

TİCARİ BİNALARIN ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNDE AYDINLATMANIN PAYI

Sermin ONAYGİL¹ Önder GÜLER²
Emre ERKİN³ Evren GORALI⁴

Enerji Enstitüsü
İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak, İstanbul
¹e-posta: onaygil@itu.edu.tr ²e-posta: onder.guler@itu.edu.tr
³e-posta: erkinem@itu.edu.tr ⁴e-posta: gorali@itu.edu.tr

Anahtar Sözcükler: Ticari Binalar, Elektrik Enerjisi Tüketimi, Aydınlatma, Lambalar

ABSTRACT

In this study, it is aimed to determine the electrical energy use characteristics and especially the ratio of lighting in commercial buildings in Turkey. For this purpose, a statistical study has been implemented covering 10 commercial buildings in Istanbul for constituting “the inventory of energy use in commercial buildings”.

As a result, the ratio of lighting of those commercial buildings are determined as 7% for hotels and 19% for offices and other electrical energy use characteristics analyzed individually.

1. GİRİŞ

Bilinen enerji kaynaklarının hızla tükendiği günümüzde enerjinin verimli ve etkin kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Enerji tasarrufu çalışmalarında hedeflerin belirlenmesi ve uygulamaların sağlıklı yönlendirilebilmesi için tüm son enerji tüketim sektörlerindeki bilgilerin periyodik olarak toplanıp, değerlendirilmesi ön koşuldur.

Türkiye’de 2004 yılında tüketilen 116561 GWh elektrik enerjisinin %17’si ticari binalarda harcanmıştır. 2000 yılında 3212 il, ilçe bucak ve köy belediyelerinin sınırları içindeki binalarda tam sayım yöntemiyle gerçekleştirilen “Bina Sayımı” sonuçlarına göre, ticari binalar %7’lik bir dilimi kapsamaktadır [1].

Kuzey Amerika Enerji Ajansı (U.S. Energy Information Administration) tarafından 6639 binada gerçekleştirilen bir çalışmada, asıl kullanım amacı konut veya endüstriyel olmayan tüm binalar “ticari”

olarak tanımlanmıştır [2]. Bu kapsam dahilinde mağaza, pasaj, çarşı, sinema, tiyatro, otel, motel, tatil köyü, gar, banka, ofis gibi ticari kuruluşların yanı sıra, resmi daireler, eğitim, kültür, spor, sağlık ve hatta dini binalar da bu sınıf içinde değerlendirilebilmektedir.

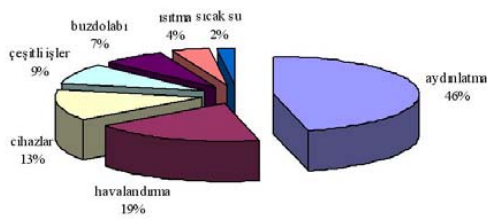
2000 yılı Türkiye elektrik enerjisi tüketim değerleri incelendiğinde, tüm binalar içinde sayı olarak %7’lik dilime sahip ticari binalarda tüketilen elektrik enerjisi oranının tüm tüketimin %14.3’ü olduğu görülmektedir. Yine aynı “Bina Sayımı” sonuçlarına göre tüm binaların %86’sını oluşturan konutlarda tüketilen elektrik enerjisi oranı ise sadece %23’tür [1].

Sayı olarak düşük olan ticari binalarda, alanların genişliği, kullanım saatleri ve işlevleri nedeni ile elektrik enerjisi tüketimi önemli değerlere yükselmektedir. Son yıllarda özellikle büyük şehirlerde çok katlı ya da yerleşim alanı geniş büyük binaların

sayıları giderek artmaktadır. Bu artış, 2000 yılında %14.3 olan tüm elektrik enerjisi tüketimi içindeki ticari bina payının, 2004 yılında %17'ye yükselmesi ile de gözlemlenmektedir [1].

Yeni hazırlanan “Enerji Verimliliği Kanun Tasarısı Taslağı”nda toplam inşaat alanı 20000m² ve üzerinde olan kamu ve ticari binalarda enerji yönetimi uygulamalarını gerçekleştirmek üzere bir enerji yöneticisinin görevlendirilmesi zorunlu tutulmaktadır. Bu inşaat alanından küçük binalarda da enerjinin verimli ve etkin kullanımının takibi için değişik uygulamalar getirilmektedir [3].

