

PRİZMATİK PANELLERİN PENCERELERDE KULLANIMI İLE DOĞAL AYDINLATMA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Fatma Büşra KÖSE¹
fatmakose@iyte.edu.tr

Z. Tuğçe KAZANASMAZ¹
tugcekazanasmaz@iyte.edu.tr

¹İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümü Gülbahçe kampüsü, Urla, İzmir

ÖZET

Bu çalışmada, görsel koşulların iyileştirilmesi açısından farklı oda derinliklerine ve pencere-duvar oranlarına sahip, güneye bakan ve yandan aydınlatılan bir odaya yerleştirilmiş prizmatik panellerin günışığını yönlendirmedeki performansı incelenmektedir. Bu bağlamda, İYTE kampüsündeki bir eğitim binasında yer alan derin planlı bir sınıf örnek mekan olarak seçilmiştir. Örnek oda baz alınarak mevcut doğal aydınlatma standartlarında yer alan gereksinimler doğrultusunda aşamalı olarak çeşitli oda derinliği ve pencere-duvar oranı alternatifleri belirlenmiş ve simülasyon programıyla test edilmiştir. Örnek modelin doğrulanması, sınıfta yapılan aydınlık düzeyi ölçümleri ile sağlanmıştır. Oda genelinde elde edilen aydınlık değerleri güncel aydınlatma metriklerine göre değerlendirildiğinde, önerilere en yakın sDA değeri 12m derinliğinde ve %67 pencere-duvar oranına sahip oda için %48,54 olarak bulunmuştur. Bu değer 9m derinliğinde %43 pencere-duvar oranına ve 6m derinliğinde %30 pencere-duvar oranına sahip odalar için sırasıyla %51,59 ve %56,26 olarak bulunmuştur. En düşük ASE değeri, tüm oda derinliği alternatiflerinde %30 pencere-duvar oranı ile elde edilmiştir. Bu değer 12m, 9m ve 6m derinliğindeki odalarda sırasıyla %9.94, %13.49 ve %20.99'dur. Çalışma, daha iyi bir doğal aydınlatma performansı için, standartlarda belirtilen gereksinimlerin gelişmiş doğal aydınlatma sistemleri dikkate alınarak revize edilebileceğini göstermektedir.

1. GİRİŞ

İç mekandaki doğal aydınlık düzeyi konum, yönlenme, gökyüzü koşulları, oda geometrisi ve pencere boyutu gibi çeşitli faktörlere bağlıdır [1]. Özellikle daha sonra karşılaşılabilecek olası problemlerin telafisi zor olduğundan iklim koşullarına göre uygun oda geometrisi ve pencere boyutunun tasarım aşamasında belirlenmesi, gerekli hale gelmektedir [2]. Ülkeden ülkeye farklılık gösteren çeşitli yapı yönetmelikleri ve standartların yanı sıra, iç mekanda yeterli aydınlık düzeyi ve enerji tasarrufu sağlama bakımından oda parametrelerinin sınırlarını belirlemeye yönelik yapılan birçok çalışma mevcuttur [3,4]. Ancak

özellikle gündüz kullanılan binalarda geometrik faktörler tek başına iyi bir görsel ve termal konfor için yeterli olmayabilir [5].

Tek bir yanal pencereye sahip odalarda yalnızca pencereye yakın bölgeler yeterli ve etkili günışığı alabilmektedir; pencereden uzaklaştıkça aydınlık düzeyi hızla düşmektedir. Pencere boyutunun arttırılması hacmin derinliklerindeki aydınlık düzeyinde ufak kazançlar sağlar, ancak pencereye yakın bölgelerde aşırı günışığına maruz kalınmasına sebep olur [6]. Günışığının mekandaki bu orantısız dağılımı pencere kenarında görsel ve termal konforsuzluğa yol açarken odanın arka tarafında yapay aydınlatma

