

# BİNALARDA AYDINLATMA ENERJİSİ PERFORMANSININ BEP-TR YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ: ÖRNEKLER

Feride ŞENER  
Sezen YILDIRIM ÜNNÜ

## ÖZET

Binalarda aydınlatma enerjisi performansı, mekanlarda istenen görsel konfor koşullarını yerine getirmek amacıyla harcanan aydınlatma enerjisine bağlı olarak belirlenmektedir. Avrupa Birliği üye ülkelerinde Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2002/91/EC) uyarınca EN 15193 Binalarda Enerji Performansı – Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardında belirtilen yöntem kullanılarak aydınlatma enerjisi performansı hesaplanabilmektedir. Türkiye’de binalarda enerji performansı direktifi kapsamında 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. Bu bildiri kapsamında BEP-TR, binalarda aydınlatma enerjisi performansının belirlenmesi için geliştirilen yöntem kısaca tanıtılarak yöntemin farklı bina tipolojilerine uyarlanması konusu kapsamlı olarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bina Enerji Performansı, Aydınlatma Enerjisi, BEP -TR, EN 15193.

## ABSTRACT

Lighting Energy Performance of Buildings are determined with respect to consumed lighting energy in order to fulfill the required visual comfort conditions of spaces. In European Union member countries, lighting energy performance can be evaluated by the use of the methodology described in EN 15193 Energy Performance of Buildings — Energy Requirements for Lighting Standard prepared according to Building Energy Performance Directive (2002/91/EC). National Building Energy Performance Calculation Methodology in Turkey BEP- TR prepared in accordance with Building Energy Performance Directive, presents a calculation method with respect to Turkey’s conditions and lighting energy performance in buildings can be determined with this method. As part of this paper, briefly explaining this methodology, the adaptation of it for different building typologies is comprehensively investigated.

**Key Words:** Building Energy Performance, Lighting Energy, BEP-TR, EN 15193.

## 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 neticesinde 2002 yılında Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğini (2002/91/EC) yayınlamıştır [1]. Bu yönetmeliğin amacı, binaların enerji performansının belirlenmesi için ortak bir metodolojinin kabulüdür. Bu yönetmeliği takiben bir binanın enerji tüketiminde rol oynayan büyüklükler olan binalarda ısıtma, soğutma, aydınlatma, sıcak su temini konularında gereksinim duyulan enerji miktarlarının belirlenebilmesi ve enerji performansının değerlendirilebilmesi için çeşitli standartlar yayınlamıştır.

Aydınlatma enerjisi ihtiyaçları bir 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 aydınlatma enerjisinin hesaplanması için EN 15193 Binalarda Enerji Performansı – Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardı yayınlamıştır. 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 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 AYDINLATMA HESAP YÖNTEMİNİN TANITILMASI

BEP-TR hesap yönteminin aydınlatma bölümünde, EN 15193 standardı temel alınarak hazırlanmış ve Türkiye koşullarına yönelik olarak geliştirilmiş bir yöntem ortaya konmaktadır. Bu hesaplama yöntemi, binalarda iç aydınlatma amacıyla tüketilen enerji miktarının değerlendirilmesine yönelik hesap adımlarını ve aydınlatma enerjisi gereksinimine ilişkin sertifikalandırma amacıyla kullanılacak bir sayısal göstergeyi tanıtmaktadır. Bu yöntem, mevcut binalar için, yeni veya yenilenecek binaların tasarımı esnasında değerlendirme amacıyla kullanılabilir. Ayrıca aydınlatmaya ayrılan enerji miktarına yönelik hedeflerin belirlenmesinde yol gösterici olma özelliğine sahiptir. Bu döküman ayrıca, binanın toplam enerji performansının belirlenmesinde kullanılmak üzere aydınlatma enerjisinin hesaplanması için bir yöntem sunmaktadır [2]. Binalarda iç aydınlatma amacıyla tüketilen enerji miktarına aygıt kapsamında olmayan parazit güçler dahil edilmemiştir.

BEP-TR farklı bina tipolojileri üzerine bir ayırım gerçekleştirmiştir. Bu bağlamda binalar konutlar ve konut dışı binalar olarak ikiye ayrılmıştır. Bu ayırımın temel sebebi, konutların kullanım oranlarının konut dışı binalar gibi bir standarda oturtulamamasıdır. Her şeyden önce konut binalarında kişisel tercihler etkindir. Konut binalarının enerji performansının hesaplanması için önerilen yöntem, temelde binanın kullanım oranlarının ve toplam enerji gereksinimlerinin hesaplanmasına dayanmaktadır. Mekanların kullanım oranları, hafta sonu ve hafta içi günler açısından farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar enerji tüketiminin de değişkenlik göstermesine sebep olmaktadır. Bu nedenle konut binalarında enerji tüketiminin hesaplanması için hafta içi ve hafta sonu günler ayrı ayrı ele alınmaktadır. Kullanım oranlarının yanı sıra konutlarda aydınlatma enerjisi ihtiyacının hesaplanması, hacim içinde bulunan lambaların sayısına ve tipine bağlıdır. BEP-TR kapsamında konut binalarında akkor telli, kompakt flüoresan ve flüoresan lambaların kullanıldığı kabul edilmiştir.

