

BİNALARDA AYDINLATMA ENERJİSİ PERFORMANSININ BELİRLENMESİNDE KONTROL SİSTEMLERİNİN ROLÜ

Sezen YILDIRIM ÜNNÜ¹ Feride ŞENER² Alpin KÖKNEL YENER²

¹İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi
Ayazağa Kampüsü, İstanbul, 34469

²İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla Kampüsü-Taksim, İstanbul, 34437

sezeny@itu.edu.tr, fsener@itu.edu.tr, alpin.yener@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma kapsamında Türkiye için geliştirilmiş ve EN 15193 Binalarda Enerji Performansı – Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardına önerilen yöntem temel alınarak hazırlanmış BEP-TR hesap metodolojisi, aydınlatma kontrol sistemlerinin bina aydınlatma enerjisi performansına olan etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışma kapsamında İstanbul'da bulunan bir ofis hacminde BEP-TR'nin içerdiği tüm kontrol sistemleri ayrı ayrı kullanılarak senaryolar oluşturulmuş, bu senaryolara bağlı olarak binanın toplam aydınlatma enerjisi tüketimi hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar sözcükler: Bina Enerji Performansı, BEP –TR, Aydınlatma Enerjisi Performansı, EN 15193, Kontrol Sistemleri

1. GİRİŞ

Dünyada enerji ihtiyaçlarının, gelişen teknoloji ile paralel olarak artış gösterdiği bilinmektedir. Enerji eldesi için gerekli olan kaynakların çoğunun sınırlı olması, enerji üretiminin devamlılığının sağlanabilmesi açısından enerji kaynaklarının çeşitliliğini gündeme getirmiş, bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı günümüzde önem kazanmıştır. Öte yandan enerjinin her alanda olduğu gibi binalarda da verimli kullanılması konusu, artan enerji ihtiyaçları nedeniyle güncelliğini sürdürmektedir.

AB ülkeleri binaların enerji performanslarının belirlenmesi için çeşitli çalışmalarda bulunmuş ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2002/91/EC) 2002 yılında yayınlanmıştır [1]. Bu yönetmeliğin amacı, binaların enerji performansının

belirlenmesi için ortak bir metodolojinin kabulüdür. Bu yönetmelik kapsamında bir binanın enerji tüketiminde rol oynayan büyüklükler olan ısıtma, soğutma, aydınlatma ve sıcak su temini konularında gereksinim duyulan enerji miktarlarının belirlenebilmesi ve enerji performansının değerlendirilebilmesi için çeşitli standartlar yayınlanmıştır.

Aydınlatma enerjisi ihtiyaçları binanın enerji tüketimini önemli ölçüde etkileyen bir bileşendir. Temel olarak binalarda aydınlatma enerjisi performansı, mekanlarda istenen görsel konfor koşullarını yerine getirmek amacıyla harcanan aydınlatma enerjisine bağlı olarak belirlenmektedir. AB tarafından 2002/91/EC yönetmeliğini takiben EN 15193 Binalarda Enerji Performansı – Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardı yayınlanmıştır. Bu standartta hacmin yararlandığı gün ışığı miktarı,

kullanılan aydınlatma sistemleri, lambalar, aygıtlar, kontrol sistemleri, hacmin bulunduğu coğrafik konum gibi çeşitli değişkenlerden yararlanılarak bir binanın aydınlatma enerjisi ihtiyacı ve buna bağlı olarak birim alana düşen aydınlatma yükünü ifade eden Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi AESG değeri hesaplanmaktadır [2].

Türkiye’de binalarda enerji performansı direktifi kapsamında ve EN 15193 standardı temel alınarak hazırlanmış olan bina enerji performansı ulusal hesaplama yöntemi BEP- TR, Türkiye koşullarına yönelik olarak geliştirilmiş bir hesap modeli sunmakta ve binalarda aydınlatma enerjisi performansı hesaplanması, bu yöntemle gerçekleştirilebilmektedir [3].

