



Megaron

<https://megaron.yildiz.edu.tr> - <https://megaronjournal.com>
DOI: <https://doi.org/10.14744/MEGARON.2021.69782>

MEGARON

Makale [Article in Turkish]

Konutlarda hedeflenen aydınlık düzeyine göre gereken pencere cam alanının belirlenmesi

Betül UÇ¹, Leyla DOKUZER ÖZTÜRK²

¹*İstanbul Rumeli Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, İç Mekan Tasarımı, İstanbul, Türkiye*

²*Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye*

¹*İstanbul Rumeli University Vocational School, Interior Design, İstanbul, Turkey*

²*Yıldız Technical University Faculty of Architecture, Department of Architecture, Department of Building Science, İstanbul, Turkey*

MAKALE BİLGİSİ

Makale Hakkında

Geliş: 19 Temmuz 2021

Revizyon: 15 Eylül 2021

Kabul: 15 Eylül 2021

Anahtar sözcükler:

Cam alanı; güneşliği; hacim biçimi; konut; pencere sayısı

ARTICLE INFO

Article history

Received: 19 July 2021

Revised: 15 September 2021

Accepted: 15 September 2021

Key words:

Glazing area; daylight; room shape; residence; number of windows

Determination of the required window glazing area based on the targeted illuminance in residences

EXTENDED ABSTRACT

The European standard EN 17037 for daylight in buildings defines metrics for evaluating the daylight conditions in interior spaces under the headings of daylight provision, assessment for the view out, exposure to sunlight, and protection from glare. There are three levels of recommendation for each specified criterion: minimum, medium, and high. The proposed methods for assessing daylight provision are based on the use of climatic data. So far, no study has been found that examines the glazing area according to the new CEN standard with regard to various parameters such as room shape and size, number of window walls, window position, and direction. The aim of this study is to determine the required glazing area according to the targeted illuminance by considering various options related to the parameters affecting the level of illuminance and to supply data that can be used in residential window design. For this purpose, 1336 residential rooms have been modelled using Diva-for-Rhino software and glazing areas are determined that provide the three levels of illuminance specified in the mentioned standard. The availability of the targeted illuminance levels for half of the daylight hours was calculated using the daylight autonomy method. Climate data for İstanbul were used in the calculations. The effects of obstructions that may be outside the building are excluded from the scope of the study. Some of the factors that determine daylight illuminance have been kept constant. The targeted illuminance level, the shape and size of the room, the number of window walls, window position, sill height, and direction were determined as modifiable factors. Taking into account the dimensions of ordinary living rooms, bedrooms, and children's rooms in residences, 9 square (10 m²-50 m²) and 14 rectangular (10.8 m²-50.4 m²) rooms were handled. The ratio between length and width was 1.2, 1.4, 1.6 and 1.8 for rectangular rooms. The conditions of a centred window on one wall and a centred window on each of two adjacent walls were examined. In addition, the cases where the windows are placed off-centred either to the right or left direction were also investigated. The study also includes the comparison of windows with and without a sill. Four cardinal and four ordinal directions were considered. The number of directions considered was sixteen for rectangular rooms with windows on two

*Sorumlu yazar / Corresponding author

*E-mail adres: betuluc@hotmail.com



Published by Yıldız Technical University Press, İstanbul, Turkey

Copyright 2022, Yıldız Technical University. This is an open access article under the CC BY-NC license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

adjacent walls. Glazing areas were determined that ensure ≥ 300 lx, ≥ 500 lx, ≥ 750 lx illuminance levels in modelled rooms. The illuminance levels ≥ 500 lx and ≥ 750 lx could not be achieved in all rooms. Targeted illuminances were attained in 1950 rooms. A comprehensive analysis of the results obtained was carried out. The directions have been ordered from positive to negative, assuming that the direction that provides the target illuminance with the smallest glazing area is the most positive. This order was the same for rooms with a single centred window on one wall but changed for other conditions according to the room geometry. Rooms with equal floor areas but different geometry were compared. It was found that the required glazing area to provide the same illuminance is smaller in rectangular rooms in the case of one window and in square rooms in the case of two windows. The geometric properties of the room and the orientation are decisive for the number, size and position of the windows that provide the desired daylight illuminance. In window design, it is necessary to consider the climatic data of the site where the building is located. This study, which takes into account many variables, presents data that can be used in architectural design. These data can be used in many ways such as positioning the rooms in a building, deciding on the room geometry and size, determining the number and position of windows according to the location of the room in the building and the direction.

ÖZ

Kapalı mekânların aydınlatılmasında olabildiğince günışığından yararlanılması insanların psikolojik ve fizyolojik olarak kendilerini iyi hissetmesi ve lamba ışığı ile aydınlatmada tüketilecek enerjiden artırım sağlanması açısından büyük önem taşır. Yapılarda günışığına yönelik Avrupa standardı EN 17037'de iç mekânlarda günışığının değerlendirilmesi günışığının sağlanması, dış ortamla görsel bağlantı, güneşlenme ve kamaşmadan korunma başlıkları altında yapılmaktadır. Belirtilen her ölçüt için "en az, orta ve yüksek" olmak üzere üç ayrı derece tanımlanmıştır. Bu çalışmada konutlarda günışığının sağlanması ölçütü söz konusu standart uyarınca incelenmiştir. Bu bağlamda 1336 adet hacim Diva-for-Rhino programında modellenmiş ve ≥ 300 lx, ≥ 500 lx, ≥ 750 lx aydınlıkları sağlayacak cam alanları saptanmıştır. Ele alınan hacimler geometrik biçim, boyut, pencere duvarı sayısı, pencere konumu, parapet yüksekliği ve yön açısından farklılık göstermiştir. Hedeflenen aydınlıkların yıl boyunca gündüz saatlerinin yarısında sağlanabilirliği günışığı otonomisi yöntemiyle hesaplanmıştır. Hesaplamalarda İstanbul iline ait iklimsel veriler kullanılmıştır. Ulaşılan sonuçların kapsamlı analizi yapılmıştır. Hedef aydınlığı en küçük cam alanı ile sağlayan yönün en olumlu olduğu kabulüyle yönler olumludan olumsuzlara sıralanmıştır. Bu sıralama duvara ortalanmış tek pencere tüm hacimlerde aynı çıkmış, ancak iki duvarında birer penceresi olan hacimlerde ve pencerenin ortalanmadığı koşullarda hacim geometrisine göre değişmiştir. Döşeme alanları eşit, geometrisi farklı hacimlerin karşılaştırılmasında aynı nicelikteki aydınlığı sağlamak üzere gereken cam alanı bir pencere durumunda dikdörtgen hacimlerde, iki pencere durumunda ise temelde kare hacimlerde daha küçük çıkmıştır. Çalışma kapsamında dikkate alınan çok sayıda değişkene bağlı ulaşılan sonuçlardan mimari tasarımın çeşitli evrelerinde yararlanılması olanaklıdır.