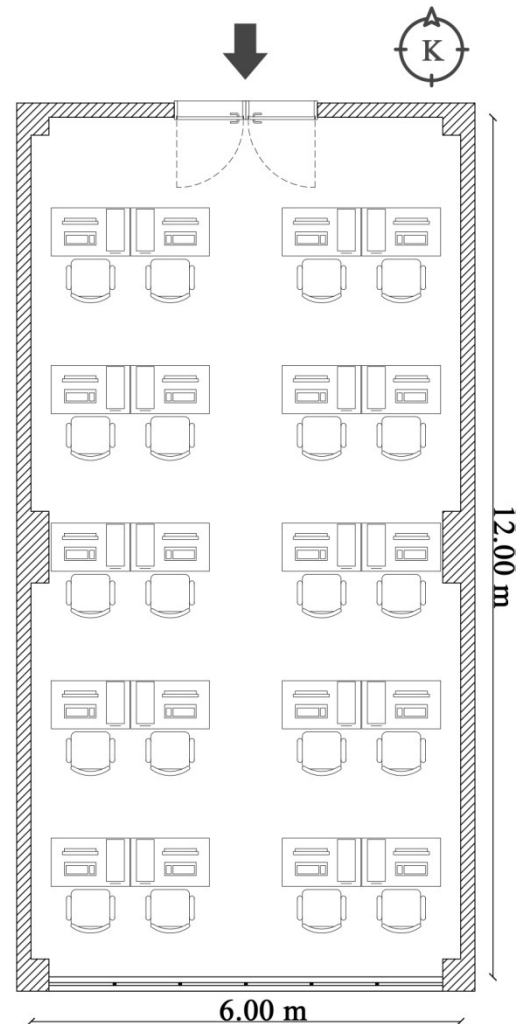
kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır; bu da kullanıcılar için istenmeyen aydınlatma koşulları anlamına gelir. Güneş ışınımının engellenmesi amacıyla panjur, jaluzi vb. geleneksel gölgeleme elemanlarının [7] kullanımı odaya giren güneş ışığı miktarını azaltır ve mekan genelinde güneş ışığı dağılımını daha da kötüleştirir [8]. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, geleneksel aydınlatma yöntemlerine çağdaş çözümler getiren yenilikçi güneş ışığı aydınlatma sistemleri geliştirilmiştir. Pencere camına entegre edilen ışığı yansıtıcı ve yönlendirici bileşenler sayesinde bu sistemler güneş ışığının mekanda etkin kullanılmasını sağlayarak görsel koşulların iyileştirilmesine ve enerji tasarrufu yapılmasına olanak sağlar [9]. Örneğin prizmatik paneller, doğrudan gelen güneş ışığına karşı gölgeleme sağlarken, yayıncı karakterli güneş ışığını iç mekana alarak oda genelinde daha dengeli bir aydınlık dağılımını sağlar [10].

Bu çalışmada, hem gölgeleme hem de güneş ışığı kontrolü sağlayan prizmatik paneller yanıl pencerelere yerleştirilerek optimum pencere boyutu ve oda geometrisi belirleme açısından bir vaka odasında incelenmiştir. Amaç, güneş ışığını tanımlanan her bir pencere oranı-oda derinliği alternatiflerinde hacmin mümkün olduğunca derinliklerine iletmek ve kullanıcılar üzerinde olumsuz etkiye neden olabilecek direkt güneş ışığını engellemektir. Böylece prizmatik sistemlerin İzmir gibi sıcak iklim bölgelerinde uygulanabilirliğini test edilmiştir.

2. ÖRNEK ODANIN MODELLENMESİ

2.1. Aydınlık Düzeyi ve Malzemelerin Optik Değerlerinin Ölçülmesi

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi'nde yer alan derin planlı bir sınıf örnek mekan olarak seçilmiştir. Oda 6m genişliğinde, 12m derinliğinde ve 3.8m yüksekliğindedir (Şekil 1). Pencere yerden 1m yükseklikten tavana kadar uzanmakta olup boyutları 5.5m x 2.8m'dir.



Şekil 1. Oda geometrisi (mevcut hali)

Simulasyon modelinin oluşturulması ve doğrulanması için pencere dik olarak odanın tam ortasından geçen bir

aks üzerinde 60 cm aralıklarla toplam 19 ölçüm noktası belirlenmiş ve bu noktalarda aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Alan ölçümleri 23 Kasım 2017’de açık gökyüzü koşullarında ve 21 Aralık 2017’de kapalı gökyüzü koşullarında günde 3 kez (9:00, 12:00 ve 15:00) gerçekleştirilmiştir.

Yüzeylerin yansıtma çarpanı değerleri ışık ölçer ve parıltı ölçer kullanılarak hesaplanmıştır. Duvar, tavan ve zeminin yansıtma çarpanları sırasıyla 0.90, 0.85 ve 0.60 olarak bulunmuştur. Pencere camının ışık geçirgenlik değeri ise 0.80’dir.



