

# BİR OTELİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ VE VERİMLİLİK KRİTERLERİNE GÖRE TASARLANMASI

B.ÖZ<sup>1</sup>

oz@itu.edu.tr

A.DEMİRÖREN<sup>1</sup>

demiroren@itu.edu.tr

<sup>1</sup>Elektrik Mühendisliği Bölümü  
Elektrik-Elektronik Fakültesi  
İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak, İstanbul

## ÖZET

Son yıllarda, artan nüfus ve buna bağlı olarak endüstrileşme ile elektrik enerjisi talebinde büyük artışlar meydana gelmiştir. Enerji talebini karşılamak için kurulacak yeni elektrik üretim tesislerinin tartışılmasının yanında, enerji verimliliğini tartışmak ve bu yolla, tüketimi azaltmak da önemli bir konudur. Binalardaki enerji tüketimi, genel tüketimin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Önemli ticari tesislerden olan otellerde de, insanların konforundan ödün vermeden, enerji verimliliği sağlamak da büyük önem taşımaktadır.

Çalışmanın amacı, binalardaki enerji verimliliği çalışmalarının faydalarını ve uygulamalarını incelemektir. Öncelikle, turistik bir otelin aydınlatma bakımından enerji verimliliği incelemesi yapılmıştır. Çeşitli önerilerle sağlanabilecek yaklaşık tasarruf miktarı hesaplanmıştır.

Bildirinin ikinci kısmında, Energy-Plus ve Epa NR isimli iki simülasyon programıyla, incelemesi yapılan mevcut otel binasına benzer bir bina tasarımı yapılmıştır ve simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Simülasyon yapılırken binanın mimari özellikleri, ısıtma-soğutma sistemleri, aydınlatma yükleri, ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Bu sistemlerin, tüketilen enerjinin ne kadarını karşıladığı da grafikler yardımıyla belirtilmiştir. Simülasyon sonucu, binanın elektrik tüketim miktarları hesaplanmıştır ve bunların değerlendirilmesi yapılmıştır.

*Anahtar sözcükler: Binalarda Enerji Verimliliği, Energy Plus, Epa-NR*

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde gerekli enerji talebini karşılayabilmek için, nükleer santral, büyük hidroelektrik santralleri gibi büyük üretim projeleri hayata geçirilmek istenmektedir. Enerjinin verimli kullanılması, bu büyük projelere daha az ihtiyaç duyulmasını sağlayabilir. Günümüzde bir nükleer santralin kuruluş maliyeti kWh başına yaklaşık olarak 4000 \$

seviyesindedir [1]. Türkiye’de kurulması düşünülen nükleer santralin üretim kapasitesinin yaklaşık 4500 MWh miktarında olması düşünülmektedir [2]. Bu santralin toplam kuruluş maliyeti yaklaşık  $18 \times 10^9$  \$ olacaktır.

Türkiye’de 2008 yılında tüketilen elektrik enerjisi 159.418 GWh olmuştur [3]. Ülkemizde enerji verimliliği çözümleri uygulanarak elektrik enerjisi tüketiminde elde edilebilecek % 4’lük azalma ile bu nükleer santralin kurulmasına hiçbir şekilde gerek kalmayacaktır. Aynı zamanda, üretilecek enerji miktarından tasarruf edilecektir. Türkiye’de bir kömür santralinin kWh başına üretim maliyeti yaklaşık olarak 7 cent civarındadır [1]. %4 miktarında enerji verimliliği sağlandığı durumda üretimden sağlanacak maliyet azalışı yaklaşık olarak 450.000.000 \$ seviyesinde olacaktır.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğüne yapılan çalışmaya göre, bina sektöründe yaklaşık olarak %20-30 seviyesinde bir enerji tasarrufu sağlamak mümkündür [3]. Yapılan diğer bir değerlendirmeye göre, yeni yapılacak binaların, şimdiki binaların tükettiği enerjinin %50’si kadarını kullanacak şekilde tasarlanması mümkündür [4].

