile, ısı konfor şartlarından ödün vermeden binanın ısıtma ihtiyaçlarını karşıladığı, doğalgaz ve elektrik enerjisi tüketiminde de önemli ekonomik tasarruflar sağladığı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, yüksek verimliliğe sahip bileşenlerle doğru şekilde tasarlanmış ısıtma sistemlerinin, teknik, ekonomik ve çevresel açıdan avantajlar sağlanmasını olanaklı kıldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Doğal gaz, Yerden Isıtma, Isıl Performans, Enerji Verimliliği

ABSTRACT

Consuming fossil energy sources in an efficient and thrifty perspective has a critical significance for a sustainable future in sorting out the economic, ecologic and social issues related to fossil fuels. The heating performance of the natural gas fired heaters not only depend on their technical superiorities but also the features of the heat distribution system, working principles and efficiencies. In this study, a natural gas fired combi boiler with radiant floor heating system's operational features and thermal performance for covering a sample building's are experimentally investigated. The thermal performance of the building, the heating device and the heat distribution system is determined and the natural gas sourced thermal energy and electrical energy consumption value are calculated for the heating application of a residence with 109 m² floor area with the natural gas fired condensing combi boiler with the nominal heating capacity of 25 kW. Accordingly, it is deduced that a heating system consists of high efficient heating device with the properly designed and installed radiant floor heat distribution system covers the building's heating demand without sacrificing the thermal comfort conditions and provides remarkable economic savings even in low operational temperatures. It is also concluded that the sensibly designed heating systems composed of high efficient components enable to provide technical, economic and environmental advantages.

Key Words: Natural Gas, Radiant Floor Heating, Thermal Performance, Energy Efficiency

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir bir yaşam felsefesinin içselleştirilmesi adına ulusal ve küresel ölçekli yapılan toplumsal faaliyetlerin ana gündeminde, enerjinin verimli kullanımı ve yenilenebilir kaynaklardan eldesi konusu yer almaktadır. Fosil yakıtların doğası gereği bir gün tükeneceği gerçeği ve yaşamın her alanında kullanımına bağlı oluşan ekonomik, ekolojik ve sosyolojik problemler, fosil yakıt kullanımı için alternatif arayışlarını ve fosil yakıt kaynaklı uygulamalarda enerjinin verimli kullanımının önemini her geçen gün bir kat daha arttırmaktadır [1]. Avrupa ülkelerinde, birincil enerji tüketiminin %40'lık oranla binaların enerji ihtiyacını karşılamakta kullanıldığı gerçeği düşünüldüğünde [2], hem fosil yakıt kullanımı ile ilintili problemlerin asgariye indirilmesi hem de yaşamsal faaliyetlerin, ısı konfor şartlarından ödün verilmeksizin sürdürülebilmesi adına, konutlarda doğal gaz kullanımının verimli ve sürdürülebilir bir şekilde sağlanması konusu, ülkemizin ve birçok ülkenin gündeminde ilk sıralarda yer almaktadır [3-5]. Ayrıca enerji arzında, küresel ölçekte yaşanan siyasi ve politik gelişmelere bağlı yaşanan sorunlar, doğal gazın daha verimli kullanımı ile ilgili teknik ve ekonomik çalışmalara hız kazandırmaktadır [6].

Ülkemizde doğalgaz tüketiminin en büyük paydasını, %32'lik oran ile konutsal kullanım oluşturmakta, ancak kullanılan doğalgazın çok önemli bir kısmı ithal edilmektedir; örneğin 2019 verilerine göre yaklaşık 45,21 milyar m³ doğal gaz ithalatı yapılmış, aynı yıl doğalgaz üretimi sadece 483 milyon m³ seviyesinde gerçekleşmiştir [7]. Arslan ve Solak'ın bildirdiğine göre ülkemizin enerji ihtiyacının önemli bir kısmının ithalat yoluyla karşılanmakta, petrol ve doğal gaz ağırlıkta olmak üzere büyük miktarlarda fosil yakıtlar ithal edilmesi nedeni ile enerji talebinin karşılanmasında ithalat oranı yüksek düzeyde seyretmekte, dışa bağımlılık artmakta ve bu durum ise cari dengenin bozulmasında en önemli etken konumuna gelmektedir [8]. Bu nedenle ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde endüstriyel üretimin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarında dışa bağımlı olunması cari açığın artmasına neden olmaktadır [9]. Ülkemizde, konutların ısı ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile kullanılan fosil yakıt kaynaklı ve yüksek oranda dışa bağımlı olan doğal gazın, teknolojik açıdan verimli bir şekilde tüketilmesi, doğal gaz kullanımına bağlı birçok sorunun asgariye indirilmesi adına büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla konu ile ilgili yayınlanan rehber kaynaklar [10 – 14] ve yapılan bilimsel çalışmalar [15 – 18]; hem satış, montaj ve bakım/onarım konusunda faaliyet gösteren uygulamacılar, hem de konu ile ilgili deneysel ve sayısal ölçekli bilimsel araştırma çalışmaları yürüten araştırmacılar için yol gösterici olmaktadır.

Doğal gazın evsel kullanımında, yapı sakinlerinin ısıtma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılan ısı sistemler, bireysel ısıtma, merkezi ısıtma ve bölgesel ısıtma olarak üç başlıkta incelenmektedir [14]. Küçükçalı'ya göre; bireysel ısıtma kategorisinin, kat ve villa ısıtması boyutunda doğalgaz rakipsizdir; duvar tipi kombi cihazı ve döşeme tipi ısıtma cihazları (kazan+boyler+otomatik kontrol sistemi) olarak iki farklı çözüm mevcuttur ve kazan konulması için ayrı yer bulunmayan, 80-100 m² kullanım alanı olan tek dairelerde duvar tipi kombi cihazlarının kullanımı daha uygundur [19]. Bireysel ısıtma sistemlerinde, yüksek verimli yoğunmalı kombi sistemleri ile hem daha verimli hem de daha tasarruflu ısıtma uygulamalarını hayata geçirmek mümkündür. T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından bildirildiğine göre [20], Enerji Verimliliği kapsamında ve Türkiye'nin Avrupa Birliği uyum yasaları çerçevesinde, Avrupa birliği ülkelerinde çevrenin daha fazla korunması ve emisyon değerlerinin azaltılması amacıyla uygulamaya alınan ERP (Energy Related Products – Enerji İlişkili Ürünler) Yönetmeliği 28 Mart 2018 tarih ve 30374 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmış, yönetmeliğe göre 21 Nisan 2018 tarihinden itibaren klasik (konvansiyonel) kombilerin ülkemizde üretimi ve ithalatı kaldırılmıştır. Ayrıca çalışmada, yoğunmalı kombilerin düşük emisyon değerleri ile çevreci ve doğa dostu olduğu, yoğunmalı kombilerde tesisat suyu sıcaklığı 50 °C'yi geçmeyecek şekilde kullanılırsa maksimum verim sağlanacağı belirtilmiştir. [20] Şahin, duvar tipi yoğunmalı bir kazan ile klasik kombinin sistem sıcaklıklarına göre karşılaştırılması amaçlı ve yatırım farkını geri ödeme sürelerini karşılaştırdığı çalışmada, elde ettiği sonuçlara göre 50-30 °C çalışan doğal gazlı ısıtma sisteminin, radyatörlü ısı dağıtım sistemi ile kullanımının uygun olmadığı, bu sistem için ideal çözümün yerden ısıtma sistemi olduğu sonucuna varmıştır [21].

