KAMU SEKTÖRÜNDE ENERJİ YÖNETİMİ: İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (İYTE) ÖRNEĞİ

Mustafa Can YAMAN
Gülden GÖKÇEN

ÖZET

Bina kabuğu ve iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan ısı kayıpları, binalarda ısıl konforun sağlanması ve enerji tüketimi üzerinde negatif etkilere yol açmaktadır. Sorunlar genellikle bina tasarımı ve yapımı gerçekleştikten sonra, bazen de kullanımın değişmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bina performansının değerlendirilmesi, açıkların saptanması ve önlemlerin alınmasıyla geç ama etkili bir enerji tasarrufu sağlanabilir.

Bu çalışmanın genel amacı; İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) mevcut binalarının enerji analizlerini (ölçümler ve simülasyon) gerçekleşmek, binaların tasarım, yapım ve işletme aşamalarındaki hata ve eksiklikleri ortaya koyarak hem yeni yapılacak binalar hem de mevcut binalar için iyileştirme önerileri getirmek, bu önerileri kısmen uygulayarak gerçekleşen iyileştirmeleri ölçmektir. Bu genel amacın ilk aşaması olarak kendisine ait ısıtma/soğutma sistemi olan İdari Bina örnek bina olarak seçilmiş ve bu binada gerçekleştirilen enerji izleme ve değerlendirme çalışmaları sunulmuştur. Çalışma kapsamında Bina'nın çeşitli fonksiyonları için kullanılan enerji miktarları belirlenmiş, zamana bağlı olarak incelenmiş ve birim alanda harcanan enerji hesaplanarak standartlara uygunluğu araştırılmıştır.

1. GİRİŞ

Nüfusa ve teknolojik gelişime bağlı olarak enerji tüketimi tüm Dünya'da artış göstermektedir. 2006 yılı verilerine göre Dünya'da tüketilen enerji bir önceki yıla göre %2,4 artmıştır. Türkiye'de ise elektrik tüketimi yıllık ortalama %7'nin, birincil enerji tüketimi ise %5'in üzerinde bir hızla artış göstermektedir. 2006 yılında Türkiye'nin genel enerji tüketimi 92,3 MTEP'e ulaşmıştır. Elektrik enerjisi tüketimi 2005 yılında 161,9 milyar kWh olarak gerçekleşirken, 2006 yılı sonunda tüketim 173 milyar kWh'e ulaşmıştır. Doğalgaz tüketimi ise 2006 yılında %13,5 artışla 30,5 milyar metreküp olarak belirlenmiştir [1].

Genel enerji talebimizin 2010 yılında 126 MTEP'e, 2020 yılında ise 222 MTEP'e ulaşması beklenmektedir. Ülkemizin dışa bağımlılık oranı %72'ler seviyesinde olup yükselme eğiliminde olduğu görülmektedir [2].

Tüm bu veriler gözönünde bulundurulduğunda Türkiye'nin durumu şu şekilde özetlenebilir:

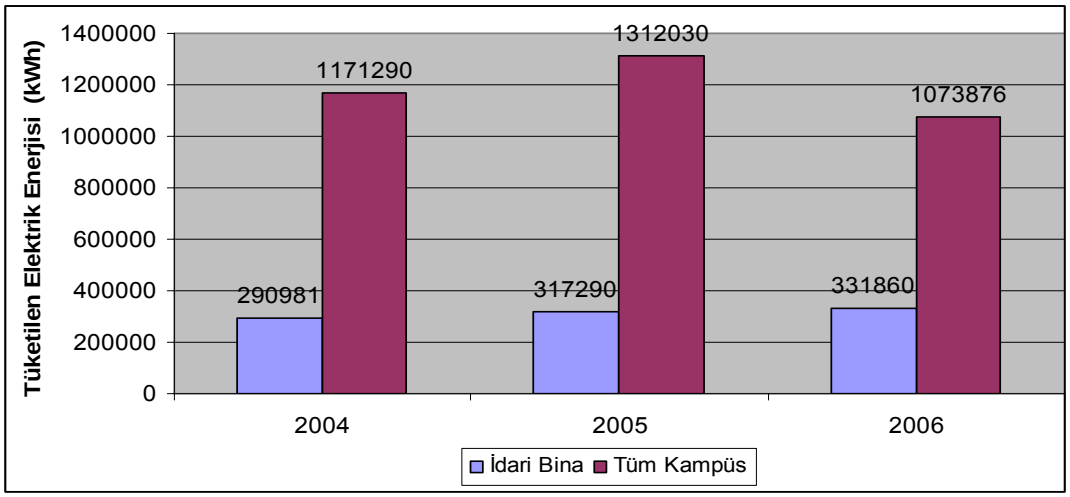
1- Türkiye enerji kaynakları açısından kendi kendine yeterli olmayıp dışa bağımlıdır ve bu dışa bağımlılık her geçen yıl artmaktadır.
2- Gelişmekte olan ülkeler sınıfındaki Türkiye'nin enerji talebi dünya ortalamasının üstünde artmaktadır.
3- Ekonomi ve sanayinin temel öğesi olan enerjinin girdi maliyeti de artma eğilimindedir. Serbest piyasa ekonomisi koşullarında rekabet edebilme özelliği büyük ölçüde enerji fiyatlarına bağlıdır.

Bu koşullarda yapılması gereken, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmesi ve enerji tasarrufudur. Bu noktada en ucuz, en hızlı ve en ekonomik şekilde sonuca gidilecek yol enerji tasarrufudur.

Ülkemizin 2006 yılı enerji tüketiminin sektörel dağılımı; %38'i konut ve işyerlerinde, %36'sı sanayide, %20'si ulaşımda, geri kalanı ise diğer kalemlerde olacak şekilde gerçekleşmektedir [3].

Sanayi ve ulaşımdaki enerji kullanımında tasarruf, uzun vadeli ve hatırı sayılır miktarda yatırım gerektirmektedir. Çünkü bu alanlarda kullanılan konveksiyonel yöntemleri değiştirmek zordur. Konutlar ve işyerlerinde (binalar) ise yapılacak küçük değişiklikler ve planlamalar etkisini kısa sürede gösterip enerji tasarrufuna katkıda bulunabilir.

Özellikle kamu binalarında iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinin harcadığı enerji, toplam enerji tüketiminde önemli bir yer tutmaktadır. İYTE'de elektrik tüketimi 2000 yılına göre 2001 yılında %31, 2002 yılında ise %49 artış göstermiştir. Yaz aylarında ise soğutma sisteminin devreye girmesiyle elektrik tüketimi yaklaşık %164 artmaktadır [4]. 2004-2006 yılları Kampüs ve İdari Bina elektrik tüketimi bilgileri Şekil 1'de verilmiştir [5].



Şekil 1. 2004-2006 yılları İdari Bina ve Kampüs toplam elektrik enerjisi tüketimi [5].

Enerji tasarrufu, enerji verimliliği ve enerji yönetimi birbiriyle ilintili kavramlardır. Enerji yönetimi; enerjinin kullanıldığı alanlarda verimli olarak tüketilmesi ve gereken birimlerde enerji tasarrufunun sağlanmasıdır.

