

İÇ AYDINLATMADA ENERJİ TASARRUFU POTANSİYELİNİN SAKARYA BÖLGESİ İÇİN BELİRLENMESİ YOLUNDA BİR PİLOT ÇALIŞMA

Cenk YAVUZ
cyavuz@sakarya.edu.tr

Ertan YANIKOĞLU
yanik@sakarya.edu.tr

Mehmet Ali YALÇIN
yalcin@sakarya.edu.tr

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Böl.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tasarrufu, Enerji Verimliliği, Gün Işığına Bağlı Aydınlatma Kontrolü, Enerji Tasarruf Potansiyeli, İç Aydınlatma

Her geçen gün dünya çapında enerji ihtiyacı artmaktadır, bu nedenle verimli enerji kullanımı ve enerji tasarrufu konuları devletlerin en önemli meselelerinden biri haline gelmiştir. Dünya genelinde yapılan istatistiksel analizler küresel enerji tüketiminin %20-30'unun endüstriyel, kamusal ve konut aydınlatma enerjisi kullanımına bağlı olduğunu göstermektedir. Bu bilgi toplumların vazgeçemeyeceği bir ihtiyaç olan aydınlatmanın iyi ve doğru bir şekilde tasarlanıp uygulanması gerekliliğini gözler önüne sermektedir. Ofis binalarında gün ışığını bir ışık kaynağı olarak kullanmak ya da mevcut uygulamalar üzerinde iyileştirmeler yapmak önemli enerji tasarrufu sağlayacaktır. Bu bağlamda SAÜ Mühendislik Fakültesi ve Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenen, maksimum enerji tasarrufu oranını sağlamak ve çalışanların algı seviyelerini arttırmak amaçlı bir pilot çalışma 2005 yılından beri yürütülmektedir. Bu çalışmada kullanılan tüm veri ve bilgiler ilgili proje çalışmasının ürünüdür.

1.GİRİŞ

Ülkemizde yıllardır hızla artmakta olan kentleşme ile birlikte gerek konut ve işyerleri gerekse kamu binalarının sayısı önlenemez bir şekilde artmaya başlamıştır. Daha iyi yaşam koşulları, daha kaliteli bir hayat standardına ulaşmak hedefiyle çalışmalar hızla ilerlemiştir. Ancak kentleşme ve konutlaşmanın getirdiği yüklerden biri de enerji sorunu olmuştur. Sanayileşme ve ilerisinde çevre kirliliği odaklı bir sorun olan doğanın dengesini yitirmeye başlaması enerji sorununu bir numaralı gündem maddemiz haline getirmiştir. Her geçen gün enerji tüketimi artmakta iken yeni enerji kaynaklarının kurulumu yıllar almakta, dünya bir enerji krizine doğru sürüklenmektedir. Bu şartlar altında en önemli enerji kaynağı konumuna ise "Enerji Tasarrufu" gelmiştir. Enerji tasarrufu yapılabilecek en kolay kalem ise hiç şüphe yok ki enerji tüketimindeki payı yüzde otuzlar mertebesini zorlayan aydınlatma elektriğidir [1]. Sadece doğru ve uygun sistem tasarımı ile aydınlatma enerjisi tüketimini %20'ler oranında azaltmak ve global elektrik enerjisi tüketimini düşürmek mümkündür [1,2].

Bu gelişmeler ışığında gerek aydınlatma enerjisinden tasarruf sağlayabilmek gerekse tasarruf yapma bilinci geliştirebilmek açısından, Sakarya Üniversitesi Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü Elektrik Tesisleri Anabilim Dalınca önce Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na sonra Üniversite Rektörlüğü'ne bir proje sunulmasına karar verilmiştir. Projenin öncelikli amacı, mesai saatleri dâhilinde aydınlatma enerjisi tüketimini en aza indirebilmektir. Diğer bir amaç ise 2.Öğretimin de yapıldığı kurumda geceleri açık unutulmuş çeşitli aydınlatma sistemlerinin doğurduğu enerji israfını ortadan kaldırmaktır.