Bu çalışmada, yerden ısıtma sistemi ile ısı dağıtımını yapan, doğalgazlı yoğunmalı kombi cihazı ile 109 m² taban alanına sahip üç kişilik bir ailenin yaşadığı tek katlı bir yapının ısıtılması uygulamasında, farklı ısıtma periyotları boyunca; yapının, ısıtıcı cihazın ve ısı dağıtım sisteminin ısı performansı, doğal

gazdan elde edilen ısı enerji ve elektrik enerjisi tüketim değerleri belirlenerek, ısıtma sisteminin çalışma performansı incelenmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Örnek Yapı ve Özellikleri

Çalışma incelenen örnek yapı, üç kişilik bir aile tarafından kullanılan, 109 m² taban alanına sahip, prefabrik karkaslı özelliğinde tek katlı müstakil bir konuttur (Şekil 1.). Yapı, Yalova Merkez Güney Köyü Doğandere mevkiinde bulunmaktadır. Yalova ili, TS 825 Binalarda Isı yalıtım Kurallarına göre 2. Derece gün bölgesi içerisinde yer alsa da [22] 309 m rakımlı bir orman köyü olan Güneyköy'ün, coğrafi konumuna bağlı iklimsel özellikleri nedeni ile 3. Derece gün bölgesinde değerlendirilmesi daha doğru bir yaklaşımdır. Yapı sırasıyla 17, 15 ve 12 m² taban alanına sahip üç adet oda, 4 m² alanlı iki adet banyo, 17 m² alanlı hol ve 40 m² ortak kullanım alanlı salon ve mutfaktan oluşmaktadır (Şekil 2.). Bina bünyesinde yer alan tüm yapı bileşenleri, TS 825 Binalarda Isı yalıtım Kurallarına uygun şekilde üretilmiş ve monte edilmiştir [23].



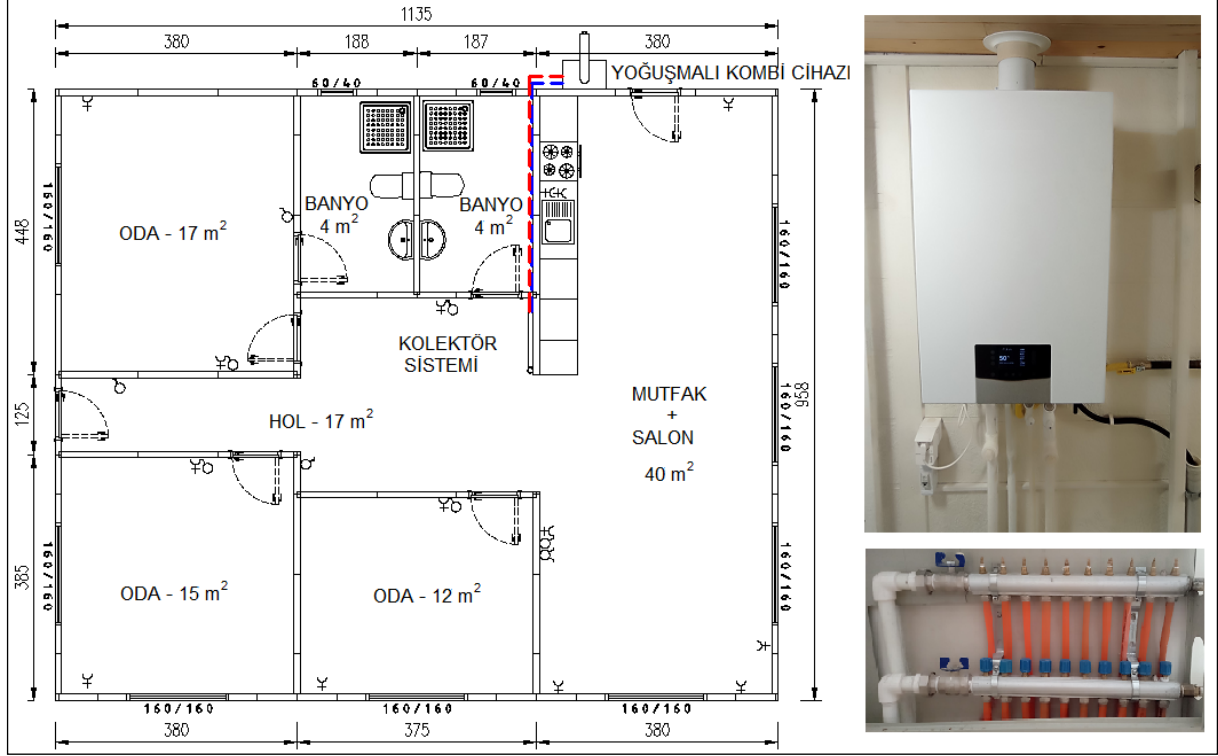
Şekil 1. Örnek yapının dış görünüşü.

2.2. Isıtma Sistemi

Örnek yapının ısıtılması amacı ile kullanılan ısıtma sistemi, ısıtıcı cihaz olarak bir adet duvar tipi doğalgazlı yoğuşmalı kombi cihazı ve ısı dağıtım sistemi olarak yerden ısıtma sisteminden oluşmaktadır. Yapının ısıtma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacını sağlayan doğalgazlı kombi cihazı, anma ısı gücü 25 kW değerinde hermetik bacalı ve yoğuşmalı özelliktedir. Cihazın, yanma için gereken doğalgaz-hava karışımının özelliklerini çalışma koşullarına göre takip edip otomatik olarak ayarlayan akıllı yanma teknolojisi ve sekiz kademeli sirkülasyon pompası sayesinde, yüksek ısı verimliliği çalışması sağlanmaktadır. Isıtma mevsimsel verimlilik değeri %94 olan cihazın 50-30°C çalışma sıcaklığında maksimum ısıtma gücü 27 kW, 80-60°C çalışma sıcaklığında maksimum ısıtma gücü 25 kW değerindedir [24]. Bu çalışmada cihazın ısıtma sıcaklık değeri, dış ortam sıcaklığı ve ısı konfor ihtiyaçları gözetilerek 35 ilâ 50 °C aralığında belirlenmiştir. Sıcak kullanım suyu hazırlanması için cihazın maksimum ısıtma gücü 31,8 kW, sıcak kullanım suyu mevsimsel verimliliği %85 değerindedir. Sıcak kullanım suyu hazırlama sıcaklık aralığı 35-65°C değerinde olup, yapılan çalışma boyunca bu değer 42°C olarak belirlenmiştir. Cihazın dâhili ölçüm sistemi sayesinde, ısıtma ve sıcak su kullanımına bağlı ısı enerji ve elektrik enerjisi sarfiyatı, saatlik, günlük, aylık ve yıllık periyotlarla görüntülenebilmekte ve kaydedilebilmektedir.