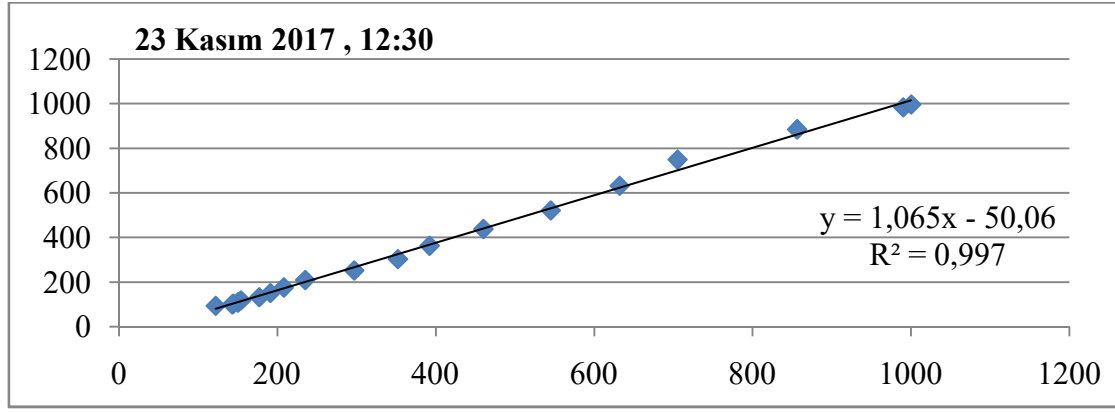
Şekil 2. Odanın iç görünüşü

2.2. Simülasyon modelinin Doğrulanması

Örnek odanın geometrisi mevcut planlara ve yerinde ölçümlerde elde edilen malzemelerin optik özelliklerine uygun olarak Relux programında modellenmiştir. Simülasyonlar, alan ölçümlerinin yapıldığı aynı tarih, saat ve gökyüzü koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Simülasyon sonucunda, aynı ölçüm noktaları için elde edilen aydınlık düzeyleri gerçek ölçüm sonuçları ile ne kadar örtüştüğünü belirlemek üzere

Şekil 3’te gösterildiği gibi karşılaştırılmıştır. Belirleme katsayısı (R^2), simülasyon modelinin doğruluğunu ölçmek için Excel’de hesaplanmıştır. Bu, simülasyon aracı kullanılarak aydınlık düzeyi elde edilen bir noktanın gerçek değerini tahmin etme olasılığını bulmaya yarar. Belirleme katsayısı (R^2) değerleri, belirtilen tarihlerde üç farklı saatte gerçekleştirilen ölçümler için 0,93 ile 0,99 arasında değişiklik göstermiştir; bu da Relux sonuçlarının gerçek ölçümlerle yüksek doğruluk gösterdiğine işaret eder.



Şekil 3. Alan ölçümleri ve simülasyon sonuçları arasındaki korelasyon (23 Kasım, saat 12:30)

2.4. Pencere-duvar oranı ve Zemin En-Boy Oranı Alternatiflerinin Belirlenmesi

Örnek oda baz alınarak farklı oda derinliği ve pencere oranı alternatifleri literatürde yer alan doğal aydınlatma ile ilgili standartlar ve öneriler dikkate alınarak belirlenmiş ve Relux'te modellenmiştir. Örnek oda için olabilecek en yüksek oda derinliği değeri pencere genişliğine, yüzeylerin yansımaya çarpanına ve pencerenin üst kenar yüksekliğine göre belirlenmiştir. İlgili denklem The British Code BR 8206 (Part 2)'de [11] şu şekilde verilmiştir:

$$\frac{L}{W} + \frac{L}{H_w} < \frac{2}{1-R_b} \quad (1)$$

Burada L oda derinliğini, W oda genişliğini, H_w pencerenin üst

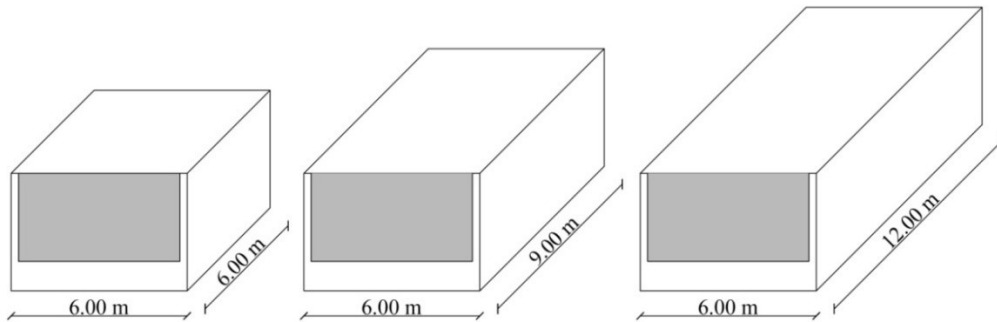
kenarının yerden yüksekliğini ve R_b odanın arka yarısındaki yüzeylerin ortalama yansımaya çarpanı değerini gösterir.

Bu denkleme (1) göre, odanın kabul edilebilir min. oda derinliği 9m olarak bulunmuştur; bu da odanın karanlık görünmesini ve hacmin derinliklerinde yapay aydınlatma kullanımını önlemek için oda derinliğinin bu değeri aşmaması gerektiğini göstermektedir. Sınır değer dikkate alınarak, üç farklı zemin en-boy oranı (oda derinliğinin genişliğine oranı) aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Şekil 4):

En-boy oranı=1 (oda derinliği 6m, sınır değerden küçük)

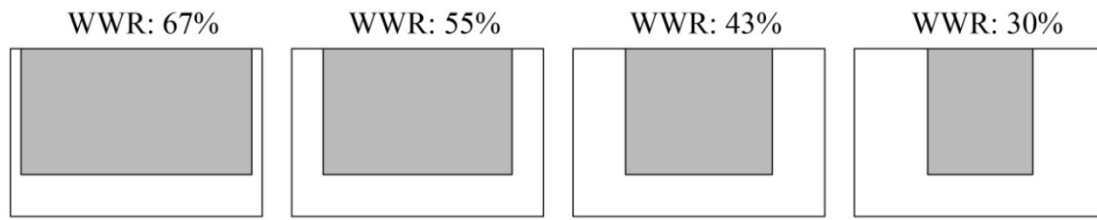
En-boy oranı=1.5 (oda derinliği 9m, sınır değere eşit)

En-boy oranı=2 (oda derinliği 12m, sınır değerden büyük)



Şekil 4. Üç farklı zemin en-boy oranının şematik gösterimi.