Bir binada enerji yönetim sisteminin kurulabilmesi için binanın enerji performansının belirlenmesi gerekir. Bunun için de öncelikle binaya ait önemli parametrelerin bilinmesi gerekmektedir. Bu parametreler;

Çalışma Alanı: İşyerleri için mesai saatleri içinde kullanıma açık olan ve ısıtma/soğutmanın aktif olarak kullanıldığı alandır. Konutlar için ise kullanılan ve ısıtma/soğutmanın yapıldığı alanlardır.

Yapının enerji tüketimi: Bu değer geçmiş dönemlerin elektrik ve yakıt faturalarından elde edilebileceği gibi anlık ya da zamana bağlı ölçümler yapılarak daha doğru bir şekilde bulunabilir. Bu tüketim değerinde önemli olan parasal değerler değil tüketilen enerji türlerinin(elektrik, katı yakıt, sıvı yakıt) miktarlarıdır.

Hacim iklimlendirmesi için kullanılan enerji: Binalardaki kullanılan enerjinin büyük bir kısmının ısıtma, soğutma ve havalandırmada kulanıldığı bilinmektedir. Ayrıca en çok tasarruf sağlanabilecek kısım da buradadır.

Binanın kullanım süresi: Bu süre binada aktif olarak aydınlatma, ısıtma-soğutma ve diğer kullanımlar için enerjinin tüketildiği zamandır.

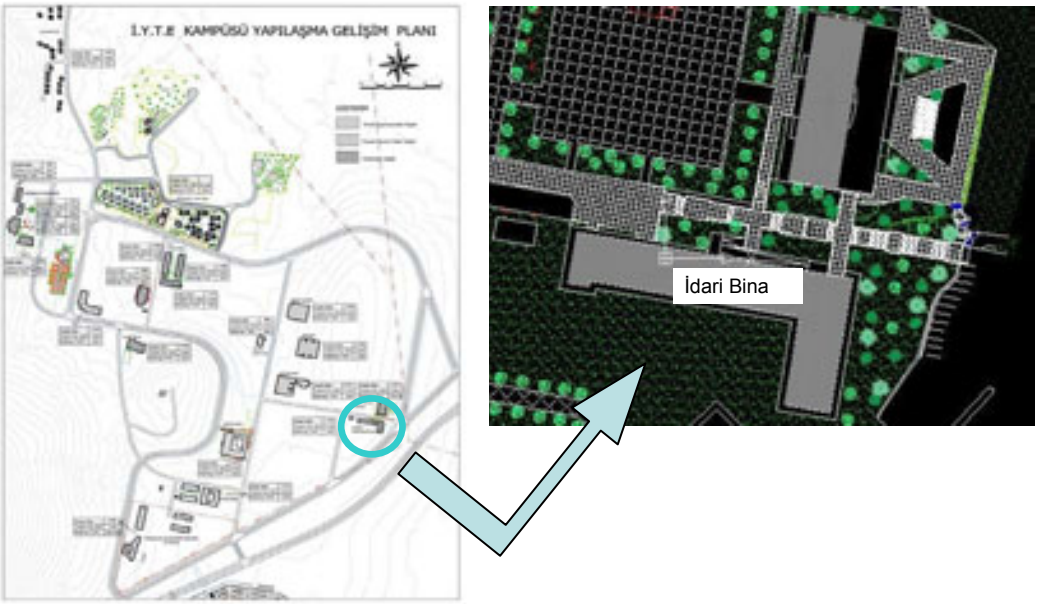
Bu parametrelerin bilinmesiyle binanın enerji performansının belirlenemsi çalışmalarına başlanabilir. Binanın enerji performansının bilinmesinin yararları:

1. Performans değeri standartlar ile karşılaştırılarak enerji tasarruf potansiyeli belirlenebilir ve buna göre yapılacak çalışmalar düzenlenebilir,
2. Enerjinin hangi alanlarda veya hangi işlevde verimli yada verimsiz kullanıldığı bulunup tasarrufun ve iyileştirmelerin nerelerde yapılması gerektiği belirlenebilir,
3. Yapılan iyileştirmelerin etkileri incelenip önceki değerlerle karşılaştırılabilir [14].

Çalışmanın amacı; kendisine ait ısıtma/soğutma sistemi olan bir binada enerji analizi gerçekleştirmek, bina ve işletme performansını belirlemek ve enerji değerlendirmesini yapmaktır. Bu amaca uygun bir örnek çalışma için "İdari Bina" seçilmiştir.

2. BİNA BİLGİLERİ

İYTE İdari Bina (Daire Başkanlıkları Binası); doğu-batı eksenine konumlanmış açık meskenli 3+1(+1 zemin) katlı bir ofis binası olarak tanımlanabilir. 5190 m^2 brüt, 5090 m^2 net kullanım alanıyla 2000 yılında hizmete girmiştir. Bu tarihten günümüze binada çeşitli değişiklikler yapılmıştır. 2007 Temmuz ayı itibariyle binanın Kampüs içindeki konumu Şekil 2'de, kullanım bilgileri ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2. İdari Bina lokasyonu.

İdari Bina kendisine ait merkezi ısıtma/soğutma sistemine sahiptir. Isıtma sistemi; her biri 291kW kapasitede fuel-oil yakıtlı 2 adet kazandan (2x291 kW) ve 20 tonluk yakıt tankından oluşmaktadır. Tesisat projesine göre binanın toplam ısı yükü 446 kW'dır. Yakıt olarak 6 numaralı fuel-oil kullanılmaktadır. Binanın soğutma sistemi; 3 adet hava soğutmalı, konderserli dış üniteden oluşmaktadır. 311,9 kW soğutma gücüne sahip dış ünitenin 37°C dış ortam sıcaklığında tükettiği enerji kompresör için 127,5 kW, 9 adet pompa için ise 32,4 kW'dır. Binanın tesisat projesine göre toplam soğutma yükü 500 kW'dır [5]. Hacimlerde ısı transferi hem ısıtma hem soğutmada kullanılan fan-coiller ile sağlanmaktadır. Ayrıca binada pencerelerde gölgeleme sağlamak amacıyla jaluziler kullanılmaktadır.

Tablo 1. İYTE İdari Bina kullanım bilgileri [5].

