



**Bu bir MMO  
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **BURSA İLİNDEKİ BİR KONUTUN ISITILMASINDA KLİMA SİSTEMLERİNİN KULLANILMASININ İNCELENMESİ**

**MUSTAFA MUTLU**  
ERMETAL

**EMRE ÇALIŞKAN**  
DAIKIN

# BURSA İLİNDEKİ BİR KONUTUN ISITILMASINDA KLİMA SİSTEMLERİNİN KULLANILMASININ İNCELENMESİ

*Investigation of HVAC Systems Usage During Heating Period of a Dwelling Located in Bursa*

**Mustafa MUTLU**  
**Emre ÇALIŞKAN**

## ÖZET

Klima sistemlerinin tasarım, üretim ve otomasyonundaki gelişmeler ile birlikte bu sistemlerin ısıtma ve soğutma performansları her geçen yıl artmaktadır. Isıtma ve soğutma çevrimlerinin performansındaki bu artış, bazı bölgelerdeki ısıtma yüklerinin karşılanmasında bu tarz sistemlerin kullanılmasının önünü açmıştır. Bu çalışmada, meteorolojik veriler kullanılarak Bursa ili için ısıtma yüklerinin zamana göre değişimi hesaplanmıştır; bu yüklerle bağlı olarak bir konut içerisindeki sıcaklığın kontrolünü sağlayan klima sisteminin sayısal modeli oluşturularak bir yıl boyunca tükettiği enerji belirlenmiştir. Isıtma periyodu için hesaplanan elektrik tüketim değerleri, aynı şartlarda doğalgaz, fuel oil ve LPG kullanılması durumunda oluşacak olan enerji maliyetleri ile karşılaştırılmıştır. Klima sistemlerinin performansındaki artışla birlikte ısıtma giderlerinin nasıl etkileneceği hesaplanmıştır. Isıtma ve soğutma teknolojilerindeki ilerlemeler ve farklı soğutucu akışkanların kullanılmaya başlanması ile birlikte günlük hayatta genellikle soğutma amaçlı kullanılan ısı pompalarının performansları her geçen gün artmakta ve bu tarz sistemlerin ısıtma uygulamalarında da kullanılması ekonomik açıdan mümkün olmaktadır. Yakın bir gelecekte klima sistemlerinin ısıtma uygulamalarında sıklıkla kullanılacağı öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Isıtma - soğutma, Enerji sarfiyatı, Isı pompası, Enerji verimliliği.

## ABSTRACT

Heating and cooling performance of air conditioners increases by recent developments in design, production and automation system of these kind of technology. Thus improvements lead up the usage of air conditioners in heating applications in some regions. In this study, heating loads over time in Bursa was calculated by using meteorological data and according to these loads energy consumptions of air conditioner that ensures the comfort temperature in a dwelling was evaluated by a developed numerical model. Electricity consumption value that calculated for heating period for air conditioner were compared with other heating systems which use other fuel types like natural gas, LPG and fuel oil. It is also calculated how heating costs are affected by the increase in air conditioner heating performance. It is concluded that as the performance of heat pumps which are generally operated for cooling are increased, this kind of technology employing in heating applications becomes more feasible. It is foreseen that air conditioners will often be preferred as a heating system in near future.

**Key Words:** Heating and cooling, Energy consumption, Heat pump, Energy efficiency.

## 1. GİRİŞ

Bir ısıtma soğutma sisteminin uygulanabilir olması için yatırım ve işletme maliyetlerinin ekonomik olmasının yanı sıra çevreci bir sistem de olmalıdır. Küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin artması nedeniyle 2005 yılında Kyoto protokolünün imzalanmış bunun sonucunda Avrupa Komisyonu tarafından 20/20/20 Avrupa Enerji Politikası ortaya konmuştur. 20/20/20 enerji politikasının amacı CO2 emisyonlarının düşürülmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve artan nüfusa rağmen daha az enerji kullanılmasıdır. Bu politikanın 2020 yılına kadarki hedefi, %20 daha az CO2 emisyonu, yenilenebilir enerji payının %20 artırılması ve %20 daha az birincil enerji kaynağı tüketilmesidir.

Binalardaki enerji tüketiminin en önemli bölümünü, yaşam alanlarının uygun ısı konforu sağlamak amacıyla kullanılan ısıtma sistemlerinin harcadığı enerji oluşturmaktadır. Bu nedenle enerji tasarrufu açısından yüksek potansiyele sahiptir. Binalardaki yalıtım uygulamaları tasarruf bakımından çok önemli bir yer teşkil etmekle birlikte ekonomik açıdan her bölge için bir optimum yalıtım kalınlığının olması enerji tüketiminin limitini belirler [1]. Günümüzde karbon temelli yakıtların kullanıldığı ısıtma sistemlerinin, yanma verimlerinin de yüksek olması nedeniyle bu alanda da yapılacak olan iyileştirmeler enerji tüketimini çok fazla düşürememektedir. Binalardaki ısıtma enerjisinin tasarrufu yalıtım kalınlığı ile doğrudan ilgili olmakla birlikte ülkenin mevcut ekonomik durumundan da etkilenmektedir. Bu çalışmada, soğutma için kullanılan klima sistemlerinin ısıtma amacıyla kullanılması durumunda elde edilebilecek kazanımlar incelenmiş ve bu alandaki gelişmeler neticesinde bu sistemlerin binalarda ısıtma maksatlı kullanılmasının daha ekonomik olacağı sonucuna varılmıştır.

Günümüzde yaygın olarak villa, ev, otel, iş yerlerinin ısıtılması ve soğutulması için üç farklı ısı pompası sistemi kullanılmaktadır. Bunlar hava kaynaklı, su kaynaklı ve toprak kaynaklı ısı pompası sistemleridir. Isı pompası sistemlerinin en yaygın kullanımı hava kaynaklı ısı pompasıdır. Klima sistemleri de birer hava kaynaklı ısı pompalarıdır. Klima sistemleri bireysel ya da merkezi sistem olarak tasarlanabilir. Bir iç ünite bir dış ünite ya da bir dış ünite birden çok iç ünite bağlanabilen sistemden oluşabilmektedir. Bir dış ünite ile birden çok iç ünitenin birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebildiği direkt genleşmeli klima sistemleri değişken debili soğutucu akışkan hacimli ya da akış (Variable Refrigerant Volume, VRV ya da Variable Refrigerant Flow, VRF) olarak adlandırılmaktadır.