Büyük pencereler doğrudan gelen güneş ışığının etkisiyle aşırı ısınmaya ve görsel rahatsızlığa neden olduğundan [16], belirlenen her bir zemin en-boy oranı için pencere alanı Şekil 5'te gösterildiği gibi aşamalı olarak azaltılmıştır. The British Code BR 8206 (Part 2), tek bir yanal pencere ile aydınlatılan odalar için derinliğine bağlı olarak minimum pencere alanları



Şekil 5. Pencere-duvar oranları (WWR)

2.3. Prizmatik Panellerin Modellenmesi

İç mekanın ışık kalitesini arttırmak için, ışığı hacmin derinliklerine yönlendirme ve düzgün günışığı dağılımı sağlama kabiliyetinden dolayı Siteco firması [12] tarafından üretilen prizmatik paneller (Siteco 45/45) kullanılmıştır (Tablo 1). Bunlar aynı zamanda gölgeleme elemanı olarak işlev görebilir ve kamaşma kontrolü sağlanabilir.

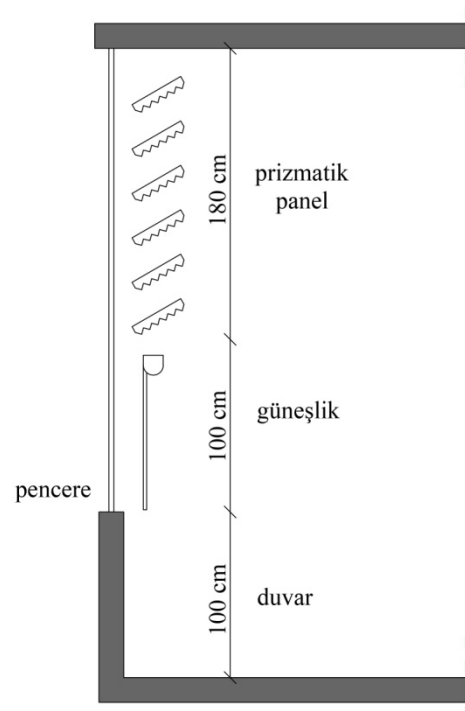
Tablo 1. Uygulanan prizmatik panellerin teknik özellikleri

Sistem	Prizmatik Panel
Uzunluk	Pencere boyunca
Genişlik	300 mm
Kalınlık	12 mm
Geçirgenlik	65 %
Prizma Açısı	45°

Paneller pencerenin iç tarafına 30° eğimli olarak, yerden 2.0m ile 3.80m

sunmaktadır. Buna göre, derinliği 11 ile 14 metre arasında değişen odalar için, pencere-duvar oranı minimum %30 olmalıdır. Dolayısıyla, örnek odanın %67 olan pencere-duvar oranının başlayarak, pencere genişliği minimum kabul edilebilir pencere-duvar oranı olan %30 elde edilene kadar her aşamada iki taraftan 50'şer cm azaltılmıştır.

yüksekliğinde, pencere genişliği boyunca aralarında 33cm mesafe olacak şekilde alt alta sıralanmıştır (Şekil 6). Göz hizasının üstündeki bu konum, günışığının prizmatik paneller aracılığıyla kırılıp iç mekana yönlendirilmesinden kaynaklanan olası parlamayı önler.



Şekil 6. Prizmatik panelin uygulanması

Prizmatik paneller toplamda belirlenen 12 farklı oda derinliği-pencere oranı alternatifleri için aynı şekilde uygulanmak üzere Relux'te modellenmiştir. Duvar, tavan ve zeminlerin yansıtma çarpanı değerleri, IEA Task 27'e göre sırasıyla 0.50, 0.85, 0.20 olarak atanmıştır [13]. Ölçüm noktaları zeminden 75 cm yukarıda, duvar yüzeylerinden 60 cm uzakta ve her nokta arası 60 cm mesafe olan bir grid oluşturacak şekilde ayarlanmıştır. Bu şekilde 12m, 9m ve 6m derinliğindeki odalar için sırasıyla 171, 126 ve 81 ölçüm noktası belirlenmiştir. Simülasyonlar açık gökyüzü koşullarında, gündönümü ve ekinoks günlerinde saat 10:00, 13:00 ve 16:00 için gerçekleştirilmiştir. Güneye bakan pencerelerin alt kısmında direkt güneş ışığından kaçınmak için %10 geçirgenliği olan bir güneşliğin var olduğu dikkate alınmıştır.