Konut dışı binaların aydınlatma enerji gereksinimlerinin belirlenmesi, EN 15193 standardında tarif edilen kapsamlı yöntem esas alınarak gerçekleştirilir. Bu yöntemde öncelikle hacmin gün ışığından faydalanma oranı, aydınlatma enerji ihtiyaçlarını azaltan bir faktör olarak hesaplara etki etmektedir. Bir hacmin gün ışığından yararlanmasını, hacmin boyutları, coğrafi koşullar, pencerelerin boyutları, konumları, pencerelerde kullanılan cam türü ile bu pencerelerin etkilendiği dış engeller etkiler. Bu engeller hesap yönteminde;

- Diğer binalar ve ağaç, dağ gibi doğal engeller
- Avlu veya atriumu olan binalarda binanın kendisi
- Cephede yer alan yatay veya düşey gölgeleme elemanları
- Camlı çift cidarlı cepheler

olarak sınıflandırılır.

Engeller, cam tipleri, binanın bulunduğu enlem ve boylam değerleri, hacmin günışığından yararlanan alanlarına bağlı olarak günışığı sağlama faktörü olarak adlandırılan  $F_{D,S}$  katsayısı hesaplanır. Ayrıca aydınlatma sisteminin manuel ya da otomatik olmasına bağlı olarak günışığına bağlı yapma aydınlatma kontrolü ( $F_{D,C}$ ) katsayısı belirlenir. Bu iki katsayının yardımıyla hacmin gün ışığı bağımlılık faktörü ( $F_D$ ) belirlenir.

Farklı bina tipolojilerinin enerji gereksinimlerinde en önemli bileşenlerden birisi de, binanın günışığından yararlanma süresidir. Bu sürelerin bulunabilmesi için, farklı coğrafi enlemlerdeki gün uzunlukları ve kullanılan mekanların kullanım süreleri göz önüne alınmıştır.

Bir binanın aydınlatma sistemlerinin otomatik olarak kontrol edilebilmesi, enerji tüketiminin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. BEP-TR kapsamında aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan ve olmayan mekanlara göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmanın alt kolları olarak, hacmin aydınlatma kontrolünün otomatik veya manuel olarak tasarlanıp tasarlanmadığı belirlenmiştir. Kontrol sistemine bağlı olarak kullanıma bağlı faktör ( $F_o$ ) olarak tanımlanan katsayı, aydınlatma enerjisi gereksinimlerine etki etmektedir.

Sabit aydınlık faktörü, belirli bir zaman aralığı için ortalama giriş gücünün son kurulu çıkış gücüne oranı olarak nitelendirilir. Burada belirtilen zaman aralığı, bir tam bakım döngüsünü ifade etmektedir. Bu faktör, hacimlerde loşlaştırılabilir aydınlatma sistemi kontrolü olması durumunda hesaba katılmaktadır.

Sonuç olarak, bir hacmin aydınlatma amacıyla tüketilen toplam enerji miktarının ( $W_{L,t}$ ) bulunabilmesi için Eşitlik 1 kullanılmaktadır. Eşitlik 1'de yer alan değişkenlerin açıklımlarına aşağıda yer verilmektedir. Aydınlatma için harcanan enerji miktarının yanı sıra binada aydınlatma sistemlerinden kaynaklanan parazit enerjinin de belirlenip hesaplanması sonucu binanın yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi hesaplanmaktadır.

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

- $P_n$  : 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  
 $F_D$  : Günışığı bağımlılık faktörü  
 $t_N$  : Gün saatleri dışında kullanım (h)

Aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi binada tüketilen yıllık toplam aydınlatma enerjisine ilişkin sayısal göstergedir. Bu değer, benzer işlevde fakat farklı boyut ve konfigürasyondaki binalarda tüketilen aydınlatma enerjisinin direkt olarak karşılaştırılması için kullanılabilir. Ele alınan binanın aydınlatma enerjisi gereksiniminin referans bina aydınlatma enerjisinden yüksek veya düşük olması durumlarında enerji performansı aralıklarına göre binanın aydınlatma enerjisi sınıfı belirlenir [3]. Bu sınıflandırmanın yapılabilmesi açısından AESG değerinin hesaplanması gerekmektedir. Yıllık toplam aydınlatma enerjisi miktarına bağlı olarak bina için Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi Eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$AESG = W / A \quad (\text{kWh/m}^2 \times \text{yıl}) \quad (2)$$

Burada,

W : Aydınlatma için kullanılan toplam yıllık enerji (kWh/yıl)  
A : Binanın toplam kullanılan alanıdır (m<sup>2</sup>).