Mekan	Adet	Alan (m²)
Bilgisayar lab (0-50m^2)	1	152
Diğer lab	15	734
Kantin	1	172
Toplantı salonu	6	200
Akademik Pers. Odası	40	860
Kazan Dairesi	1	153
İdari Per. Odası	47	1541
Ambar	1	140
WC	14	246
Arşiv	2	54
Hol+Merdiven	3	654
Atölye	2	184
Toplam	133	5090

3. YÖNTEM

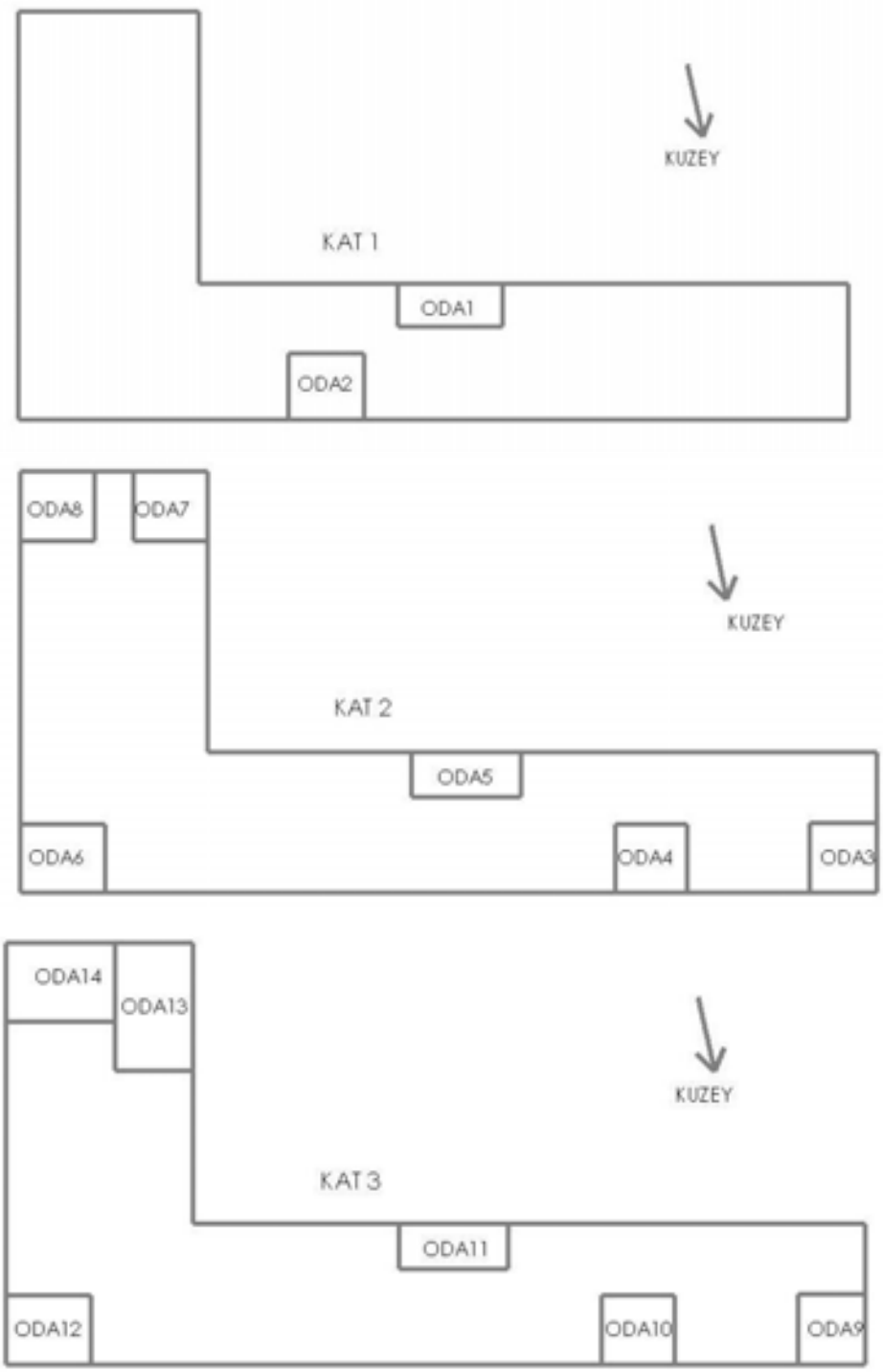
İdari Bina'nın 2006 yılına ait enerji performansını belirlemek amacıyla;

- Yapının tümünü temsil edecek şekilde belirlenmiş 14 noktaya mini veri toplayıcılar yerleştirilerek iç sıcaklık ve bağıl nem verileri tüm yıl boyunca 10 dk'lık aralıklarla toplanmıştır.
- Binanın ısıtma, soğutma ve diğer enerji tüketim bilgileri toplanmıştır.
    - 2006 yılına ait elektrik tüketim verileri aylık sayaç okumalarından alınmıştır. Binaya ait 3 adet sayaç mevcuttur. Bunlardan bir tanesi ısıtma sistemi pompalarına, ikincisi soğutma sistemine, üçüncüsü ise aydınlatma ve cihaz kullanımlarına aittir.
    - Yakıt tüketim verileri ise yakıt alım faturalarından alınmıştır.
- Dış ortama ait sıcaklık ve rüzgar hızı verileri İYTE Kampüsü'nde bulunan ve 10 dk'lık aralıklarla veri toplayan meteoroloji istasyonundan alınmıştır.
- Mimari ve tesisat projeleri incelenerek uygulama sırasındaki değişiklikler belirlenmiştir.
- Termal kamera ölçümleri yapılmış, ısı köprüleri ve binanın dış yüzeyindeki sıcaklıklar belirlenmiştir.

Toplanan veriler ile katların ortalama nem ve sıcaklıkları, binanın ısıtma, soğutma ve diğer kullanımlar için harcadığı enerji ve 2006 yılı için m^2 başına tüketilen enerji hesaplanmış ve standartlarla karşılaştırılmıştır.

SONUÇLAR

İdari Bina'nın enerji performansını belirlemek amacıyla ölçülen iç sıcaklık ve bağıl nem verileri mini veri toplayıcılar tarafından toplanmaktadır. Veri toplayıcılar 3 katta 14 odaya yerleştirilmiş ve krokisi Şekil 3'de, kullanım bilgileri Tablo 2'de verilmiştir. 10 dk'lık aralıklarla 2006 yılı boyunca toplanan verilerin aylık ortalamaları ise Şekil 4'de verilmiştir.



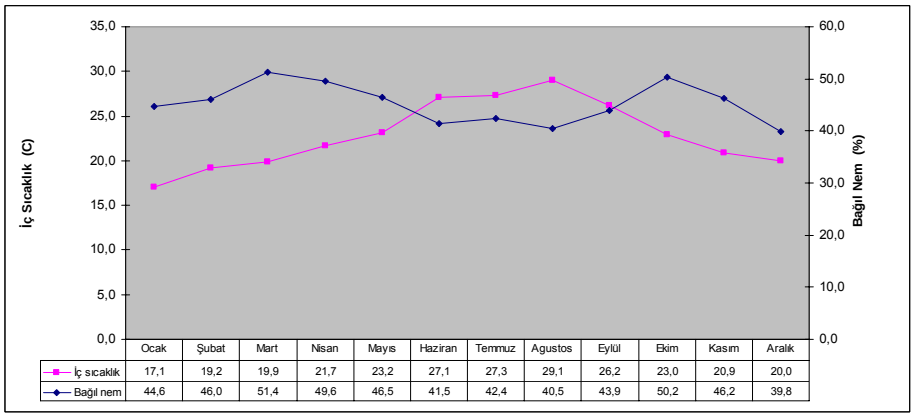
Şekil 3. İdari Bina mini veri toplayıcı yerleşim planı.