Ticari binaların kendi giderleri içinde elektrik enerjisi faturaları önemli bir paya sahiptir. Genelde elektrik enerjisi ısıtma, soğutma, havalandırma, mahal koşullandırma, sıcak su temini, ofis cihazları, asansör, yürüyen merdiven ve aydınlatma amaçlı tüketilmektedir. Yine Kuzey Amerika Enerji Ajansı'nın 1995 yılı verilerine göre, ticari binalarda tüketilen elektrik enerjisinin %46'sı aydınlatma, %19'u havalandırma, %13'ü cihazlar, %9'u çeşitli işler, %7'si buzdolabı, %4'ü ısıtma, %2'si de sıcak su ihtiyacı için kullanılmaktadır [4].



Şekil 1. Elektrik enerjisi tüketiminin dağılımı (ABD)

Maalesef, ülkemizde bu tip istatistiksel bilgiler mevcut değildir. Oysa ki, yürütülmesi amaçlanan tüm enerji yönetimi çalışmalarında doğru hedeflerin belirlenebilmesi için bu bilgilere ihtiyaç vardır. Bu eksiklik göz önüne alınarak, İTÜ Enerji Enstitüsü'nde “Ticari Bina Enerji Tüketim Envanteri” nin oluşturulması amaçlı örnek bir çalışma başlatılmış-

tir. Bina teknik müdürü, varsa enerji yöneticisi ile gerçekleştirilen görüşmelerde hazırlanan detaylı anket formunun doldurtulmasına çalışılmaktadır. Anket formundaki bilgilerle binanın fiziksel özelliklerinin yanı sıra, tüketilen enerji çeşitleri, miktarları ve binadaki teknik ekipman özellikleri ortaya konulmaktadır.

Bu bildiriye, İstanbul'daki on ticari binadan elde edilen bilgiler ışığında, binaların elektrik enerji tüketimlerinin incelenmesi ve özellikle bu tüketim içinde aydınlatmanın payının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2. BİNALARIN TANIMLANMASI

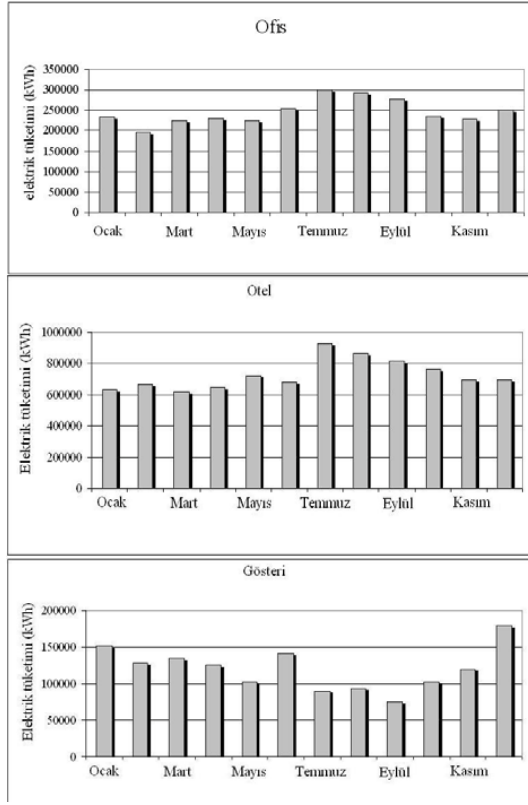
Ticari binalardaki enerji tüketimi, pencere yapısı, dış cephesi, konumu, yaşı gibi fiziksel ve yapısal özelliklerinin yanı sıra kullanılan cihazların verimliliği ve kullanıcıların enerji kullanım alışkanlıkları gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Şüphesiz binanın kullanım amacı da önemli bir etkidir. Bir bina birden fazla amaca da hizmet verebilir. Ama sınıflandırma yapılırken, m² olarak en fazla kullanım amacı dikkate alınır.

Bu çalışmada incelenen on ticari binanın özellikleri ve kullanım amaçları Tablo 1'de verilmektedir. Toplam kapalı alanları 3000m² ile 110000m² arasında değişen binaların yedisi ofis, ikisi otel, biri ise kültürel gösteri amaçlı hizmet vermektedir.