2005 yılında Mühendislik Fakültesi destekli ilk çalışma başlatılmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda ilk olarak Fakülte'nin aydınlatma tesisatı incelenmiş, aydınlatma bileşenleri ve enerji verimliliği bakımından eksik ve yanlış uygulamalar tespit edildikten sonra, Fakültenin gerekli görülen yerlerdeki aydınlatma tesisatları saptamalar doğrultusunda yeni uygulamalarla değiştirilmiştir. Değişiklikler çok kısa sürede etkisini göstermiş ve aydınlatma elektriğinde %50 üzerinde bir tasarruf sağlanmıştır. Elde edilen bu başarı üzerine, birçok binası günün büyük bölümünde güneş alan üniversitemizde, gün ışığı odaklı aydınlatma sistemleri vasıtasıyla uygun tasarımlarla %30 seviyelerinde [3] aydınlatma enerjisi tasarrufu elde edilebileceği fikriyle çıkılan yolda Rektörlük Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna (SAÜ BAPK), Sakarya Üniversitesi merkezli olmak üzere, ilimiz iklim ve hava şartlarında ofis binaları için mümkün olabilecek aydınlatma enerjisi tasarrufu potansiyelinin belirlenmesi konularını da içeren ikinci bir proje sunulmuştur. Yeni proje kabul edilmiş ve SAÜ BAPK desteğiyle Eylül 2007'de başlatılmıştır.

Proje kapsamında kampus alanında kurulu tüm binaların aydınlatma sistemleri incelenmekte, gün ışığı alma potansiyellerine göre, gün ışığına bağlı aydınlatma kontrol sistemlerine entegre edilip edilemeyeceği araştırılmakta, mümkün olabilecek iyileştirmeler saptanarak, her bina için simülasyonlar da gerçekleştirilerek enerji tasarrufu potansiyelleri belirlenmektedir.

Bu bildiri de projenin 2009 Ocak ayına kadar olan diliminde elde edilen veriler ve yapılan hesaplamalara ilişkin sonuçlar irdelenmiş, Sakarya Üniversitesi baz alınarak yapılan çalışmaların il geneline yayılması ile sağlanabilecek tasarruf miktarları değerlendirilmiş ve bazı öngörüler yapılmıştır.

2. MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİNDE YAPILAN AYDINLATMADA ENERJİ TASARRUFU VE GÖRSEL KONFOR ÇALIŞMALARI

2004 – 2005 öğretim yılı sonunda Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü Elektrik Tesisleri Anabilim dalı tarafından, özellikle güz yarıyılı mesai saatlerindeki yüksek aydınlatma enerjisi tüketimini ortadan kaldırmak amacıyla çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Yapılan ön incelemede bölüm ve fakülte çalışanlarının çoğu yapay aydınlatmadan gerekli verimi alamadığından ve işlerine yoğunlaşma problemi yaşadıklarından bahsetmiştir. O dönem Mühendislik Fakültesi Dekanlığı, 7 bölüm başkanlığı ve ana derslik binaları olarak kullanılan, her biri 30 yaş üzeri 4 binada proje ve ziyaret bazında yapılan incelemelerde aşağıdaki saptamalar yapılmıştır:

- Personel odaları genellikle 20-25 m² (1) ve 45-50 m² (2) boyutlarında olmak üzere iki çeşittir.
- 1. grup odalarda aydınlatma yerden 2 m yükseklikte, yan duvarların eş merkezlerine yerleştirilmiş 4 adet, 2. grup odalarda ise yan duvarların ve giriş kapısının bulunduğu duvarın eş merkezlerine yerleştirilmiş 6 adet, en fazla 60 W akkor flamanlı lamba çalıştırabilecek apliklerle yapılmıştır.
- Personel odalarında gün batımından sonra yerden 80 cm yükseklikteki çalışma düzleminde elde edilebilen maksimum aydınlık düzeyi 1. grup odalarda 45 lüks, 2. grup odalarda ise 35 lüks seviyelerindedir.
- Personellerden bazılarının masa lambası veya ayaklı armatürler kullanarak çalışma düzlemi aydınlık düzeyini arttırmaya çalıştıkları görülmüştür.
- Dersliklerde genellikle 2 x 65 W'lık flüoresan lambalı standart armatürlerin girişler arasında tavana monteli olarak kullanıldığı, 60 kişi kapasiteli küçük dersliklerde armatür sayısının 6, 110 kişi kapasiteli büyük dersliklerde 8 olduğu saptanmıştır.
- Dersliklerde gün batımından sonra elde edilen maksimum aydınlık düzeyinin küçük dersliklerde 180 lüks, büyük dersliklerde ise 160 lüks seviyelerindedir.
- Personel kullanımına açık 2 binada koridorların 4 x 18 W flüoresan lambalı,

asma tavana monteli 12 adet armatürle aydınlatıldığı görülmüş ve ortalama aydınlık düzeyi 190 – 200 lüks seviyelerinde ölçülmüştür.