Şekil 4'den de görüleceği gibi ısıtma sisteminin devrede olduğu Kasım-Mart aylarında 20-22°C konfor sıcaklığında olması gereken ofis, sınıf gibi hacimlerde Ocak ayı hariç bu değerlere yaklaşıldığı görülmektedir. Soğutma sisteminin devrede olduğu Haziran-Ağustos aylarında ise 22-25°C olması gereken konfor sıcaklığı sağlanamamaktadır.

Ölçüm yapılan her bir katın aylık ortalama sıcaklık dağılımı Şekil 5'te verilmiştir. Kış aylarında en düşük sıcaklıkların çatıdan olan ısı kaybından dolayı 3. katta, en yüksek sıcaklıkların ise 2. katta kaydedildiği görülmektedir. Yaz aylarında ise en düşük sıcaklığa 1. katta ulaşılmaktadır. Diğer katlarla karşılaştırıldığında 2. katın tüm yıl boyunca en yüksek sıcaklığa sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Veri toplayıcıların bulundukları odaların kullanım bilgileri.

Oda No	Kat	Kullanım Şekli
1	1	İdari Personel
2	1	İdari Personel
3	2	Sınıf
4	2	Akademik Personel
5	2	Akademik Personel
6	2	İdari Personel
7	2	İdari Personel
8	3	İdari Personel
9	3	Akademik Personel
10	3	Akademik Personel
11	3	Laboratuvar
12	3	İdari Personel
13	3	İdari Personel
14	3	Toplantı Odası

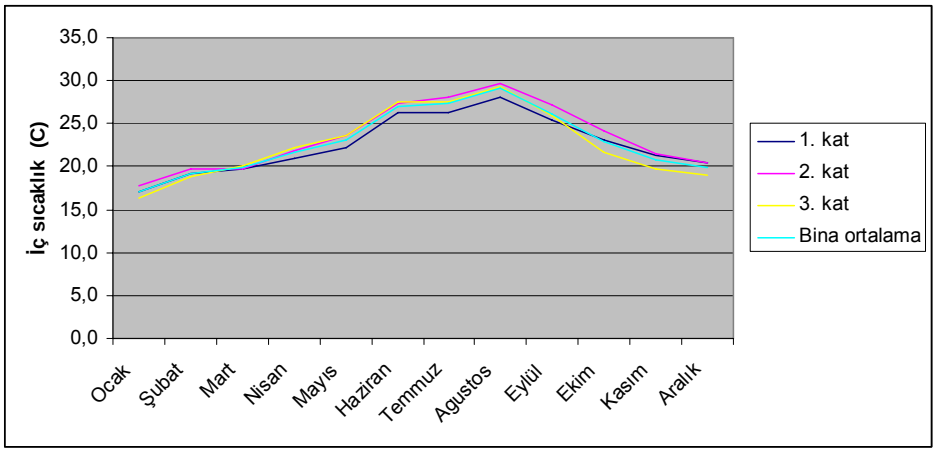


Şekil 4. İdari Bina 2006 yılı aylık ortalama iç ortam sıcaklığı ve bağıl nem değerleri.

İdari Bina'nın elektrik tüketimi verileri aylık sayaç okumalarından alınmıştır. Binada bulunan 3 adet sayaçtan bir tanesi ısıtma sistemi pompalarına, ikincisi soğutma sistemine, üçüncüsü ise aydınlatma ve cihaz kullanımlarına aittir. Merkezi ısıtma sistemi kazanlarında yakıt olarak kullanılan fuel-oil tüketim verileri ise yakıt alım faturalarından alınmıştır. Binanın 2006 yılı aylık elektrik ve yakıt tüketim değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3'ten de görüleceği gibi binanın 2006 yılı toplam elektrik yüketimi 331860 kWh, yakıt tüketimi ise 21,3 ton (195398 kWh)'dur. Toplam enerji tüketimi ise 527258 kWh olarak gerçekleşmiştir.

Yıllık toplam ısıtma (elektrik+yakıt), soğutma ile aydınlatma+cihaz sayaç okumalarının dağılımı Şekil 6'da verilmiştir. Binanın tesisat projesinde hesaplanmış ısıtma ve soğutma yükleri ve yıllık 630 saat ısıtma, 350 saat soğutma yapıldığı kabulü ile tüketilmesi gereken enerji ısıtma için 280980 kWh, soğutma için ise 175000 kWh olmalıdır. Fakat binada ısıtma için 200898 kWh, soğutma için ise 79260 kWh harcandığı görülmektedir. Konfor koşullarının sağlanması için binaya verilmesi gereken ilave enerji miktarları ısıtma için 80082 kWh, soğutma için ise 95740 kWh'dir. Binada ek enerji ihtiyacı yardımcı ekipmanlarla (elektrik sobası, klima, vantilatör vb.) sağlanmaktadır. Aydınlatma ve cihaz kullanım sayacı verilerine bakıldığında tüketimin 14100-31600 kWh arasında değiştiği görülmektedir. Tüketimde yıl içinde %124'e varan artışlar yaşanmaktadır. Tüketimin en yüksek olduğu ay Kasım ayıdır. Isıtma ve soğutmanın yapılmadığı ayların ortalaması o yıl için baz yük olarak alınarak, merkezi ısıtma ve soğutma sistemi dışında ısıtma ve soğutma için yardımcı ekipmanlarda harcanan enerji miktarları hesaplanmıştır. Bu kabule göre; ısıtma için harcanan ilave enerji 29000 kWh, soğutma için harcanan ilave enerji ise 20600 kWh'dir. Bu durumda elde edilen yeni enerji tüketim dağılımı Şekil 7'de verilmiştir.



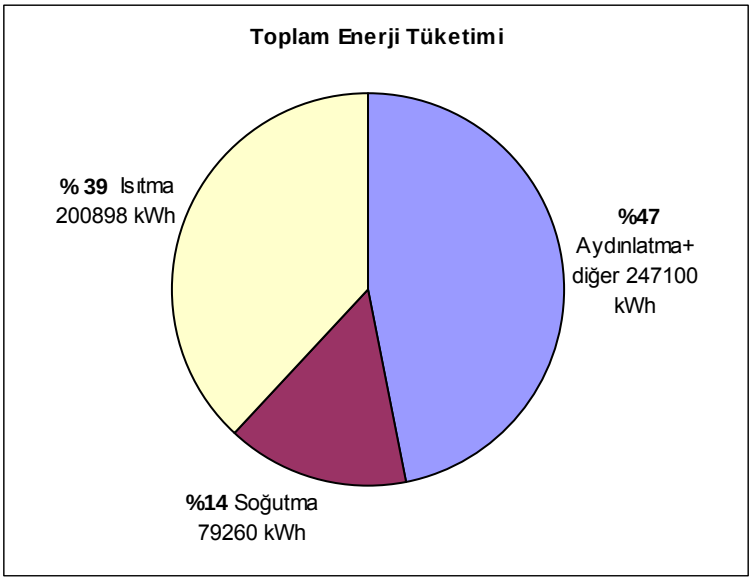
Şekil 5. İdari Bina'da katlara göre iç ortam sıcaklığı dağılımı.