3. ELEKTRİK TÜKETİMLERİ

Binaların son üç yıla ait (2002-2004) aylık elektrik enerjisi tüketim değerleri faturalarından belirlenmiştir. Üç yıllık verilerin ortalamaları alınarak Şekil 2 ve Tablo 2 oluşturulmuştur.

Kullanım amaçlarına göre incelenen on bina, ofis, otel ve gösteri olmak üzere sınıflandırılmış ve bu sınıflardaki binaların üç yıllık ortalama aylık elektrik enerjisi tüketimleri hesaplanarak Şekil 2'deki grafikler elde edilmiştir.



Şekil 2. Kullanım amaçlarına göre binaların aylık ortalama elektrik enerjisi tüketimleri

Ofis ve otellerde soğutma (klima) yükü Temmuz ve Ağustos aylarındaki yükselmelerle açıkça gözlemlenmektedir. Çalışma koşul ve zamanlarının farklılığından dolayı gösteri amaçlı kültür merkezinde yaz aylarında bu çeşit bir farklılık göze çarpmamaktadır. Aksine, gösterilerin yapılmadığı Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında elektrik enerjisi tüketimlerinde önemli düşüşler görülmektedir.

Tüm ayların toplamı ile bulunan üç yıllık kWh cinsinden elektrik enerjisi tüketim değerlerinin ortalamaları alınarak, on binanın yıllık elektrik enerjisi tüketimleri (kWh/yıl) bulunmuş ve Tablo 2' de gösterilmiştir. Tabloda ayrıca birim yerleşim alanı (m²) başına tüketilen yıllık elektrik enerjisi miktarları da verilmektedir. Bu değer ortalama 190 kWh/m²/yıl'dır.

Tablo 1. İncelenen on binanın özellikleri

Bina	Sınıfı	Yaşı (yıl)	Dış yüzeyi	Doluluk (%)	Kapalı alan (m ²)	Yükseklik (m)	Kat sayısı
1	Ofis	8	Cam giydirme	90	9924	25	5
2	Ofis	14	Cam giydirme	100	12997	15	3
3	Ofis	3	Cam giydirme	100	10200	40	8
4	Otel	18	Betonarme	80	3332	35	8
5	Gösteri	28	Cam giydirme	Değişken	52000	43	10
6	Ofis	7	Cam giydirme	100	18000	76,2	19
7	Ofis	13	Cam giydirme	100	17022	85,5	26
8	Ofis	10	Granit	85	35295	93,3	32
9	Ofis	7	Granit	100	25000	44	13
10	Otel	4	Cam giydirme	80	110000	115,6	41

Tablo 2. Binaların yıllık ortalama elektrik enerjisi tüketimleri

Bina	Kullanım amacı	Alan (m ²)	kWh/yıl	kWh/m ² /yıl
1	Ofis	9924	1298247	131
2	Ofis	12997	1426575	110
3	Ofis	10200	5918621	580
4	Otel	3332	347874	104
5	Gösteri	52000	1438633	28
6	Ofis	18000	3112501	173
7	Ofis	17022	6044800	355
8	Ofis	35295	5435676	154
9	Ofis	25000	2873794	115
10	Otel	110000	17093888	155

Hepsinde Bina Otomasyon Sistemleri bulunan, her türlü mahal koşullandırmasının elektrik enerjisi ile yapıldığı binalarda birim m² alan başına tüketilen yıllık elektrik enerjisi miktarlarında farklılıklar görülmektedir.

Tablodaki değerlerin yorumlanabilmesi amacıyla, farklı ülkelerde yapılan değişik çalışma sonuçlarının verilmesi yararlı olabilir. Singapur'da 2000 yılında altı ticari binada gerçekleştirilen çalışma sonucunda binaların elektrik enerjisi tüketimleri minimum 226 kWh/m²/yıl, maksimum 387 kWh/m²/yıl olarak açıklanmıştır [5].

Yine aynı yıl Kanada'da, 137039 binanın incelenmesi sonucunda ülke ortalaması olarak 202,8 kWh/m²/yıl değeri verilip, binaların elektrik enerjisi tüketimleri toplam alanlarına göre sınıflandırılmış ve Tablo 3'teki değerler verilmiştir [6].