2. BEP-TR KAPSAMINDA AYDINLATMA KONTROL SİSTEMLERİ

BEP-TR kapsamında bir binanın toplam aydınlatma enerjisi Eşitlik 1 uyarınca hesaplanır.

$$WL_{t,t} = \{(P_n \times F_c) \times [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)]\} / 1000 \quad (1)$$

P_n : Bir hacim veya bölüme ilişkin toplam kurulu aydınlatma gücü (W)

F_c : Sabit aydınlık faktörü

t_D : Gün saatleri kullanımı (h)

F_o : Kullanıma bağlı faktör

F_D : Güneş ışığı bağımlılık faktörü

t_N : Gün saatleri dışında kullanım (h)

Eşitlik 1’de F_D ve F_o ’nun hesaplanmasında aydınlatma kontrol sistemi rol oynamaktadır. Gün ışığı bağımlılık faktörü F_D ‘nin hesaplanması Eşitlik 2 uyarınca yapılır.

$$F_D = 1 - (F_{D,S} \times F_{D,C}) \quad (2)$$

Gün ışığı sağlama faktörü ($F_{D,S}$) binanın coğrafi konumuna bağlı olarak hesaplanan bir değerdir. Gün ışığına

bağlı yapma aydınlatmanın kontrolü ($F_{D,C}$) ise hem binanın kontrol sistemine, hem de gün ışığı geçişlerine göre belirlenmiş değerlerdir. Bu değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Güneş ışığı girişine bağlı olarak $F_{D,C,n}$ değerleri

Yapma Aydınlatma Sisteminin Kontrolü	Güneş ışığı girişine bağlı olarak $F_{D,C,n}$ değerleri		
	Zayıf	Orta	Güçlü
Manuel	0.2	0.3	0.4
Otomatik	0.75	0.77	0.85

Kullanıma bağlı faktör (F_o)’nun hesaplanması için hacimlerin yokluk faktörü (F_A) ve aydınlatma kontrolüne bağlı faktör (F_{OC})’ye ihtiyaç vardır. Hacimlerin F_A değerleri BEP-TR’de ayrıntılı olarak verilmiştir. F_A ve F_{OC} değerlerine bağlı olarak F_o ’nun hesaplanması Eşitlik 3, 4 ve 5 uyarınca yapılır.

$$F_o = [7 - (10 \times F_{OC})] \times (F_A - 1) \quad (\text{eğer } 0.9 \leq F_A \leq 1) \quad (3)$$

$$F_o = 1 - [(1 - F_{OC}) \times F_A / 0.2] \quad (\text{eğer } 0 \leq F_A < 0.2) \quad (4)$$

$$F_o = F_{OC} + 0.2 - F_A \quad (\text{eğer } 0.2 \leq F_A < 0.9) \quad (5)$$

F_{OC} değerleri ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Çeşitli kontrol sistemlerine ait F_{OC} değerleri

Otomatik hareket sensörü olmayan mekanlar	F_{OC}
Manuel açma kapama anahtarı	1.00
Manuel açma kapama anahtarı- otomatik söndürme sinyali ilaveli	0.95
Otomatik hareket sensörü olan mekanlar	F_{OC}
Otomatik açma / Loşlaştırma	0.95
Otomatik açma / kapama	0.90
Elle (manuel) açma / dimmerli	0.90
Elle (manuel) açma / kapama	0.80

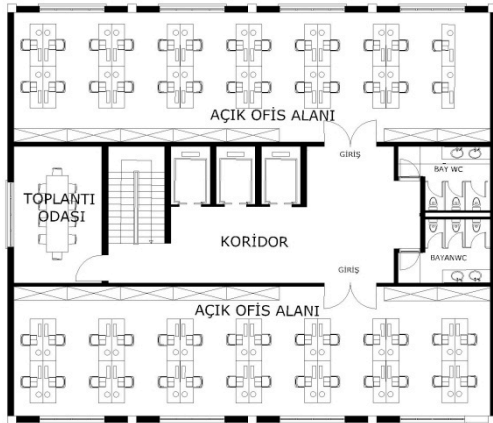
Bu bildiri kapsamında, farklı kontrol sistemlerinin binanın toplam aydınlatma enerjisi tüketimindeki rolünün belirlenmesi amacıyla İstanbul’da bulunan bir ofis binası ele alınarak çeşitli seçenekler için hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

3. BEP-TR HESAP YÖNTEMİNDE KONTROL SİSTEMİ SEÇENEKLERİNİN OFİS ÖRNEĞİNDE İNCELENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde ele alınan ofis binası tanıtılarak, farklı kontrol sistemi senaryoları ile hesaplanan aydınlatma enerjisi gereksinimlerine yer verilmiştir