Atf için yazım şekli: Uç B, Dokuzer Öztürk L. Determination of the required window glazing area based on the targeted illuminance in residences. Megaron 2022;17(1):68–82. [Article in Turkish]

GİRİŞ

İç mekânların günışığı ile aydınlatılması kullanıcıların kendini iyi hissetmesi ve dış ortam hakkında bilgi edinmesi, lamba ışığı için tüketilen enerjiden tasarruf edilmesi gibi çeşitli açılardan önemlidir. Hacimleri aydınlatan doğal ışığın nicelik ve dağılımı yapının bulunduğu konuma bağlı iklimsel koşullar, yapı dışındaki yapay ve/veya doğal engeller, yapıdaki yatay ve/veya düşey girinti çıkıntılar, hacmin geometrik özellikleri ve pencere duvarının baktığı yön, iç yüzeylerin ve iç mimari elemanların renkleri, pencerelerin boyut, sayı ve duvar içindeki konumu, camın ışık geçirme çarpanı gibi birçok etkene bağlıdır.

Günışığı niceliğinin yıl boyunca ve yılın her günü gün boyunca değişken olması doğal ışıkla oluşan aydınlığın hesaplanmasında bazı kabullerin yapılmasını gerektirmektedir. Günışığı aydınlığını belirlemek üzere geliştirilen basitleştirilmiş hesaplama yöntemlerinde CIE (International Commission on Illumination) standart kapalı göğün dikkate alındığı günışığı çarpanına göre değerlendirme yapılmaktadır (British Standards Institution, 2008; Chartered

Institution of Building Services Engineers, 1999). Günışığı çarpanının halen yaygın kullanılması sonuçlarının güvenilir olmasından ziyade yöntemin bilinirliği ve kolay uygulanabilirliğidir (International Commission on Illumination, 2014). Günışığı çarpanının halen kabul görüyor olması referans alınan kapalı gök koşulunda minimum nicelikteki aydınlığın elde edilmesi ve başka herhangi bir gök koşulu hâkim iken hacimdeki aydınlığın daha yüksek olacağı düşüncesine dayanmaktadır. Işık kaynağı olarak kapalı gök dışındaki gök koşullarının dikkate alındığı araştırmalar da yapılmıştır (Bellia ve ark., 2000; Li ve ark., 2010). Meteorolojik veri setinin bütünü yerine tüm yılı temsil üzere yılın ya da günün belli zamanlarını esas alan çalışmalarda dikkate alınanlardan oldukça farklı gök ve güneş koşullarının değerlendirme dışında kalması olasıdır (Ullah ve Lin, 2003; Yılmaz, 2016). Tipik meteorolojik yıl, bir başka deyişle test referans yıl tanımıyla bu sorun çözülmüştür. Bir yılın tüm günlerine ait gerçek meteorolojik verilerden oluşan, ancak tüm verilerin aynı takvim yılına ait olması gerekmeyen yapay bir yıl tanımı ele alınan bir bölgedeki iklimsel koşulları büyük bir yakınlıkla yansıtmaktadır (Markou ve ark., 2007).

Son 20 yıldır iklim tabanlı verileri dikkate alarak günışığı-nın yıllık dinamik performansını analiz etmeye dayanan çalışmalar yapılmaktadır (Nabil ve Mardaljevic, 2006; Reinhart ve ark., 2006). Yıllık analizde hacmin belli bir noktasındaki günışığı aydınlığını değerlendirmek üzere metrik sistemler geliştirilmiştir. Günışığı otonomisi (*DA, daylight autonomy*), belli bir noktada hedeflenen günışığı aydınlığının sağlandığı (ya da aşıldığı) sürenin yıl boyunca hacmin kullanım süresine oranını yüzde cinsinden belirtmektedir (Illuminating Engineering Society, 2013). Bir başka metrik olan yararlı günışığı aydınlığı (*UDI, useful daylight illuminance*) Nabil ve Mardaljevic (2005) tarafından tanıtılmıştır. UDI, referans noktada “yararlı (100 lx-2000 lx)”, “çok düşük (< 100 lx)” ya da “çok yüksek (> 2000 lx)” günışığı aydınlığının olduğu sürenin yıl boyunca hacmin kullanılan süresine oranını belirlemek üzere tanımlanmıştır (Illuminating Engineering Society, 2013).

“EN 17037: Yapılarda günışığı” başlıklı Avrupa standardında günışığı aydınlığını hesaplama yöntemi iklim tabanlı verilerin esas alınmasına dayanmaktadır (European Committee for Standardization, 2018). Söz konusu standartta günışığı ölçütleri, aydınlık düzeyi, dış ortam ile görsel bağlantı, kamaşmanın önlenmesi ve güneşlenme olmak üzere dört başlık altında toplanmıştır. Dört ölçütün her biri için tanımlanmış üç dereceden (en az, orta, yüksek) birinin hedef alınabileceği belirtilmiştir. İç mekânları EN 17037 ölçütleri uyarınca değerlendirmeye yönelik az sayıda da olsa yapılmış çalışma vardır. Paule ve ark. (2018) ve Yılmaz (2019) söz konusu ölçütlere yönelik incelemede izledikleri yolu bir örnek hacim üzerinde açıklamışlardır. Bournas (2020), mevcut konut yerleşimleri arasında belirlediği sekiz farklı tipolojiden her birine ait en az üç adet olmak üzere toplamda 54 yapıyı ele alarak günışığı aydınlığı bakımından incelemiştir. Günışığından yararlanmaya yönelik belirlenen pencere açıklıkları doğal olarak hacim içindeki ısısal ve işitsel konforu da etkilemektedir. Günışığı aydınlığı ve dış ortamla görsel bağlantının yanı sıra ısısal koşulların da bir örnek hacim üzerinde değerlendirildiği Rasmussen ve Pedersen’in (2019) araştırmasında farklı programlarla yapılan simülasyon sonuçlarının bütünleştirilmesindeki güçlüğe değinilmiştir. Yeni Avrupa standardında önerilen yaklaşım ile elde edilen sonuçların geleneksel günışığı çarpanına göre ulaşılan sonuçlarla karşılaştırıldığı çalışmalar da yapılmıştır (Darula ve ark., 2014; Darula ve Kittler, 2018).