- 4 binada da merdiven aydınlatmasında 2 x 18 W'lık flüoresan lambalar kullanılmaktadır.
- Sözü geçen 4 bina da kuzey – güney cephele inşa edilmiştir.

Elde edilen bulgulardan hareketle bir karşılaştırma yapmak gerekirse, elde edilen aydınlık düzeyi değerleri elektrik kullanımının daha yaygınlaşmadığı 1913 yılında Millar tarafından yapılan araştırmada ofislerdeki çalışma düzlemlerinde ölçülen ortalama aydınlık düzeyleri mertebesindedir, 20 – 40 lüks [4]. IES tarafından 1930 yılında yayınlanan aydınlatma standardında ise genel işlerin yapıldığı ofisler için gereken ortalama aydınlık düzeyinin 150 – 250 lüks arasında olması gerektiği vurgulanmıştır [4]. Personele ilişkin çalışma ortamlarında 90 yıl öncesinin şartlarına tekabül eden her açıdan verimsiz mevcut aydınlatma tesisatının durumu bir raporla Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na sunulmuştur. Yöneticilerin de uygun görmesi ve yoğun ilgisi ile birlikte, aydınlatmanın yeniden projelendirmesine ilişkin çalışmalar başlatılmıştır.

Aydınlatma tasarımı yapılırken DIALUX programından faydalanılarak farklı tasarımların oluşturacağı ışık dağılımı ve aydınlık düzeyi değerleri simüle edilmiştir. Sonuç olarak karar verilen sistem, 2,85 m yüksekliğe sahip tavana monteli, 2 x 36 W'lık her biri 3350 lm ışık akısına ve 4000 °K renk sıcaklığına sahip, 1. grup odalarda 2, 2. grup odalarda 4 standart armatürün tavanın 2 eş merkezine yerleştirildiği sistem olmuştur. Bu sistemin uygulanması ile çalışma düzlemi ortalama aydınlık düzeyleri 250 lüks mertebesine kadar çıkmıştır. Tablo 1'de önceki sistem ile yenilen sistem arasındaki farklar görülebilir.

Tablo 1 Mühendislik Fakültesi Ofisleri için Durum Kıyaslaması

	Eski Durum	Yeni Durum	Önemli Değişimler (%)
İşık Kaynağı	Akkor Flamanlı	Tüp Flüoresan	
Gücü (W)	60	36	
Kurulu Güç (W)	240	90	-62,5
İşık Akısı (lm)	710	3350	
Toplam İşık Akısı (lm)	2840	13400	372
Ortalama Aydınlık Düzeyi (lx)	40	250	525

Koridor aydınlatmaları için tavsiye edilen ortalama aydınlık düzeyi değeri 100 lüks seviyesinde olmasına karşın tasarım 200 lüks seviyesinde yapıldığı için %100 oranında harcanan fazla aydınlatma enerjisi söz konusu olmuştur. Koridor aydınlatmalarında kullanılan armatürlerin 4 x 18'den 2 x 18'e çevrilmesiyle önemli bir enerji tasarrufu daha sağlanmıştır. Böylece aydınlık düzeyi değerleri de tavsiye edilen sınırlar dahiline çekilmiştir. Merdivenlerde ise personel binalarında mevcut sisteme ışık ayarlı hareket sensörü eklenerek, kullanım olmadığı zamanlarda kapalı kalmaları sağlanmıştır. 2. Öğretimin de yapıldığı derslik binalarında gece açık unutulmuş aydınlatmaların önüne geçmek için panoya yerleştiren zamanlayıcılar kullanılmış, sistemin istenen saatte kendi kendine kapanması sağlanmıştır.