Değişken akışkan debili klima sistemlerinin (VRV/VRF) kullanımı son yıllarda yaygınlaşmakta, en basit split klima cihazının kontrolü bile ciddi bir elektronik donanım ve yazılım gerektirmektedir. Yazılım, sistem üzerindeki belirli noktalardan elde edilen verileri sürekli olarak işleyerek, en iyi koşullarda çalışma sağlar. VRV/VRF sistemlerinde kontrol işlemi çok daha karmaşık yapıdadır. Kontrol sistemi, her odanın talep ettiği ısıtma veya serinletme ihtiyacına göre o odaya gönderilmesi gereken akışkan debisini belirleyerek, kompresörün buna uygun koşullarda çalışmasını sağlar. Kompresörden çıkan akışkanın istenen debi ve fazda iç ünitelere dağıtılması; iç ve dış ünitelerde bulunan valflerle sağlanır. Kontrol sistemi, cihazların bağımsız veya birlikte çalışmalarına imkân tanır. Bugüne kadar akışkan debisini değiştirerek sağlanmaktaydı ancak sistemlerdeki son gelişmeler ile hem akışkan debisini değiştirerek hem de akışkan gazın sıcaklığını değiştirilerek sağlanır. Evaporasyon sıcaklığının değiştirilmesi konforun artmasına ve elektrik tüketiminin azalmasına imkân sağlamaktadır. Oda içindeki ünitelerde akışkan debisinin değişken olması, sonuçta kompresörlerdeki akışkan debisinin de değişken olması demektir. Bu da değişken devirli kompresörler ile sağlanmaktadır. Küçük güç gerektiren uygulamalarda tek bir değişken devirli kompresör kullanılırken, büyük sistemlerde biri sabit, diğeri değişken devirli ya da ikisi de değişken devirli kompresör beraberce kullanılmaktadır. Bu durum tamamen üretici firmaların tercihleriyle ilgilidir. Değişik işletme koşullarına uygun devirde çalışan kompresörlerin, elektrik tüketimleri sabit devirli'lere göre daha az olduğu gibi dur-kalk sırasında oluşacak gürültü de ortadan kaldırılmış olmaktadır. Merkezi sistemlere ihtiyaç duyulan, daha büyük ısıtma/soğutma yüklerinin olduğu binalarda ise birden çok dış ünite birbirine bağlanarak VRV/VRF sistemleri merkezi çözüm üretilebilmektedir.

Dünya genelindeki sera gazı emisyonlarının düşürülmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yönündeki eğilim nedeniyle binalarda kullanılan ısıtma sistemlerinde önemli değişikliklere gidilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Özellikle gelişmiş ülkelerin gelecek enerji planlamalarında enerji ihtiyaçlarının tamamını yenilenebilir enerjiden karşılamakla birlikte ortam ısıtması için harcanan enerjinin %75 oranında azaltılması hedeflenmektedir [2]. Elektrik üretimi açısından sıkıntı yaşamayan

ve elektrik fazlası olan ülkelerde ortam ısıtması için elektriğin kullanıldığı düşünüldüğünde %75 hedefinin oldukça gerçekçi olduğu söylenebilir. Isıtma için elektrik enerjisinin kullanılması yerine fosil yakıtların kullanıldığı ısıtma sistemlerinin kullanılması daha ekonomik bir hal almaktadır. Hedeflerden bir diğeri CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması olduğu göz önünde bulundurulduğunda fosil yakıtların kullanımı çevresel sorunlar açısından pek uygun olmamaktadır. Bu nedenle son zamanlarda ısı pompalarının kullanımı gündeme gelmiş ve bu alanda sağlanan gelişmeler ile birlikte ısı pompalarının soğutmanın yanında ısıtma uygulamaları için de önemli bir seçenek haline gelmiştir. 100 birim ısıtma ihtiyacı için ısı pompaları 101 birim enerji kullanmakta iken doğalgaz kullanan sistemler 119 birim, sıvı yakıt kullanan sistemler 121 birim ve elektrikle ısınma durumunda ise 294 birim enerji kullanılmaktadır [3]. Çok çeşitli ve değişik kaynakları kullanan ısı pompaları [4] bulunmakla birlikte bu çalışmada en çok tercih edilen sistem olan hava kaynaklı ısı pompaları (klima sistemleri) incelenmiştir.

Hava kaynaklı ısı pompalarının ısıtma uygulamalarında kullanılmasını Kelly ve Cockroft [5] sayısal bir model oluşturarak incelemişlerdir. Temel ısı transferi ifadelerini ve meteorolojik verileri kullanarak yaptıkları çalışmada ısıtma periyodunda hava kaynaklı ısı pompası kullanımının, doğalgaz yakıtlı sisteme göre %12 oranında az CO<sub>2</sub> ürettiğini bulmuşlardır. Söz konusu çalışmada, İngiltere'nin iklim ve ekonomik koşulları baz alınması nedeniyle doğalgaz yakıtlı sistemlerin kullanılması daha ekonomik olarak bulunmuştur. Ülkemizde gaz fiyatları yüksek olmasından dolayı (1.089911 TL/m<sup>3</sup> [6]) aynı çalışmanın Türkiye koşullarında yapılması durumunda farklı sonuçlar çıkacaktır. Ülkemiz için benzer bir çalışma Serpen ve Palabıyık [7] tarafından gerçekleştirilmiş ve doğalgaz kullanımının daha ekonomik olduğunu bulmuşlardır. Buna karşın doğalgaz fiyatlarını giderek arttığı ve bu trendi izlemesi durumunda ısı pompalarının daha ekonomik olacağı sonucuna varmışlardır. Kaya [8] tarafından yapılan bir diğer karşılaştırmada kondenser sıcaklığının 60 °C'de olması durumunda kombi sisteminin daha avantajlı olmasına karşın kondenser sıcaklığının 100 °C'ye çıkartıldığında ısı pompasının kullanımının daha ekonomik olacağını belirtmişlerdir. Bu çalışmaların yapıldığı zamandan beri geçen sürede ülkemizin ekonomik koşulları değişmiş ve yakıt fiyatları artmıştır. Bununla birlikte ısı pompası teknolojisindeki gelişmeler ile daha yüksek verimli cihazların üretilmesi mümkün olmuştur. Bu nedenle bu çalışmanın sonuçları ısıtma periyodu düşünüldüğünde ısı pompasının diğer yakıtlar karşısında konumunun belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Isı pompası kullanımının daha ekonomik bir ısıtma sistemi seçeneği olacağı yönünde yapılan çalışmalar da mevcuttur. İngiltere'deki bölgelerin ele alındığı ve farklı elektrik tarifelerinin kullanılmasının etkisini TRANSYS yazılımı ile inceleyen bir çalışmada ısı pompası kullanımının doğalgaza oranla daha tasarruflu olduğu bulunmuştur. Ayrıca CO<sub>2</sub> salınımı değerleri %36'ya kadar azaltılabileceği vurgulanmıştır [9].

Bu çalışmada, ülkemizde ısı pompasının ısıtma amacıyla kullanımının enerji tüketimleri matematiksel bir model oluşturularak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda Bursa iline ait meteorolojik veriler kullanılmış ve ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı (ITK) değerlerinin hesabı için iç ve dış ortam sıcaklıkları ile birlikte ısıtma yükünün ele alındığı bir model oluşturulmuştur. 2008 ve 2009 yıllarına ait verilerin kullanıldığı bu çalışmada ısıtma için gerekli olan enerji miktarları belirlenmiş ve ısınma maliyetleri hesaplanmıştır. Isı pompası hem ısıtma enerji ihtiyacı hem de maliyetleri açısından daha ekonomik bir sistem olarak bulunmuştur. Müstakil konutların en önemli enerji gideri olan ısınma giderlerinin enerji piyasasındaki yükselmeler nedeniyle artması sonucunda yakın bir gelecekte daha verimli ve çevreci teknolojilerin ısıtmada kullanılması kaçınılmaz olacaktır. Isı pompaları da bu sistemler arasında ciddi potansiyeli bulunmakta ve soğutma uygulamalarında olduğu kadar ısıtma uygulamaları için de vazgeçilmez olmaya adaydır.