Binada acil durum aydınlatması ve otomatik kontrol sistemlerinin bulunması durumunda, binanın toplam aydınlatma enerji tüketiminin bulunması için Eşitlik 1'de hesaplanan  $W_{L,T}$ 'ye  $W_{P,T}$  olarak adlandırılan parazit enerjinin eklenmesi ile toplam enerji olan  $W$ 'ya ulaşılır.

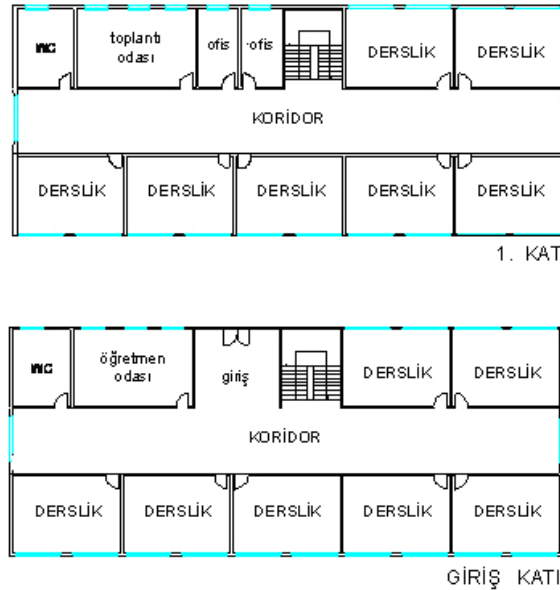
### 3. BEP-TR AYDINLATMA ENERJİSİ HESAPLAMALARININ ÖRNEKLERE UYARLANMASI

Bu çalışma kapsamında farklı mekan tipolojilerini içeren örnek bir ilköğretim binası ele alınarak aydınlatma enerjisi performansı hesaplanmış ve enerji sınıfı belirlenmiştir. İlkokul binalarında görsel konfor koşullarının sağlanması, gerçekleştirilen görsel işlerin yoğunluğu ve kullanıcılarının göz sağlığının korunması açılarından büyük önem taşımaktadır. Görsel konfor koşullarından ödün vermeksizin enerji tüketiminin minimize edilmesi hedeflenmelidir [4].

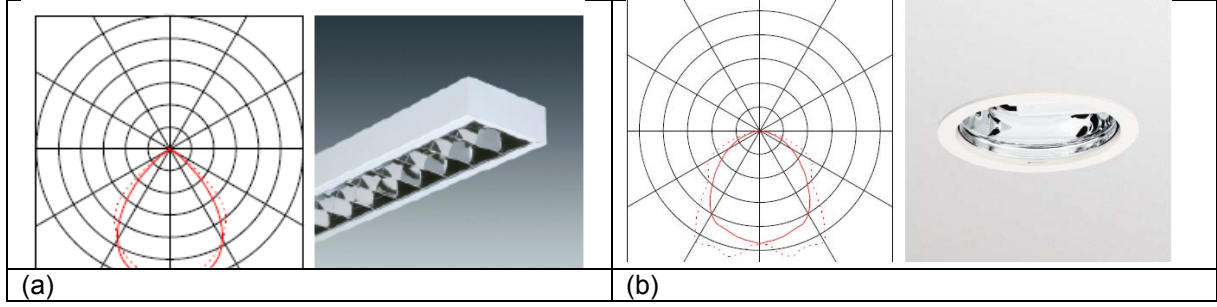
#### 3.1. Örnek Binanın Tanıtılması

Ele alınan bina, İstanbul'da yer aldığı kabul edilen bir ilköğretim yapısıdır. Binanın kullanım saatleri 08:00–17:00'dir. İki katlı olan ilköğretim yapısının kullanılabilir bina alanı 1208.00 m<sup>2</sup>'dir. Şekil 1'de ele alınan binaya ilişkin kat planlarına yer verilmektedir. Hacimlerin kat yüksekliği 2.87 metredir. Örnek binada 14 adet genel dersliğin yanı sıra 2 adet idari ofis, bir adet toplantı odası, bir adet öğretmenler odası, koridor mekanları, giriş holü ve WC mekanları bulunmaktadır. Binada yer alan hacimlerin özellikleri, Tablo 1'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Hacim iç yüzeylerinin ışık yansıtma katsayıları duvarlarda %50, tavanda ise %70 olarak belirlenmiştir. Pencerelerde ışık geçirme katsayısı ( $\tau$ ) %80 olan 4+4 Isıcam klasik cam türü kullanılmıştır. Bina çevresinde engel bulunmamaktadır ve pencerelerde güneş kontrol elemanları mevcut değildir. Binada aydınlatma kontrol sistemi manüeldir ve acil durum aydınlatması bulunmamaktadır. Hacimlerde tüp flüoresan ve kompakt flüoresan lambalar ve direkt aygıtlar kullanılmıştır. Şekil 2'de kullanılan aygıtlar ve ışık dağılım eğrileri verilmiştir.



Şekil 1. İncelenen Örnek İlkokul Binası Kat Planları.