## 2. OTELİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ

İncelenen otelin enerji verimliliğinin sağlanmasında dikkat edilecek en önemli noktalardan biri, verimliliği sağlarken, müşterilerin konforundan ödün vermemektir. Bu nedenle enerji verimliliği olanakları, müşterilerin insiyatifine bırakılarak değil, verimli aydınlatma elemanlarını ve sistemlerini kullanarak düşünülmelidir. Bunun yanı sıra, yapılacak çalışmada, kaliteli bir aydınlatma en önemli kriterlerden birisi olmalıdır. Kaliteli bir aydınlatmada dikkat edilecek en önemli nokta; görme yeteneği ve görme konforundan taviz vermeden, minimum düzeyde gerekli olan aydınlık düzeyini sağlamaktır [5]. Konforun gerekli olduğu lüks bir otelin aydınlatması için önerilecek çözümde, mevcut halojen akkor telli

lambaların büyük bir kısmı, kompakt floresan lambalarla değiştirilecektir. Bunun yanı sıra, özellikle günde 24 saat yanan spot lambaların olduğu bölgelerde, LED lambaları kullanımı durumunda elde edilebilecek verimlilik hesaplanmıştır.

$$\text{Aydınlatma tüketimi} = [(P_L \times n_L) + (P_B \times n_B)] \times t_y \quad (1)$$

şeklinde hesaplanacaktır.

$P_L$  : Lamba gücü (W)

$n_L$ : Lamba sayısı

$P_B$ : Balast gücü

$n_B$ : Balast sayısı

$t_y$ : Yıllık çalışma süresi (saat)

$$\text{Aydınlatma maliyeti} = \text{Aydınlatma tüketimi} \times \text{Elektrik birim fiyatı} \quad (2)$$

$$\text{Amortisman süresi} = [(\text{Armatür ve lamba fiyatı}) \times (\text{Armatür sayısı})] / \text{Yıllık Mali Tasarruf} \quad (3)$$

Otel odalarında toplam 572 adet 70 W gücünde halojen lamba bulunmaktadır. Günlük yaklaşık olarak 5 saat çalıştığı varsayılan bu lambaların toplam çektiği güç 200 kW'tır. Bu lambaya benzer ışık akısı sağlayan 22 W gücünde ve 12 W balast gücüne sahip kompakt flüoresan lamba kullanıldığında günlük çekilen güç 97 kW mertebesine inecektir.

1 adet kompakt floresan lamba ve balastı yaklaşık 15 TL maliyettedir [6]. Buna göre;  
Yıllık Mali Tasarruf= 19.729-9.582= 10.147 TL olarak hesaplanır.  
Amortisman Süresi= (15x572) / 10.147= 0,84 yıl'dır.

Otelin lobi kısmında 24 saat süreyle yanmakta olan 54 adet Halojen spot lamba ve 114 adet halojen normal lamba bulunmaktadır. Bunların günlük çektiği güç 120 kW mertebesindedir. Aynı ışık akısını sağlayacak LED lambaların kullanılması durumunda ise günlük tüketilen güç toplam 15,95 kW seviyesindedir. Buna göre, halojen lambaların aylık tüketim maliyeti toplam 1.177 TL olurken, LED ile aydınlatmada bu miktar toplam olarak 120,1 TL olarak hesaplanır. Aylık olarak 1.056 TL mali tasarruf söz konusudur.

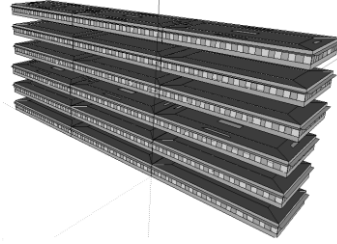
Kurulum maliyeti bu lambalar için 4.320 TL olacaktır. Buna göre;

$$\text{Amortisman süresi} = 4.320 / 1.056 = 4,09 \text{ Ay}$$

LED ampüllerin oldukça verimli olduğu görülmektedir. Bu çalışmayı tüm otele de uygulamak mümkündür. Fakat, kurulum maliyeti oldukça yüksek değerlere ulaşacağı için, bu sistemin belli bir aydınlatma bölgesine uygulanması tavsiye edilmiştir. Bu tedbirlerin yanı sıra; dimmer, fotosensör, hareket sensörü ve zamanlayıcı kullanarak da verimlilik oranı artırılabilir.