4. BULGULAR

Simülasyon sonuçları, günlük ve yıllık iklimsel değişiklikleri dikkate alarak tüm analiz alanının değerlendirilmesine olanak sağlayan güncel doğal aydınlatma metriklerine göre ele alınmıştır. İlk metrik sDA (Spatial Daylight Autonomy), günışığı aydınlık düzeyinin yeterliliğini ölçmeye yarar ve "yıllık çalışma saatleri boyunca (08:00-18:00) yatay düzlem üzerinde minimum kabul edilebilir aydınlık düzeyi olan 300 lux'ü sağlayan veya aşan taban alanının yüzdesi" olarak tanımlanmıştır. İkinci metrik ASE (Annual Sunlight Exposure) ise aşırı güneş ışığına maruz kalma riskini saptamaya yarar ve

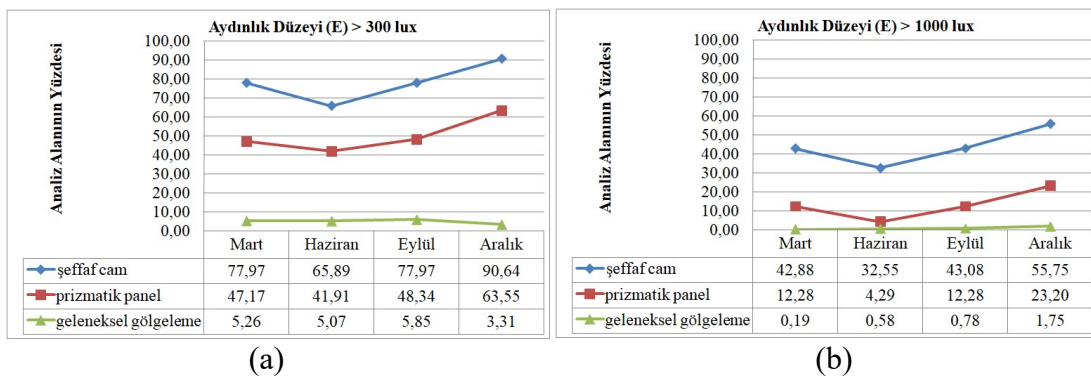
"yıllık 250 saatten fazla 1000 lux ve üzeri doğrudan güneş ışığına maruz kalan alanın yüzdesi" olarak tanımlamıştır. 300 lux üzeri aydınlık düzeyine sahip ölçüm noktalarının mümkün olduğu kadar fazla ve 1000 lux üzeri aydınlık düzeyine sahip ölçüm noktalarının mümkün olduğu kadar az olması istenmektedir. IES tarafından minimum kabul edilebilir zemin alanı sDA için %55, ASE için %7 olarak belirlenmiştir.

Her bir oda derinliği - pencere/duvar oranı alternatifleri için sDA ve ASE değerleri, simülasyonlar sonucu elde edilen aydınlık değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamayı basitleştirmek için öncelikle her ölçüm noktasındaki aydınlık değerinin yıllık çalışma saatlerinin yüzde kaçını temsil ettiği bulunmuştur. Örneğin, 21 Mart saat 10:00 için gerçekleştirilen simülasyon sunucunda elde edilen her bir ölçüm noktasındaki aydınlık değerinin, tüm ilkbahar ayları için saat 08:00 ile 10:00 (3 saat) arasındaki 180 çalışma saatini temsil ettiği varsayılmıştır. Bu da, yıllık toplam çalışma saatlerinin %7.5'ine karşılık gelmektedir (yılda 2400 çalışma saati olduğu dikkate alındığında). Benzer şekilde, saat 13:00 için yapılan simülasyonlar saat 11:00-15:00 (4 saat) arasındaki 240 çalışma saatini ve saat 15:00 için yapılan simülasyonlar 15:00-18:00 (3 saat) arasındaki 180 çalışma saatini temsil etmektedir. Bunlar da yıllık çalışma saatlerinin %10.0 ve %7.5'ine karşılık gelmektedir. Aynı yöntem, 21 Haziran, 23 Eylül ve 21 Aralık tarihlerinde yapılan simülasyonlar için de uygulanmıştır. Bu şekilde, her bir

ölçüm noktasındaki aydınlık değerinin, 300 lux ve üzerinde olduğu yıllık çalışma saatlerinin yüzdesi belirlenmiştir. Son olarak, sDA değerini elde etmek için yıllık çalışma saatlerinin en az %50'sinde 300 lux ve üzeri aydınlık değerini sağlayan ölçüm noktaları tespit edilmiş ve bu noktaların tüm ölçüm noktalarına oranı hesaplanmıştır. ASE değerinin hesaplamak için benzer şekilde yıllık 250 çalışma saatinden fazla bir süre boyunca 1000 lux ve üzeri aydınlığa maruz kalan ölçüm noktaları belirlenmiş ve bu noktaların tüm ölçüm noktalarına oranı hesaplanmıştır.