**Şekil 2.** Flüoresan (a) ve kompakt flüoresan (b) lambalarla kullanılan aygıtlar ve ışık dağılım eğrileri

**Tablo 1.** Ele Alınan Mekanlara İlişkin Özellikler.

Hacim Tipi	Derslik (14 adet)	Ofis (2 adet)	Toplantı Odası (2 adet)	WC (2 adet)	Giriş Holü (1 adet)	Koridor (2 adet)
Hacim Boyutları (m) en x boy	5.5 x 8.4	5.5 x 3	5.5 x 8.4	4 x 5.5	5.5 x 6	4.6 x 39
Hacmin alanı (m <sup>2</sup> )	46.2	16.5	46.2	22	33	179.4
Pencere boyutları en x yükseklik (m)	3.22 x 1.8 (2 adet)	1.5 x 1.8	1.5 x 1.8 (3 adet)	1.5 x 0.5 (aydınlatmaya etkisi yok)	2 x 1	3.6 x 1.8 (2 adet)
Lambaların gücü (W) ve türü	36 x 2 x 4 Tüp flüoresan	36 x 2 x 4 Tüp flüoresan	36 x 2 x 8 Tüp flüoresan	18 x 2 x 8 Kompakt flüoresan	18 x 2 x 4 Kompakt flüoresan	18 x 2 x 18 Kompakt flüoresan
Aygıt türü	direkt, sıva üstü aygıt	direkt, sıva üstü aygıt	direkt, sıva üstü aygıt	direkt, tavana gömme aygıt	direkt, tavana gömme aygıt	direkt, tavana gömme aygıt
Referans düzlem yüksekliği (m)	0.67	0.8	0.8	0	0	0

### 3.2. Görsel Konfor Koşullarına İlişkin Değerlendirme

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 belirlenmiştir [5]. Ele alınan hacimlerdeki eylem türüne göre lambaların renksel geriverim (Ra) değerlerinin minimum 80 olması gerekmektedir. Mevcut lambaların bu gereksinimi karşıladığı belirlenmiştir. Görsel işlerin etkin şekilde gerçekleştirilebilmesi açısından mekanlarda istenen aydınlık düzeyinin sağlanmasının gerekliliği açıktır. Tablo 2’de incelenen mekanlarda görsel konfor koşullarının sağlanması hedefiyle önerilen ve gerçekleşen aydınlık düzeyi değerlerine yer verilmiştir.

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 derslik, ofis, giriş holü ve koridor mekanlarında istenen aydınlık düzeyinin sağlandığı, toplantı odası ve WC mekanlarında ise ihtiyaç duyulan aydınlık düzeyinin üzerinde değerlere ulaşıldığı görülmektedir.

**Tablo 2.** Ele Alınan Mekanlara İlişkin Öneri-Mevcut Aydınlik Düzeyleri (lux)

Hacim Tipi	Derslik (14 adet)	Ofis (2 adet)	Toplantı Odası (2 adet)	WC (2 adet)	Giriş Holü (1 adet)	Koridor (2 adet)
İstenen Aydınlik Düzeyi (lux)	300	500	300	100	100	100
Hesaplanan Aydınlik Düzeyi (lux)	278	545	464	251	97	107

### 3.3. BEP-TR Aydınlatma Hesap Yöntemine Göre Bina Aydınlatma Enerjisi Gereksiniminin Hesaplanması

Bu bölümde ele alınan binanın aydınlatma enerjisi gereksiniminin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. BEP-TR aydınlatma hesap yönteminde, tüm özellikleri aynı mekanların tek seferde hesaplanıp mekan adedi ile çarpılması mümkündür. Bu nedenle incelenen binada birbiri ile aynı özelliklere sahip olan mekanlar (örneğin genel derslikler, ofisler, birbiri ile aynı özelliğe sahip toplantı odaları) için bulunan değerler mekan adedi ile yinelenecek binanın toplam aydınlatma enerjisi performansı belirlenmiştir.

#### 3.3.1 Toplam Kurulu Aydınlatma Gücü ( $P_n$ ) Hesaplanması

Ele alınan hacimlerdeki tüm aygıtlara ilişkin kurulu güç (Watt) hesaplanmıştır. Buna göre derslik hacminde 288W, ofis hacminde 288W, toplantı odasında 576W, WC'de 288W, giriş holünde 144W ve koridor hacminde ise 648 W toplam kurulu güç değerleri hesaplanmıştır.

#### 3.3.2 Sabit Aydınlik Faktörü ( $F_c$ ) Hesaplanması

Bu değer, bir hacimde toplam kurulu aydınlatma gücünün sabit aydınlik kontrolüne bağlı tüketimine ilişkin faktördür ve hacimlerde loşlaştırılabilir aydınlatma sistemi kontrolü olması durumunda hesaba katılmaktadır. Bu binada loşlaştırmaya bağlı bir aydınlatma kontrolü bulunmadığından sabit aydınlik faktörü ( $F_c$ ) değeri 1 (etkisiz) kabul edilmiştir.