Tablo 3. İdari Bina 2006 yılı toplam enerji tüketimi verileri [5].

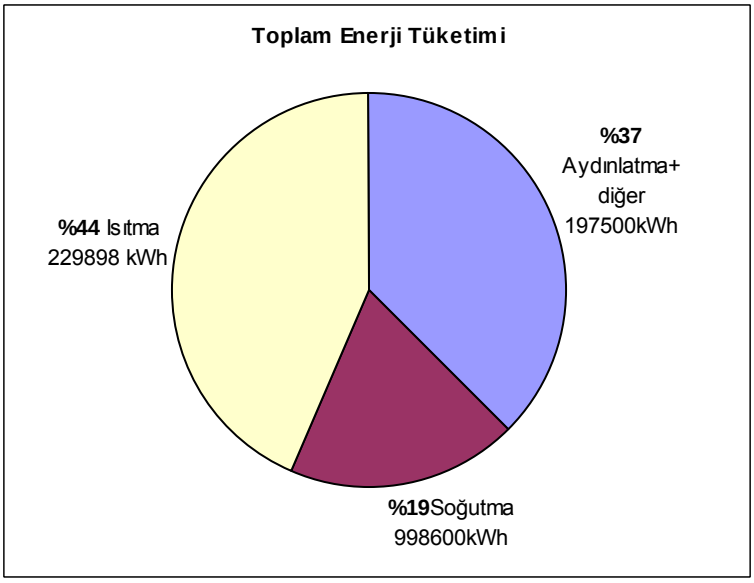
	Elektrik tüketimi (kWh)				Yakıt tüketimi		Toplam enerji tüketimi (elektrik+yakıt) (kWh)
	Aydınlatma + cihaz (kWh)	Isıtma sistemi	Soğutma sistemi	Toplam	Yakıt (kg)	Eşdeğer (kWh)*	
Ocak	20200	1260	-	21460	5300	48620	70080
Şubat	20400	1110	-	21510	3300	30273	51783
Mart	19200	470	-	19670	1850	16971	36641
Nisan	19600	250	-	19850	1050	9633	29483
Mayıs	23600	10	-	23610	-	-	23610
Haziran	20300	-	16700	37000	-	-	37000
Temmuz	22900	-	17300	40200	-	-	40200
Agustos	21200	-	34200	55400	-	-	55400
Eylül	14100	-	-	14100	-	-	14100
Ekim	14900	540	3800	19240	1550	14219	33459
Kasım	31600	670	3800	36070	2050	18806	54876
Aralık	19100	1190	3460	23750	6200	56876	80626
Toplam	247100	5500	79260	331860	21300	195398	527258

*1 ton fuel oil = 11467 kWh, yanma verimi = %80 [6]

Dış ortama ait sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve yönü bilgileri İYTE Kampüsü'nde bulunan meteoroloji istasyonu tarafından 10 dk'lık aralıklarla toplanmaktadır. Çalışmada kullanılan 2006 yılı sıcaklık ve rüzgar hızı verileri İYTE meteoroloji istasyonundan alınmış ve bu değerlere ait aylık ortalamalar Şekil 8'de verilmiştir [7].



Şekil 6. Enerji tüketim dağılımı (sayaç okumaları).



Şekil 7. Modifiye edilmiş enerji tüketimi dağılımı.

Isıtma Sezonu

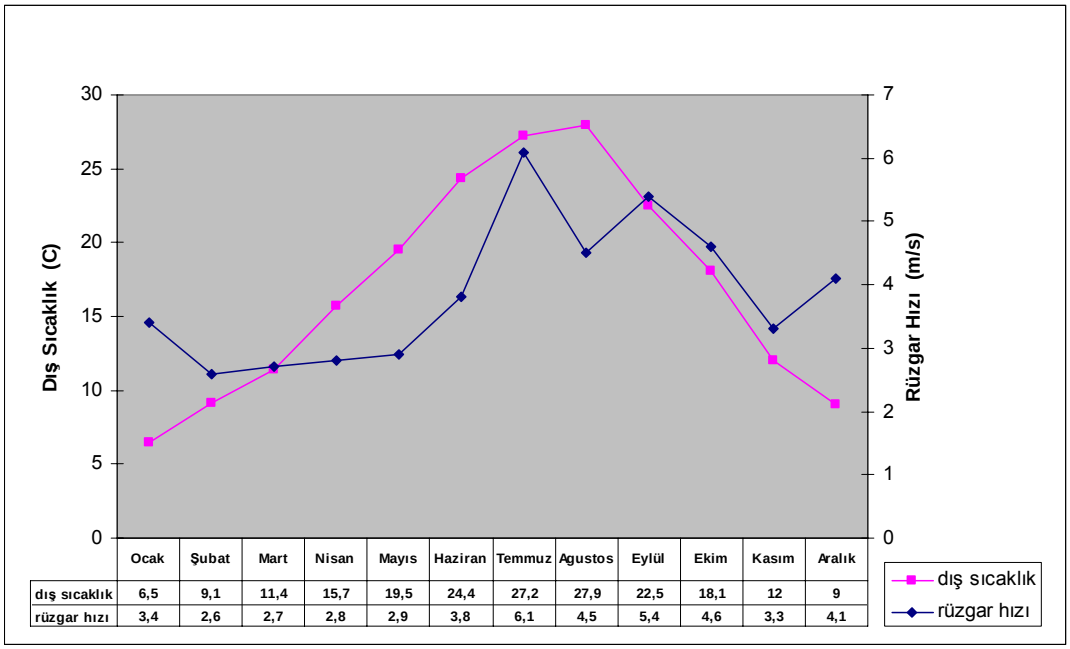
Dış ortam sıcaklığı; bir binanın ısı yükünün belirlenmesinde en önemli faktörlerden biridir. Enerji tüketim verilerinin istatistiksel analizi, enerji tüketiminin %90 güvenilirlikle sadece dış sıcaklığa bağlı olarak tahmin edilebileceğini gösterir [8, 9, 10]. Basit statik modeller bu amaç için lineer regresyonu kullanırlar [11-13]. Isıtma sezonu için, İdari Bina'nın ölçülen aylık ortalama iç-dış ortam sıcaklık farkı ile aylık enerji tüketim değerleri Şekil 9'da verilmiştir.