Günümüze kadar yapılan araştırmalarda ele alınan günışığı ölçütü sayısı ve/veya ele alınan hacim sayısı çok sınırlıdır. Hacim biçim ve boyutu, pencere duvarı sayısı ve pencere konumu, yön, aydınlık düzeyi gibi çeşitli parametrelere göre gerekli cam alanını yeni EN 17037 standardı uyarınca araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada günışığı aydınlık düzeyini etkileyen parametrelere ilişkin çeşitli seçenekleri ele alarak konut hacimleri için gereken cam alanını saptamak ve pencere tasarımında yararlanılabilecek veriler ortaya koymak amaçlanmıştır. Yapı dışındaki engellerin ve yapıda olabilecek girinti ve çıkıntıların etkisi çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

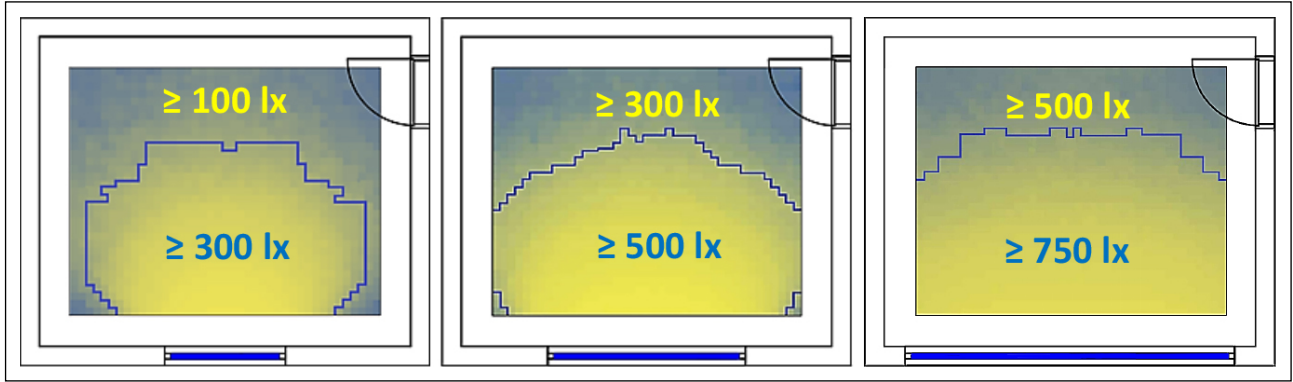
GÜNIŞIĞI AYDINLIĞININ SAĞLANMASI

Hacimlerdeki aydınlık gereksiniminin olabildiğince günışığı ile karşılanmasına çalışılmalıdır. Bu bağlamda pencere açıklıkları yıl boyunca yeterli günışığının hacme girmesini sağlayacak ve insanlar üzerinde hacmin aydınlandığına dair öznel bir etki yaratacak özellikte tasarlanmalıdır. EN 17037 günışığı standardında en az, orta ve yüksek olmak üzere üç farklı aydınlık düzeyi önerilmektedir. Hedeflenen aydınlık düzeyinin düşey pencereli hacimler için hacmin referans düzleminin en az %50’sinde sağlanması ve aynı düzlemin en az %95’inde hedef aydınlığa bağlı değişen minimum düzeyde bir aydınlığın oluşması beklenmektedir (Tablo 1). Bu değerlerin yıl boyunca gündüz saatlerinin \geq %50’sinde (\geq 2190 saat) sağlanması gerektiği belirtilmektedir. İstenen aydınlığın sağlandığı bölgenin referans düzlem içindeki yeri hedeflenen aydınlık düzeyi ve buna bağlı belirlenen pencere boyutuna göre değişir (Şekil 1).

Hacimdeki günışığı aydınlığının hesaplanmasına yönelik iki yöntem önerilmektedir. Bunlardan ilki günışığı çarpanının kullanılmasıdır. Hedef günışığı çarpanı değerleri, Tablo 1’de yer alan “hedef aydınlık düzeyleri” ile yapının bulunduğu bölge için geçerli olan “gökten gelen yayınık ışığın yataya oluşturduğu medyan aydınlık düzeyi”ne bağlı olarak belirlenmektedir. İkinci hesaplama yöntemi, yapının bulunduğu bölgenin iklimsel verileri kullanılarak yıl boyunca saatlik adımlarla referans düzlem üzerinde belirlenmiş hesap noktalarındaki aydınlıkların hesaplanmasına dayanmaktadır. Detaylı hesaplamalar gerektiren bu yaklaşımda elde edilen sonuçlar analiz edilerek yılın \geq 2190 saatinde referans düzlemin \geq %50’sinde ve \geq %95’inde hedeflenen

Tablo 1. Günışığından yararlanmaya yönelik önerilen dereceler

Düşey pencereler için önerilen dereceler	En az	Orta	Yüksek
Hedef aydınlık düzeyi	300 lx	500 lx	750 lx
Hedef aydınlık düzeyi için referans düzlemin yüzdesi	%50	%50	%50
Hedef minimum aydınlık düzeyi	100 lx	300 lx	500 lx
Hedef minimum aydınlık düzeyi için referans düzlemin yüzdesi	%95	%95	%95
Günışığı saatlerinin yüzdesi	%50	%50	%50



Şekil 1. Hedef aydınlık düzeyinin sağlandığı bölgenin referans düzlem içindeki yerine örnekler.

aydınlıkların elde edilip edilmediği kontrol edilmektedir (European Committee for Standardization, 2018).

ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Kapalı hacimlerdeki günışığı aydınlığını belirleyen birçok etken vardır. Bu etkenlerin her biri için çok sayıda değer tanımlanabilir. Ancak, anlamlı ve yorumlanabilir sonuçlara ulaşabilmek için değiştirilebilir etken sayısının sınırlandırılmasına ihtiyaç vardır. Buna bağlı olarak bu çalışmada söz konusu etkenler, değişken ve sabit olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Çalışmanın yöntemi, değiştirilebilir etkenler için dikkate alınacak değerleri saptamak ve bu değerlerin çeşitli birleşimleri için yapılacak hesaplamaların sonuçlarını analiz etmektir.

Yöntemin adımları aşağıda sıralanmıştır:

- Sabit etkenler için yapılan kabuller,
- Değişken etkenlere yönelik değerlerin belirlenmesi,
- Hesaplama izlenecek yolun belirlenmesi,
- Hesaplamaların yapılması.

Her adım kapsamında yapılan incelemeler ve alınan kararlar aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır. Bu çalışmada ele alınan tüm hacimler EN 17037 standardında yer alan dört günışığı ölçütü açısından incelenmiş, bu makalede bu ölçütlerden yalnızca günışığı aydınlık düzeyine ilişkin sonuçlara yer verilmiştir.

Sabit Etkenler İçin Yapılan Kabuller

Ele alınan tüm hacimlerde sabit tutulan etkenler ve bu etkenler için dikkate alınan değerler aşağıdaki gibidir:

- Yer: İstanbul
- Aydınlık düzeyi hesaplarının yapıldığı referans düzlemin konumu: Döşmeden 0.85 m ve tüm duvarlardan 0.50 m uzaklıktaki yatay düzlem
- Tavan yüksekliği: 2.80 m
- Duvar kalınlığı: 0.25 m

- Parapet yüksekliği (döşeme ile pencere camı arasındaki uzaklık): 0.90 m ve 0.08 m
- Pencere camı yüksekliği: 1.50 m ve 2.32 m
- Penceredeki düşey ve yatay doğrama genişlikleri: 0.07 m ve 0.08 m
- Doğramanın duvar kesiti içindeki yeri: Kesitin ortasında
- Hacmin duvar, tavan ve döşemesinin ışık yansıtma çarpanları: %70, %80, %40
- Camın özellikleri ve ışık geçirime çarpanı: Standart çift cam (4 + 12 + 4), %80
- Yön: Güney, kuzey, doğu, batı, güneybatı, güneydoğu, kuzeybatı, kuzeydoğu
- Hacmin kullanım günleri, kullanım süresi: Haftanın yedi günü, gün boyunca

Değişken Etkenlere Yönelik Değerlerin Belirlenmesi

Günışığı aydınlığını belirleyen etkenler arasında hedef aydınlık düzeyi, hacim biçim ve boyutu, pencere duvarı sayısı, pencere konumu ve parapet yüksekliği ile pencere duvarının baktığı yön için farklı değerler tanımlanmıştır.