Doğalgazlı kombi cihazında üretilen ısı enerji, taşıyıcı akışkan olarak sıcak su kullanılarak DN25 çapındaki polietilen borular vasıtasıyla on ağızlı sıcak su kolektör sistemine iletilmekte, kolektör sisteminden binaya dağıtım, DN15 çapında çapraz bağlamalı polietilen (VPE) borular [19] vasıtasıyla sağlanmaktadır. Binada ısı dağıtım sisteminin ısı performansını iyileştirmek amacı ile borular bina tabanına ekspande polistren yalıtım malzemesi üzerinde çimentolu şap ile kaplanarak monte edilmiş,

binanın tüm taban alanı ısı iletim özelliği yüksek seramik malzeme ile kaplanmıştır. Yerden ısıtma sisteminde kullanılan çapraz bağlamalı polietilen boruların bağlantı tasarımı, montaj ve metraj özellikleri, uygulama yapılan mahalin ısı ihtiyaçları ve kullanım özellikleri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Şekil 2. de, örnek yapının ısıtma sisteminde yer alan doğalgazlı kombi cihazının görünüm, cihaz ve ısı dağıtım kolektörünün bina içerisindeki konum ve bağlantı özellikleri ile yapıda yer alan oda ve kullanım alanlarının yerleşimi görülmektedir.



Şekil 2. Isıtma sistemi ve yapı içerisindeki yerleşimi

2.3. Veri Ölçüm Sistemi

Çalışmada, ısıtma sistemini oluşturan bileşenlerin, yapının iç ortam ve dış ortam sıcaklıkları ve enerji tüketim değerlerinin belirlenmesi amacı ile ısıtıcı cihaz içerisinde yer alan dâhili ve veri kayıt cihazına bağlı harici ölçüm sistemleri kullanılmıştır. Dâhili ölçüm sistemi, doğalgazlı kombi cihazı içerisine [24] entegre edilmiş yapıda olup, cihazın ısıtma ve sıcak suyu temininde, doğal gazın yanması sonucu elde edilen ısı enerji miktarını ve bu ısı ihtiyaçların karşılanması için harcanan toplam elektrik enerjisi miktarını, çalışma sıcaklıkları ve sistemin basınç değerini anlık olarak gösterebilmekte, enerji kullanım miktarlarını ise günlük, aylık, yıllık ve toplam kullanımı süresi olarak kaydedebilmektedir. Cihazın veri ölçüm hassasiyeti $\pm 0,001$ kWh olarak belirlenmiştir. Çalışmada, Kasım, Aralık ve Ocak ayları boyunca, kombi cihazının çalışması sonucunda ısıtma ve sıcak kullanım suyu temini için harcanan enerji miktarları, cihazın dâhili ölçüm sisteminden elde edilmiştir. Aylık periyotların analizi için dış sıcaklık verileri, Yalova - Güneyköy için belirlenen meteorolojik ölçüm verilerinden faydalanılarak [25], incelenen her ay için günlük dış ortam sıcaklık değerleri, günlük en yüksek ortalama ve en düşük ortalama sıcaklık değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Çalışmada ısıtma sisteminin günlük periyotta; çalışma performansı, yapının ısı özellikleri, iç ve dış ortam sıcaklıklarının belirlenmesi amacıyla harici ölçüm sistemi kullanılmıştır. Kombi cihazının ısı dağıtım sistemine gidiş/dönüş sıcaklık değerleri, kolektör ana giriş/çıkış ağızlarına yerleştirilen ve ölçüm hassasiyeti $\pm 0,1$ °C olan PT 100 termodirenç sıcaklık sensörleri ile ölçülmüştür. İç ortam, dış ortam, döşeme sıcaklığı değerlerinin ölçümünde ise, ölçüm hassasiyeti $\pm 0,1$ °C olan K tipi termokupl sıcaklık sensörleri kullanılmıştır. Yapı içerisine yerleştirilen K tipi termokupllar, yapının köşegenlerinin kesiştiği merkez noktasında, iç sıcaklık ölçümü için döşemeden 1,8 m yükseklikte; döşeme sıcaklığı

ölçümü ise aynı kesişim noktasında döşeme yüzeyi üzerine yerleştirilerek sağlanmıştır. Dış sıcaklık ölçümü yine K tipi termokupl kullanılarak, binanın kuzey cephesinden 0,1 m uzaklıkta ve zeminde 2 m yükseklikte, güneşlenme kazançlarından etkilenmeyecek şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.) Harici ölçüm sisteminde ölçülen sıcaklık verileri, çok kanallı bir veri kayıt cihazı [26] kullanılarak kaydedilmiştir. Harici ölçüm sistemi ile yapılan tüm sıcaklık ölçümlerinde, veri eldesinin daha hassas bir şekilde sağlanabilmesi için, veri kayıt sıklığı 10 saniyede bir veri alınacak şekilde belirlenmiştir.

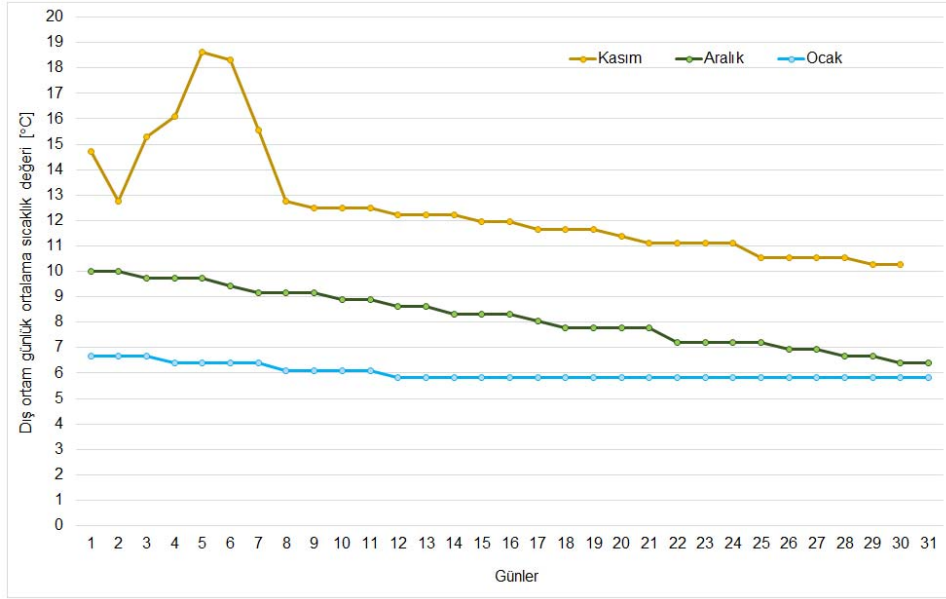
Yapılan deneysel çalışmada ölçüm işlemleri için hata analizi yapılarak [27], ölçüm işlemlerindeki toplam hata değeri hesaplanmıştır. Buna göre deneysel ölçümlere bağlı hesaplamalarda maksimum hata oranı $\pm 0,2\%$ olarak hesaplanmış, elde edilen hata oranının kabul edilebilir seviyede olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. Harici veri ölçüm sistemi