#### 3.3.3 Gün Uzunlukları ve Çalışma Saatleri İlişkisi - $t_D$ ve $t_N$ Değerinin Hesaplanması

BEP TR aydınlatma hesap yöntemine göre bina kullanım saatlerine bağlı olarak yıllık  $t_D$  ve  $t_N$  değerlerinin belirlenebilmesi için gün uzunluklarının Türkiye'deki şehirler için hesaplanması gerekmektedir. Çalışma kapsamında İstanbul koşulları için gün uzunlukları, her ayın 15. gününe ait değerler kullanılarak ortalama değer olarak hesaplanmıştır. Seçilen tipolojinin ilköğretim olması nedeniyle binanın yazın üç ay kullanılmadığı dikkate alınmıştır. Çalışma saatlerinin 08:00-17:00 olduğu kabulüne dayanarak  $t_D$  değeri 1742 saat,  $t_N$  değeri ise 22 saat olarak hesaplanmıştır.

#### 3.3.4 Kullanıma Bağlı Faktörün ( $F_o$ ) Hesaplanması

Çalışma kapsamında incelenen hacimler için kullanıma bağlı değerlerin hesaplanması, aydınlatma kontrolüne bağlı faktör ve mekanların kullanım oranları dikkate alınarak gerçekleştirilmiş ve her mekan türü için ayrıca hesaplanmıştır. Buna göre mekanların kullanılmama oranını belirten yokluk faktörü ( $F_A$  değerleri) ve manuel açma kapama anahtarına sahip mekanlar için kabul edilen aydınlatma kontrolüne bağlı faktör ( $F_{OC}$ ) değerleri uyarınca hesaplanmış kullanıma bağlı faktörün ( $F_o$ ) sonuçları, Tablo 3'de yer almaktadır.

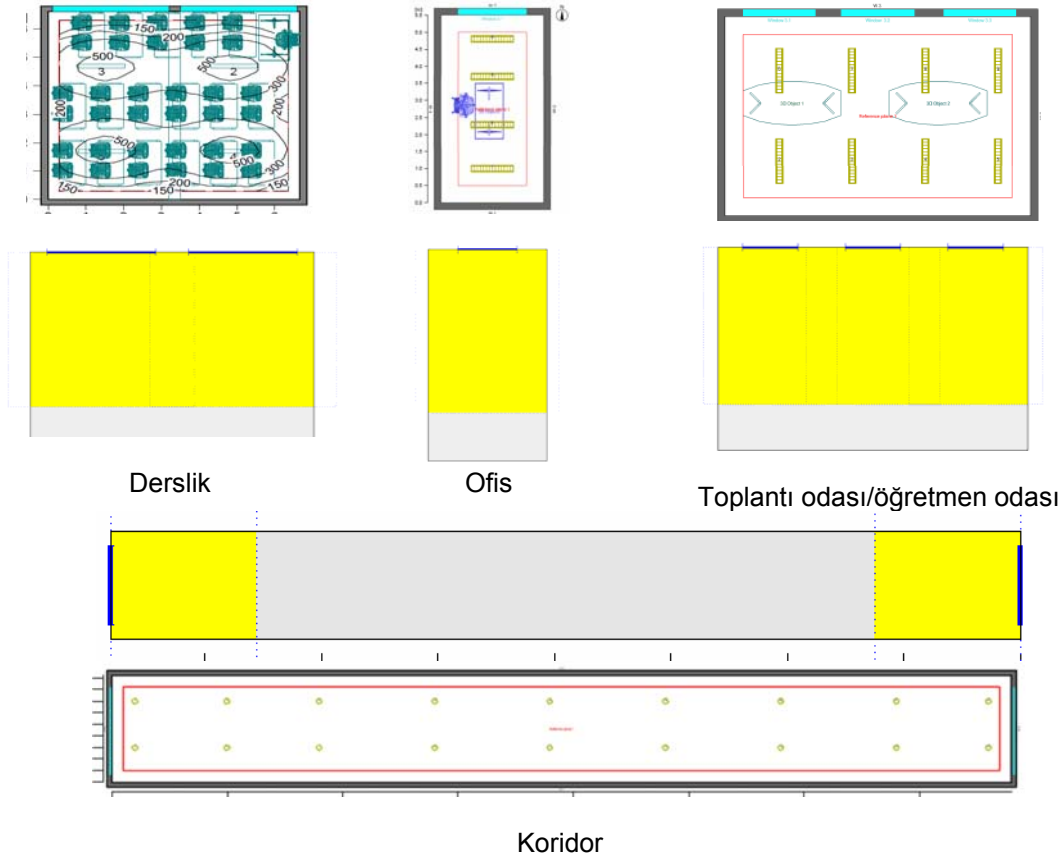
**Tablo 3.** Ele Alınan Mekanlara İlişkin Yokluk Faktörü ( $F_A$ ), Aydınlatma Kontrolüne Bağlı Faktör ( $F_{OC}$ ) ve Kullanıma Bağlı Faktör ( $F_o$ ) Değerleri