• Hedef aydınlık düzeyi

Günışığı standardındaki öneriler doğrultusunda referans düzlemin %50'sinde 300 lx, 500 lx ve 750 lx ve aynı düzlemin %95'inde sırasıyla 100 lx, 300 lx ve 500 lx dikkate alınmıştır (Tablo 1).

• Hacim biçim ve boyutu

Günışığından yararlanmaya yönelik standart herhangi bir işlev belirtilmeden içinde uzun süre bulunan tüm hacimlere yönelik hazırlanmıştır. Bu bağlamda konut hacimlerinin biçim ve boyutuna yönelik inceleme yaşama hacmi, yatak odası ve çocuk odası ile sınırlandırılmıştır. Belirtilen işlevdeki hacimlerin geometrik özelliklerine ilişkin değerlerin belirlenmesinde temel yapı tasarımına yönelik bazı kaynaklar (Neufert, 1983; Uzunoğlu ve Özer, 2014; De Chiara ve ark., 1992), İstanbul İmar Yönetmeliği (Resmi Gazete,

Tablo 2. Ele alınan hacimlerin döşeme alanı ölçüleri

2a. Dikdörtgen hacimler			2b. Kare hacimler		
No.	Alan (m ²)	Boyutlar (m)	No.	Alan (m ²)	Boyutlar (m)
1	10.8	3.00 x 3.60	1	10	3.16 x 3.16
2	12.6	3.00 x 4.20	2	15	3.87 x 3.87
3	14.4	3.00 x 4.80	3	20	4.47 x 4.47
4	16.2	3.00 x 5.40	4	25	5.00 x 5.00
5	19.2	4.00 x 4.80	5	30	5.47 x 5.47
6	22.4	4.00 x 5.60	6	35	5.91 x 5.91
7	25.6	4.00 x 6.40	7	40	6.32 x 6.32
8	28.8	4.00 x 7.20	8	45	6.70 x 6.70
9	30	5.00 x 6.00	9	50	7.07 x 7.07
10	35	5.00 x 7.00			
11	40	5.00 x 8.00			
12	43.2	6.00 x 7.20			
13	45	5.00 x 9.00			
14	50.4	6.00 x 8.40			

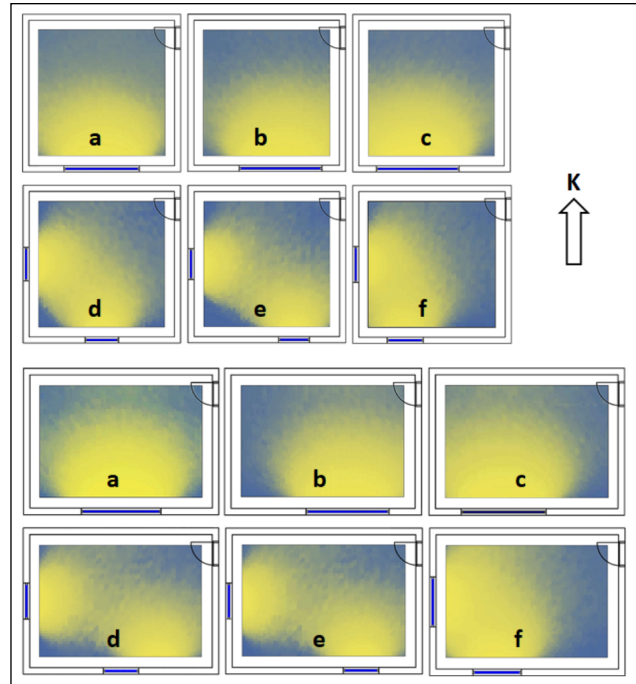
2017), konuyla ilgili yapılmış çalışmalar ve İstanbul'daki çeşitli konut projelerinden yararlanılmıştır. Biçim bakımından en yaygın kullanılan kare (9 adet) ve dikdörtgen (14 adet) planlı hacimler ele alınmıştır. Açık planlı mutfak içeren yaşama hacmi çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Çok yönlü incelemelerin sonucunda ele alınan hacimlerin döşeme alanı Tablo 2'de gösterildiği gibi belirlenmiştir. Dikdörtgen planlı hacimlerde kısa kenar için 3 m, 4 m, 5 m ve 6 m ölçüleri dikkate alınmış ve uzun kenarın kısa kenara oranı 1.2, 1.4, 1.6 ve 1.8 olan seçenekler oluşturulmuştur. Her iki geometrik biçim için oluşturulan hacimlerin döşeme alanı yaklaşık 10 m²-50 m² arasında değişmektedir.

• Pencere duvarı sayısı, pencere konumu ve parapet yüksekliği

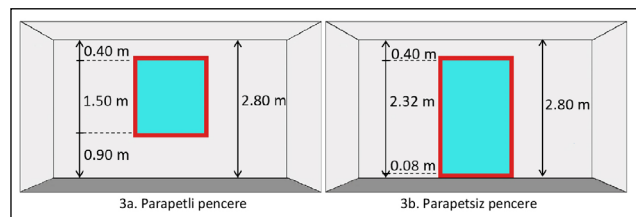
Pencerelerin yer aldığı duvar sayısı ve pencerenin duvardaki konumu bakımından her iki hacim biçimi için aşağıda açıklanan aynı ilke kararları alınmıştır. Pencere duvarı sayısı ve pencere konumuna ilişkin ele alınan tüm durumlar Şekil 2'de ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 2'de döşeme alanı 35 m² olan hacimlerde ≥ 300 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı bölgeler sarı renkle belirtilmiştir.

Tüm hacimlerde parapet yüksekliği 0.90 m alınmıştır. Parapetin olmadığı koşullar için de örnekler oluşturulmuş, bu örneklerde parapet yüksekliği doğal olarak doğrama yüksekliğine (0.08 m) eşit tutulmuştur (Şekil 3).