Zemin en-boy oranı 2 (oda derinliği 12m) iken en uygun pencere alanı %67 olmuştur. Bu oda derinliği-pencere/duvar oranı alternatifinde alanın %50.24'ü yeterli günışığı alırken (300 lux üzeri aydınlık değeri) %13.01'i doğrudan güneş ışığına maruz kalmıştır (1000 lux üzeri aydınlık değeri). Aynı koşullarda hiçbir gölgeleme elemanı olmayan odada

yapılan ölçümlere kıyasla 300 lux üzeri aydınlık değerine sahip olan alan %35.56 azalırken, 1000 lux üzeri aydınlık değerine sahip olan alan %69,65 azalmıştır. Pencerede geleneksel gölgeleme elemanlarının kullanıldığı varsayıldığında ise odadaki aydınlık değerleri önemli ölçüde düşmüştür ve pencereye yakın bölgelerde bile yeterli günışığı sağlanamamıştır. İç hacimdeki aydınlatma süresi dikkate alındığında, sDA değeri %48.54 olarak bulunmuştur. Bu değer, IES tarafından kabul edilen minimum değeri neredeyse karşılamaktadır. ASE değeri %35.09 ile kabul edilebilir değer aralığını aşmıştır. Yine de, prizmatik panellerin uygulanmasıyla pencereye yakın bölgeler ile odanın arka kısmı arasında daha dengeli bir günışığı dağılımı sağlanmıştır. Odadaki aydınlık düzeyleri, prizmatik panellerin gölgelenme özelliği nedeniyle düşmüştür, ancak yine de kabul edilebilir bir seviyede kalmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Zemin en-boy oranı 2 ve pencere-duvar oranı %67 olan odanın doğal aydınlatma performansı; 300 lux (a) ve 1000 lux (b) üzerindeki alanın yüzdesi

Zemin en-boy oranı 1.5 (oda derinliği 9m) olduğunda, gölgeleme elemanı olmayan geleneksel pencereye sahip odada %43 pencere-duvar oranı

uygulandığında alanının %88.82'si yeterli günışığı almaktadır ve bu alanın yaklaşık yarısı 1000 lux üzeri aydınlık değerlerinden oluşmaktadır. Pencere-

duvar oranı %67, %55, %43 ve %30 olan oda alternatifleriyle karşılaştırıldığında, pencere oranı azaldıkça 1000 lux üzeri aydınlık değerlerindeki azalmanın 300 lux üzerindeki değerlerden daha fazla olduğu görülmüştür. Pencereye prizmatik paneller yerleştirildiğinde, 300 lux üzeri aydınlık düzeyine sahip alanın yüzdesi neredeyse yarı yarıya azalmıştır ve %50.99 olmuştur. 1000 lux üzeri aydınlığa maruz kalan alan da önemli ölçüde azalmıştır ve %9.46 olmuştur. Yıllık çalışma saatleri dikkate alındığında, elde edilen %26.19'luk ASE değerinin aksine, %51.59'luk sDA değeri ile önerilen değere neredeyse ulaşılmıştır. Bu sebeple 9 metre derinliğindeki bir oda için, %43 pencere-duvar oranı diğer alternatiflere kıyasla en uygun değer olmuştur.

Zemin en-boy oranı 1 (oda derinliği 6m) olduğunda, en iyi aydınlık düzeyi değerlerine %30 pencere duvar

oranıyla ulaşılmıştır. Alanın %56, 28'i yeterli günışığı alırken, yalnızca %9.16'sı doğrudan güneş ışığına maruz kalmıştır. Bu oda konfigürasyonu için %59.26 ile önerilen değerin üzerinde bir sDA değeri elde edilmiştir. Bununla birlikte, en düşük pencere-duvar oranına sahip odada bile ASE değeri %20.99 olarak bulunmuştur ve önerilen ASE değerine ulaşamamıştır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME

Tüm zemin en-boy oranı ve pencere-duvar oranı alternatifleri için oda genelindeki günışığı aydınlatma performansları incelendiğinde bir takım ortak sonuçlar çıkarılabilir:

Oda genelindeki aydınlık düzeyi değerleri pencere-duvar oranının azaltılmasıyla düşmektedir.

Prizmatik panellerin uygulanmasıyla 1000 lux üzeri aydınlık değerlerindeki düşüş 300 lux üzeri aydınlık değerlerinden daha fazladır (Tablo 2).

Tablo 2. Prizmatik paneller uygulandığında geleneksel pencereye sahip odaya kıyasla aydınlık değerlerindeki azalma yüzdesi

		Zemin En-boy Oranı: 2	Zemin En-boy Oranı: 1.5	Zemin En-boy Oranı: 1
Pencere-duvar Oranı: 67%	E > 300 lux	35,56 %	29,05 %	1,23 %
	E > 1000 lux	69,65 %	69,43 %	68,10 %
Pencere-duvar Oranı:55%	E > 300 lux	36,80 %	34,74 %	5,56 %
	E > 1000 lux	74,25 %	73,00 %	72,22 %
Pencere-duvar Oranı:43%	E > 300 lux	43,84 %	42,59 %	14,98 %
	E > 1000 lux	77,20 %	76,39 %	76,13 %
Pencere-duvar Oranı:30%	E > 300 lux	56,30 %	56,25 %	43,43 %
	E > 1000 lux	78,70 %	76,59 %	78,07 %

Prizmatik paneller yerine %10 geçirgenliği olan geleneksel gölgelendirme elemanı uygulanması durumunda, odadaki aydınlık değerleri büyük ölçüde düşmüştür ve herhangi bir tasarım alternatifi için yeterli günışığı sağlanamamıştır.