## 2. MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada, bir ortamın ısıtılmasında klima sistemlerinin kullanılmasının ekonomik ve teknik açıdan incelemek amacıyla bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde, ısı transferi ifadeleri ve meteorolojik verilerden faydalanılarak ısı kayıpları hesaplanmış ve iç ortam sıcaklığı istenen değerde tutmak için ısıtma çevrimindeki kompresörün gücü ve sistemin ITK değerleri belirlenmiştir. Bir ısıtma periyodunda ihtiyaç duyulan enerji hesaplanmış ve doğalgaz, fuel oil ve LPG gibi diğer yakıtlar ile karşılaştırılmıştır. Hesaplamalar Bursa ilindeki bir konut için yapılmış ve bu ile ait 5 dakika aralıklarla kayıt alınan

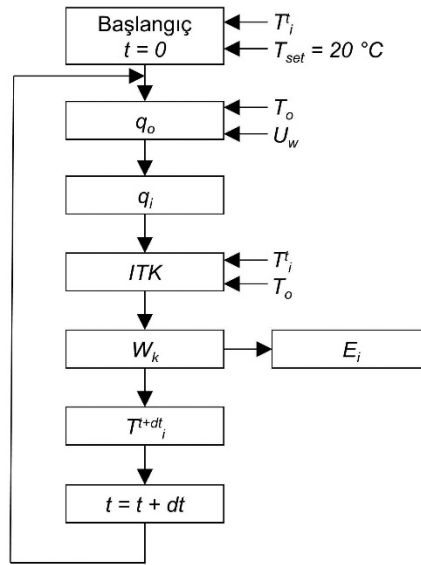
15.10.2008 - 31.03.2009 tarihleri arasındaki dış ortam sıcaklığı ve hava hızı verileri kullanılarak anlık olarak iç ortam sıcaklığının değişimi hesaplanmıştır.

Bir mahallin ısıtılmasında klima sistemlerinin kullanılmasının enerji sarfiyatını belirlemek ve diğer yakıt türleri ile karşılaştırmak amacıyla ısıtma periyodundaki toplam ısı kayıplarının hesaplanması gerekmektedir. Buna ek olarak ısıtma çevrimi kullanılması nedeniyle kompresör yükü ve buna bağlı olarak da ITK belirlenmelidir. Isıtılmak istenen bir mahal için enerji dengesi Eş. 1 ile gösterilebilir.

$$(Q_i - Q_o) = mc_p \Delta T \quad (1)$$

Kapalı bir oda düşünülüğünde yüzeylerden olan net ısı transferi miktarı, oda içerisinde bulunan havanın sıcaklığındaki değişme eşit olacaktır. Eş. 1'de  $Q_o$ , yüzeylerinden dış ortama olan Watt cinsinden ısı transferini göstermektedir. Bir duvardan olan ısı transferi, tek boyutlu ısı iletimi problemi olarak ele alınıp direnç yaklaşımı ile hesaplanabilir [10]. Bu çalışmada yapılan ısı kaybı hesaplamalarında da bu yaklaşım kullanılmıştır.  $Q_i$ , ısıtıcı cihazın ortama verdiği ısıtma gücünü,  $m$ , kapalı mahaldeki havanın kütlesi,  $c_p$  havanın özgül ısısını ve  $\Delta T$ , havanın sıcaklığındaki değişimi göstermektedir.

Isıtma sistemlerinin temel amacının ısıtılan ortamın istenilen ısı konfor sıcaklığında olmasını sağlamak olduğu göz önünde bulundurulduğunda iç ortam sıcaklığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle hesaplamalarda iç ortam sıcaklığı 20 °C'de sabit tutulacak şekilde enerji sarfiyatı belirlenmiştir. Isıtma periyodu için enerji sarfiyatının belirlenmesi için kullanılan hesaplama adımları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Hesaplama yöntemi ve adımları

Hesaplamalar  $T_i$  değerinin önceden tanımlanan başlangıç değeri ile başlamakta ve ilgili hesaplama zamana ait dış ortam sıcaklık ve hava hızı değerleri kullanılarak yüzeylerden olan ısı transferi,  $q_o$  hesaplanmıştır. Bir sonraki adımda iç ortam sıcaklığının ( $T_i$ ) arzu edilen sıcaklık olan  $T_{set}$  değerine gelmesi için ihtiyaç duyulan ısıtma ihtiyacı PID kontrol algoritması ile belirlenmiştir. Isıtma çevriminin performansı (ITK),  $q_i$ ,  $T_i$  ve  $T_o$  verileri kullanılarak ilgili kompresörün verileri kullanılarak hesaplanmış ve kompresörün çektiği güç tayin edilmiştir. Kapalı bir ortam için enerji dengesi yazılarak havanın  $t+dt$  zamanındaki sıcaklığı belirlenmiş ve hesaplamalarda bir sonraki zaman adımına geçilmiştir. Bir ısıtma periyodu için beş dakika aralıklar ile alınan kayıtların tamamı dosyadan okunup işleme alındıktan sonra hesaplamalar da son bulmaktadır (Şekil 1).

## 2.1. Isı Kayıplarının Hesaplanması

Dış ortama olan ısı kaybının hesaplanması için ısı transferinin gerçekleştiği yüzeylerin malzemeleri ve bu malzemelerin ısı iletim katsayıları tayin edilmiştir. Isı transferinin gerçekleştiği yüzeylerin duvar ve pencerelerden oluştuğu kabul edilmiş ve buna göre hem duvardan hem de pencereden için gerçekleşen ısı transferi miktarları hesaplanmıştır. Duvarın 3 cm kalınlığında ( $l_s$ ) iç sıva ( $k_s = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), 18 cm kalınlığında ( $l_t$ ) tuğla ( $k_t = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), 5 cm kalınlığında ( $l_y$ ) cam yünü ( $k_y = 0.04 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), 3 cm kalınlığında ( $l_s$ ) dış sıva ( $k_s = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), pencerenin ise 2 mm kalınlığındaki ( $l_c$ ) iki cam ( $k_c = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) arasında 20 mm kalınlığında ( $l_h$ ) durgun hava ( $k_h = 0.023 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) meydana geldiği kabul edilmiştir. Bu durumda taşınım ile birim alandan gerçekleşen ısı transferi, duvar ve pencerenin yapı bileşenleri de göz önünde bulundurularak Eş. 2 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$q_c = a \frac{(T_i - T_o)}{\frac{1}{h_i} + \frac{l_s}{k_s} + \frac{l_t}{k_t} + \frac{l_y}{k_y} + \frac{l_s}{k_s} + \frac{1}{h_d}} + (1-a) \frac{(T_i - T_o)}{\frac{1}{h_i} + \frac{l_c}{k_c} + \frac{l_h}{k_h} + \frac{l_c}{k_c} + \frac{1}{h_d}} \quad (2)$$

Bu eşitlikteki  $a$ , duvar alanının toplam alana oranı olarak tarif edilmiş ve hesaplamalarda 0.8 olarak alınmıştır. İç taraftaki ısı taşınım katsayısı için, TS825 standardında [11] verilen  $7.69 \text{ W/m}^2\text{K}$  değeri kullanılmıştır. Duvarın dış yüzeyindeki Nusselt sayısı ( $Nu$ ), Reynolds sayısı ( $Re$ ) ve Prandtl sayısına ( $Pr$ ) bağlı olarak ilgili bağıntılar kullanılarak [10] dış taraftaki ısı taşınım katsayısı ( $h_d$ ), hesaplanmıştır (Eş. 3).

$$Nu = (0.037 Re^{0.8} - 871) Pr^{0.3} \quad (3)$$

$Re$  sayısının hesaplanması için gerekli olan hız ifadesi için, meteorolojik verilerdeki rüzgar hızı değerleri kullanılmış ve ısı taşınım katsayısının hesabında kullanılan karakteristik uzunluk 10 m olarak kabul edilmiştir. Isı taşınım katsayısı, karakteristik uzunluktan ziyade hız ile daha çok değişim göstermekte; bu nedenle yapılan bu kabul sonuçları çok fazla etkilememektedir.