Şekil 9, beklendiği gibi enerji tüketiminin iç ve dış ortam sıcaklık farkına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. PRISM CO modeli [14] kullanılarak İdari Bina'nın ısıtma sezonundaki enerji tüketimi ile iç-dış ortam sıcaklık farkı arasında doğrusal bir ilişki olduğu gözönünde bulundurularak Eşitlik 1'deki gibi bulunmuştur.

$$E = -20000 + 8231 * \Delta T \qquad (R^2=0.80) \qquad (1)$$

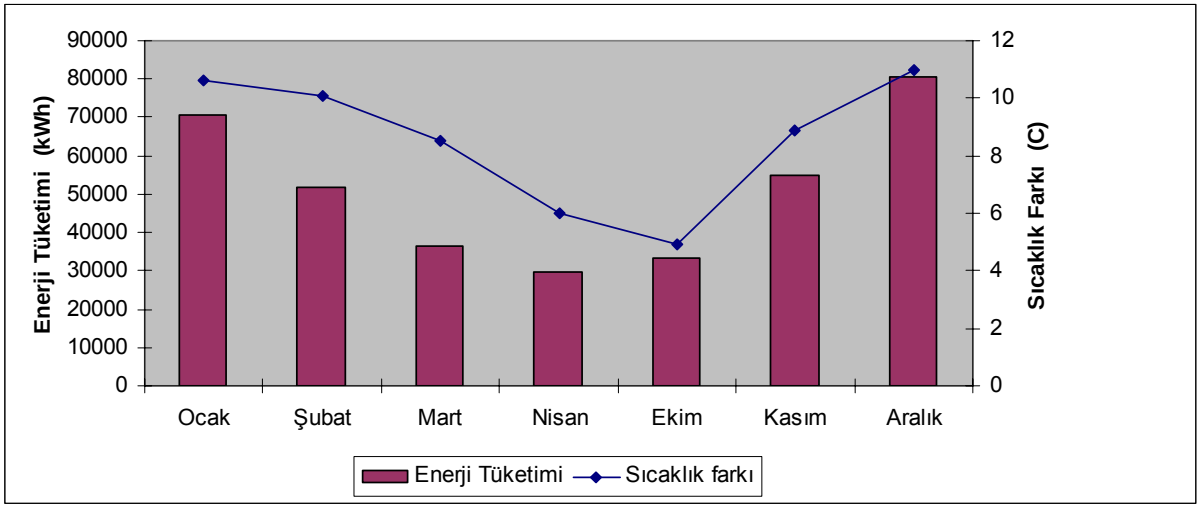
E: enerji tüketimi, ΔT: iç-dış ortam sıcaklık farkı

Eşitlik 1'i belirleyen üç parametre vardır; baz yük, ısıtma eğimi ve iç-dış ortam sıcaklık farkı. Burada ay bazında baz yük 20000 kWh, ısıtma eğimi 8231 kWh/°C'dir. Burada iç sıcaklık değeri olarak referans sıcaklığı değil ölçülen iç ortam sıcaklıkları alınmıştır. İç ve dış ortam sıcaklığının eşit olduğu ΔT=0 durumunda binanın aylık baz enerji tüketimi 20000 kWh olarak bulunmuştur. Enerji tüketiminin sıfır olduğu durumda ise ΔT=2,43'dür. Bunun anlamı bina ile dış ortam sıcaklığı arasında 2,43°C fark olmadan ısıtma ihtiyacının oluşmadığıdır. Bu da merkezi ısıtma sistemi operatörlerinden alınan referans oda ile dış ortam sıcaklık farkı 3°C olmadan ısıtmanın başlamadığı bilgisini doğrulamaktadır. R^2'nin düşük olması, Nisan ve Ekim aylarında iç-dış ortam sıcaklık farkının yüksek olması fakat buna rağmen enerji tüketiminin düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



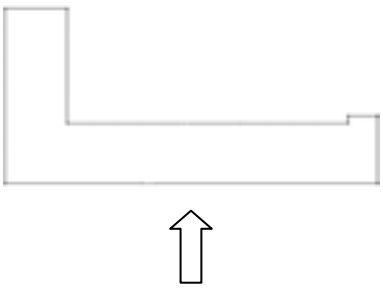
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
dış sıcaklık	6,5	9,1	11,4	15,7	19,5	24,4	27,2	27,9	22,5	18,1	12	9
rüzgar hızı	3,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,8	6,1	4,5	5,4	4,6	3,3	4,1

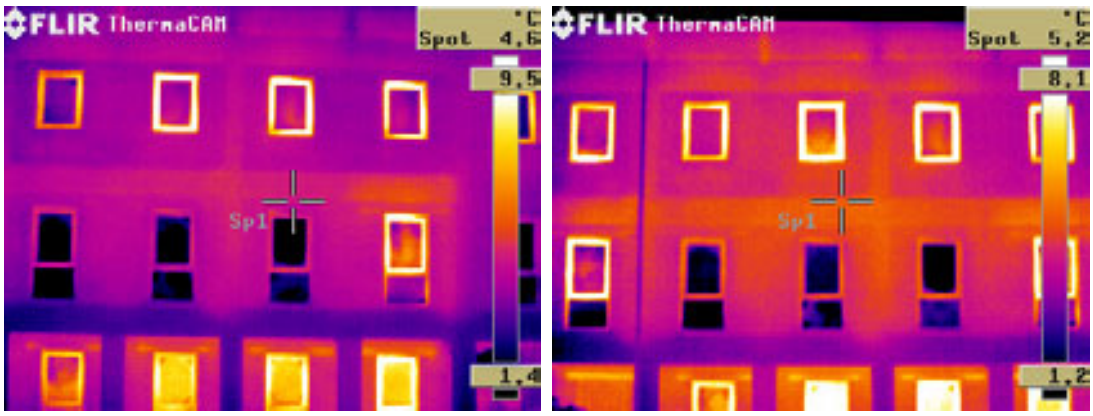
Şekil 8. 2006 yılı İYTE Kampüsü ortalama dış ortam sıcaklığı ve rüzgar hızı verileri [7].



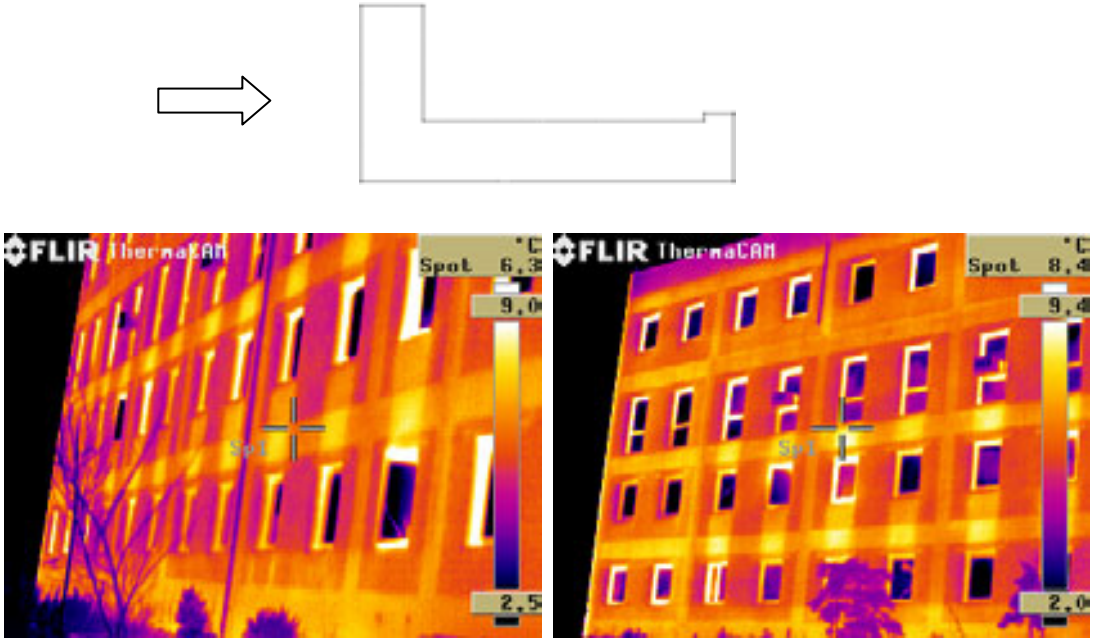
Şekil 9. İdari Bina ısıtma sezonu iç ve dış ortam sıcaklık farkı ile enerji tüketiminin değişimi.