Kış aylarında güneş ışınlarının eğik açıyla gelmesinden dolayı daha geniş bir hacim aydınlatılabilmektedir. Ancak bu aylarda prizmatik paneller gölgeleme yapamamıştır ve panellerin arasından sızan güneş ışınları 1000 lux üzerindeki aydınlık değerlerinde önemli bir artışa sebep olmuştur (Tablo 3).

Yaz aylarında odaya giren günışığı miktarı güneşin yüksek konumu nedeniyle düşmüştür. Bu aylarda panellerin gölgeleme etkisi belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Dik açılarla gelen güneş ışınları prizma yapısı tarafından yansıtılmıştır ve böylece 1000 lux üzerindeki aydınlık değerlerinde bir düşüş elde edilmiştir. Bu da ASE değerlerinin bu aylarda kabul edilebilir aralıkta olmasını sağlamıştır (Tablo 3).

İlkbahar ve sonbahar aylarında ise odaya giren günışığı miktarı ve dağılımı neredeyse aynıdır. Oda genelindeki aydınlık değerleri yaz aylarındakinden yüksek, kış aylarındakinden düşüktür.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, iç hacimdeki aydınlatma süresine

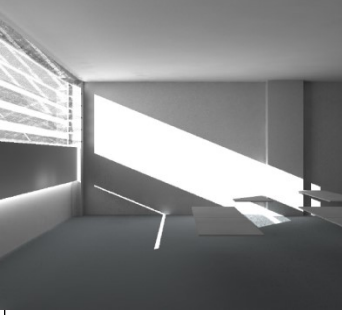
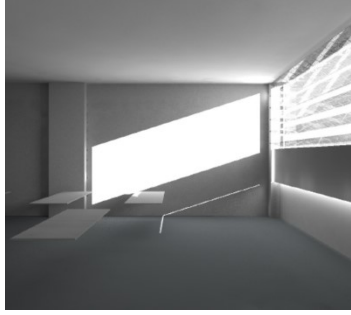
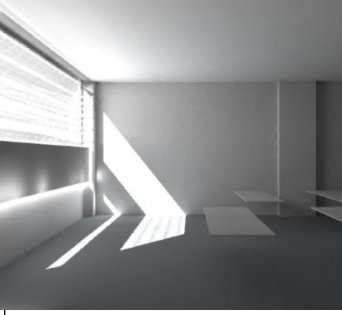
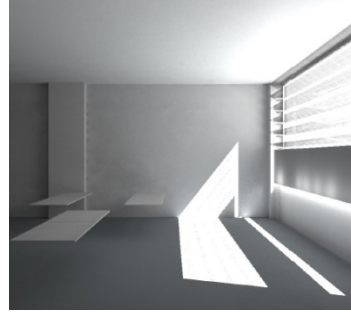
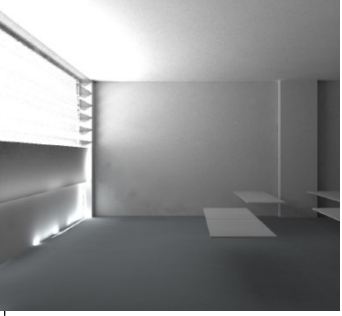
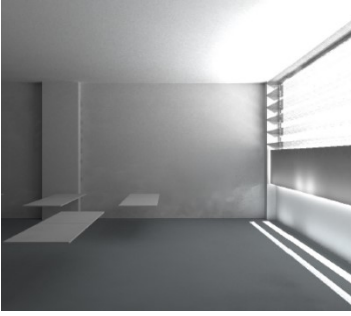
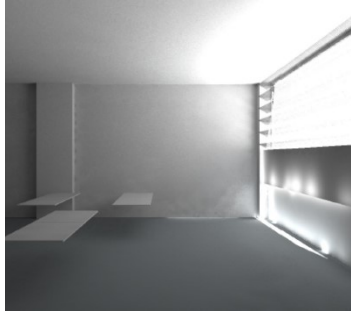
bakılmaksızın hesaplanan 300 lux üzeri aydınlık düzeyine sahip alanın yüzdesi, bu alan için tahmin edilen sDA değerine oldukça yakındır. Buna karşılık tahmini ASE değeri, 1000 lux üzeri aydınlık düzeyine sahip alanın yüzdesinden oldukça fazladır.

Minimum IES gerekliliklerine göre, 12m derinliğindeki bir oda için en uygun sDA değeri %48.54 olarak %67'lik pencere-duvar oranıyla elde edilmiştir. En yakın sDA değeri 9m derinliğindeki odada %43 pencere duvar oranı ile %51.59; 6m derinliğindeki odada %30 pencere-duvar oranı ile %59.26 olmuştur.

Her bir tasarım alternatifi için elde edilen ASE değeri, IES tarafından belirlenen minimum kabul edilebilir ASE değeri olan %7'yi aşmıştır. Tüm zemin en-boy oranı alternatiflerinde en yakın ASE değerleri en düşük pencere-duvar oranı olan %30 ile elde edilmiştir. Bu değer 12m, 9m ve 6 m derinliğindeki odalarda sırasıyla %9.94, %13.49 ve %20.99 olarak bulunmuştur.