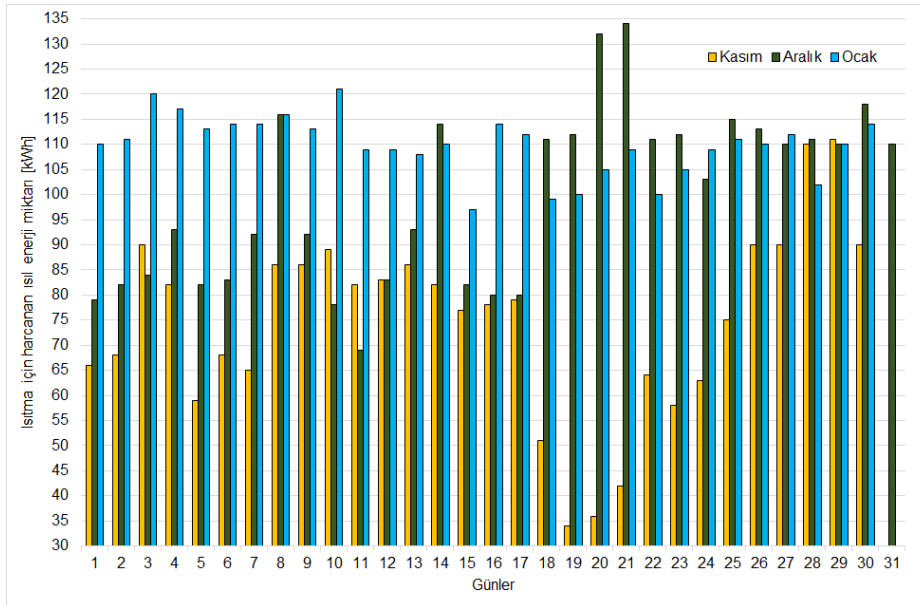
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada, doğal gazlı yoğuşmalı kombi cihazının ısıl performansını incelemek amacı ile dâhili ölçüm sistemi kullanılarak üç aylık ısıtma periyodu boyunca Kasım, Aralık ve Ocak ayları için elde edilen verilerle; kombi cihazı ile yapının ısıtılması ve yapı sakinlerinin sıcak kullanım suyu ihtiyacının karşılanması için doğal gazın kullanılması ile elde edilen ısıl enerji miktarları ve bu işlemler için harcanan elektrik enerjisi miktarları belirlenmiştir. Çalışmaya konu olan aylar boyunca, günlük ortalama dış ortam sıcaklığının grafiksel gösterimi Şekil 4.'te yer almaktadır.



Şekil 4. Isıtma periyodu boyunca dış ortam ortalama sıcaklığının günlük değişimi [25]

Dış ortam sıcaklığının günlük değişimi grafiği incelendiğinde, Kasım ayı boyunca sıcaklık dalgalanmalarının, özellikle ayın ilk haftasında yoğun olduğu, kış aylarında ise bu değişim miktarının ve ortalama sıcaklık değerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca meteorolojik veriler incelendiğinde [25], Ocak ayı için gece ve gündüz sıcaklıklarının maksimum değerleri arasında önemli bir fark olduğu, ancak günlük ortalama sıcaklık değerinin, ayın ortasından itibaren 5,8°C seviyesinde kaldığı görülmektedir. Şekil 5.'te, ısıtma periyodu boyunca, doğal gazlı kombi cihazı tarafından sağlanan günlük toplam ısı enerjisi miktarının değişimi görülmektedir.

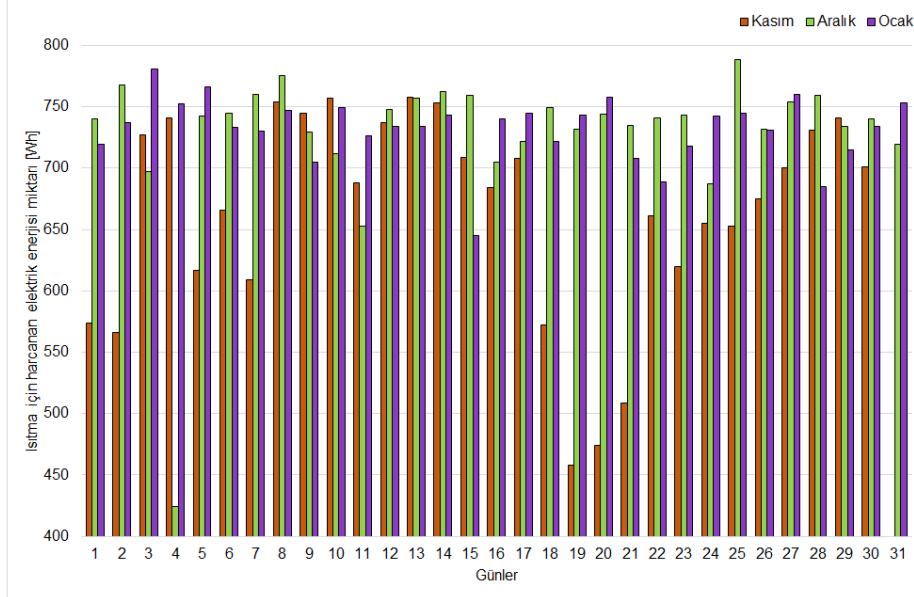


Şekil 5. Isıtma için harcanan ısı enerjisi miktarının günlük değişimi

Isıtma için harcanan ısı enerjisi miktarının, aylık periyotta dış ortam sıcaklığının azalması ve yapının ısıtma ihtiyacının artmasına bağlı olarak arttığı görülmektedir. Dış ortam ortalama sıcaklığının 12,5 °C olduğu Kasım ayında, ısıtma için harcanan toplam ısı enerjisi miktarı 2240 kWh, günlük ortalama değerinin ise 75 kWh olduğu tespit edilmiştir. Ancak, günlük atmosferik koşulların değişimi nedeni ile

kombi çalışma sıcaklık değerinin 35 ilâ 50 °C arasında değişmesine bağlı olarak, günlük toplam değer Kasım ayının 19. Gününde 34 kWh'e kadar düştüğü, 29. Gününde 3 kattan fazla bir artışla 111 kWh'e kadar yükseldiği görülmektedir. Aralık ve Ocak aylarında ise, dış ortam sıcaklığının daha kararlı bir değişim göstermesi ile ısıtma için harcanan ısıl enerji miktarının günlük değişimindeki dalgalanmanın azaldığı sonucuna varılmıştır. Aralık ayında harcanan toplam ve günlük ortalama ısıl enerji değerleri sırasıyla 3084 kWh ve 100 kWh olarak hesaplanmış, Aralık ayının 20 ve 21. gününde, sırasıyla 132 ve 134 kWh'lik sarfiyat ile ısıtma periyodunun en yüksek değerlerine ulaşılmıştır.