Tablo 3. Kanada'da toplam alanlara göre binaların elektrik enerjisi tüketimi (kWh/m²/yıl)

Toplam Alanlar	Elektrik Enerjisi Tüketimi
93 – 464 m ²	272,2 kWh/m ² /yıl
465 – 929 m ²	194,4 kWh/m ² /yıl
929 – 4645 m ²	161,1 kWh/m ² /yıl
4645 – 9290 m ²	175,0 kWh/m ² /yıl
9290 m ² üzeri	230,6 kWh/m ² /yıl

Hong Kong'da 2002 yılında yayınlanan bir rapora göre, ofis amaçlı binalarda tüketilen ortalama elektrik enerjisi 106,3 kWh/m² olarak açıklanmaktadır [7].

Gerçekte binaların enerji tüketimleri faaliyet alanlarının yanı sıra, iklim koşullarına, yönüne, doluluk oranına, kullanım saatlerine göre farklılık göstermektedir. Bu çalışmada incelenen on binanın tüketim değerleri Bina 3 ve Bina 5'in dışında, verilen örneklerle uyum göstermektedir. Büyük bir radyo-TV binası olan Bina 3'teki çalışma saatlerinin uzunluğu ve kullanılan teknik ekipmanların fazlalığı ile, sadece belli zamanlarda gösteri – konferans amaçlı kullanılan Bina 5'teki sürelerin kısıllığı da enerji tüketim değerlerini önemli ölçüde değiştirmektedir.

4. AYDINLATMANIN PAYI

Tüketilen elektrik enerjisi içinde aydınlatmanın payını belirleyebilmek amacıyla, binalarda kullanılan tüm lamba, balast çeşit, güç ve sayıları saptanmıştır. Anket çalışmaları esnasında hacimlerin kullanım süreleri de belirlenmiştir. Tüm aydınlatma elemanlarının güçlerinin toplamından binaların aydınlatma kurulu güçleri (W), kullanım sürelerine göre de aydınlatma amaçlı tükettikleri yıllık elektrik enerjisi miktarları (kWh/yıl) hesaplanmış ve Tablo 4'te gösterilmiştir.

Bu değerler yardımıyla, binalarda aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisinin tüm elektrik enerjisi tüketimi içindeki yüzdesi belirlenmiştir.

Gerçekleştirilen aydınlatmaların düzeyleri ve etkinlikleri hakkında fikir sahibi olabilmek için, lambaların yaydıkları toplam ışık akıları (lm) hesaplanmıştır. Her bina için birim alan m² başına şebekeden çekilen güç (W/m²), m² başına yayılan ışık akısı (lm/m²) ve çekilen güç başına yaratılan ışık akısı (lm/W) gibi karşılaştırma kriterleri hesaplanmış ve Tablo 5'te toplu olarak verilmiştir.

Tablo 4. Aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisi

Bina	Kullanım amacı	Alan (m ²)	Aydınlatma gücü (W)	Yıllık aydınlatma tüketimi (kWh/yıl)	Aydınlatmanın payı (%)
1	Ofis	9924	121858	275529	21,2
2	Ofis	12997	145523	341425	23,9
3	Ofis	10200	122100	997764	16,7
4	Otel	3332	8872	24662	7,1
5	Gösteri	52000	182780	391645	27,2
6	Ofis	18000	260239	654409	21,0
7	Ofis	17022	181483	605420	10,0
8	Ofis	35295	255535	710518	13,1
9	Ofis	25000	244071	779592	27,1
10	Otel	110000	392819	1246128	7,3

Tablo 5. Aydınlatma kalitesini irdeleyen kriterler

Bina	Kullanım amacı	W/m ²	lm/m ²	lm/W
1	Ofis	12,3	767,3	62,5
2	Ofis	11,2	796,6	71,2
3	Ofis	12,0	837,0	69,9
4	Otel	2,7	165,4	62,1
5	Gösteri	3,5	96,5	27,4
6	Ofis	14,5	861,1	59,6
7	Ofis	10,7	541,9	50,8
8	Ofis	7,2	345,4	47,7
9	Ofis	9,8	545,9	55,9
10	Otel	3,6	144,9	40,6

İncelenen on binada da otomasyon sistemleri genelde ısıtma, soğutma, havalandırma ağırlıklı olup hiç bir binada kapsamlı aydınlatma otomasyonu bulunmamaktadır. Üç binada var olan aydınlatma otomasyonları ise, sadece belli merkezlerden ayarlanan açma-kapama fonksiyonludur.