Hacim Tipi	Derslik (14 adet)	Ofis (2 adet)	Toplantı Odası (2 adet)	WC (2 adet)	Giriş Holü (1 adet)	Koridor (2 adet)
Yokluk faktörü ( $F_A$ )	0.25	0	0.40	0.50	0.40	0.40
Aydınlatma kontrolüne bağlı faktör ( $F_{OC}$ )	1	1	1	1	1	1
Kullanıma bağlı faktör ( $F_o$ )	0.95	1	0.80	0.70	0.80	0.80

### 3.2.5 Güneşli Bağımlılık Faktörü ( $F_D$ ) Hesaplanması

BEP-TR'de önerilen yöntem uyarınca öncelikle hacimlerin güneşliğinden ne oranda yararlanabildiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bir hacmin güneşliğinden yararlanan alanları pencerelerin boyutları ve hacmin boyutları ile ilişkilidir. Şekil 3'te örnek binadan seçilmiş derslik, ofis, toplantı odası ve koridor hacimlerinin BEP-TR aydınlatma hesap yöntemi uyarınca RELUX programı ile elde edilen güneşliğinden yararlanan bölgeleri gösterilmiştir.

Yıllık toplam aydınlatma enerjisinin 1 numaralı eşitlikle hesaplanması için güneşli bağımlılık faktörü  $F_D$ 'nin belirlenmesi gerekmektedir. Güneşli bağımlılık faktörü, yapma aydınlatma sistemlerinin kontrol tipine ve güneşli sağlama faktörüne bağlıdır. Güneşli sağlama faktörü ise hacmin bulunduğu coğrafi konumun enlem ve boylam değerleri, güneşli faktörünün sınıfı ve istenen ortalama aydınlık düzeyine göre değişim göstermektedir.



**Şekil 3.** Farklı Hacimlere Ait BEP-TR Aydınlatma Hesap Yöntemi Uyarınca Belirlenmiş Güneşliğinden Yararlanan Bölgeler

Hacimlerin günışığı faktörünün belirlenmesi, BEP-TR aydınlatma hesap yönteminde tüketilen enerjinin belirlenebilmesi açısından önemlidir. Bir hacmin günışığı faktörü, 3 numaralı eşitlik uyarınca bulunur.

$$D_c = (4.13 + 20 \times I_T - 1.36 \times I_{De}) \times I_o \quad (3)$$

Burada;

$I_o$  engel indisi,  
 $I_T$  geçirgenlik indisi  
 $I_{De}$  derinlik indisidir.

Bulunan günışığı faktörünün sınıflandırılması için ise hacimde kullanılan cam tiplerinin özelliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Günışığı faktörünün sınıflandırılması, Eşitlik 4 uyarınca hesaplanır.

$$D = D_c \tau k_1 k_2 k_3 \quad (4)$$

Burada;

$\tau$  : Cam ışık geçirgenliği (dik gelen ışık için)  
 $k_1$  : Pencere doğrama çarpanı (genellikle 0.7)  
 $k_2$  : Cam kirlilik faktörü (genellikle 0.8)  
 $k_3$  : Dik gelmeyen ışık düzeltilmesi (genellikle 0,85)

Sonuç olarak seçilen örnek hacimler için hesaplanmış günışığı faktörü, günışığı faktörünün sınıflandırılması, günışığı etkisi ve günışığı bağımlılık faktörü değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

**Tablo 4.** Ele Alınan Mekanların Günışığı Faktörü, Günışığı Faktörünün Sınıflandırılması, Günışığı Etkisi ve Günışığı Bağımlılık Faktörü Değerleri

Mekan Adı	Günışığı Faktörü ( $D_c$ )	Günışığı Faktörü Sınıflandırılması (D)	Günışığı Etkisi	Günışığı bağımlılık faktörü ( $F_D$ )
Derslik	6.76	2.58	ORTA	0.74
Ofis	4.97	1.89	ZAYIF	0.89
Toplantı Odası	5.27	2.01	ORTA	0.74
WC	-	-	YOK	1
Giriş Holü	2.05	0.78	YOK	1
Koridor	4.99	1.90	ZAYIF	0.85

### 3.3.6 Toplam Aydınlatma Enerjisi Tüketimi (W) ve Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi AESG Değerlerinin belirlenmesi

Bir binanın aydınlatma enerjisi sayısal göstergesinin (AESG) belirlenebilmesi için bir yılda tükettiği toplam enerjinin belirlenmesi gerektiği bilinmektedir. Buna göre toplam aydınlatma enerjisi tüketimi (W) her mekan için hesaplanarak binanın tüm hacimleri için gerekli aydınlatma enerjisi miktarları toplanmış ve yıllık toplam aydınlatma enerjisi değerine ulaşılmıştır. Ele alınan binada yıllık toplam aydınlatma enerjisi değeri 9608,40 kWh, aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi değeri (AESG) ise 7.95 kWh/m<sup>2</sup> x yıl) olarak hesaplanmıştır. Hacimlerin yıllık enerji tüketimleri ve bina AESG değeri, Tablo 5'te verilmiştir.