Isıtma periyodu boyunca ısıtma için harcanan aylık toplam ısıl enerji miktarının en yüksek değeri 3413 kWh ile Ocak ayında görülmüştür ve Ocak ayı için günlük harcanan ortalama ısıl enerji değeri 110 kWh olarak hesaplanmıştır. Ocak ayında en düşük dış sıcaklık değerleri ve dolayısıyla en yüksek ısıtma ihtiyacı görülmüş olsa da, dış sıcaklık değerlerinin oldukça kararlı seyretmesi, kombi çalışma sıcaklık değerinin tüm ay boyunca sabit 50 °C sıcaklığında belirlenmesini sağlamıştır. Bu durum, ısıtma sisteminin daha kararlı ve daha verimli bir şekilde çalışmasını sağlamıştır. Ocak ayında, ısıtma için ısıl enerji sarfiyatında Ocak ayının günleri arasındaki ısıl enerji sarfiyatı farkı 1 ilâ 17 kWh değerleri arasında değişmiş, değişim miktarı ortalamasının 5 kWh değerinde kaldığı görülmüştür. Kasım ve Aralık aylarında ise değişim miktarı ortalamasının sırasıyla 9 kWh ve 10 kWh değerini aldığı ve Aralık ayı ortalamasının Ocak ayı ortalamasının yaklaşık iki katı değerinde seyrettiği tespit edilmiştir. Buna göre, binanın ısıtılmasında ısıl ihtiyacın daha kararlı şekilde seyretmesinin, ısıtma sisteminin çalışma performansını önemli ölçüde artırdığı, ayrıca yerden ısıtma sisteminde, bina içerisindeki ısıl dağılımın daha homojen olması nedeniyle [19], binanın ısı dağıtım sisteminin, ısıtma ihtiyacının karşılanmasında elde edilen faydaya katkı sağladığı sonucuna varılmıştır. Isıtma-soğutma uygulamalarında, ısıl yüklerin değişkenliği, ısıtıcı-soğutma cihazlarının sık bir şekilde devreye girip çıkmasına neden olmakta ve bu durum ısıtma-soğutma verimlerini olumsuz olarak etkilemektedir [28]. Bu nedenle, ısıtıcı cihazın ve ısı dağıtım sisteminin daha kararlı bir şekilde çalışması, ısıtma sisteminin toplam ısıtma performansını önemli ölçüde arttırmaktadır. Isıtma uygulamasında, sistem verimliliğinin değerlendirilmesinde diğer önemli bir parametre, ısıtıcı cihazın elektrik enerjisi sarfiyatıdır. Şekil 6.'da üç aylık ısıtma periyodu boyunca, ısıtma için harcanan elektrik enerjisi miktarının günlük değişimi grafiksel olarak sunulmuştur.



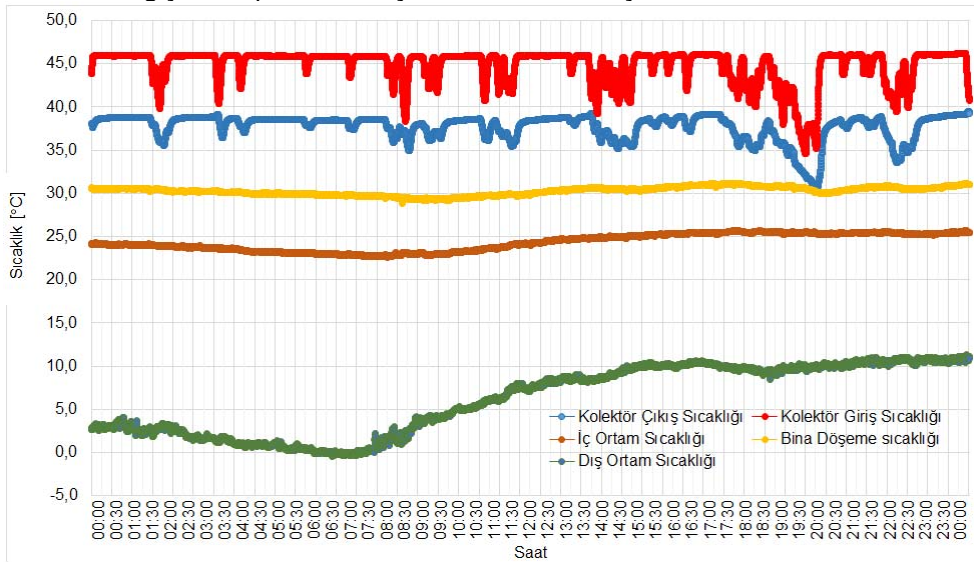
Şekil 6. Isıtma için harcanan elektrik enerjisi miktarının günlük değişimi

Isıtma periyodu boyunca, ısıtma uygulaması için Kasım, Aralık ve Ocak aylarında kombi cihazı tarafından harcanan aylık toplam elektrik enerjisi değerleri sırasıyla 19,9 kWh, 22,6 kWh ve 22,7 kWh olarak tespit edilmiştir. Aynı periyotlarda harcanan elektrik enerjisinin günlük ortalama değeri ise, sırasıyla 0,65 kWh, 0,73 kWh ve 0,73 kWh olarak hesaplanmıştır. Aylık bazda, binanın ısıtılması için harcanan toplam ısıl enerji miktarı ile bu enerjinin kullanımı için harcanan toplam elektrik enerjisi değeri oranlandığında, 1 kWh ısıtma enerjisi temini için harcanan elektrik enerjisi ortalama değeri

Kasım ayında yaklaşık 0,0089 kWh (8,9 Wh), Aralık ayında 0,0073 kWh (7,3 Wh), Ocak ayında ise 0,0065 kWh (6,5 Wh) olarak hesaplanmıştır. Buna göre, ısıtma sisteminin daha dengeli ve daha kararlı çalıştığı Ocak ayında, birim ısı enerji temini için harcanan elektrik enerjisi günlük ortalamasının en düşük değeri aldığı tespit edilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, kombi cihazının ve ısı dağıtım sisteminin daha kararlı ve dengeli çalışmasının, sadece sistemin ısı performansı açısından değil, aynı zamanda elektrik enerjisi kullanımı açısından da önemli tasarruflar sağladığı görülmüştür. Ayrıca ısıtıcı cihazın sahip olduğu akıllı yanma teknolojisi ve ısı dağıtım sistemini besleyen dâhili sirkülasyon sisteminde yer alan sekiz kademeli pompası sayesinde de enerji verimliliğinde artış sağlandığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, farklı çalışma şartlarında dahi olsa, elektrik enerjisi tüketiminin oldukça düşük seviyelerde olduğu, daha kararlı ve dengeli çalışma koşullarında ise sağlanan tasarrufun dikkate değer oranda arttığı görülmüştür.

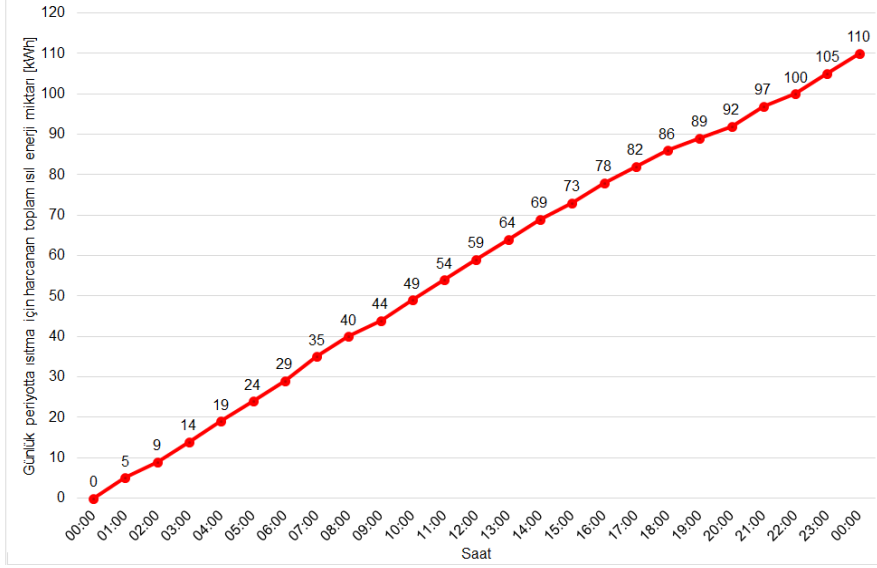
Sistemin ısıtma performansı daha hassas bir şekilde incelemek amacı ile çalışma kapsamında bir günlük çalışma periyodu boyunca ölçümler yapılarak, elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir. Bu amaçla 26 Ocak günü için 24 saatlik çalışma süresince, harici ölçüm sistemi kullanılarak, dış ortam, iç ortam, ısı dağıtım sistemi giriş-çıkış sıcaklıkları ile yapının döşeme sıcaklıkları ölçülmüş ve ölçülen değerlerin değişimi grafiksel olarak Şekil 7.'de sunulmuştur. Ayrıca, günlük çalışma periyodu boyunca kombi cihazının ısıtma uygulaması için ısı dağıtım sistemine aktardığı toplam ısı enerji miktarının saatlik değişimi dâhili ölçüm sistemi tarafından belirlenerek, elde edilen veriler Şekil 8.'de, aynı ölçüm periyodunda ısıtma uygulaması için kombi cihazı tarafından harcanan toplam elektrik enerjisi sarfiyatının saatlik değişimi tespit edilerek Şekil 9.'da sunulmuştur.