Isı kaybının hesaplanmasında dikkate alınması gereken bir diğer mekanizma ise ısı transferi yüzeylerinin dış ortam ile ışınım vasıtasıyla gerçekleştirdiği ısı geçişidir. Işınım ile gerçekleşen ısı transferi her ne kadar ihmal edilebilir olsa da bazı durumlarda dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle doğal taşınım gibi ısı taşınım katsayısının düşük olduğu problemlerde ışınım ile transferi önem kazanmaktadır. Dış yüzeylerden olan ısı kayıplarının hesaplanmasında ışınım ile ısı transferinin önemli katkısı olmaktadır. TS825 standardında [11], ısı kayıp değerlerinin biraz daha emniyetli olması ve ışınım ile ısı transferinin etkisini dâhil etmek için dış taraftaki ısı taşınım katsayısı ( $h_d$ ) normalden biraz daha büyük alınarak ( $h_d = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) hesaplamalar yapılmaktadır. Bu çalışmada dış yüzeylerden ışınım ile gerçekleşen ısı transferi miktarı hesaplanmış ve yüzeylerden olan toplam ısı transferi miktarı Eş. 4 ile hesaplanmıştır.

$$q_o = q_c + q_r \quad (4)$$

Işınım ile ısı transferinin miktarı literatürdeki ifadeler kullanılarak Eş. 5 yardımıyla hesaplanmıştır [10].

$$q_r = \sigma \varepsilon (T_y^4 - T_o^4) \quad (5)$$

Bu eşitlikte  $\sigma$ , Stefan-Boltzman sabitini ( $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ),  $\varepsilon$ , yüzeyin ışınım yayma oranını ( $\varepsilon = 0.9$ ) ve  $T_y$ , duvarın dış ortam ile temastaki yüzeyinin sıcaklığını belirtmektedir ve Eş. 6 ile hesaplanmıştır.

$$T_y = T_o + \frac{q_c}{h_d} \quad (6)$$

## 2.2. Isıtma İhtiyacının ve Kompresör Gücünün Belirlenmesi

Isıtılmak istenen mahalın istenen ayar değerindeki sıcaklıkta tutmak için ortama verilmesi gereken enerji miktarının belirlenmesi ve sıcaklığın kontrol edilmesi gerekmektedir. Eğer iç ortam sıcaklığı istenen değerinin altında ise ortam sıcaklığında bir artış gözlenebilmesi için hesaplanan ısı kayıplarından daha büyük bir ısı girdisi olmalıdır. Ortam sıcaklığı istenen değerinin üzerinde ise ısı girdisi sıfır olmalı ve böylece ısı kayıpları ile birlikte ortam sıcaklığı arzu edilen sıcaklığa gelebilir. Bu çalışmada ayar değeri olarak 20 °C olarak alınmış ve ısıtma sisteminin iç ortam sıcaklığı 19 °C'nin altında olduğunda devreye girdiği ve 21 °C'nin üzerinde olduğunda ise devreden çıktığı kabul edilmiştir. Bununla birlikte sıcaklık farkı yüksek olduğunda ısıtma kapasitesini arttıracak; sıcaklık farkı azaldıkça ısıtma kapasitesini düşürecek şekilde PID kontrol algoritması kullanılmıştır [12]. Bu kontrol yöntemi günümüz klimaların kompresörlerinin dolayısıyla ısıtma kapasitesinin kontrolünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Klima sisteminin ısıtma kapasitesi belirlendikten sonra kompresörün ITK değeri kullanılarak o hesaplama adımındaki kompresörün çektiği güç hesaplanmıştır. Klima sistemlerinde kullanılan kompresörlerin ITK değerleri, iç ve dış ortam sıcaklıkları ile ısıtma kapasitesine bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada ITK değerlerinin hesaplanması amacıyla geliştirilmiş olan Eş. 7'deki ifade kullanılmıştır.

$$ITK = a + bq_i + cT_o + dq_i^2 + eT_o^2 \quad (7)$$

Bu eşitlikteki a, b, c, d ve e katsayıları iç ortam sıcaklığına bağlı olarak Eş. 8 ile hesaplanmıştır.

$$a = 0.1757T_i - 0.8919 \quad (8a)$$

$$b = -0.0142T_i + 0.3659 \quad (8b)$$

$$c = 0.0024T_i + 0.0563 \quad (8c)$$

$$d = 0.00002812T_i^2 - 0.00087036T_i + 0.00432 \quad (8d)$$

$$e = -0.00005392T_i + 0.00455332 \quad (8e)$$

Eş. 7 ve 8 ile hesaplanan ITK değerleri ile katalog değerleri arasındaki regresyon analizinde R2 değeri 0.91 olmaktadır. Böylece bu modelin ITK değerlerinin tahmininde güvenli bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Isıtma kapasitesi ve ITK değeri kullanılarak kompresör gücü ( $W_k$ ) Eş. 9 ve o zaman adımı için gerekli olan enerji (E<sub>t</sub>) Eş. 10 ile hesaplanmıştır.

$$W_k = \frac{q_i}{ITK} \quad (9)$$

$$E_t = W_k dt \quad (10)$$

Bir ısıtma periyodunda harcanan enerji ise her bir adımda gerekli enerjilerin toplamı olarak hesaplanmıştır (Eş. 11).

$$E = \sum E_t \quad (11)$$

Isıtma yükü kontrol algoritması ile belirlendikten sonra iç ortamdaki sıcaklık değişimi ve bir sonraki adımdaki sıcaklık ( ) Eş. 12 yardımı ile rahatlıkla hesaplanabilir.

$$T_i^{t+dt} = \frac{(q_i - q_o)dt}{m_A c_p \rho} + T_i^t \quad (12)$$

Bu eşitlikte  $m_A$ , birim ısı transfer yüzey alanı için ısıtılan ortamın kapladığı hacim olarak tanımlanmış ve 10×10 m boyutlarında ve yüksekliği 3 m olan bir ortam için 2.5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> olarak hesaplanan bu değer Eş. 12'de kullanılmıştır. Havanın yoğunluğu  $\rho$ , 1007 kg/m<sup>3</sup> olarak alınmış ve sıcaklıkla değişmediği kabul edilmiştir. Isı kayıpları dış ortam ile temastaki yüzey alanı kullanılarak birim alan için hesaplanmıştır. Fakat ITK değerlerinin dolayısıyla kompresör gücünün belirlenebilmesi için ısıtma kapasitesinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle hesaplama yapılan konutun 120 m<sup>2</sup> dış yüzey alanına sahip olduğu varsayılmıştır.

### 2.3. Diğer Yakıt Türlerinin Kullanılması Durumunda Enerji İhtiyacı

Klima sistemlerinin ısıtma amaçlı kullanılması durumundaki enerji ihtiyacı ile yakıt olarak doğalgaz, fuel oil ve lpg kullanan diğer sistemlerinin karşılaştırılması amacıyla bu sistemlerin de ısıtma maliyetleri hesaplanmıştır. Bu sistemlerde ITK kavramı söz konusu olmadığı için Eş. 7 – 9 hesaplanmamış bunun yerine bir hesaplama adımında gerekli olan enerji ( $E_i$ ), yanma verimi ( $\eta$ ) kullanılarak Eş. 13 ile belirlenmiştir.

$$E_i = \frac{q_i}{\eta} dt \quad (13)$$

Isıtma periyodundaki toplam enerji ( $E$ ), yine aynı şekilde her bir adımdaki enerji ihtiyacının toplamları olarak hesaplanmıştır (Eş. 11). Isıtma için gerekli olan toplam enerji, yakıtın alt ısı değeri ( $Q$ ) ve birim maliyeti ( $u$ ) kullanılarak TL cinsinden her bir yakıt için ısıtma gideri ( $U$ ) hesaplanmıştır (Eş. 14). Bu çalışmada kullanılan yakıtların yanma verimleri ve alt ısı değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