3.1. Ele alınan ofisin tanıtılması

Hesaplamalarda kullanılmak üzere İstanbul’da yer alan toplam 373.14 m² alana sahip bir ofis hacmi seçilmiştir. Ofis hacminin planı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Ele alınan ofis hacminin planı

Bu ofiste yer alan çeşitli hacimlere ilişkin bilgiler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Ofiste yer alan hacimlere ilişkin bilgiler

Hacim Tipi	Açık Ofis (2 adet)	Toplantı Odası	WC	Koridor (1 adet)
Alanı (m ²)	132	25.52	26.9	57.82
Pencere boyutları en x h (m)	3 x 1.9 (4 adet)	3 x 1.9	yok	yok
Lambaların gücü (W) ve türü	36 x 2 x 4 Tüp flüoresan	36 x 2 x 8 Tüp flüoresan	12 x 2 x 18 Kompakt flüoresan	9 x 2 x 36 Tüp flüoresan
Aygıt türü	Direkt, sıva üstü aygıt	Direkt, sarkıt (askı boyu:0.8m)	Direkt, tavana gömme aygıt	Direkt, sıva üstü aygıt
İstenen Aydınlık Düzeyi (lx)	500	500	200	200
Hesaplanan Aydınlık Düzeyi (lx)	466	486	274	266 (bölüm 1)
				269 (bölüm 2)

3.2. Ele alınan kontrol sistemi seçeneklerine ilişkin hesaplamalar

Hacimlerin yıllık enerji tüketiminin hesaplanması için 5 farklı senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolar BEP-TR’de belirtilen çeşitli kontrol sistemleri üzerine temellendirilmiştir. Senaryolar sırası ile şunlardır:

1. Manuel açma / kapama
2. Otomatik açma / loşlaştırma
3. Otomatik açma / kapama
4. Manuel açma / Otomatik kapama ve loşlaştırma

5. Manuel açma / Otomatik kapama

Binanın aydınlatma elemanları, coğrafi konumu, pencere boyutları ve yerleşimleri, tavan ve duvarın ışık yansıtma katsayıları, camın ışık geçirme katsayıları, çalışma saatleri gibi özellikler sabit tutulmuş, aydınlatma kontrol sistemi senaryo 1'den senaryo 5'e kadar değiştirilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Hacimlerin gün ışığı etkisi değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Ofis hacimlerine ilişkin günışığı etkisi değerleri

Hacim Tipi	Gün Işığı Geçişi
Ofis (2 adet)	Zayıf
Toplantı Odası	Orta
WC	Etkisiz
Koridor	Etkisiz

İncelenen mekanlarda görsel konfor koşullarını elde edebilmeye yönelik olarak sağlanması gereken değerler BEP-TR aydınlatma hesap yönteminde ayrıntılı olarak tanıtılmaktadır. Bu değerler EN 12464 Light and Lighting, Indoor Work Places, Işık ve Aydınlatma, İç Çalışma Mekanları standardında verilmiştir [4, 5]. BEP TR aydınlatma hesap yöntemine göre hesaplanan aydınlık düzeyi, istenen aydınlık düzeyinin %90'ından daha az veya %10 fazlasından daha fazla olmamalıdır ve yeni yapılacak olan binalarda bu koşulun sağlanması gerekmektedir. Buna göre ele alınan mekanlardan ofisler ve toplantı odasında istenen aydınlık düzeyinin sağlandığı, koridorlar ve WC mekanlarında ise ihtiyaç duyulan aydınlık düzeyinin üzerinde değerlere ulaşıldığı görülmektedir Ofis hacminde elde edilmesi istenen ve elde edilen

aydınlık düzeyi değerleri Tablo 5'de verilmiştir.

Hiç bir mekanda istenen aydınlık düzeyi hesaplanan aydınlık düzeyinden az çıkmadığı için görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için ek bir enerji tüketimi hesaplanmamıştır

Tablo 5. Ofis mekanlarına ilişkin aydınlık düzeyi değerleri

Mekan Adı	İstenen Aydınlık Düzeyi (lx)	Elde Edilen Aydınlık Düzeyi (lx)
Ofisler	500	466,40
Toplantı Odası	500	485,93
WC	200	274,06
Koridor 1	200	265,59
Koridor 2	200	269,14

1. Senaryo: Manuel Açma / Kapama

Bu durumda hacimdeki aydınlatma sistemi bir veya birkaç anahtardan elle açılıp kapatılarak kontrol edilmektedir. Gün ışığının sağladığı aydınlık düzeyine ve kullanıcı tercihlerine bağlı herhangi bir loşlaştırma kontrolü yoktur. Bu kontrol senaryosunun uygulanması durumunda hacimlerdeki yıllık enerji tüketimleri Tablo 6' da verilmiştir. Bu kontrol mekanizmasına ait Foc değeri 1.00'dır.