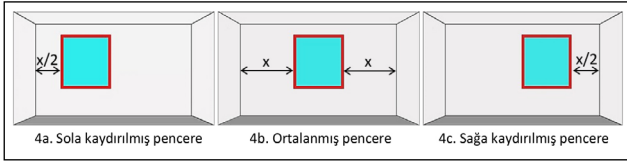
Tüm hacimlerin bir duvarında parapetli ve duvara ortalanmış (Şekil 2a, 4b) bir adet pencere oluşturulmuştur (Şekil 3a). Dikdörtgen planlı hacimlerde pencere uzun duvarda yer almaktadır. Dikdörtgen ve kare biçimler için, alanı sırasıyla ≥ 19.2 m² ve ≥ 20 m² olan hacimlerde bir duvarda bir



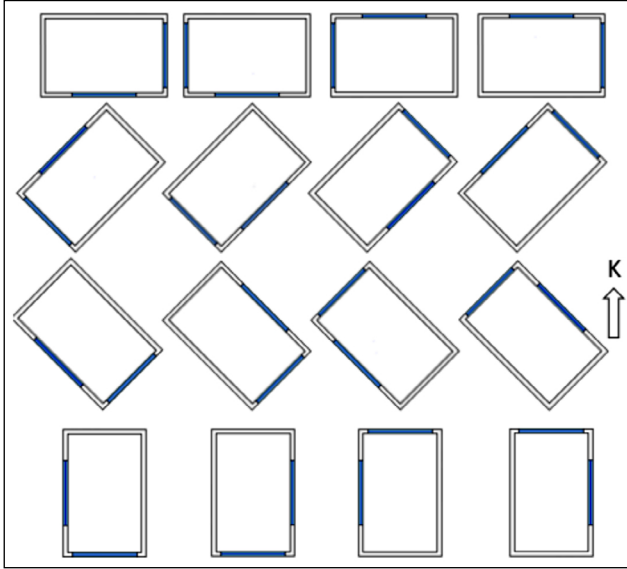
Şekil 2. Pencere duvarı sayısı ve pencere konumuna ilişkin ele alınan durumlar.



Şekil 3. Parapetli ve parapetsiz pencerelere örnekler.

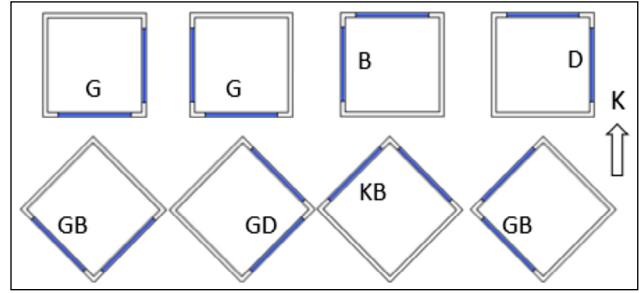


Şekil 4. Pencerenin sağa ya da sola kaydırılması durumu.



Şekil 5. İki duvarında pencere olan dikdörtgen planlı hacimler için ele alınan yönler.

adet duvara ortalanmış parapetsiz pencere tasarlanmıştır (Şekil 3b). Parapetli ve parapetsiz bu hacimlerin tümünde her üç aydınlık düzeyi için işlem yapılmıştır. Çocuk odalarına karşılık gelen küçük boyutlu hacimlerde parapetsiz pencere uygulanmamıştır ($< 19.2 \text{ m}^2$ ve $< 20 \text{ m}^2$). Dikdörtgen ve kare biçimler için, alanı sırasıyla $\geq 19.2 \text{ m}^2$ ve $\geq 20 \text{ m}^2$ olan hacimlerin birbirine bitişik iki duvarında birer adet parapetli ve duvara ortalanmış pencere düşünülmüştür (Şekil 2d). Bu hacimler için de her üç aydınlık düzeyi için hesaplama yapılmıştır. Tüm hacimlerin bir duvarındaki bir adet parapetli pencerenin konumu duvarın orta noktasından ayrı ayrı sağa (Şekil 2c, 4c) ve sola (Şekil 2b, 4a) kaydırılmıştır. Pencerenin sağa (ya da sola) kaydırılmasında ortalanmış pencerenin uç noktasının pencere duvarı bitimine uzaklığı (x) dikkate alınmış, pencere sağa (ya da sola) $x/2$ kadar kaydırılmıştır. 500 lx ve 750 lx aydınlığın hedeflendiği hacimlerde gerekli pencere genişliği büyük, dolayısıyla pencerenin her iki yanındaki duvar alanları (x) da küçük çıkmaktadır. Bu nedenle, orta ve yüksek aydınlıkların hedeflendiği hacimlerde pencere konumundaki küçük değişikliğin günışığı aydınlığına etkisi önemli olmamaktadır. Buna bağlı olarak, pencerenin kaydırıldığı koşullarda yalnızca 300 lx aydınlık için işlem yapılmıştır. Birbirine



Şekil 6. İki duvarında pencere olan kare planlı hacimler için ele alınan yönler.

bitişik iki duvarında birer parapetli penceresi olan hacimlerde duvarların birindeki pencereyi duvarda ortalanmış bırakıp (dikdörtgen hacimde kısa duvar) öteki duvardaki pencere ayrı ayrı sağa (Şekil 2f, 4c) ve sola (Şekil 2e, 4a) kaydırılmıştır. Çocuk odalarında genelde çift pencere bulunmadığından küçük boyutlu hacimler bu başlık altında ele alınmamıştır. Bu hacimler için de yukarıda belirtilen aynı nedenden ötürü yalnızca 300 lx için işlem yapılmıştır.

• Pencere duvarının baktığı yön

Tek pencereli hacimlerde dört ana yön ve dört ara yön olmak üzere pencere duvarının baktığı sekiz yön ele alınmıştır. Birbirine bitişik iki duvarında pencere olan dikdörtgen planlı hacimlerde ele alınan yön sayısı 16 olmuştur (Şekil 5).

İki duvarında penceresi olan kare planlı hacimlerde ele alınan yön sayısı bir duvarında penceresi olan hacimler ile aynı, yani sekiz olmuştur (Şekil 6). Bu hacimlerde daha yüksek günışığı aydınlığının sağlandığı yöndeki pencere sağa/sola kaydırılmıştır. Bu bağlamda, batı cephesi doğudan, güneybatı cephesi güneydoğudan, kuzeybatı cephesi kuzeydoğudan daha olumlu sonuç vermiştir. Tüm durumlar için pencerenin kaydırıldığı yönler Şekil 6 üzerinde belirtilmiştir. Örneğin, güney ve doğu cephelerinde penceresi olan hacimde güney cephedeki pencere; güneydoğu ve güneybatı cephelerinde penceresi olan hacimde güneybatı cephesindeki pencere kaydırılmıştır.