### 3. ENERGY PLUS PROGRAMI İLE BİNA SİMÜLASYONU

Programı kullanırken, öncelikle otelin konumuna göre hava koşulları ve güneşli gün sayıları belirlenerek programa girdi olarak verilecektir. Sonrasında, aydınlık düzeyinden en üst şekilde faydalanabilmek için otelin mimari yerleşimi en iyi şekilde yapılacaktır.



Şekil 1: Google Sketch programı ile çizilen simülasyonu yapılacak örnek otel binası [7]

#### 3.1. Program Girdileri

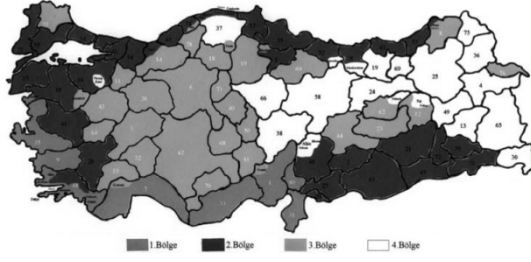
- Atmosfer şartları ile ilgili girdiler:

Programda, Devlet Meteoroloji İşleri'nden alınan [8] İstanbul'da 1975-2010 yılları arasında ölçülen sıcaklıkların ortalama değerleri kullanılmıştır. Bunun yanında, ortalama en düşük ve en yüksek sıcaklıklar da, ısıtma ve soğutma sıcaklığını belirlemek için kullanılacaktır.

- Mimari Girdiler:

Otel binası, kullanılan program yardımıyla, aslına uygun olarak dikdörtgen şeklinde tasarlanmıştır. Her bir katı 2000 m<sup>2</sup> olan otelde, toplam kullanılacak alan 12.000 m<sup>2</sup>'dir. Her bir katın genişliği 20 m, uzunluğu ise 100 metredir. Binanın toplam yüksekliği ise 22,8 metredir.

Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri); binanın içindeki ve dışındaki sıcaklık değerindeki farklılık nedeniyle oluşan ısı kaybının metrekare başına ifadesidir ve birimi W/m<sup>2</sup>K 'dir [4]. Enerji bakımından verimli bir bina tasarlarırken, bu değer in mümkün oldukça düşük tutulması esastır. Türkiye'de Türk Standartları Enstitüsü'nün belirlediği "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standartlarına göre Türkiye ısıl bakımdan 4 bölgeye ayrılmıştır [9]. Haritadan da görülebileceği gibi, sıcaklığın düşük olduğu iller 4. Bölgede yer almaktadır. 1. Bölge ise sıcaklığın en yüksek olduğu illeri kapsamaktadır. Buna göre; ısıl geçirgenlik katsayısı 4. Bölgede en az değerde olmalıdır. Haritaya göre, incelenen otel işletmesi 2. Bölge sınırları içerisinde yer almaktadır.



**Şekil 2:** Türkiye'nin ısı yalıtım kurallarına göre ayrıldığı ısı bölgeleri [9]

Kullanılacak olan malzemelerin ısı geçirgenlik katsayı değerleri aşağıdaki değerleri geçmeyecek şekilde seçilmelidir:

$U_D$  (Duvarların ısı geçirgenlik katsayısı):  $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $U_P$  (Pencerelerin ısı geçirgenlik katsayısı):  $2,4 \text{ W/m}^2$

Simülasyon programında;  $U_P = 2,124 \text{ W/m}^2$  ve  $U_D = 0,55 \text{ W/m}^2$  seçilmiştir.