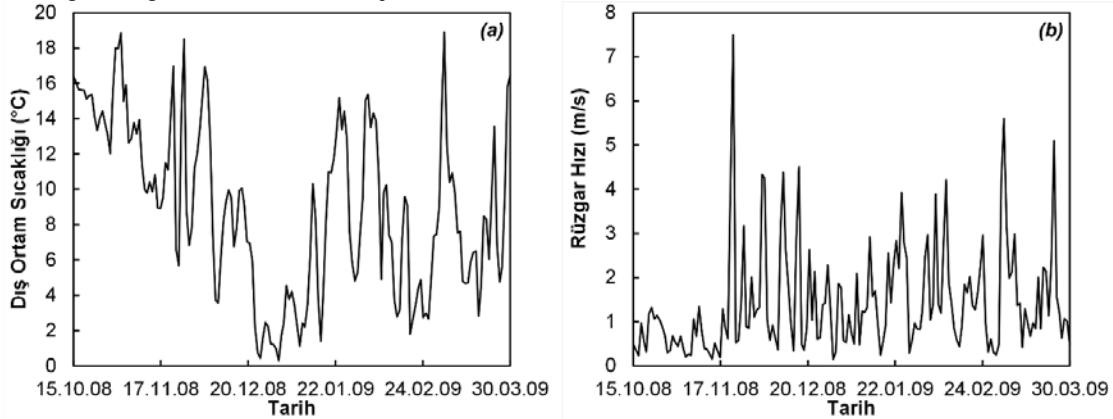
$$U = \frac{Eu}{Q} \quad (14)$$

**Tablo 1.** Hesaplamalarda kullanılan yakıt türlerinin fiyatları ve bunlara ait yanma verimleri

Yakıt Türü	Alt Isıl Değeri	Yanma Verimi	Fiyat
Elektrik	-	1	0.42 TL/kWh
Doğalgaz	34524 kJ	0.92	1.0899 TL/m <sup>3</sup>
LPG	45980 kJ	0.92	5.98 TL/kg
Fuel Oil	40608 kJ	0.84	2.66 TL/lt

### 3. BULGULAR

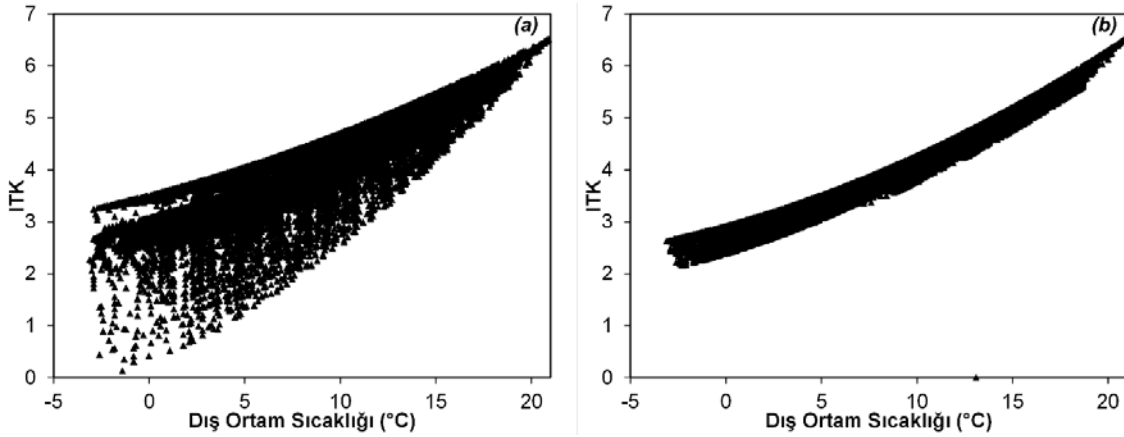
Bu çalışmada 15.10.2008 - 31.03.2009 tarihleri arasında beş dakika aralıklar ile Bursa ilinde ölçülen meteorolojik veriler kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan sıcaklık ve rüzgâr hızı verilerinin günlük ortalama değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Günlük ortalama sıcaklık 0 °C’nin altına inmemekle birlikte (Şekil 2a) bu dönemde ölçülen en düşük sıcaklık -3.1 °C, en yüksek sıcaklık ise 26.6 °C’dir. Benzer şekilde günlük ortalama rüzgâr hızları da 8 m/s’yi aşmamasına karşın en yüksek 13.9 m/s olarak ölçülmüştür. Rüzgâr hızının dış ortamdaki ısı taşınım katsayısı ( $h_o$ ) üzerinde doğrudan etkisi olması nedeniyle (Eş. 3), ısıtma yükünü de önemli ölçüde etkilemektedir. Dış ortamdaki ısı taşınım katsayısının sabit alınması ile rüzgâr hızına bağlı olarak hesaplanması arasında gerek ısı yükler gerekse kompresör yüklerinde ve buna bağlı sistemin ITK üzerinde önemli değişimler olduğu hesaplanmıştır. Binalardaki ısıtma yükleri belirlenirken, bölgenin rüzgâr durumunun da dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.



**Şekil 2.** Günlük ortalama dış ortam sıcaklıkları (a) ve rüzgâr hızları (b)

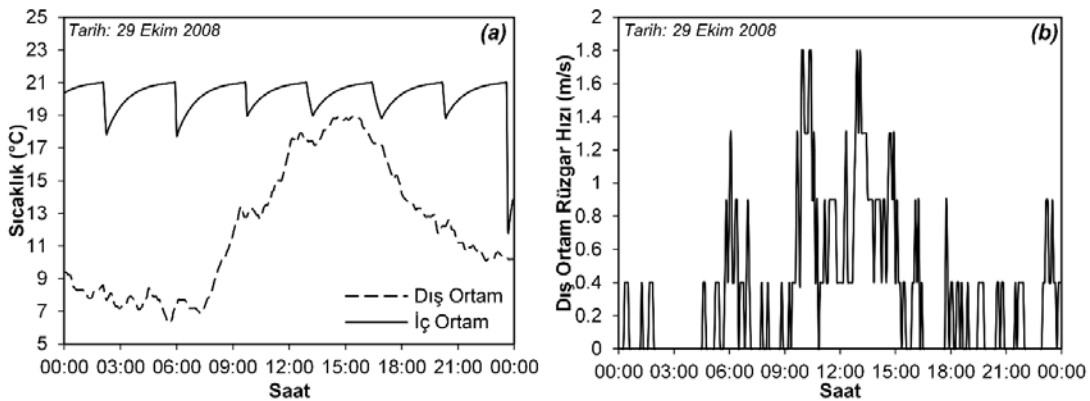


Bu çalışmadaki hesaplamalarda dış hava sıcaklığının ITK değerlerine etkisi incelenmiştir. Şekil 3a'da ısı taşınım katsayısı ( $h_d$ ) Eş. 3 kullanılarak ölçülen değerlere göre hesap edilmiştir. Şekil 3b'de ise TS825 standardına bağlı kalınarak, ısı kayıp değerlerinin biraz daha emniyetli olması ve ışınlam ile ısı transferinin etkisini dâhil etmek için dış taraftaki ısı taşınım katsayısı ( $h_d$ ) ( $h_d = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) alınmıştır. Şekil 3a ve 3b arası fark incelendiğinde ITK değerinin ısı taşınım katsayısı ( $h_d$ ) Eş 3'e göre hesap edildiğinde iki değerinin altında kaldığı görülmektedir. Bunun en önemli sebebi gerçekleştirilen simülasyonda ısı verilen mahalın ısıyı depolaması göz ardı edilmesidir. Beş dakikalık aralıklar ile ölçülen dış hava sıcaklığının rüzgârın etkisi ile iç ortam için istenen değere getirmesi için ısıtma yükü artmakta bu durum da ITK değerini düşürmektedir. Şekil 3a'da yoğunlaşmaya bakıldığında ITK'nın iki değerinin altında kalan zamanlar ihmal edilebilir mertebededir. Kelly ve Cocroft'un benzer yöntem kullanılarak yaptıkları çalışmada dış taraftaki ısı taşınım katsayısını ( $h_d$ ) sabit aldıkları için Şekil 3b 'ye yakın sonuç bulmuşlardır [5].