5. DEĞERLENDİRME

Tablo 5'teki bilgilerden, binalarda aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisi miktarının kul-

lanım amaçlarına göre değiştiği görülmektedir. Toplam elektrik enerjisi tüketimi içinde aydınlatmanın payı otel amaçlı kullanılan binalarda yaklaşık %7 iken, ofis amaçlı kullanılan binalarda ortalama %19'a yükselmektedir. Bir binada aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisi en basit olarak aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir.

$$W = \sum_{i=1}^m N_{arm,i} \cdot P_{arm,i} \cdot T_i$$

Burada,

W : tüketilen elektrik enerjisi (Wh)

$N_{arm,i}$: i tipindeki armatür sayısı

$P_{arm,i}$: i tipindeki her bir armatürün balast, trafo kayıpları dahil şebekeden çektiği güç (W)

T_i : i tipindeki armatürün yıllık kullanım süresi (h)

m : binadaki armatür tip sayısı

Denklemden açıkça görüldüğü gibi, aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisini azaltmanın üç yolu vardır.

(1) En yeni teknolojik gelişmeler takip edilerek verimli lambalar ve yardımcı elemanlar (balast, trafo vs.) kullanılarak armatürlerin şebekeden çektikleri güçler azaltılabilir.

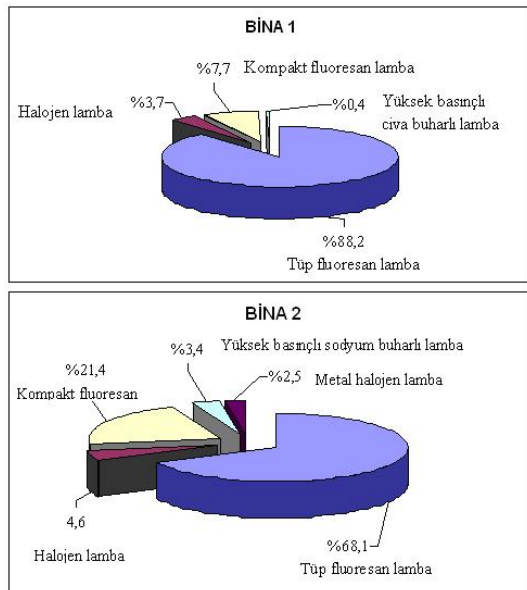
(2) Işığın istenilen şekilde yayan kaliteli, verimi yüksek armatürler kullanılarak gerçekleştirilen aydınlatma tasarımları ile toplam armatür sayısı azaltılabilir.

(3) Kontrol sistemleri ile aydınlatmanın gerek duyulan saatlerde, gereken miktarlarda kullanılması sağlanabilir.

Bu yaklaşım ile, on binadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, aydınlatma kriterlerinin ve eleman seçiminin farklılıkları görülebilmektedir. Örneğin Bina 2’de m² başına 796,6 lümen ışık akısı yaratılırken, Bina 8’de bu değer 345,4 lümeneye düşmektedir. Bu fark, Bina 2’de çalışma düzlemlerinde ortalama 750 lux aydınlık düzeyi yaratılırken, Bina 8’de ortalama 350 lux’lük değer sağlanmasından oluşmaktadır.

Düşük aydınlık düzeyleri kabulü ile, aydınlatmanın payı da %13’lere gerilemiştir. Ancak kullanılan lamba, balast ve trafolarla bağlı olarak Bina 2’de 71,2 lm/W olan etkinlik faktörü Bina 8’de 47,7 lm/W gibi daha düşük bir değerdir.

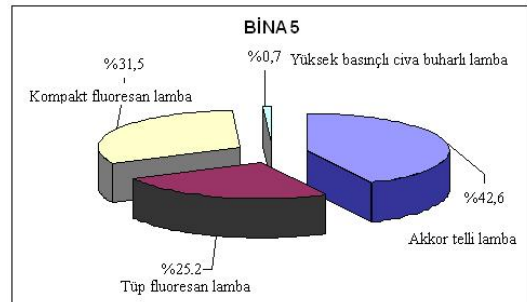
Birbirine yakın aydınlık düzeylerinin yaratıldığı Bina 1 ve Bina 2’nin dikkatli incelenmesi sonucunda da, lamba ve balast seçiminin etkisi anlaşılabilir. Her iki binada kullanılan lamba çeşitlerinin dağılımı Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3. Bina 1 ve Bina 2’de lamba çeşitlerinin dağılımı