- Mekanik Girdiler:

Binalarda ısıtma ve soğutma için harcanan enerji miktarı çok önemli bir miktar oluşturmaktadır. Sistemlerin kullandığı elektriğin yanı sıra, doğalgaz, kömür, fuel-oil gibi yakıtlar da önemli bir enerji maliyeti oluşturmaktadır. Otelere özgü olarak, ısıtma için genellikle kazanlar ve fosil yakıtlar kullanılırken, soğutma için de klimalar kullanılmaktadır. Özellikle, tek başına klima kullanımı, yaz aylarında çok büyük miktarlarda elektrik tüketimine yol açmaktadır. Aynı şekilde, kış aylarında da ısıtma için, fosil yakıtlara önemli miktarda paralar harcanmaktadır. Bunları azaltmak için, ısıtma ve soğutma yapabilen havalandırma sistemlerinin enerji verimliliği sağlaması oldukça önemlidir. Energy Plus programında, sabit debili ve değişken debili havalandırma sistemleri kurmak mümkündür. Değişken debili sistemler, sabit debili sistemlerle karşılaştırıldığında çok daha verimlidir. Bunun en önemli sebebi, iklimlendirilecek alana gerektiği kadar hava verilmesidir. Bu nedenle, binanın iklimlendirme sistemi olarak, değişken debili sistem tercih edilmiştir. Binanın toplam  $12.000 \text{ m}^2$ 'lik kısmından yaklaşık  $10.000 \text{ m}^2$ 'lik kısmının iklimlendirmesinin bu sistemle yapılması düşünülmüştür.

- Elektrik Üretimi ile İlgili Girdiler:

Binanın enerji simülasyonu yapılırken, Güneş enerjisinden de yararlanılmak istenilmiştir. Buna göre, çatıya kurulacak güneş panelleriyle elektrik üretimi yapılması hedeflenmiştir. İncelenen otel binasının çatı alanı  $2000 \text{ m}^2$  olarak hesaplanmıştır. Bu alanın tamamına çok kristalli silisyum yapılu Güneş panelleri konulması durumu incelenmiştir. Kullanılan sistemde, hücre verimi %10 olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında, inverter elemanının verimi yaklaşık %89 mertebesinde alınmıştır.

### 3.2. Program Çıktıları

Tasarımı yapılan 6 katlı binanın yanı sıra, otele ait yaklaşık 25 adet tek katlı villa tarzı binalar bulunmaktadır. Enerji tüketim maliyetini minimuma indirmek için bu binalar yerine, 3 katlı  $4000 \text{ m}^2$  kullanım alanına sahip bir bina daha tasarlanmıştır. Buna göre, tüm otelin harcadığı toplam elektrik enerjisi miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir:

**Çizelge 1:** Energy Plus programı ile elde edilen Yıllık tüketilen ve üretilen enerji miktarı

Yıllık Tüketilen Enerji	988.377 kWh
Fotovoltaik Sistemle (FV) Yıllık Üretilen Enerji	177.867 kWh
Verimlilik Durumu	%51,8

İncelenen otelin mevcut durumuyla 2010 yılında tükettiği enerji miktarı toplam  $2.054.020 \text{ kWh}$ 'tir

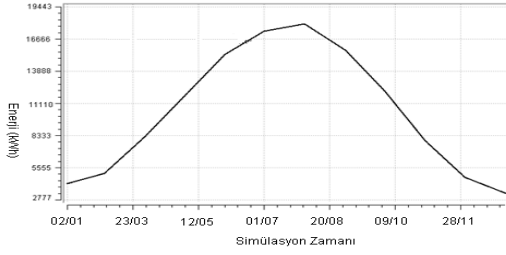
Enerji tüketiminde önemli yer tutan kısımların tükettiği elektrik miktarı ve metrekare başına tüketilen enerji miktarı Çizelge 2'de gösterilmiştir.