Tablo 6. Ofis hacimlerinde Senaryo 1 ile hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi tüketimleri

Mekan Adı	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh)
Ofisler	6939,52
Toplantı Odası	644,95
WC	332,49
Koridor	1280,20

Bu durumda binanın toplam enerji tüketimi yıllık 9197,17 kWh ve AESG değeri 24,65 olarak bulunmuştur.

2. Senaryo: Otomatik Açma / Loşlaştırma

Bu senaryoya göre hacimde bir hareket algılandığı zaman, lambalar aydınlatma kontrol sistemi tarafından otomatik olarak devreye girer, ve en geç 5 dakika içinde otomatik olarak normal çalışma koşullarının %20'sinden daha az olmayacak şekilde ayarlanmış daha düşük bir ışık çıktısına ayarlanırlar. Ayrıca hacimde son hareketin algılanışını takip eden 5 dakika içinde hiçbir hareket algılanmazsa lambalar aydınlatma kontrol sistemi tarafından tamamen kapatılır.

Tablo 7. Ofis hacimlerinde Senaryo 2 ile hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi tüketimleri

Mekan Adı	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh)
Ofisler	5333,39
Toplantı Odası	423,40
WC	374,05
Koridor	1303,80

Bu kontrol mekanizmasına ait F_{OC} değeri 0.95'dir Bu durumda hacimlerdeki yıllık enerji tüketimleri Tablo 7'de verilmiştir Bu senaryo altında binanın toplam enerji tüketimi yıllık 7434,65 kWh ve AESG değeri 19,93 olarak hesaplanmıştır.

3. Senaryo: Otomatik Açma / Kapama

Bu kontrol mekanizmasında hacimde bir hareket algılandığı zaman lambalar aydınlatma kontrol sistemi tarafından otomatik olarak devreye girer, son hareketin algılanışından 15 dakika sonra ise otomatik olarak kapatılır. Bu kontrol mekanizmasına ait F_{OC} değeri 0.90'dır.

Bu durumda hacimlerdeki yıllık enerji tüketimleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Ofis hacimlerinde Senaryo 3 ile hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi tüketimleri

Mekan Adı	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh)
Ofisler	6074,29
Toplantı Odası	451,91
WC	365,14
Koridor	1416,49

Bu senaryo altında binanın toplam enerji tüketimi yıllık 8307,84 kWh ve ASG değeri 22,27 olarak hesaplanmıştır.

4. Senaryo: Manuel Açma / Otomatik Kapama ve Loşlaştırma

Lambalar, aydınlatılacak bölgeye yakın olarak yerleştirilmiş bir anahtar tarafından elle açılırlar. Eğer elle kapatılmazlarsa en geç 15 dakika içinde otomatik olarak normal çalışma koşullarının %20'sinden daha az olmayacak şekilde ayarlanmış daha düşük bir ışık çıktısına ayarlanırlar. Ayrıca odada son varlığın algılanışını takip eden 15 dakika içinde hiçbir hareket algılanmazsa lambalar aydınlatma kontrol sistemi tarafından tamamen kapatılır. Bu kontrol mekanizmasına ait F_{OC} değeri 0.90'dır. Bu durumda hacimlerdeki yıllık enerji tüketimleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9 Ofis hacimlerinde Senaryo 4 ile hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi tüketimleri

Mekan Adı	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh)
Ofisler	5333,39
Toplantı Odası	402,61
WC	331,53
Koridor	1240,01

Bu senaryo altında binanın toplam enerji tüketimi yıllık 7307,54 kWh ve AESG değeri 19,58 olarak hesaplanmıştır.

5. Senaryo: Manuel Açma / Otomatik Kapama

Lambalar, aydınlatılacak bölgeye yakın olarak yerleştirilmiş bir anahtar tarafından elle açılırlar. Eğer elle kapatılmazlarsa, odada son hareketin algılanışından en geç 15 dakika sonra ise aydınlatma kontrol sistemi tarafından kapatılırlar. Bu kontrol mekanizmasına ait F_{OC} değeri 0.80'dir. Bu durumda hacimlerdeki yıllık enerji tüketimleri Tablo 10'da verilmiştir.