Saatlik ölçümlere bakıldığında, saat 10:00'da elde edilen aydınlık değerleri, odanın batı tarafına doğru artan bir dağılım göstermiştir. Saat 16:00'da yapılan ölçümlerde ise odanın doğu tarafına doğru benzer bir ışıklılık dağılımı gerçekleşmiştir. Saat 13:00'de ise, aydınlık değerleri daha eşit bir dağılım göstermiştir ve günışığı daha derine yayılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Farklı tarih ve saatler için elde edilen Relux görselleri

Zemin en-boy oranı: 2, Pencere-duvar oranı: %67	21 Aralık		
			
	10:00	13:00	16:00
	21 Mart		
			
	10:00	13:00	16:00
	21 Haziran		
			
	10:00	13:00	16:00

6.SONUÇ

Bu çalışma, bir yanal pencere ile aydınlatılan odalarda görsel performansın iyileştirilmesi ve böylece kullanıcıların motivasyonu, üretkenliği ve refahı açısından günışığının aşırı bir aydınlatma olmadan verimli bir şekilde kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Mevcut doğal aydınlatma standartları ve literatürdeki ilgili çalışmalar, farklı oda geometrileri için gerekli olan pencere boyutlarını sunmaktadır, ancak bunlar geleneksel cephe açıklıkları ile

sınırlıdır. Çalışma, çoğunlukla gündüz kullanılan binalarda geleneksel pencerelerin tek başına görsel konfor koşullarını sağlamada yetersiz kaldığını vurgular. Düşey pencerelere prizmatik paneller gibi gelişmiş günışığı aydınlatma sistemlerinin uygulanması ile iç mekanda günışığının kontrollü bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir. Bu sistemlerin tasarım aşamasında cephe açıklıkları ile eşzamanlı olarak ele alınması, iç mekana alınan günışığının miktarı ve dağılımı ile ilgili sorunların

önlenmesi açısından daha uygundur. Çalışma, prizmatik paneller kullanıldığında değişen zemin en-boy oranlarına bağlı olarak en ideal pencere-duvar oranlarını önermekte ve doğal aydınlatma standartlarında belirtilen gereksinimlerin yeniden düşünülmesi gerektiğini ileri sürmektedir. Bu çalışmanın, mimarlar, araştırmacılar, aydınlatma tasarımcıları için farklı oda derinliği ve pencere-duvar oranlarına sahip odalarda gelişmiş günışığı aydınlatma sistemleri kullanılarak görsel koşulların iyileştirilmesi konusunda bilgi sağlaması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Bellia, L., Fragliasso, F., Pedace, A. Evaluation of daylight availability for energy savings. *Journal of Daylighting*, 2015, V2, No.1, pp. 12-20.
- [2] Ghisi, E., Tinker, J.A. An ideal window area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in buildings. *Building and environment*, 2005, V40, No.1, pp. 51-61.
- [3] Boubekri, M. A overview of the current state of daylight legislation. *Journal of the Human-Environment System*, 2004, V7, No.2, pp. 57-63.
- [4] Erlalelitepe, İ., Aral, D., Kazanasmaz, T. Eğitim yapılarının doğal aydınlatma performansı açısından incelenmesi. *Megaron*, 2011, Cilt 6, Sayı 1, s. 39-51.
- [5] Yenel A.K, (2007), “Binalarda Günışığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler”, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 25-28 Ekim 2007, İzmir, Makine Mühendisleri Odası, s. 231-241.
- [6] Reinhart, C. F. “A simulation-based review of the ubiquitous window-head-height to daylit zone depth rule-of-thumb,” in *Proceedings of the Ninth International IBPSA Conference* Montréal, Canada, August 15-18, 2005.
- [7] Littlefair, P.J. *Solar shading of buildings*. London: Construction Research Communications by permission of Building Research Establishment, 1999.
- [8] Laura, B., Marino, C., Minichiello, F., Pedace, A. An overview on solar shading systems for buildings. *Energy Procedia*, 2014, V62, pp. 309-317.
- [9] Erel, B. *Günışığı ile Aydınlatma Alanında Geliştirilen Yeni Teknolojiler Hakkında Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.
- [10] Thanachareonkit, A., Lee, E.S., McNeil, A. Empirical assessment of a prismatic daylight-redirecting window film in a full-scale office testbed. *Leukos*, 2014, V10, No.1 pp. 19-45.
- [11] British Standards Institution. BS 8206-2:1992. *Code of Practice for daylighting*. London: BSI, 1992.
- [12] Siteco. *Stationary and Movable Prism Systems*. [Online] Erişim adresi: <https://www.siteco.com/en/home> [Erişim Tarihi: Ağustos 2017].
- [13] van Dijk, D., Platzer, W.J. *Reference office for thermal, solar and lighting calculations*. IEA-SHC Task 27, 2001.