**Çizelge 2:** İncelenen binadaki yüklerin tükettiği elektriğin dağılımı

	Harcanan Elektrik Miktarı [kWh]
Isıtma	157.046
Soğutma	88.443
İç Aydınlatma	103.366
İç Ekipman	384.701
Toplam Harcama	733.557

Tablolardan anlaşılacağı gibi, simülasyonu yapılan otel binasında, en fazla elektrik tüketimini iç ekipman gerçekleştirmektedir. Bu iç ekipmanda bir otelde kullanılabilecek her çeşit yük hesabın içindedir. İç aydınlatma ekipmanlarının harcadığı elektrik ise oldukça düşük seviyededir. Bunun en önemli sebebi, simülasyonda kompakt flüoresan lambaların kullanılmasıdır. Soğutma ve ısıtma sistemlerinin harcadığı enerji ise aylara göre değişmektedir. Doğal olarak, soğutma için en fazla elektrik harcanan aylar yaz aylarıdır. Simülasyonu yapılan otel, gerçeğine benzer şekilde yaz-kış çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yüzden, kışın oluşacak ısıtma giderleri de binanın elektrik tüketiminde önemli bir yer tutmaktadır.

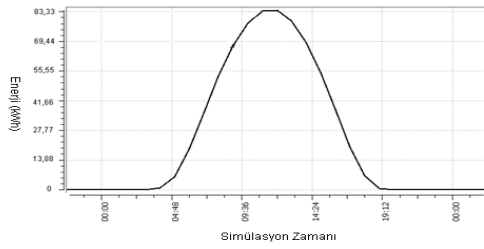
Aşağıdaki grafikte, binaya kurulması düşünülen Fotovoltaik sistemin, aylara göre elektrik üretim grafiği görülmektedir.



**Şekil 3:** Fotovoltaik sistemin ürettiği enerjinin yıllık değişim grafiği

Güneşlenme süresinin fazla olduğu dönemde binadaki fotovoltaik sistemin ürettiği elektrik de en üst seviyededir. Üretilen enerji kış aylarında fazlasıyla azalmaktadır.

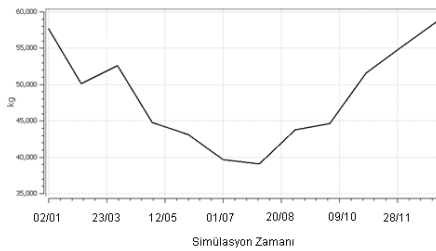
Günün değişen saatlerine göre sistemin ürettiği enerji ise aşağıdaki grafikteki gibidir:



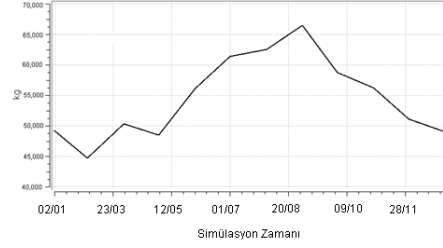
**Şekil 4:** Fotovoltaik sistemin ürettiği enerjinin günlük değişim grafiği

Örnek olarak seçilen 2 Temmuz tarihinde, güneşin doğduğu andan, batışına kadar enerji üretimi olduğu, diğer saatlerde ise üretim olmadığı görülebilmektedir. Yine aynı grafikten, üretimin en fazla olduğu zamanın, güneş ışınlarının öğle saatleri olduğu görülmektedir.

Simülasyonu yapılan binada, sıcak su eldesi için, doğalgaz kullanılmaktadır. Bu yüzden CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleşmektedir. Binada tasarlanan FV sistemin ürettiği enerji, özellikle su ısıtma sisteminde kullanılacaktır. Bu nedenle, daha az doğalgaz kullanılacaktır ve bu durum, CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltacaktır. Bina için tasarlanan fotovoltaik sistem, çatının yarısını kaplayacak şekilde tasarlanmıştır. Buna göre, CO<sub>2</sub> emisyonlarının grafikleri çıktı olarak alınmıştır. Bunun yanında, karşılaştırma yapmak amacıyla binada hiç fotovoltaik sistem olmasaydı, bu emisyon oranlarının ne olacağı da simüle edilmiştir.