Hesaplama İzlenen Yol

Bu çalışmada hedeflenen aydınlıkların yıl boyunca gündüz saatlerinin yarısında sağlanabilirliği günışığı otonomisi yöntemiyle hesaplanmıştır. Hesaplamalar iklim tabanlı günışığı ve enerji modelleme programı olan, doğruluğu onaylanmış DIVA-for-Rhino programı¹ aracılığıyla yapılmıştır (Jakubiec ve Reinhart, 2011). Dinamik simülasyon için kullanılan bilgisayar programına İstanbul iline ait iklimsel veriler EnergyPlus web sitesinden² aktarılmıştır. İstanbul'un yıl boyunca saatlik iklim verilerinin dikkate alındığı bu yaklaşım ile ele alınan her hacim ve her yön için,

¹ <https://www.solemma.com/diva>

² <https://energyplus.net/weather>

referans düzlemin en az yarısında 300 lx, 500 lx ve 750 lx aydınlığı sağlayacak pencere camı genişlikleri saptanmıştır. Daha açık bir deyişle, bir hacmin referans düzleminin yarısında 300 lx, referans düzlemin en az %95'inde 100 lx aydınlık oluşmasını sağlayacak pencere camı genişliği belirlenmiştir. Aynı hacim için 500 lx ve 750 lx aydınlık düzeylerini sağlamak üzere bu işlem yinelenmiştir. Hacmin referans düzleminin %95'indeki aydınlık düzeyinin 500 lx ve 750 lx için sırasıyla 300 lx ve 500 lx olması gerekmiştir. Ele alınan bir hacimde her iki koşul birden gerçekleştiğinde hedeflenen aydınlık derecesinin sağlandığı kabul edilmiştir. Örneğin, en az derecesinin sağlanmış kabul edilmesi referans düzlemin "%50'sinde 300 lx ve %95'inde 100 lx" oluşmasına bağlıdır. Ele alınan hacimler AutoCAD programında üç boyutlu çizilerek DIVA-for-Rhino programına aktarılmıştır. Tüm hacimlerde referans düzlem üzerinde 10 cm aralıklarla hesap noktaları tanımlanmış, elde edilen hesap sonuçları analiz edilmiştir.

Hacimlerdeki pencere camı yüksekliği parapetli ya da parapetsiz olma durumlarına göre belirlenmiş ve bu yükseklikler sabit tutulmuştur. Hedef aydınlık düzeyi elde edilinceye kadar cam yüzeyin genişliği her iki yandan 0.05 cm olmak üzere toplamda 0.10 m'lik adımlarla artırılmıştır (Örneğin; 1.00 m, 1.10 m, 1.20 m, ..., 1.60 m). Cam yüzey genişliği en fazla "pencere duvarı genişliği-0.20 m" kadar olabilmektedir. Buna karşın, kimi hacimlerde orta ve/veya yüksek aydınlık düzeyleri sağlanamamıştır. Pencerenin duvara ortalanmıyıp, sağa ya da sola kaydırıldığı koşullarda öncelikle pencerenin boyutu sabit tutulup yeni konumunda hedef aydınlığı sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiş, ardından gereksini-

me göre cam yüzeyin genişliği her iki tarafından 0.05 m'lik adımlarla artırılmış ya da azaltılmıştır.

Günişığı Aydınlik Düzeyi Hesapları

Çalışma kapsamında hacim biçimi, pencere duvarı sayısı, pencere sayı, konum ve yüksekliği, yön gibi farklı değişkenlere göre toplam 1336 adet hacim modellenmiş, yukarıda açıklanan hesaplama yöntemi uyarınca değerlendirilmiştir. Model hacimlerde ≥ 300 lx, ≥ 500 lx, ≥ 750 lx aydınlıkları sağlayacak cam alanları etüt edilmiştir. Bu işlem sırasında pencere duvarının, gerekli cam genişliğini saptamak üzere birçok kez yeniden düzenlenmesi gerekmiştir. Hacimlerin bir kısmında ≥ 500 lx ve ≥ 750 lx, bir kısmında ise ≥ 750 lx elde edilememiştir. Hedeflenen günişığı aydınlıkları 1950 hacimde sağlanabilmiştir. Tüm hacimlerle ilgili hesaplama koşulları ve sonuçları toplu olarak Tablo 3'te ve Tablo 4'te gösterilmiştir. Tablolarda ele alınan hacim (H) ve yön (Y) sayıları, tüm yönler için hacim sayısı (H x Y), bilgisayar programında modellenen toplam hacim sayısı ile her bir aydınlık derecesinin sağlanabildiği hacim sayısı sunulmuştur. Pencerenin ortalanmadığı koşulların incelenmesinde pencerenin sağa ve sola kaydırma durumlarının ayrı ayrı modellenmesi gerekmiştir.

HESAPLAMA SONUÇLARI

Tablo 3 ve 4'te belirtilen koşullar için gerekli cam alanları hesaplanmış ve cam alanın hacmin geometrik biçim ve boyutu ile yöne göre değişimi 300 lx aydınlık düzeyinin hedeflendiği durumlar için Şekil 7-11'de gösterilmiştir. İstenen

Tablo 3. Dikdörtgen planlı hacimler ile ilgili hesaplama koşulları ve sonuçları

Hacim özellikleri	Model hacim sayısı			Hedef aydınlığın sağlandığı hacim sayısı			
	H	Y	H x Y	300 lx	500 lx	750 lx	Toplam
1 duvar, 1 pencere*	14	8	112	112	93	46	251
1 duvar, 1 parapetsiz pencere**	10	8	80	80	62	17	159
2 duvar, 2 pencere**	10	16	160	160	160	108	428
1 duvar, 1 kaydırılmış pencere*	14	8	112 x 2	224	-	-	224
2 duvar, 1 ortada ve 1 kaydırılmış pencere**	10	16	160 x 2	320	-	-	320
*10.8 m ² -50.4 m ² **19.2 m ² -50.4 m ²	Toplam		896	896	315	171	1382

Tablo 4. Kare planlı hacimler ile ilgili hesaplama koşulları ve sonuçları

Hacim özellikleri	Model hacim sayısı			Hedef aydınlığın sağlandığı hacim sayısı			
	H	Y	H x Y	300 lx	500 lx	750 lx	Toplam
1 duvar, 1 pencere*	9	8	72	72	26	9	107
1 duvar, 1 parapetsiz pencere**	7	8	56	56	10	0	66
2 duvar, 2 pencere**	7	8	56	56	56	27	139
1 duvar, 1 kaydırılmış pencere*	9	8	72 x 2	144	-	-	144
2 duvar, 1 ortada ve 1 kaydırılmış pencere**	7	8	56 x 2	112	-	-	112
*10 m ² -50 m ² **20 m ² -50 m ²	Toplam		440	440	92	36	568

aydınlık düzeyinin en küçük cam alanı ile sağlandığı yön en olumlu yön, en büyük cam alanı ile sağlandığı yön en olumsuz yön kabul edilmiştir.