**Tablo 5.** Ele Alınan Binaya İlişkin Hesaplanan Toplam Aydınlatma Enerjisi Tüketimi (W) Değerleri ve Bina Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi (AESG) Değeri

Mekan Adı	Toplam Aydınlatma Enerjisi Tüketimi (W) (tek hacim için) (kWh)	Toplam Aydınlatma Enerjisi Tüketimi (W) (tüm hacimler için) (kWh)	AESG Bina (kWh/m <sup>2</sup> x yıl)
Derslik (14 adet)	358,71	5021,96	7,95
Ofis (2 adet)	452,85	905,69	
Toplantı Odası (2 adet)	604,15	1208,29	
WC (2 adet)	355,62	711,24	
Giriş Holü (1 adet)	203,21	203,21	
Koridor (2 adet)	779,00	1558,00	
TOPLAM BİNA		9608,40	

### 3.3. Binanın Aydınlatma Enerjisi Sınıfının Belirlenmesi

**Tablo 6.** Referans Binaya İlişkin Hesaplanan Toplam Aydınlatma Enerjisi Tüketimi (W) Değerleri ve Bina Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi (AESG) Değeri

Mekan Adı	Toplam Aydınlatma Enerjisi Tüketimi (W) (tek hacim için) (kWh)	Toplam Aydınlatma Enerjisi Tüketimi (W) (tüm hacimler için) (kWh)	AESG Bina (kWh/m <sup>2</sup> x yıl)
Derslik (14 adet)	630,24	8823,32	10,35
Ofis (2 adet)	413,71	827,42	
Toplantı Odası (2 adet)	530,73	1061,45	
WC (2 adet)	147,42	294,85	
Giriş Holü (1 adet)	126,36	126,36	
Koridor (2 adet)	686,96	1373,91	
TOPLAM BİNA (REFERANS BİNA)		12507,31	

Ele alınan ilköğretim binasının aydınlatma enerjisi performansının belirlenmesi, Bina Enerji Performansı Referans Bina Belirleme Yöntemi'ne göre gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde referans bina, enerji kimlik belgesi üretilecek bina ile aynı yerde, aynı geometriye sahip, fakat bina sistemleri açısından mevcut bina yönetmeliklerine minimum uygunluk gösteren bir bina olarak nitelendirilmektedir [6]. Bina Enerji Performansı Referans Bina Belirleme Yöntemi'nde ele alınan hacimlerin aydınlatma sistemi, direkt aydınlatma olarak kabul edilmiştir. Duvar yüzeylerinin ışık yansıtma katsayısı  $\rho_D$  %50, tavanın ışık yansıtma katsayısı  $\rho_T$  %70 olarak belirlenmiştir. Binada işleve bağlı olarak istenen aydınlık düzeyinin sağlanması için gerekli ışık akısının %70'inin 36 W güce, 3250 lümen ışık akısına sahip tüp floresan lambalarla ve %30'unun 75 W güce, 930 lümen ışık akısına sahip enkandesan lambalarla

sağlandığı kabul edilmiştir. Referans binada günışığı etkisi zayıf ve yapma aydınlatma sistemi kontrolü manüel kabul edilmiştir.

Aydınlatma verileri açısından referans binalarda gerçekleştirilen kabuller dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucu referans binanın yıllık aydınlatma enerjisi tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Tablo 6'da referans bina hacimlerinin yıllık enerji tüketimleri ve referans bina AESG değerine yer verilmiştir.

Ele alınan binanın enerji performansı, 5 numaralı eşitlikle hesaplanabilmektedir.

$$E_p = 100 (EP_a / EP_r) \quad (5)$$

Burada,  $E_p$  binanın enerji performansını,  $EP$  binanın yıllık  $m^2$  başına düşen enerji tüketim miktarını ( $kWh/m^2$ -yıl),  $r$  referans binayı,  $a$  ise asıl binayı ifade etmektedir. Buna göre binanın  $E_p$  değeri 76.81 olarak hesaplanmış, Bina Enerji Performansı Referans Bina Belirleme Yöntemi'nde yer alan ve Tablo 7'de ayrıca belirtilen bina performansı değer aralıklarına göre ele alınan ilköğretim binasının aydınlatma enerjisi performansı "B" sınıfı' olarak belirlenmiştir.

**Tablo 7.** Bina Enerji Performansı Referans Bina Belirleme Yöntemi'nde Yer Alan  $E_p$  Sınıfı Değer Aralıkları

Enerji sınıfı	Ep aralıkları
A	0-39
B	40-79
C	80-99
D	100-119
E	120-139
F	140-174
G	175-...