Isıtma sezonunda binadan gerçekleşen ısı kayıplarının görüntülenmesi için çekilen termal kamera görüntülerinden 15 Şubat 2006 tarihine ait olanı Şekil 10'da verilmiştir. Bulutlu bir havada gerçekleştirilen çekimler sırasında güneşin çıkması nedeniyle sadece binanın 2 cephesine ait görüntüler kullanılabilmektedir. Tüm görüntülerde en büyük ısı kaybının pencere çerçevelerinden olduğu görülmektedir. Dış ortam sıcaklığının ortalama 4.6°C, nem değerinin %40 ve rüzgar hızının 3.5 m/s olduğu 15 Şubat tarihinde pencere çerçeve sıcaklıkları 8-12°C olarak belirlenmiştir. Ayrıca duvarlarda kolon ve kirişlerin ısı köprüsü görevi gördüğü, duvar yüzey sıcaklıkları ve özellikle fan-coil'lerin bulunduğu pencere altlarında görülen yüksek sıcaklığın duvarlardaki yetersiz izolasyondan kaynaklandığı anlaşılmaktadır.





a)

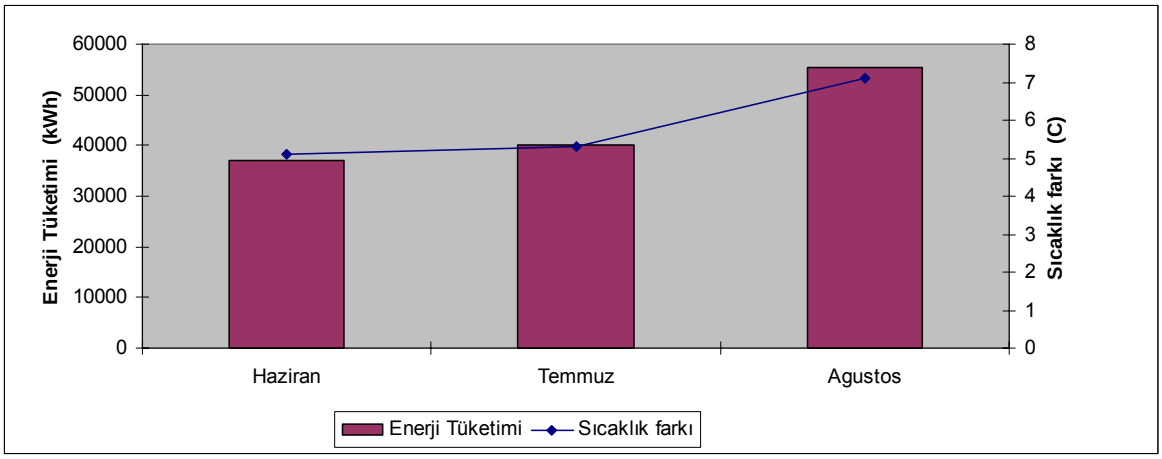


b)

Şekil 10. Termal kamera görüntüleri a) Ön cephe b)Yan cephe.

Soğutma Sezonu

Binada ölçülen iç ortam sıcaklığı değerleri, soğutma ihtiyacı olan Haziran, Temmuz, Agustos aylarında dış ortam sıcaklıklarına yakın seyretmiştir, bu da soğutma sisteminin tam kapasite ile çalışmadığını göstermektedir. Bu nedenle iç ortam sıcaklığı için ölçülen sıcaklıklar yerine konfor sıcaklığı değeri olan 22°C alınmıştır. 22°C iç ortam sıcaklığı ile ölçülen dış ortam sıcaklığının farkı ve aylık enerji tüketim değerleri Şekil 11'de verilmiştir. Isıtma sezonunda olduğu gibi soğutma sezonunda da enerji tüketiminin sıcaklık farkı ile değiştiği görülmektedir. Isıtma sezonu için kullanılan model İdari Bina'nın soğutma sezonundaki enerji tüketimi ile dış-iç ortam sıcaklık farkı arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılmış ve Eşitlik 2'deki bağıntı elde edilmiştir.



Şekil 11. İdari Bina soğutma sezonu iç ve dış ortam sıcaklık farkı ile enerji tüketiminin değişimi.

$$E = -7723 + 8901 * \Delta T \qquad (R^2=0.99) \qquad (2)$$

Eşitlik 2'de baz yük 7723 kWh, soğutma eğimi 8901 kWh/°C'dir. Soğutma eğimi ile ısıtma eğimi birbirine yakın değerlerdir ve binanın ısıl davranışını yansıtmaktadır.

Binanın enerji performansını belirlemek için, ısıtma-soğutma ile aydınlatma ve cihaz kullanımlarını kapsayan toplam enerji tüketimi değerleri kullanılarak birim alanda harcanan enerji tüketiminin hesaplanması ve indislerle karşılaştırılması gerekir. Bunu için de öncelikle ısıtma-soğutmada kullanılan enerjinin iklim koşullarından bağımsız hale getirilmesi ve standart iklim koşullarına göre düzeltilmesine ihtiyaç vardır. Hava düzeltme faktörü (HDF) ile tanımlanan düzeltme değeri, Eşitlik 3'den de görüleceği gibi Türkiye için belirlenen standart derece-gün değeri olan 2547'nin yerel derece-gün değerine bölünmesiyle hesaplanır [14, 15].

$$HDF = \frac{2547}{derece - gün} \quad (3)$$

İYTE Kampüsü için belirlenen derece-gün değeri 1737.8 [4] kullanılarak hesaplanan HDF değeri **1.46'dır.** Bu değere göre ısıtma-soğutma enerji tüketimi düzeltildiğinde elde edilen tüketim değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. HDF'ye göre düzeltilmiş enerji tüketim değerleri.

Kullanım	Enerji tüketimi (kWh)
Isıtma-soğutma	481447
Aydınlatma+cihaz	202200
Toplam	683647

Tablo 4'de elde edilen toplam enerji tüketimi değeri, İdari Bina'nın toplam aktif kullanım alanı olan 3659 m^2'ye bölündüğünde birim alana düşen enerji tüketimi 187 kWh/m^2yıl olarak hesaplanır. EİEİ tarafında yapılan bir çalışmada, İzmir'in de içinde bulunduğu 1. bölgede birim alana düşen enerji tüketimini 184 kWh/m^2yıl olarak belirlenmiştir [16].