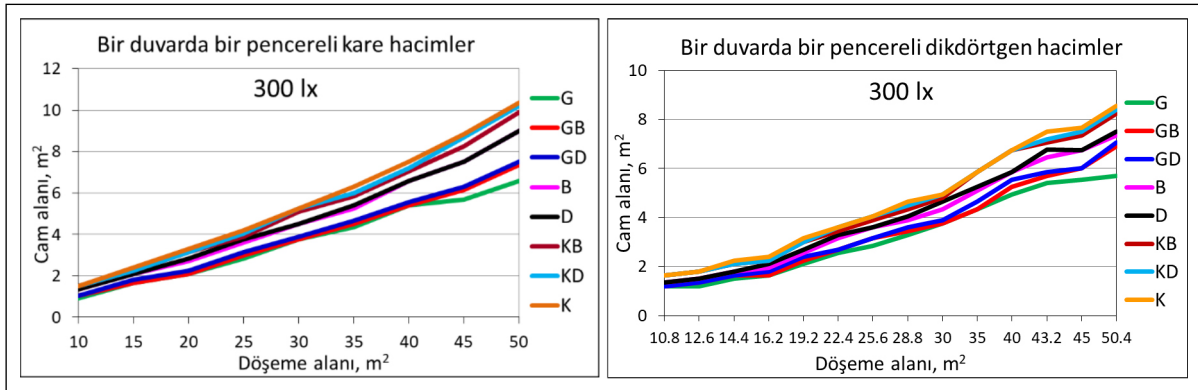
• Bir duvarda bir penceresi olan hacimler

Tüm durumlar ve her üç hedef aydınlık düzeyi için güney yönünde en küçük cam alanına gereksinme duyulmuştur. Bu açıdan yönlerin en olumludan başlayarak dizilişi güney (G), güneybatı (GB), güneydoğu (GD), batı (B), doğu (D), kuzeybatı (KB), kuzeydoğu (KD), kuzey (K) biçimindedir (Şekil 7). Tüm hacimlerde ≥ 300 lx, büyük hacimler hariç genel olarak tüm yönlerde ≥ 500 lx aydınlık sağlanmış, \geq

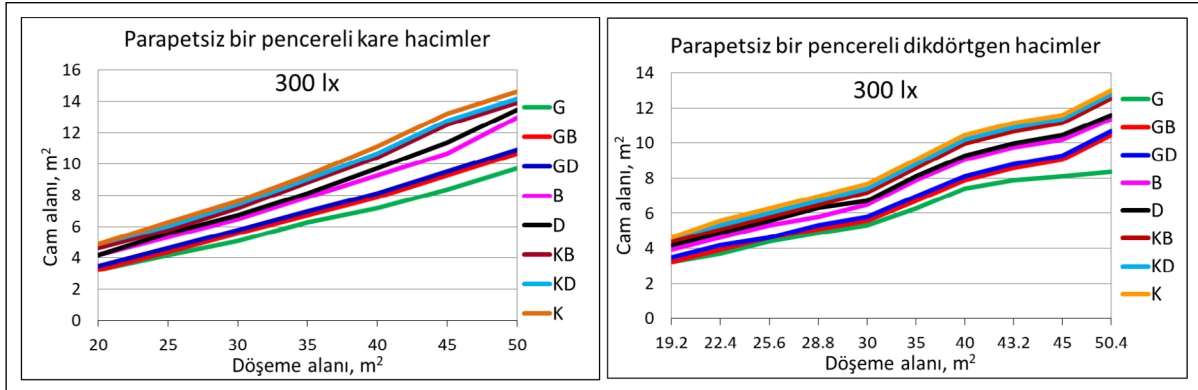
750 lx ise yalnızca küçük hacimlerde ve olumlu yönlerde elde edilebilmiştir. İstenen aydınlıkların oluştuğu hacim sayısı dikdörtgen planda 251 iken kare planda 107 olmuştur (Tablo 3, 4).

• Bir duvarda parapetsiz bir penceresi olan hacimler

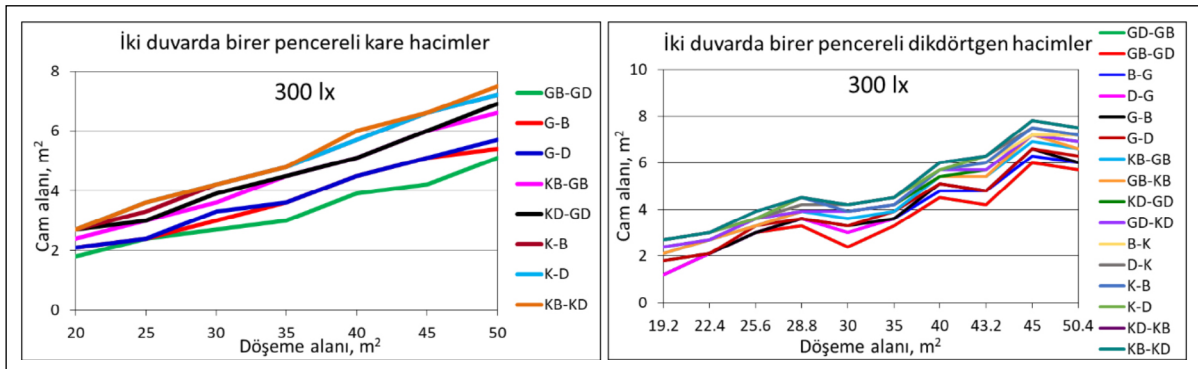
Tüm hacim boyutları ve tüm hedef aydınlık düzeyleri için yönler göre yapılan incelemede parapetli bir pencere durumu ile aynı sonuçlara ulaşılmış, yönlerin olumludan olumsuza doğru sıralaması paralellik göstermiştir (Şekil 8). Hedef aydınlıklar 159 dikdörtgen, 66 kare hacimde elde edilebilmiştir (Tablo 3, 4).



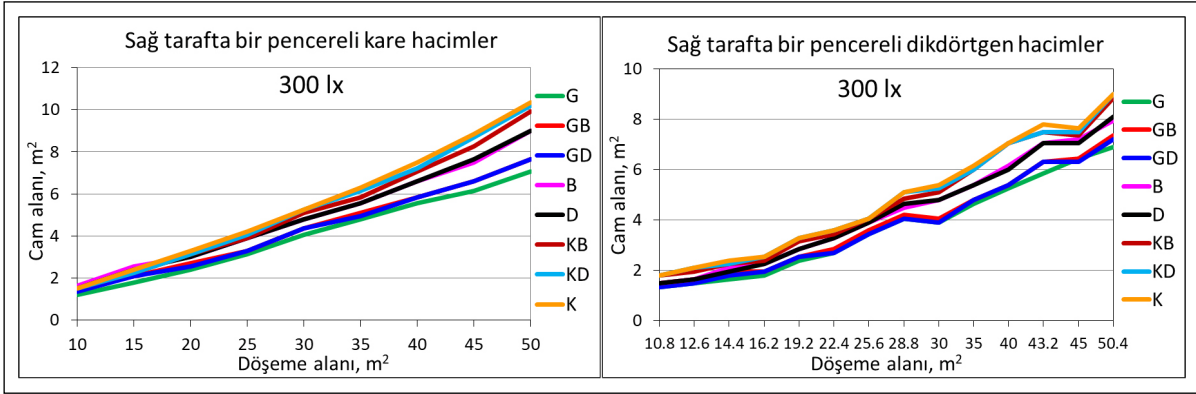
Şekil 7. Bir adet penceresi olan hacimler.