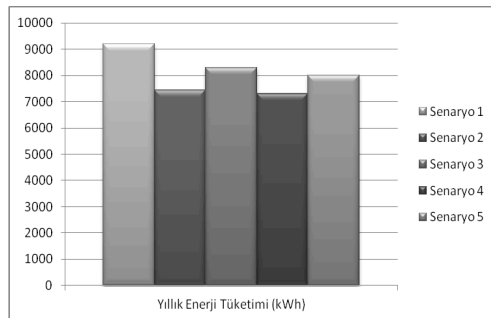
Tablo 10. Ofis hacimlerinde Senaryo 5 ile hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi tüketimleri

Mekan Adı	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh)
Ofisler	6074,29
Toplantı Odası	402,11
WC	263,28
Koridor	1263,69

Bu senaryo altında binanın toplam enerji tüketimi yıllık 8003,37 kWh ve AESG değeri 21,45 olarak hesaplanmıştır.

3.3. Sonuçların tartışılması

Ele alınan senaryolara ilişkin yıllık enerji tüketimleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Ele alınan senaryolara ilişkin yıllık aydınlatma enerjisi tüketimleri

Binanın yıllık aydınlatma enerjisi tüketimi W_{Lt} değerleri ve Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi AESG değerleri incelendiğinde yapma aydınlatma sisteminin kontrolünün binanın yıllık enerji tüketimi üzerindeki etkisi görülmektedir. Herhangi bir kontrolün olmadığı manuel sistem enerji tüketimin en çok olduğu sistemdir. Otomatik kontrol sistemleri ise manuel sistemlere göre üstünlük sağlamaktadır. Binada ayrıca loşlaştırma sistemlerinin varlığı da enerji tüketimini olumlu yönde etkilemiştir. Bütün senaryolar içinde en düşük enerji tüketimi manuel açma/otomatik kapama ve loşlaştırma sistemlerini içeren Senaryo 4'tür. Bu senaryoda, hacim içindeki doğal aydınlık düzeyi yeterli olduğunda yapma aydınlatmaya gerek duyulmadan görsel konfor için gerekli aydınlık düzeyi sağlanabilmektedir. Manuel açma sisteminde, kullanıcıların aydınlık düzeyinin yeterli olduğu durumlarda yapma aydınlatmayı devreye almadıkları kabul edildiğinden Senaryo 4 en düşük enerji tüketimine sahiptir.

4. SONUÇ

Bu bildiride yapma aydınlatma sisteminin bir kontrol sistemine bağlanmasının binanın enerji tüketimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. BEP-TR kapsamında yer verilen kontrol sistemleri ile İstanbul'da yer alan bir ofis için hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyonlar sonucunda manuel açma/otomatik kapama ve loşlaştırma sistemlerini içeren Senaryo 4'ün en az enerji tüketen sistem olduğu anlaşılmıştır. Yapma aydınlatmanın sadece ihtiyaç duyulduğu zamanlarda kullanıcılar tarafından devreye alınması enerji tüketiminin azalmasını sağlamıştır. Oysa ki yapma aydınlatmanın hacmin içindeki aydınlık düzeyini ölçmeden otomatik olarak devreye alındığı sistemlerdeki enerji

tüketiminin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durumda yeni tasarlanacak kontrol sistemlerinin aydınlık düzeyi algılayıcıları da içermesi, enerji tüketiminin azaltılması için olumlu bir katkı sağlayacaktır. BEP-TR’de ileride yapılacak düzenlemelerde de bu bu tür sistemlerin göz önüne alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Directive on Energy Performance of Buildings, 2002/91/EC, Brüksel, 2002.
2. EN 15193 Energy Performance of Buildings-Energy Requirements for Lighting, 2006.BEP-TR Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi, Ek 05-Aydınlatma, 07 Aralık 2010 Perşembe, Resmi Gazete, Sayı: 27778, 2010.
3. prEN 12464, Light and Lighting of Workplaces: Part1-Indoor Workplaces. CEN/TC 169, European Committee for Standardisation, 2002.
4. EN 12464 Light and Lighting of Workplaces: Part1-Indoor Workplaces, 2002