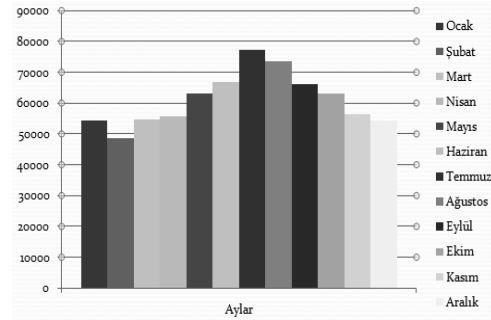
**Şekil 5:** Fotovoltaik sistem kurulu olduğu durumda CO<sub>2</sub> salınımı



**Şekil 6:** Fotovoltaik sistem kurulu olmadığı durumda CO<sub>2</sub> salınımı

Kyoto Protokolünü imzalamış ülkelerin, CO<sub>2</sub> emisyon salınım miktarını kontrol altında tutamadığı durumlarda, önemli miktarda ceza ücreti ödeyeceği açıktır [10]. Bizim ülkemiz için de bu durum geçerli olduğundan bu konuda gerekli tedbirler alındığı takdirde önemli bir miktarda tasarruf sağlamak mümkündür. Bunun incelemesi de ilerki çalışmalarda yapılabilir.

Tüketilen enerji miktarları, insan yükü ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Temmuz ayı, en fazla yoğunluğun yaşandığı ay olduğu için, enerji tüketimi de en fazla bu ayda gerçekleşmiştir. En az enerji tüketimi olan ay ise şubat ayıdır. Şubat ayında, odaların doluluk oranı oldukça düşük düzeydedir. Tüm bu sonuçlar, mevcut binanın enerji tüketim profili ile karşılaştırıldığında, simülasyon sonuçları hakkında bir kaniya varılabilir.



**Şekil 7:** Energy Plus programı ile elde edilen Yıllık enerji tüketiminin aylara göre dağılımı

## 4. EPA-NR PROGRAMI İLE BİNA SİMÜLASYONU

EPA-NR bina simülasyon programı, "Akıllı Enerji-Avrupa Komisyonu (IEE)" tarafından hazırlanmış bir programdır.

### 4.1. Program Girdileri

- Aydınlatma Yükleri ile İlgili Girdiler:

Binanın mimarisine göre, aydınlatma ekipmanlarıyla ilgili ayrıntılı olarak kullanılan veriler çizelgede gösterilmektedir:

**Çizelge 3:** Tanımlanan aydınlatma büyüklükleri

Aydınlatma Büyüklükleri	
Toplam Kurulu Aydınlatma Gücü	20 kW
Gün Işığı Kullanım Miktarı	3000 saat
Gün Işığı Kullanılmayan Zaman Miktarı	2000 saat
Gün Işığı Bağımlılık Faktörü	0,9
Doluluk Oranı Bağımlılık Faktörü	0,8
Aydınlatma Cihazlarının Yayıdığı Isı Enerjisi Faktörü	0,8
İnsan Kaynaklı Isı Üretimi	6,67

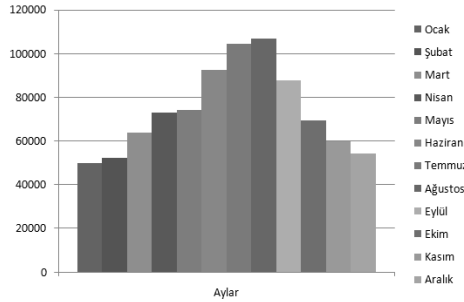
- Mimari Girdiler:

Binanın yapımında kullanılacak duvarların ve pencerelerin ısı geçirgenlik katsayısı diğer simülasyon

programıyla karşılaştırma yapabilmek için, Energy Plus programında kullanılan değerle aynı değerde kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, binanın eğimi, duvarın güneş ışığını soğurma katsayısı, gölgelenme katsayısı gibi daha ayrıntılı bilgiler de programda tanımlanmıştır.