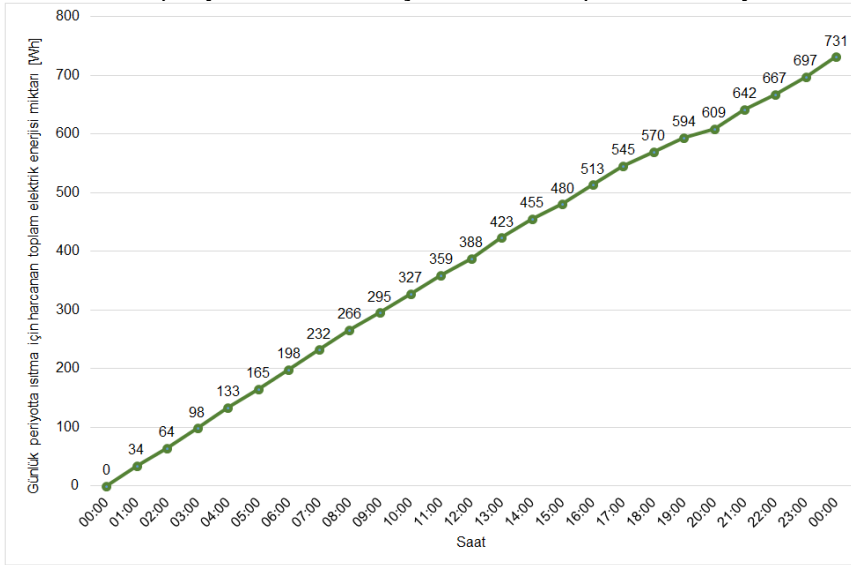
Şekil 7. Günlük ısıtma periyodu için sıcaklık ölçüm değerlerinin değişimi

Günlük ısıtma periyodu için elde edilen veriler incelendiğinde, dış ortam sıcaklığının -0,2 °C ila 11,4°C aralığında değiştiği görülmektedir. Gün boyunca sıcaklık, gün doğumuna yakın saatlerde 0 °C'nin altına düşse de akşam saatlerinde çıkan lodos nedeni ile gün batımı sonrasında düşmek yerine sabit kalma ya da artış eğilimi göstermiştir. Dış ortam sıcaklığının artışı yapının ısıtma ihtiyacının azalması anlamına gelmektedir ancak gün içerisindeki sıcaklık dalgalanması, ısıtma sisteminin ısı performansı için olumsuz bir etmendir. Kombi cihazının ısı dağıtım sistemine gönderdiği enerjinin sıcaklık değerini ifade eden kolektör giriş ve çıkış sıcaklıkları değerinin, dış ortam sıcaklığı düşük de olsa kararlı seyrettiği saatlerde, 45°C – 40°C'lik aralıkta daha kararlı şekilde seyrettiği, lodos nedeni ile sıcaklığın yükselmeye devam ettiği akşam saatlerinde keskin bir düşüş göstererek 35°C – 30°C aralığında gerilediği görülmektedir. Bu değişime rağmen, binanın döşeme sıcaklığının tüm gün boyunca yaklaşık 30°C'lik değerinde kararlı bir şekilde seyrettiği, bununla birlikte bina içerisindeki sıcaklığın 24°C – 25°C aralığında kalarak, bina sakinlerinin ihtiyaç duyduğu ısı konfor şartlarını sorunsuzca karşıladığı görülmektedir. Yerden ısıtma sistemi sayesinde, ısı dağıtım sisteminin büyük bir ısı kütle oluşturması

nedeni ile; gerek dış ortam, gerekse ısı dağıtım sistemi sıcaklığında yaşanan dalgalanmalar üstün bir şekilde tolere edilmekte ve bu durum ısıtma sisteminin ısı performansını olumlu olarak etkilemektedir.

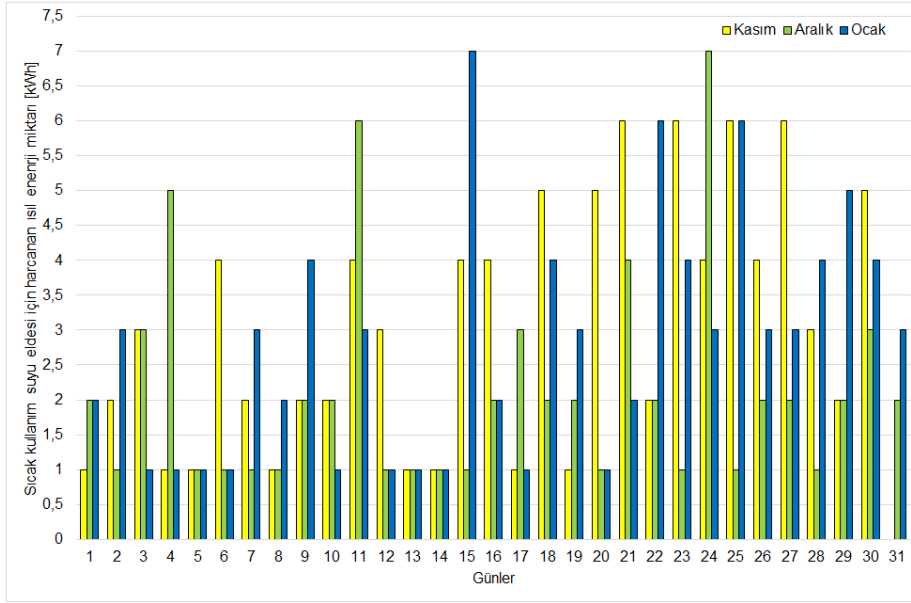


Şekil 8. Günlük ısıtma periyodunda ısıtma için harcanan toplam ısı enerjisi miktarının değişimi