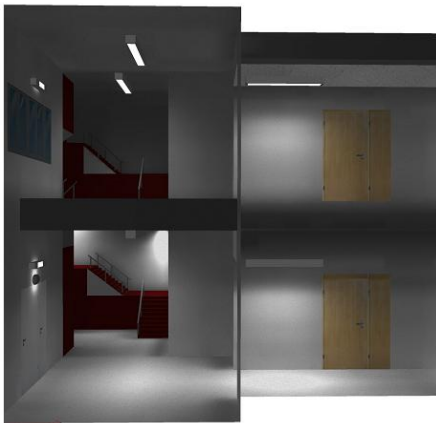


Şekil 2 Dekanlık Binası 2.ve 3. Katlarına İlişkin DIALUX Simülasyon Örneği

Gerçekleştirilen bu çalışmalar dışında dersliklerde tavan boyunun yüksek olması ve tavana monteli oldukları için derin kirşler nedeniyle ışık dağılımını sınırlı olarak yapabilen armatürlerin, sayısı değiştirilmeden büyük sınıflarda yer değişikliği yapılarak, askılı hale getirilmesi ve çalışma düzlemi aydınlık seviyesinin 250 lüks üzerine çıkarılması planlanmıştır. Tasarımı yapılan ancak güz – bahar – yaz yarıyılları ile diğer birimlerin yaz sonu eğitimlerinde çok yoğun olarak kullanılan bu binalarda yeni aydınlatma tasarımı, uygun takvim bulunamadığından gerçekleştirilememiştir. Ancak eski tip 38 mm çaplı, 70 - 79 arası renk geri verim indeksine ve 4800 lm ışık akısına sahip, 6300⁰K renk sıcaklığında T12 flüoresan lambalar yerine; 26 mm çaplı, 80 - 89 arası renk geri verim indeksine ve 5200 lm ışık akısına sahip, 4000⁰K renk sıcaklığında T8 flüoresan lambalar kullanılarak;

$$\emptyset = E \times S \quad (1)$$

formülünden de kolayca hesaplanabileceği üzere çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi değeri sadece ışık akısının artışına bağlı olarak yaklaşık % 10 oranında artmıştır. Ayrıca ekonomik yarı ömrünü doldurmuş olan balastlar da yenileriyle değiştirilmiştir.



Şekil 1 Dekanlık Binası Giriş Katına İlişkin DIALUX Simülasyon Örneği

3. ÜNİVERSİTE GENELİNDE İÇ AYDINLATMA ENERJİSİ TASARRUFU ÇALIŞMALARI

Mühendislik Fakültesi'ndeki çalışmaların önemli enerji tasarrufu sağlaması üzerine, öncelikle Sakarya ili olmak üzere Sakarya ili ile benzer coğrafi şartlara sahip bölgelerdeki iç aydınlatmada enerji tasarrufu potansiyelinin kestirilebilmesi için bir çalışma yapılması fikri benimsenmiştir. Bu sebeple Eylül 2007'de başlayan yeni proje kapsamında Sakarya Üniversitesi, geniş alana yayılmış çok sayıda mimari yapısı ile uygun bir örnek teşkil edeceği için, kurumun çeşitli birimlerinde aydınlık düzeyi ölçümleri, gün ışığı alımına ilişkin parametrelerin tespitleri yapılmaya başlanmıştır.

Kuzey – güney cephe binaların kuzey, doğu – batı cephe binaların ise doğu cephelerinin öğlen saatlerine kadar, diğer cephelerinin de öğleden sonra önemli miktarda gün ışığı alıyor olmaları nedeniyle mesai saatlerinin yarısında enerji tasarrufu potansiyeli hayli yüksek seviyededir. Ancak özellikle yaz aylarında yoğun gün ışığına maruz kalınması ve hacme giren ışığın sıcaklığı da yükseltmesi nedeniyle, kullanıcılar perde veya jalüzilerini kapatarak yapay aydınlatmaları devreye almaktadırlar. Bu da gün ışığından faydalanma imkânının yüksek olmasına karşın ironik bir şekilde aydınlatma enerjisi tüketimini arttırmaktadır. Yaşı büyük olan binalarda kullanılan pencere camlarının ışık geçirgenliğinin piyasa standartlarında yani yüksek olması, genç binalarda ise çoğunlukla karartmalı tip ışık geçirgenliği %50'nin çok altında pencere camları kullanılması enerji tasarrufu bakımından önemli sıkıntılar doğurmaktadır. Karartmalı camlar ışık geçirme oranları nedeniyle yapay aydınlatma kullanımını arttıran önemli bir faktördür.