## 4.2. Program Çıktıları

Epa-NR programı ile yıllık elektrik enerji tüketimi dağılımı aşağıdaki grafikte görülmektedir.



**Şekil 8:** Epa-NR programı ile elde edilen Yıllık enerji tüketiminin aylara göre dağılımı

Programda, küçük ölçekli bir kojenerasyon sistemi (birleşik ısı güç üretim sistemi) kurulumu önerilmiştir. Değişken debili sistem önerisi burada da yapılmıştır. Tüm bu kriterler göz önüne alındığında; yıllık elektrik enerji tüketimi verileri ve FV sistem tarafından üretilen enerji miktarı çizelgede görülmektedir.

**Çizelge 4:** Epa-NR programı ile elde edilen Yıllık tüketilen ve üretilen enerji miktarı

Yıllık Tüketilen Enerji	882.654 kWh
FV Sistemin Yıllık Ürettiği Enerji	128.867 kWh

Verimlilik Durumu	%57
-------------------	-----

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Otel aydınlatmasında kullanılan lambaların kompakt flüoresan lamba ve LED lambalarla kullanılması önerilmektedir. Bu durumda, aydınlatma kaynaklı elektrik tüketiminde %60'lara varan tasarruflar elde edilebilmektedir. Bunun yanında, bu değişimin amortisman süresi de 1 yılı geçmemektedir. Bu nedenle uygulanabilir bir çözüm olarak lambaların değişimi önerilebilir.

Energy Plus programı ile elde edilen değer, otelin mevcut durumda harcadığı enerjinin yaklaşık %52'si kadardır. Yani, mevcut bina yeniden tasarlandığında çok büyük oranda enerji tasarrufu sağlanabileceği açıkça görülmektedir.

EPA-NR programı ile yapılan simülasyonda, Energy Plus programında kullanılmış olan tüm veriler tamamen kullanılmıştır. Sonuç olarak 882.654 kWh enerji tüketimi hesaplanmıştır. İki programla hesaplanan değerler arasında yaklaşık 100.000 kWh'lik bir tüketim farkı oluşmuştur. Bunun sebebi, EPA-NR programında mimari girdilerin daha ayrıntılı olarak tanımlanmış olmasıdır. Ayrıca, bu programda, Energy Plus programından farklı olarak kojenerasyon sistemi de tasarlanmıştır. Tüketilen enerjinin farklı çıkmasının bir nedeni de bu olabilir.

İki simülasyonda da enerji üretimi için fotovoltaik sistemler kurulması önerilmektedir. Bu durum, ilk kuruluştaki önemli bir maliyet yaratmaktadır fakat, uzun süreli düşünüldüğünde, mimari düzeni bozmayacak şekilde büyük enerji çeken otel benzeri binalarda bu tür yenilenebilir enerji sistemleri önerilmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Kılıç H, Nükleer Enerji Gerekli mi, 2010
- [2] <http://www.enerji.gov.tr>
- [3] [http://www.eie.gov.tr/turkce/en\\_tasarrufu/uetm/](http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/)
- [4] Cheung, C.K., Fuller, R. and Luther, M., Energy-efficient envelope design for high-rise apartments, Energy and Buildings, 17-28, 2005
- [5] Yaman, Y., "Enerji Tasarrufu ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2007.
- [6] Osram, Fiyat Kataloğu, 2010
- [7] <http://www.sketchup.com>
- [8] Devlet Meteoroloji İşleri, Yıllık Sıcaklık Ortalamaları, 2010
- [9] TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları, Mayıs 2008
- [10] Pennycook, K., The illustrated guide to renewable technologies, BSRIA Guide, London, 2008