Günümüz teknolojik koşullarına göre, ofis amaçlı binalarda kullanılacak en verimli ışık kaynakları tüp floresan lambalardır. Bina 1 ve Bina 2’de kullanılan lambaların dağılımına bakıldığında, Bina 1’de kullanılanların %88,2’si, Bina 2’de ise %68,1’i tüp floresan lambalardır. Ancak tüp floresan lambaların çeşitlerine bakıldığında, Bina 1’de kullanılanların %84’ünün 18 W, %16’sının ise 36 W gücünde manyetik balastlı lambalar olduğu görülmektedir. Bina 2’deki tüp floresan lambaların ise tamamı elektronik balastlı olup %80’i 14 W / T5, %14’ü 18 W ve %6’sı ise 36 W gücündedir. Etkinlik faktörü yüksek ince tip floresan lambalar ve elektronik balastların kullanımının faydası, tüm kullanılan lambalar içinde tüp floresan lamba yüzdesi daha düşük olan (%68,1) Bina 2’deki sağlanan 71,2 lm/W değerinin, Bina 1’de sağlanan 62,5 lm/W değerinden yüksek olması ile açıkça ortaya çıkmaktadır.

Kullanım amacına uygun olarak daha düşük aydınlık düzeylerinin yaratıldığı gösteri amaçlı Bina 5’teki 27,7 lm/W değerindeki düşük etkinlik faktörü, çok sayıda akkor telli lamba kullanımından ileri gelmektedir.



Şekil 4. Bina 5’teki lamba çeşitlerinin dağılımı

Şekil 4’te gösterilen Bina 5’teki kullanılan lamba çeşitlerinin dağılımına bakıldığında, %42,6 oranında akkor telli lamba kullanıldığı görülmektedir. Akkor telli lambaların yerlerine kullanabilecek etkin lambalarla (kompakt floresan lamba, tungsten halojen lamba, vs) değış-

tirilmesi sonucunda, bu binadaki elektrik enerjisi tüketimi içindeki aydınlatmanın payı da önemli ölçüde azabilecektir.

İncelenen binalarda, hareket ve günışığı algılayıcı gibi elemanların kullanıldığı kapsamlı aydınlatma otomasyonuna sahip bina olmadığından, kontrol sistemlerinin enerji tüketimindeki etkileri incelenememiştir.

6. SONUÇ

Günümüzün en önemli konularından biri olan enerjinin verimli kullanımı, başka bir deyişle yönetimi için, belli hedeflerin belirlenmesi gerekmektedir. Gerçekçi hedeflerin ve bunlara uygun projelerin oluşturulabilmesi için, geçmiş ve günümüze ifade eden istatistiksel verilere ulaşılması ön koşuldur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, ticari bina genel başlığı altındaki binaların elektrik enerjisi tüketimleri ve bu tüketimler içinde aydınlatmanın payı kullanım amaçlarına göre farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, enerji kullanımında verimliliğin sağlanması amacıyla ülke koşuluna uygun hedeflerin konulması ve bunların gerçekleştirilebilmesi için, tüm enerji tüketim sektörlerinde detaylı istatistiksel çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.die.org.tr>, Devlet İstatistik Enstitüsü.
- [2] Energy Information Administration, A look at Commercial Buildings in 1995: Characteristics, Energy Consumption, and Energy Expenditures, EIA Report No. DOE/EIA-0625(95), Washington, DC: US Department of Energy, October 1998.
- [3] <http://www.eie.gov.tr>, Enerji Verimliliği Kanun Tasarısı Taslağı.
- [4] B. L. Capehart, W.C. Turner, W.J. Kennedy, Guide to Energy Management, Lilburn, GA: Fairmont Press; New York: Dekker, 2002.
- [5] B. Dong, S. E. Lee, M. H. Sapar, A Holistic Utility Bill Analysis Method for Baselineing Whole Commercial Building Energy Consumption in Singapore, Department of Building, School of Design and Environment, National University of Singapore, 2000.
- [6] Natural Resources of Canada, Office of Energy Efficiency, Commercial and Institutional Building Energy Use Survey, 2000.
- [7] Hong Kong Special Administrative Region of the People's Republic of China, Environmental Protection Department Environmental Performance Report, 2001.