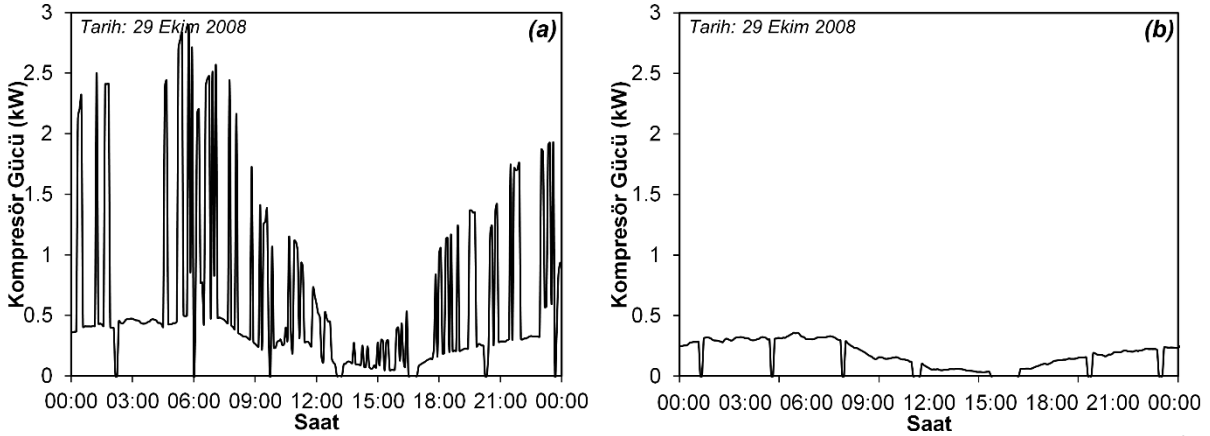
Şekil 3. ITK değerlerinin dış Ortam Sıcaklığı ile Değişimi; (a) rüzgâr hızının hesaba katılması durumu, (b)  $h_d = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Klima sisteminin iç ortam sıcaklığını kontrol ederek  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de tutmaya çalışmaktadır. Hesaplama sonuçlarına göre iç ortam sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığının zamana göre değişimi Şekil 4a'da verilmiştir. Isıtma sistemi, iç ortam sıcaklığı  $19 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altına düştüğünde devreye girmekte ve  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  olduğunda devreden çıkmaktadır. Dış ortam sıcaklığı veya rüzgâr hızında (Şekil 4b) değişim olsa da konfor şartlarının sağlandığı görülmektedir.



Şekil 4. İç ortam sıcaklıklarının (a) ve rüzgâr hızının bir gün içerisindeki değişimi

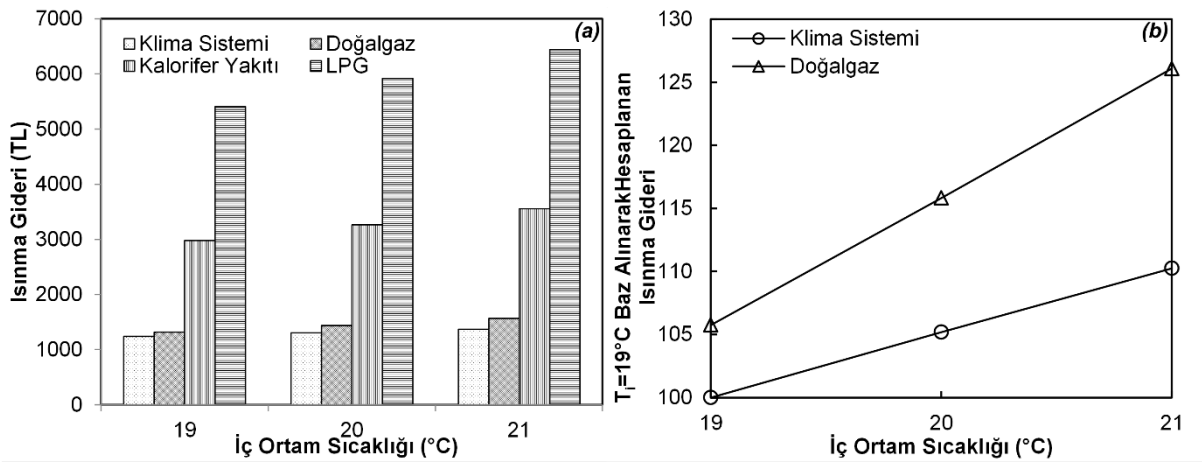
Kompresör yükleri incelendiğinde (Şekil 5) rüzgâr hızlarının etkisi (Şekil 4b) açıkça görülmektedir. Rüzgâr hızının artmasıyla ısı taşınım katsayısı artmakta bunun sonucunda ısıtma yükleri artmakta ve kompresör gücü de artmaktadır (Şekil 5a). Rüzgâr hızı hesaplamalara katılmadığında, yani ısı taşınım katsayısının ( $h_d$ ) sabit  $25 \text{ W/m}^2\text{K}$  alınması durumunda kompresör yüklerinde rüzgâr hızındaki değişimden kaynaklı pik yükler oluşmamaktadır (Şekil 5b). Şekil 5 incelendiğinde rüzgâr hızının etkisinin ihmal edilemeyecek seviyede olduğu söylenebilir.



**Şekil 5.** Kompresör yüklerinin değişimi; (a) rüzgar hızının hesaba katılması durumu, (b)  $h_d = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bursa ilinde yapılan bu çalışmada, güncel elektrik ve doğalgaz fiyatları göz önünde bulundurularak 20 °C iç ortam sıcaklığı için klima sistemi kullanılması durumunda 1240.60 TL, doğalgaz kullanılması durumunda ise 1311.80 TL ısıtma gideri hesaplanmıştır. Bursa ilinde hava soğutmalı ısı pompası ile konut ısıtması diğer yakıt türlerine göre daha ucuz çıkmıştır (Şekil 6a). En düşük maliyetli ısıtma seçeneği olan klima sisteminin 19 °C iç ortam sıcaklığında çalıştırılması durumundaki enerji maliyeti 100 birim olarak kabul edildiğinde aynı şartlardaki doğalgaz kullanan sistemde 106, fuel oilde 240 ve LPG'de 436 birim enerji maliyeti olduğu görülmektedir. Enerji tüketimleri açısından değerlendirildiğinde klima sisteminin diğer ısıtma sistemlerine göre daha az enerji tükettikleri görülmüştür. Bu çalışmada diğer yakıtların kullanıldığı ısıtma sistemleri klima sistemine göre 3.74 kat daha fazla enerji tüketmektedir. Kelly ve Cockroft'un çalışmasında, doğalgaz kullanımı ısı pompası kullanımına göre 3.2 kat daha fazla enerji harcamaktadır. Buna karşın doğalgaz fiyatları çalışmanın yapıldığı ülkede ucuz olmasından dolayı yıllık ısınma giderleri doğalgaz kullanan sistemde daha düşük olmaktadır [5]. Klima sistemlerinin ısıtma uygulamalarında kullanılması enerji tüketimi açısından avantaj sağlamakta fakat maliyetler incelendiğinde yakıt fiyatlarının etkisiyle bazı ülkelerde doğalgaz ile çalışan sistemlerin daha ekonomik olduğu görülmektedir.