Yapay aydınlatma sistemleri ile birçok ofis binasında, çalışma düzlemlerinde 500 lüks üzerinde ortalama aydınlık düzeyi yakalanıyor olmasına karşın, kullanıcıların gün içerisinde pencereden giren ışık yeterli olduğu saatlerde bile ve öğlen tatiline çıkarken yapay aydınlatma sistemini kapatmayı unuttukları tespit edilmiştir.

Yukarıda açıklanan iki tespit iç aydınlatmada enerji tasarrufu çalışmalarının önündeki en büyük engellerdir. Mevcut pencere camlarının ışık geçirgenliği oranları daha makul olanlarla ya da electrochromic sistemlerle değiştirilmesi önemli katkı sağlayacak bir yol olup [5] maliyeti çok yüksektir. Bunun yerine 3 farklı çözüm yolu düşünülebilir:

- 1) Her ofis için hareket sensörü
- 2) Kişisel gereksinimlere göre senaryolanmış uzaktan kumandalı aydınlatma kontrol sistemleri
- 3) Özellikle orta genişlikte ve büyük ofislerde kullanılmak üzere gün ışığı sensörüne bağlı aydınlatma kontrol sistemi

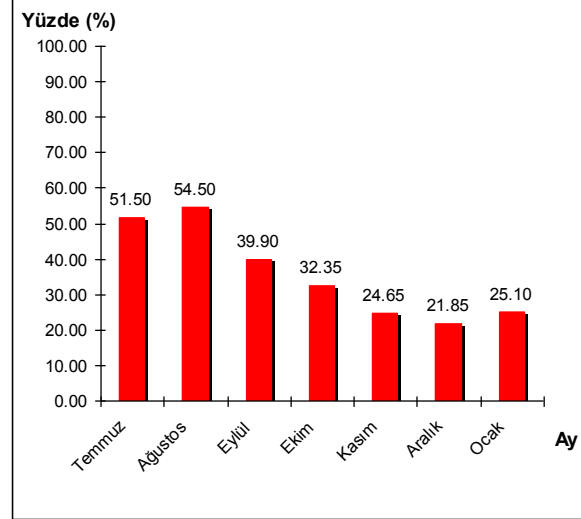
Hareket sensörü kullanımı ile ofiste kimse bulunmadığı anlarda yapay aydınlatma kapanacak, hacme giren biri olduğunda ise tekrar çalışır duruma gelecektir. Pilot uygulamanın yapıldığı ofiste, aydınlatma sisteminin tüm mesai boyunca açık olduğu durumda günlük ortalama 1,5 – 2 saat boyunca hareket sensörü tarafından kapatıldığı ve sadece bu uygulamayla günlük %20'ye varan enerji tasarrufu yapıldığı tespit edilmiştir.

Gün ışığına bağlı aydınlatma kontrol sistemi kullanarak aydınlatma enerjisi tasarrufu potansiyelini belirlemek amacıyla ise proje kapsamında kurulan batı cephe, 10300 Wh'lık günlük aydınlatma tesisatı enerji tüketimi potansiyeline sahip deney odasında alınan ölçümlerden faydalanılmıştır. Temmuz, Ocak ayları arasında deney odasından toplamda 26 hafta boyunca ölçümler alınmıştır. Aşağıdaki tabloda görüldüğü üzere havanın genellikle açık olduğu yaz günlerinde %55'lere varan tasarruf sağlanırken, mevsim değişiminin gerçekleşmeye başladığı sonbahar günlerinde aydınlatma enerjisi tasarrufunun azaldığı görülmektedir. Gündüz süresinin en kısa olduğu ay olan Aralık ayında enerji tasarrufu %22 civarına düşerken ocak ayında günlerin uzamaya başlaması ile birlikte enerjisi tasarrufu oranında yeniden bir artış görülmüştür (Şekil 3).