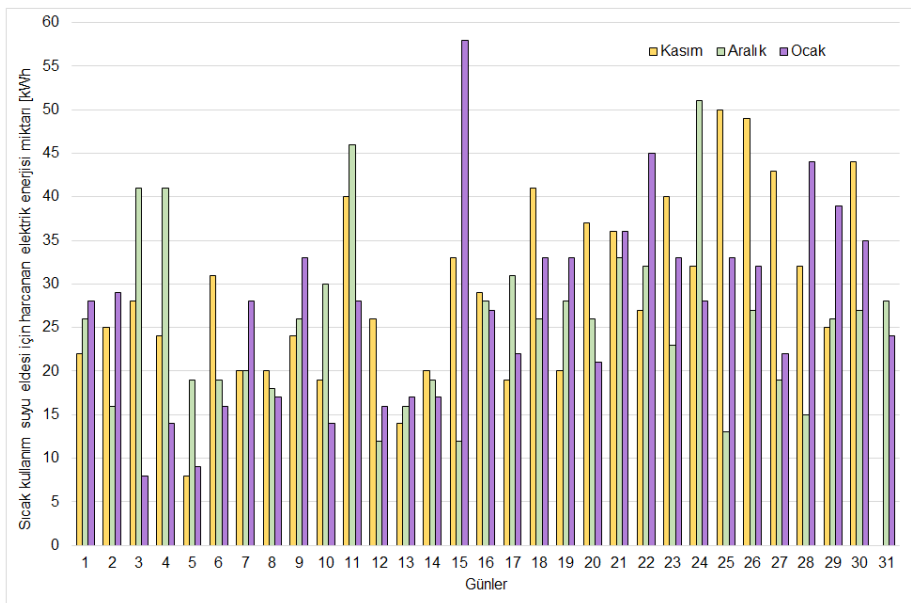
Şekil 9. Günlük ısıtma periyodunda ısıtma için harcanan toplam elektrik enerjisi miktarının değişimi

Günlük ısıtma periyodunda, kombi cihazı tarafından ısıtma uygulaması için harcanan toplam ısı enerjisi miktarı (Şekil 8.) ve bu işlem için harcanan toplam elektrik enerjisi miktarının (Şekil 9.) değişim grafikleri incelendiğinde, sistemin kararlı ve dengeli çalışmasına bağlı olarak, yakıt sarfiyatı ve elektrik enerjisi tüketiminin de benzer şekilde kararlı ve dengeli olduğu görülmektedir. Toplam ısıtma enerjisinin saatlik artış miktarı 3 ilâ 6 kWh değerleri arasında değişmekte, bu değişimin ortalama değeri ise 4,5 kWh olmaktadır. Toplam elektrik enerjisi sarfiyatının saatlik artışı ise 15 ilâ 35 Wh değerleri arasında değişmekte, bu değişimin ortalama değeri ise 30,5 Wh (0,0305 kWh) olmaktadır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde, kombi cihazının ve ısı dağıtım sisteminin teknik üstünlükleri ve uyumlu çalışmasının yanı sıra, daha dengeli ve kararlı çalışma şartlarında daha yüksek bir ısı performans sağladıkları ve bu durumun, yakıt ve elektrik sarfiyatı konusunda sağlanan tasarrufu dikkate değer bir şekilde arttırdığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 10. Sıcak kullanım suyu eldesi için harcanan ısı enerjisi miktarının günlük değişimi

Kombi cihazının ısı performansına etki eden diğer bir parametre de, sıcak kullanım suyu eldesi esnasında sistemin çalışma özellikleridir. Buna göre üç aylık ısıtma periyodu boyunca, kombi cihazı ile sıcak kullanım suyu eldesi için harcanan ısı enerjisi ve elektrik enerjisi tüketim miktarlarının günlük değişimi sırasıyla Şekil 10. ve Şekil 11.'de gösterilmiştir. Buna göre ısıtma periyodu boyunca, sıcak kullanım suyu eldesi için Kasım, Aralık ve Ocak aylarında harcanan toplam ısı enerjisi miktarı sırasıyla 92 kWh, 66 kWh ve 86 kWh, aylık ortalama değerleri ise 3,1 kWh, 2,1 kWh ve 2,8 kWh olarak hesaplanmıştır. Sıcak kullanım suyu eldesi için kombi cihazı tarafından harcanan aylık toplam elektrik enerjisi değerleri ise Kasım, Aralık ve Ocak ayları için sırasıyla 0,88 kWh, 0,79 kWh ve 0,84 kWh olarak tespit edilmiştir. Aynı periyotlarda harcanan elektrik enerjisinin günlük ortalama değeri ise, tüm aylar için 0,03 kWh (30 Wh) olarak hesaplanmıştır. Aylık bazda, sıcak kullanım suyu eldesi için kullanılan toplam ısı enerjisi miktarı ile, bu ihtiyacın karşılanması için harcanan toplam elektrik enerjisi sarfiyatı değeri oranlandığında, sıcak kullanım suyu hazırlanmasında 1 kWh ısıtma enerjisi kullanımı için harcanan elektrik enerjisi ortalama değeri Kasım ayında yaklaşık 0,0095 kWh (9,5 Wh), Aralık ayında 0,012 kWh (12 Wh), Ocak ayında ise 0,0098 kWh (9,8 Wh) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 11. Sıcak kullanım suyu eldesi için harcanan elektrik enerjisi miktarının günlük değişimi

Kombi cihazının, ısıtma periyodu boyunca binanın ısıtma ihtiyacını karşılarken aynı zamanda sıcak kullanım suyu ihtiyacını da karşılamak durumunda olması, sistemin ısıtma performansı üzerinde etkili olmaktadır. Sıcak kullanım suyu ihtiyacının miktarı ve ihtiyaç sıklığı, atmosferik koşullardan çok konut sakinlerinin yaşamsal faaliyetlerinden etkilenmektedir. Mevsimsel ya da atmosferik koşullar ise şebeke suyu sıcaklığı ve az da olsa, konut sakinlerinin kişisel tercihlerine göre sıcak kullanım suyu miktarı ve sıcaklığını etkileyebilmektedir. Bu noktada, kombi cihazının doğal gazı ve elektrik enerjisini verimli bir şekilde kullanabilmesi adına gelişmiş yanma ve kontrol teknolojilerine sahip olmasının, sıcak kullanım suyu temininde ısıtma sisteminin toplam ısıtma performansını etkileyen en önemli parametre olduğu düşünülmektedir.

SONUÇ

Çalışmada, örnek bir yapının ısıtılması ve sakinleri için sıcak kullanım suyu ihtiyacının karşılanması için doğal gazlı bir kombi cihazı ile yerden ısıtma sisteminden oluşan bina ısıtma sisteminin ısıtma performansı incelenerek, hem kombi cihazının teknik üstünlüklerinin, hem de yerden ısıtma sisteminin sağladığı avantajların, sistemin toplam ısıtma performansına ve enerji tasarrufuna önemli katkılar sağladığı sonucuna varılmıştır.

Kombi cihazının akıllı yanma teknolojisi ve daha hassas ve daha verimli sirkülasyon-basınçlandırma sistemi sayesinde, hem yapının ısıtma ihtiyacının karşılanmasında hem de yapı sakinlerinin ihtiyaç duyduğu sıcak kullanım suyunun temininde, dikkate değer oranda ısıtma enerjisi ve elektrik enerjisi tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir. Isı dağıtım sistemi olarak, yerden ısıtma sisteminin kullanımının; yapı sakinleri için ısıtma şartlarının temin edilmesi; mevsimsel ve atmosferik koşullara bağlı dış ortam sıcaklığı değişimlerinde, sıcaklık dalgalanmalarına bağlı oluşan değişken çalışma koşullarını tolere ederek, tüm sistemin ısıtma performansının iyileştirmesi noktasında önemli faydalar sağladığı görülmüştür.