1 °C iç ortam sıcaklığındaki artış incelendiğinde, klima sisteminin enerji maliyetindeki artış diğer yakıt türlerine göre daha düşük olmaktadır. 19 °C iç ortam sıcaklığındaki klima sisteminin ısınma maliyeti referans alındığında 20 °C iç ortam istendiği takdirde ısıtma giderinde %5.2, 21 °C iç ortam istendiği takdirde %10.2 artış görülmekte iken doğalgaz için sırasıyla %6, %16 ve %26 artış olmaktadır. Klima sisteminde, iç ortam konforunda 1 °C artış istenmesi halinde enerji maliyetlerindeki artışın oranı doğalgaza göre daha az olduğu görülmektedir (Şekil 6b).



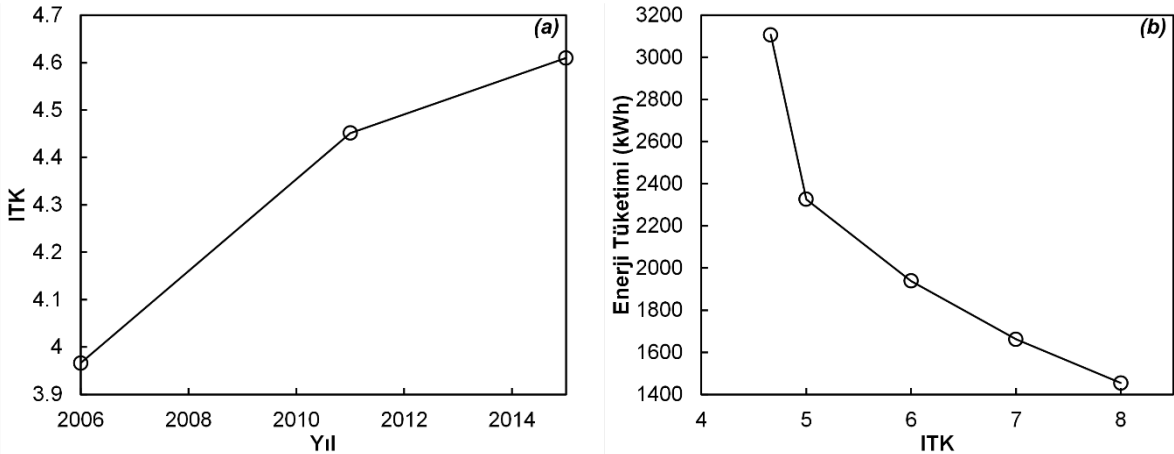
**Şekil 6.** Farklı yakıt türleri için hesaplanan ısıtma giderleri (a) ve  $T_i = 19 \text{ °C}$  referans alınarak doğalgaz ve klima sistemlerindeki ısıtma giderlerinin iç ortam sıcaklığına göre değişimi (b)

Klima sistemlerinin ITK değerleri, teknolojideki gelişmeler ile birlikte sürekli artmaktadır (Şekil 7a). ITK, 2006 yılında 4'ün altında iken günümüzde 4.6 seviyesindedir. Bu çalışmada, ısınma sürecinin tamamında ortalama ITK değeri 4.66 olarak bulunduğu düşünüldüğünde klima sistemlerinin katalog değerleri ile uygun sonuçlar elde edilmiştir. Teorik olarak elde edilebilecek maksimum ITK değeri sıcak ( $T_H$ ) ve soğuk kaynakların sıcaklıkları ( $T_C$ ) ile Carnot makinesine göre şu şekilde hesaplanabilir [13]:

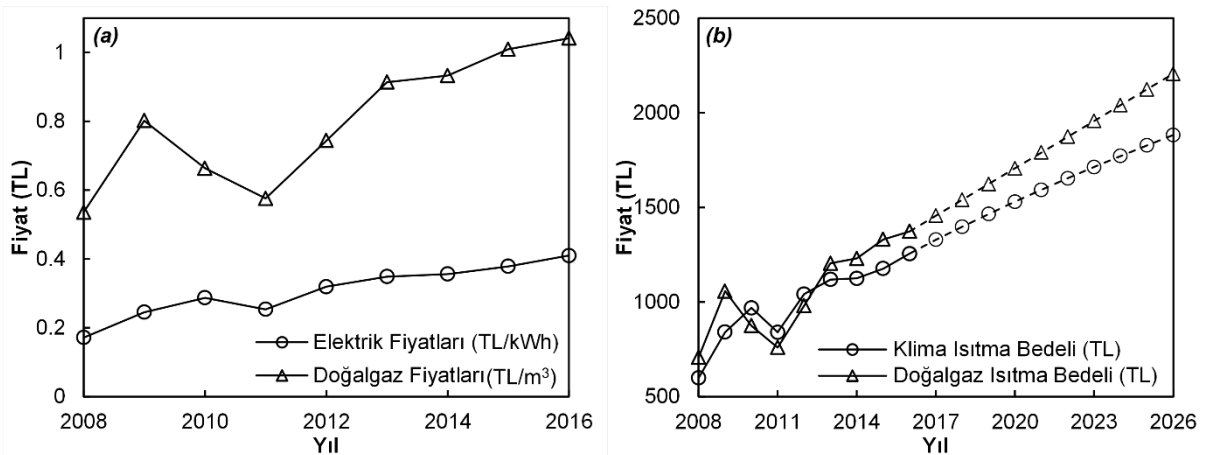
$$ITK_{Carnot} = \frac{T_H}{T_H - T_C} \quad (15)$$

Sıcak ve soğuk sıcaklık kaynaklarının sırasıyla 20 °C ve -5 °C olduğu bir durumda elde edilebilecek maksimum ITK değeri Carnot makinesine göre 11.72 olmaktadır. Mevcut sistemlerin ITK değerleri değerlendirildiğinde, bu tarz sistemlerinin performanslarının geliştirilmeye açık olduğu görülmektedir. ITK'da sağlanan iyileşme ile ısıtma süreci için gerekli olan enerjiden de önemli ölçüde tasarruf edilebilir (Şekil 7b).

2008 yılından günümüze kadar olan elektrik ve doğalgaz fiyatlarındaki artış Şekil 8a'da verilmiştir. Bu artış oranı ve klima sistemlerinin ITK değerlerindeki artış (Şekil 7a) temel alınarak yapılan hesaplamalarda ısınma bedellerinin artacağı öngörülmektedir. Enerji fiyatlarındaki artış ve ITK değerlerindeki iyileşmeler aynı eğim ile devam etmesi durumunda klima sistemi ile doğalgaz kullanan ısıtma sistemi arasındaki enerji maliyetleri giderek artacağı söylenebilir (Şekil 8b). Serpen ve Balabıyık tarafından yapılan çalışmada [7] doğalgaz daha ekonomik bir çözüm olarak bulunmasına karşın uzun dönem ele alındığında ısı pompasının daha ekonomik olacağı vurgulanmıştı. Bu çalışmada yapılan öngöründe de farkın giderek açılacağı sonucuna varılmıştır.