## SONUÇ

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte artan enerji ihtiyaçları ve enerji maliyetleri, dünya genelinde enerjiye olan bağımlılığı gözler önüne sermektedir. Bunun yanı sıra doğaya olumsuz etkileri bulunan CO2 salımının artmasıyla beraber ülkeler enerji tüketiminin azaltılması ve doğaya olan tahribatın en aza indirgenmesi hedefiyle politikalar geliştirmektedir. Binalarda harcanan enerji, dünya genelinde harcanan enerjinin büyük bir parçasını oluşturmaktadır. Bu nedenle ülkelerde bina enerji performansını belirlemeye yönelik olarak yönetmelikler, standartlar ve enerji belirlemeye yönelik olarak bina enerji performansı sertifikasyon sistemleri geliştirilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin (2002/91/EC) yayınlanması sonucu, aday ülke olan Türkiye de bu direktif gereği BEP-TR bina enerji performansı ulusal hesaplama yöntemini hazırlamıştır.

Bu bildiride BEP-TR binalarda aydınlatma enerjisi performansının belirlenmesi için geliştirilen yöntem kısaca tanıtarak bu yöntemin örnek bir bina için uyarlanması yer verilmiştir. Bu yöntemin adımları, aydınlatma sisteminin toplam kurulu gücünün belirlenmesi; geçirgenlik indisi, derinlik indisi, engel indisi ve yapma aydınlatma sisteminin kontrolüne bağlı günışığı bağımlılık faktörünün belirlenmesi, gün uzunlukları ve çalışma saatlerinin belirlenmesi sonucunda AESG -Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi değerinin hesaplanmasıdır. Ele alınan örnek ilköğretim binasında yapılan hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucu bina aydınlatma performansı eldesine yönelik olarak gerçekleştirilmesi gereken hesap adımları, ayrıntılı olarak tarif edilmiş ve BEP- TR aydınlatma hesap yönteminin örnek bir bina üzerinden tanıtılması çalışma kapsamında hedeflenmiştir.

Ele alınan bina tipolojisi, görsel konfor koşullarının optimum düzeyde sağlanmasının son derece önemli olduğu ve aydınlatmanın bina kullanıcılarına psikolojik ve fizyolojik olarak etki edeceği bir bina türü olan eğitim binalarıdır. BEP-TR'ye göre bina aydınlatma enerji performansının belirlenmesinden önce iç mekanlarda gerçekleştirilen görsel konfor koşullarının sağlanıp sağlanmadığının denetlenmesi gerekmektedir. İncelenen örnekte iç mekanlarda hesaplanan aydınlık düzeyleri, AB standartlarının izin verdiği seviyededir. Ancak bazı hacimlerde bu değerlerin istenen aydınlık düzeyinden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu gibi durumların aydınlatma enerjisinin artmasına sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenle doğru aydınlatma tasarımı seçenekleri ile görsel konfor koşullarının istenen düzeyde olması ve minimum enerji tüketiminin sağlanması hedeflenmelidir.

Sonuç olarak, bildiri kapsamında aydınlatma enerjisini etkileyen parametreler sonucu binanın aydınlatma enerji performansı 'B sınıfı' olarak belirlenmiştir. Binanın aydınlatma enerji performansının iyileştirilebilmesi hedefiyle günışığının mekanlarda optimum düzeyde kullanımı, uygun aydınlatma elemanları seçimi, aydınlatmanın otomatik olarak kontrol edilmesi, günışığına bağlı kontrol stratejilerinin geliştirilmesi gibi çözümler önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Directive on Energy Performance of Buildings, 2002/91/EC, Brüksel, 2002.
- [2] prEN 15193, Energy Performance of Buildings- Energy Requirements for Lighting, CEN/TC 169, European Committee for Standardisation, 2006.
- [3] BEP-TR Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi, Ek 05-Aydınlatma, 07 Aralık 2010 Perşembe, Resmi Gazete, Sayı: 27778, 2010.
- [4] Yener A. K., Şener F., Lighting Energy Performance in Primary School Classrooms, CIE Lighting Quality and Energy Efficiency Conference, Wien, Austria, March 14-17, 2010.
- [5] prEN 12464, Light and Lighting of Workplaces: Part1-Indoor Workplaces. CEN/TC 169, European Committee for Standardisation, 2002.
- [6] BEP-TR Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi, Ek 07-Referans Bina Belirleme, 07 Aralık 2010 Perşembe, Resmi Gazete, Sayı: 27778, 2010.

## ÖZGEÇMİŞ

### Feride ŞENER

1984 yılında Bursa'da doğdu. 2006 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nden mezun oldu. 2009 yılında İTÜ Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi yüksek lisans programını tamamlayarak yüksek mimar olmaya hak kazandı. 2006 yılından itibaren İTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Araştırma görevlisi olarak çalışmakta, aynı bölümde Yapı Bilimleri Doktora programında öğrenimini sürdürmektedir. Yapı Fiziği Derneği'nin ve Bina Simülasyonu Derneği'nin kurucu üyesidir.

### Sezen YILDIRIM ÜNNÜ

1984 yılında Eskişehir'de doğdu. 2006 yılında İTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2009 yılında İTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü yüksek lisans programını bitirerek yüksek mühendis olmaya hak kazanmıştır. 2006 yılından itibaren İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmakta ve Elektrik Mühendisliği Doktora programında öğrenimini sürdürmektedir. Bina Simülasyonu Derneği'nin kurucu üyesidir.