Kişisel gereksinimlere göre senaryolanmış uzaktan kumandalı aydınlatma kontrol sistemlerinin etkileri ise henüz araştırmaya başlanması aşamasında olduğu için bu konuda net verilere ulaşılamamıştır.

Üniversite genelinde seçilmiş ofislerin DIA LUX programında çizim ve simülasyonuna devam edilmektedir. Bu bağlamda ilerleyen aylarda şu ana

kadar yapılmış olan tespitler ve alınan verilerle, tavsiye edilen seviyeler üzerinde ortalama aydınlık düzeyine sahip yerler için yeni tasarımlar üretilmeye devam edilecek, bugüne kadar değerlendirmesi tamamlanmamış her bir ofis, laboratuvar ve derslik binası için değerlendirme raporları oluşturulacaktır.



Şekil 3 Deney Odasında Elde Edilen Aylık Enerji Tasarrufu Oranları

4. SONUÇ

Kentleşme ve nüfus artış hızının getirmiş olduğu yüksek enerji talebinin karşılanmasında doğal kaynakların yetersiz kalmaya başlamasıyla önem kazanan “enerji tasarrufu” konusu sadece enerji harcamalarını azaltmak noktasında değil, hava kirliliğini azaltmak noktasında da ciddi katkı sağlayacaktır. Binalardaki yapay aydınlatma dünyadaki karbon emisyonunun %20'si ile %40'ı arasında bir kısmının sorumlusu konumundadır [6,7]. 1 kWh'lık aydınlatma enerjisi tasarrufunun karbon gazı emisyonunu yıllık bazda yaklaşık 2,33 kg azaltacağı [8] düşünüldüğünde, özellikle kamu binalarında gündüz saatlerindeki aydınlatma enerjisi tüketiminin makul seviyelere çekilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada yaz aylarında gün boyu 10 saat kesintisiz olarak devrede bulunan gün ışığına bağlı bir aydınlatma sisteminin %50'ler üzerinde enerji tasarrufu yapabildiği ve sadece hareket sensörlü, kontrol sistemi içermeyen sistemin de aydınlatma enerjisi tasarrufunu %20'ler seviyesinde gerçekleştirebildiği gösterilmiştir. Bu iki sistemin ortak kullanımı ile yıllık enerji tasarrufu ortalamasının önceki örneklerin aksine, Sakarya bölgesi ve benzer coğrafi – iklimsel özelliklerdeki yerlerde, %30 seviyelerinin üzerine rahatlıkla çıkarılabileceği aşikârdır. Ancak hiç şüphe yok ki kullanıcılar enerji tasarrufu odaklı sistemlere sahip olsunlar ya da

olmasınlar, enerji tasarrufuna duyarlılığının artırılması amacıyla kurumlar için eğitici seminerler düzenlenmesi ve enerji tasarrufu bilincinin yerleştirilerek bir kurum kültürü haline getirilmesi şarttır.

KAYNAKLAR

1. KÜÇÜKDOĞU M.Ş., Aydınlatmada Etkin Enerji Kullanımı, EMO Ulusal Aydınlatma Kongresi, 2003
2. MILLS E., The \$230 - Billion Global Lighting Energy Bill, International Association for Energy Efficient Lighting and Lawrence Berkeley National Laboratory, ABD, 2002
3. ONA YGİL S., GÜLER Ö., Determination of the Energy Saving by Daylight Responsive Lighting Control Systems With an Example from Istanbul, Building and Environment 38, 2003
4. OSTERHAUS W.K.E., Office Lighting: A Review of 80 Years of Standards and Recommendations, IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, Toronto, Ontario, Canada, 1993
5. ZİNİZİ M., Office Workers preferences of Electrochromic Windows: A Pilot Study, Building and Environment 41, 2006
6. Guide F: Energy Efficiency in Buildings, CIBSE Publications United Kingdom, 1999
7. Energy Consumption Guide 19, Building Research Establishment Publications, 1997
8. JENKINS D., NEWBOROUGH M., An Approach for Estimating the Carbon Emissions Associated With Office Lighting With a Daylight Contribution , Applied Energy 84, 2007