Şekil 7. Klima sistemlerinin ITK değerlerinin yıllara göre değişimi (a) ve ısıtma için ihtiyaç duyulan enerjinin klima sistemlerinin ITK değerlerine göre değişimi (b)



Şekil 8. Yıllara göre Elektrik ve doğalgaz fiyatlarındaki (a) hesaplanan ısıtma giderlerindeki (b) değişim

## SONUÇ

Evlerde tüketilen enerjini büyük bir kısmı yaşam alanlarının ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle ısıtma sistemi, konutlarda enerji giderleri açısından önemli yer tutmaktadır. Klima sistemlerindeki gelişmeler, bu tarz sistemlerin soğutma uygulamalarının yanı sıra ısıtma amacıyla da kullanılabilmesinin önünü açmıştır. Özellikle CO<sub>2</sub> salınımını azaltma hedefi doğrultusunda klima sistemleri, mevcut yakıtların en önemli alternatifi konumundadır. Bu çalışmada, Bursa ilinde bulunan bir konutun 15.10.2008 - 31.03.2009 tarihleri arasındaki beş dakika aralıklar ile ölçümü yapılan sıcaklık ve rüzgâr hızı verileri kullanılarak ısıtma ihtiyacı hesaplanmış ve farklı ısıtma sistemleri kullanılması durumunda ısıtma giderleri belirlenmiştir. İç ve dış ortam sıcaklıkları ve ısıtma kapasitesi kullanarak klima sisteminin ITK değerleri belirlenebileceği bir model oluşturulmuş ve kompresör yüklerinin belirlenmiştir.

Hesaplamalar neticesinde, rüzgar hızının etkisinin ihmal edilemeyecek mertebelerde olduğu ve ısıtma yüklerini etkilediği görülmüştür. Özellikle rüzgarlı olan bölgelerde yapılacak hesaplamalarda bu durumun mutlaka göz önünde bulundurulması gerekmekte ve ısıtma sistemlerinin boyutlandırılmasında dikkat edilmelidir.

Klima sisteminin kullanılması, enerji tüketimi açısından büyük avantaj sağlamak ve bu çalışmada ele alınan diğer yakıt türleri arasında en az enerji tüketen sistem olduğu bulunmuştur. Aynı ortamın ısıtılmasında klima sistemi yerine doğalgaz kullanılması durumunda maliyetler %10, fuel oil kullanılması durumunda 2.5 kat, LPG kullanılması durumunda ise 4.5 kat fazla olmaktadır. Klima sisteminin tükettiği enerji miktarı diğer sistemlere göre çok düşük kalmakta fakat elektrik fiyatlarının yüksek olması nedeniyle doğalgaz kullanımına göre avantajı %10 seviyelerinde kalmaktadır. Yakıt fiyatları her geçen gün artarak birlikte klima sistemlerinin ITK değerleri de iyileştirilmektedir. Bu artış göz önünde bulundurularak bir projeksiyon oluşturulduğunda gelecekte klima sistemlerinin doğalgaza göre avantajının artarak devam edeceği öngörülmüştür. Buna ek olarak iç ortam sıcaklığını 1 °C arttırmak doğalgaz kullanan ısıtma sisteminde %10'luk bir maliyet artışı getirirken klima sistemi kullanılması durumunda ise %5'lik bir artış söz konusu olmaktadır.

Sonuç olarak, konutlarda ısıtma ihtiyacını daha ekonomik ve çevreci bir yolla karşılamak amacıyla klima sistemlerinin ön plana çıktığı söylenebilir. Yakın gelecekte de bu farkın giderek artacağı ve gerek CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki kısıtlamalar gerekse maliyetler değerlendirildiğinde klima sistemlerinin daha yaygın bir şekilde ısıtma uygulamalarında kullanılacağı söylenebilir. Özellikle klima sistemlerinde farklı ısı kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması ile birlikte ekonomik açıdan avantajlı konuma gelecek ve diğer sistemlere göre daha çevreci olan bu sistemlerin önemi giderek artacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] KAYNAKLI, Ö., MUTLU, M. ve KILIÇ, M. "Bina duvarlarına uygulanan ısı yalıtım kalınlığının enerji maliyeti odaklı optimizasyonu". *Tesisat Mühendisliği*, 126, 48-54, 2012.
- [2] LUND, H., MÖLLER, B., MATHIESEN, B. V. ve DYRELUND, A. "The role of district heating in future renewable energy systems". *Energy*, 35(3), 1381-1390, 2010.
- [3] GUPTA, R. ve IRVING, R. "Development and application of a domestic heat pump model for estimating CO<sub>2</sub> emissions reductions from domestic space heating, hot water and potential cooling demand in the future". *Energy and Buildings*, 60, 60-74, 2013.
- [4] CHUA, K. J., CHOU, S. ve YANG, W. M. "Advances in heat pump systems: A review". *Applied energy*, 87(12), 3611-3624, 2010.
- [5] KELLY, N. J. ve COCKROFT, J. "Analysis of retrofit air source heat pump performance: Results from detailed simulations and comparison to field trial data". *Energy and Buildings*, 43(1), 239-245, 2011.
- [6] <http://www.bursagaz.com/konut-fiyat-bilgileri>, *Erişim Tarihi: 15.01.2017*.
- [7] SERPEN, U. ve PALABIYIK, Y. "Konutlarda ısı pompası ve güneş enerjisi seçenekleri ile ısıtmanın ekonomik analizi". *VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, 25-27 Mayıs 2006, Isparta.



- [8] KAYA, M. “Isı Pompası Ve Kombi Isıtma Sistemleri Maliyet Analizlerinin Karşılaştırılması”. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2), 39-47, 2009.
- [9] CABROL, L. ve ROWLEY, P. “Towards low carbon homes—A simulation analysis of building-integrated air-source heat pump systems”. *Energy and Buildings*, 48, 127-136, 2012.
- [10] KILIÇ, M. ve YİĞİT, A. “Isı Transferi”, Alfa Aktüel Yayınları, 2008.
- [11] TSE 825, “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, 2009.
- [12] YÜKSEL, İ. “Otomatik Kontrol”, Dora Yayıncılık, 2016.
- [13] ÇENGEL, Y. A. ve BOLES, M. A. “Mühendislik Yaklaşımı ile Termodinamik”, Literatür Yayınevi, 1996.

## ÖZGEÇMİŞ

### Mustafa MUTLU

1984 yılı Bulgaristan doğumludur. 2007 yılında UÜ. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. UÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında 2009 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlamış ve aynı anabilim dalında 2015 yılında doktora derecesi almıştır. 2009 – 2015 yılları arasında UÜ. Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. Halen Ermetal Otomotiv ve Eşya San. Tic. A.Ş.'de Ar-Ge Mühendisi olarak görev yapan Mustafa MUTLU, ısı transferi, enerji sistemleri, hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve ısı sistemlerinin sayısal modellenmesi konusunda çalışmalarını sürdürmektedir.

### Emre ÇALIŞKAN

1984 yılı Eskişehir doğumludur. 2007 yılında UÜ. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2007 - 2014 yılları arasında TMMOB Makina Mühendisleri Odası Bursa Şubesi'nde Teknik görevli olarak çalışmıştır. Mekanik Tesisat proje kontrollerini gerçekleştirmiştir. Bursa Akademik Odalar Birliği Yerleşkesi Mekanik Tesisat Uygulama ve Denetleme Kurulunda yer almıştır. Aynı zamanda satınalma komisyonunda görev yapmıştır. Halen DAIKIN Isıtma Soğutma Sistemleri A.Ş.'de Supervisor olarak görev yapan Emre ÇALIŞKAN, Isı Transferi, Enerji Sistemleri, Enerji Verimliliği konusunda çalışmalarına devam etmektedir.