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

İç ortam sıcaklık ve nem değerlerinin veri toplayıcılar aracılığı ile 10'ar dk'lık aralıklarla ölçülebilmesine rağmen elektrik tüketimi verileri aylık, yakıt tüketimi verileri ise yıllıktır. Daha detaylı bir performans değerlendirme için elektrik ve yakıt tüketimlerinin de sık aralıklarla toplanması ve kaydedilmesi gerekir. Bu amaçla satın alınan güç analizörleri elektrik sayaçlarına bağlanmış fakat 2006 yılında veri toplanamamıştır. Yakıt tüketimi için ise bir debimetre satın alınmış ve ana yakıt deposu çıkışına monte edilmiştir. Fakat yakıt sıcaklığının düşük olması nedeniyle brülörlere yeterli yakıt ulaşamadığı için sökülmüş ve kazanlardan birinin girişindeki ısıtıcı çıkışına monte edilmiştir. Bu durumda ikinci bir debimetre ihtiyaçı doğmuştur. 2007-2008 yılı ısıtma sezonundan itibaren güç analizörleri ve ikinci debimetrenin de devreye girmesiyle binaya ait detaylı veri toplama ve değerlendirme mümkün olacaktır. Kazan verimlerinin belirlenmesi için baca gazı ölçümleri yapılmalıdır.

İdari Bina birim alana düşen enerji tüketim değeri 1. iklim bölgesi için belirlenen değerin %3 üzerinde olmasına rağmen Bina'da konfor koşullarının sağlanamıyor olması binada ısı kayıplarının fazla olduğunu ve önemli bir enerji tasarrufu potansiyeli olduğunu gösterir. Isı kayıplarının nedenleri ise termal kamera görüntülerinden de anlaşılacağı gibi binanın izolasyonunun yeterli olmaması, kalitesiz işçilik, kapı, pencere ve çatılardan sızıntı ile olan kayıplardır. Isıtma ve soğutma sistemi operatörlerinin sistemin çalışması ve dış ortam sıcaklığına göre kontrolü konusunda eğitilmeleri gerekir.

Bina'da konfor koşullarının mevcut sistemlerle karşılanamaması kullanıcıları yardımcı ekipman kullanmaya zorlamaktadır. Örneğin, 2006 yılı için kaydedilen en yüksek elektrik tüketimi Kasım ayında aydınlatma ve cihaz kullanımı için harcanmıştır ve 31600 kWh'dır. Kasım ayı iç-dış ortam sıcaklık farkı 8.9°C olmasına rağmen, iç-dış sıcaklık farkının 11°C olduğu Aralık ayının 1/3'ü kadar yakıt harcanmıştır. Buna karşılık da Kasım ayında merkezi ısıtma sisteminin açığını kapatmak için kullanılan elektrikli ısıtıcılar nedeniyle aydınlatma ve cihaz kullanım değeri en yüksek değerine ulaşmıştır. Yakıt tüketiminden yapılan tsarruf elektrik tüketimi ile kompanse edilmiştir, bunun faturası da Kasım ayı için 400 YTL olarak hesaplanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] BP Statistical Review of World Energy, www.bp.com, 2007.
[2] 2006 yılı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Faaliyet Raporu, www.enerji.gov.tr, 2007.
[3] BOLATTÜRK A. "Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey", Applied Thermal Engineering, 26, 1301-1309, 2006.
[4] YILDIRIM, N. District heating system of IZTECH campus and its integration to the existing sytem, Yüksek Lisans Tezi, İYTE, 2003.
[5] İYTE Yapı İşleri Daire Başkanlığı, kişisel görüşme, 2007.
[6] Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması İçin Alacakları Önlemler Hakkında Yönetmelik, Sayı:22400, 1995.
[7] İYTE Meteoroloji İstasyonu, 2007.
[8] JİMENEZ, M.J., Heras, M.R. "Application of multi-output ARX models for estimation of U and g values of building components in outdoor testing", Solar Energy, 79 (3), 302-310,2004.
[9] ZMEUREANU, R. et al. "Development of an energy rating system for existing houses", Energy and Buildings, 29 (2), 107-119, 1999.
[10] DONG, B., Lee, S.E., Sapar, M.H. "A holistic utility bill analysis method for baselining whole commercial building energy consumption in Singapore", Energy and Buildings, 37 (2), 167-174, 2005.
[11] WESTERGREN, K.E., Högberg, H., Norlen, U. "Monitoring energy consumption in single-family houses", Energy and Buildings, 29 (3), 247-257, 1999.
[12] PFAFFEROTT, J., Herkel, S., Wapler, J. "Thermal building behaviour in summer:long-term data evaluation using simplified models", Energy and Buildings, 37 (8), 844-852, 2005.
[13] BAUER, M, Scartezzini, J.L. "A simplified correlation method accounting for heating and cooling loads in energy-efficient buildings", Energy and Buildings, 27 (2), 147-154, 1998.
[14] HEPBAŞLI, A. "Yapılarda Enerji Verimliliği", II. Uluslararası Yapı Teknolojisi Bilimi Sempozyumu, İstanbul, 1996.
[15] İLERİ, A., Üner, M. "Türkiye şehirleri için tipik iklim verileri", Mühendis ve Makina, s. 463, Ağustos 1998.
[16] ÖZTÜRK, S. "Okullarımızın enerji tüketimleri ve enerji tasarrufu potansiyeli", MMO İstanbul Şubesi web sayfası (http://www.mmoistanbul.org/yayin/Scripts/prodView.asp?idproduct=304), 2007.

ÖZGEÇMİŞLER

Mustafa Can YAMAN

1984 yılı İzmir doğumludur. 2002 de İzmir Fen Lisesinden mezun olmuştur. 2006 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Aynı yıl İzmir Yüksek Teknoloji Ensitüsü Enerji Mühendisliği Programı'nda Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. 2007 yılı başından buyana aynı programda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Binalarda enerji verimliliği konusunda çalışmaktadır.

Gülden GÖKÇEN

1968 yılı İzmir doğumludur. 1990 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1992 yılında Yüksek Mühendis, 2000 yılındada Doktor ünvanı almıştır. 1996 yılında Auckland Üniversitesi Jeotermal Ensititüsü'nde "Jeotermal Enerji Teknolojisi Diploma Kursu"na katılmıştır. 1997 yılında NATO A2 bursu ile ABD'de "Jeotermal Elektrik Santralleri'nde Reboiler Teknolojisi" üzerine dört aylık bir çalışma yapmıştır. 1991-2000 yılları arasında Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000 yılından bu yana İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmaktadır. Jeotermal elektrik santrallarında verim artırma yöntemleri, ısı değiştirgeçleri, jeotermal enerji kullanım yöntemleri ve jeotermal enerjinin çevresel etkileri ve enerji verimliliği konularında çalışmaktadır.