Ülkemizde ekonomik, sosyal ve çevresel alanda yaşanan olumsuzluklarda, dışa bağımlı fosil yakıt kullanımının önemli etkisi olduğu düşünüldüğünde, büyük ölçüde dışa bağımlı, CO₂ salınımına bağlı küresel ısınma olayında olumsuz etkileri olan doğal gazın verimli ve doğru sistem bileşenleri ile kullanımının, sadece ulusal ölçekte değil, aynı zamanda küresel ölçekte de önemli avantajlar ve kazanımlar sağlayacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleşmesindeki değerli katkılarından ötürü Yalova - Güneyköyü Muhtarlığı'na teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

- [1] McDONNELL C., REMPEL A., JOYEETA G. J., "Climate action or distraction? Exploring investor initiatives and implications for unextractable fossil fuels", Energy Research & Social Science, Volume 92, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102769>
- [2] HENNING H.M. "Solar-assisted air-conditioning in buildings – A handbook for planners", Springer Wien New York, 136 pp., 2007.

- [3] SEN D., GÜNAY M.E., TUNÇ K.M., "Forecasting annual natural gas consumption using socio-economic indicators for making future policies" *Energy*, Volume 173, Pages 1106-1118. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.130>.
- [4] MALZİ M.J., SOHAG K., VASBİEVA D.G., ETTAHİR A., "Environmental policy effectiveness on residential natural gas use in OECD countries", *Resources Policy*, Volume 66, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101651>.
- [5] DESVALLÉES L., "Low-carbon retrofits in social housing: Energy efficiency, multidimensional energy poverty, and domestic comfort strategies in southern Europe", *Energy Research & Social Science*, Volume 85, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102413>.
- [6] PERDANA S., VIELLE M., SCHENCKERY M., "European Economic impacts of cutting energy imports from Russia: A computable general equilibrium analysis", *Energy Strategy Reviews*, Volume 44, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101006>.
- [7] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Bilgi Merkezi, Doğalgaz verileri, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-dogalgaz>, Erişim Tarihi: 25.01.2023
- [8] ARSLAN E., SOLAK A., "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Tüketiminin İthalat Üzerindeki Etkisi" *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, Yıl 9, Cilt:10, Sayı:17, 2019. <https://doi.org/10.26466/opus.521269>.
- [9] SARITAŞ H., GENÇ A., AVCI T., "Türkiye'de Enerji İthalatı, Cari Açık Ve Büyüme İlişkisi: Var Ve Granger Nedensellik Analizi", *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt 14, Yıl 14, Sayı 2, 2018.
- [10] ANONİM 2019 a., "Doğal Gaz İç Tesisat Uygulama Esasları", TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayın No:MMO 575, ss 264, İstanbul, 2019.
- [11] ANONİM 2001., "Binalarda Isı Yalıtım Proje Hazırlama Esasları", TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayın No:MMO 247, ss 60, Ankara, 2001
- [12] ÖNDER D., "Sanayide Ve Konutlarda Doğalgaz Seminer Kitabı", VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Kapsamında TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayın No:MMO 438, İzmir, 2007.
- [13] ANONİM 1995, "Konut Tesisatı İşletmecileri İçin Doğal Gaz El Kitabı", TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayın No:MMO 174, Ankara, 1995
- [14] GENCELİ O.F., PARMAKSIZOĞLU C., "Kalorifer Tesisatı", TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayın No:MMO 352/4, ss 410, 2007.
- [15] YÜKSEK İ., MIHLAYANLAR E., TIKANSAK T. E., "Konut Kullanıcılarının İç Ortam Konfor Koşullarından Memnuniyetlerinin Tespitine Yönelik Bir Çalışma", 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 8-11 Nisan 2015, İzmir.
- [16] ÖZ M.E.U., "Konutlarda Enerji Kullanım Eğilimleri ve Tüketimin Çevre Faktörleri ile İlişkisi, Bursa Örneği", X. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ – 13/16 NİSAN 2011, İzmir.
- [17] GÜĞÜL G.N., KÖKSAL M.A., "Müstakil bir konutun enerji tüketiminin azaltılmasında kullanılan yöntemlerinin ekonomik değerlendirmesi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Yıl 2019, Cilt 34, Sayı 1, 215 - 234, <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416483>.
- [18] ERTÜR U.F., "Yoğuşmalı Kombi Teknolojisinin Çevresel Ve Ekonomik Kazanımları ve Yeni Hedefler", *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, ss. 188, Edirne, 2010.
- [19] KÜÇÜKÇALI N., "Isıtma Tesisatı", *Isısan Çalışmaları*, No: 265, ss. 568, 2000.
- [20] T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yalova İl Müdürlüğü Haber Potalı, <https://yalova.csb.gov.tr/yogusmali-olmayan-kombilere-dikkat-haber-232630>, Erişim Tarihi: 25.01.2023
- [21] ŞAHİN K., "Duvar Tipi Yoğuşmalı Isıtıcı Cihazların Verimleri, Ekonomikliği ve Tesisat Uygulamaları" TMMOB Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 1. Doğalgaz Günleri, 2002. *Bildiriler Kitabı*, Sayfa: 61-77, MMO Yayın No: MMO E/2002/312-1
- [22] ANONİM 2008. *Türk Standartları Enstitüsü TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları*, 2008.
- [23] ANONİM 2023a., *Prefabrik Karkaslı Yapı Teknik Özellikleri*, <https://www.karmod.com/prefabrik-ev-teknik-ozellikler/>, Erişim Tarihi: 25.01.2023.
- [24] ANONİM 2023b., *Doğalgazlı Yoğuşmalı Kombi Cihazı Teknik Özellikleri*, <https://www.vaillant.com.tr/pdf/ecotec-plus-brosur-2157884.pdf>, Erişim Tarihi: 25.01.2023.
- [25] ANONİM 2023c., *The Weather Channel Meteorolojik Veri Arşivi – Güneyköy, Yalova, Türkiye*, <https://weather.com/weather/monthly//6ca8c85d57f67e10248d8dbf9b60f2ef06496875054c77ad984de5d51810dff9>, Erişim Tarihi:01.02.2023
- [26] ANONİM 2023d., *Çok Kanallı Veri Ölçüm Cihazı*, https://www.hioki.com/global/products/multichannel-data-loggers/multichannel/id_5846. Erişim Tarihi: 25.01.2023.



- [27] MOFFAT, R.J., “Describing the uncertainties in experimental results”. Experimental Thermal and Fluid Science, 1: 3–17. 1988.
- [28] PASTAKKAYA B., “Bir Konutun Isıtılması ve Soğutulmasında Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorbsiyonlu Sistemlerin Kullanımı”, U.Ü. Fen Bil. En. Doktora Tezi, 198 s., 2012.

ÖZGEÇMİŞ

Bilsay PASTAKKAYA

1982 yılında Bursa’da dünyaya geldi. Uludağ Üniversitesi Müh.Mim.Fak. Makine Mühendisliği Bölümü’nde başladığı lisans eğitimini 2003 yılında tamamladı. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda 2005 yılında Yüksek Lisans, 2012 yılında Doktora eğitimini tamamladı. 2010 yılında Güney Florida Üniversitesi, 2015 yılında Nottingham Üniversitesinde, misafir araştırmacı olarak görev aldı. 2005 yılından beri Bursa Uludağ Üniversitesi Orhangazi YAÇ MYO Makine Programında, Dr. Öğretim Görevlisi olarak çalışmakta, Enerji ve Ekoloji alanında ulusal ve küresel ölçekli çalışmalarını sürdürmektedir.