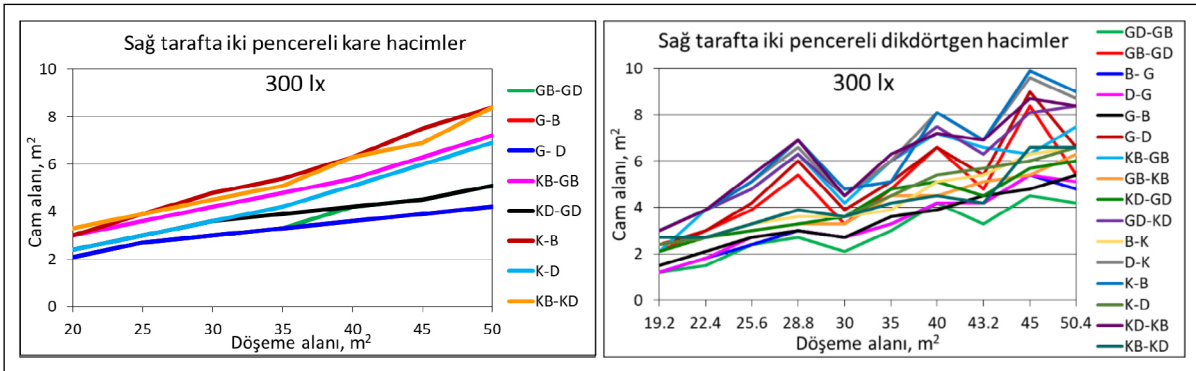
Şekil 8. Bir adet parapetsiz penceresi olan hacimler.



Şekil 9. İki duvarda birer penceresi olan hacimler.



Şekil 10. Bir pencereli hacimde pencerenin sola kaydırılması durumu.



Şekil 11. İki pencereli hacimde pencerenin sağa kaydırılması durumu.

• İki duvarda birer penceresi olan hacimler

Kare hacimlerin tümünde her üç aydınlık derecesi için en olumlu sonuç pencerelerin GB ve GD yönlerine baktığı durumdur. Yani, iki pencere duvarının GB-GD yönlerinde olması koşulunda en küçük cam alanı ile istenen aydınlıkların sağlanması olanaklı olmuştur. 300 lx ve 500 lx için yönler olumludan olumsuz doğru GB-GD, G-B, G-D, KB-GB, KD-GD, K-B, K-D, KB-KD şeklindedir (Şekil 9). 750 lx için olan sıralamada ise doğu ve batı yönler yer değiştirmiştir: GB-GD, G-D, G-B, KD-GD, KB-GB, K-D, K-B, KB-KD. Dikdörtgen hacimlerin hepsinde tüm aydınlık düzeyi dereceleri için en olumlu durum kısa duvardaki pencerenin GD, uzun duvardaki pencerenin GB yönüne baktığı koşuldur (GD-GB). Bu hacimler için yönlerin en olumludan olumsuz doğru sıralaması GD-GB, GB-GD, B-G, D-G, G-B, G-D, KB-GB, GB-KB, KD-GD, GD-KD, B-K ve K-B, D-K, K-D, KD-KB, KB-KD biçimindedir. Yönleri ifade eden sembollerden ilki kısa duvardaki, ikincisi uzun duvardaki pencerenin yönünü belirtmektedir. Kare ve dikdörtgen hacimlerin tümünde düşük ve orta nicelikteki aydınlık düzeyleri (300 lx, 500 lx) elde edilebilmiştir. Yüksek aydınlık düzeyi (750 lx) ise yalnızca küçük hacimlerde ve bazı büyük hacimlerde pencerelerin kare planda GB-GD, G-B, G-D; dikdörtgen planda ise temelde GD-GB, GB-GD yönlerine baktığı koşullarda sağlanabilmiştir. Hedeflenen aydınlık düzeyleri 428 dikdörtgen, 139 kare hacimde sağlanmıştır (Tablo 3, 4).

• Bir pencereli hacimde pencerenin sağa ya da sola kaydırılması durumu

En küçük cam alanına gereksinme duyulan yön bu pencere durumları için de güneydir. Her iki hacim biçiminde de pencerenin sola kaydırıldığı durumda yönlerin olumludan olumsuz sıralaması ortalanmış pencere koşulu ile aynıdır. Buna karşın pencerenin sağa kayması koşulundaki iki hacim biçiminde de aynı olmak üzere yön sıralamasında doğu ve batı yönler yer değiştirmiştir: G, GD, GB, D, B, KB, KD, K. Yalnızca günışığından yararlanma derecesinin en az olduğu durum için yapılan bu işlemde ele alınan tüm hacimlerde ≥ 300 lx sağlanmıştır (Tablo 3, 4). Yönler göre sıralamanın değiştiği, pencereyi sağa kaydırma durumu için gerekli cam alanının hacim boyutu ve yöne göre değişimi Şekil 10'da gösterilmiştir.

• İki pencereli hacimde pencerenin sağa ya da sola kaydırılması durumu

Kare hacimlerde pencerenin sola kaydırılması durumunda, G ve B yönlerinde pencereleri olan hacimlerde en küçük cam alanı ile hedef aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu bağlamda yönlerin dizilişi en olumludan en olumsuz doğru; G-B, GB-GD, KB-GB, G-D, K-B, KB-KD, KD-GD, K-D şeklindedir. Bu hacimlerde pencerenin sağa kaydırılması koşulunda en olumlu yönler G-B ve G-D olup bu yönleri sırasıyla GB-GD, KD-GD, K-D, KB-GB, KB-KD, K-B izle-

miştir (Şekil 10). Dikdörtgen hacimlerin uzun duvarındaki pencerenin hem sağa hem de sola kaydırılması sonucunda yönlerin sıralaması ortalanmış pencereden farklı çıkmıştır. En olumlu ilk sekiz yön için sıralama pencere sağ tarafta iken GD-GB, B-G, D-G, G-B, GB-KB, KD-GD KB-KD, B-K; sol tarafta iken GB-GD, B-G, G-D, KB-GB, KD-KB ve GD-KD, D-K olmuştur (Şekil 11).

HEŞAP SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

• Bir duvarda bir penceresi olan hacimler

Döşeme alanları birbirine yakın olmasına karşın dikdörtgen planlı hacimlerin daha büyük bir bölümünde hedeflenen günışığı nicelikleri elde edilmiştir. Bu bağlamda, günışığı ile aydınlanma bakımından dikdörtgen hacim biçimi daha elverişlidir. Biçimi kareye yakın olan dikdörtgen hacimlerde erişilen sonuçlar kare planlı hacimlere benzerdir. Her iki hacim biçiminde de en olumlu yönden (G) en olumsuz yöne (K) doğru gittikçe gereksinim duyulan cam alanı büyümektedir. Ayrıca, hacim büyüdükçe de gerekli cam alanı oransal olarak artmaktadır. Literatürde saydamlık oranının çeşitli tanımları vardır. Bunlardan biri pencere alanının brüt duvar alanına oranıdır (International Organization for Standardization, 2008). Bu oran yaklaşık cam alanının mekân içinden ölçülen duvar alanına karşılık gelir (Littlefair, 1999). Dolayısıyla bu çalışmada saydamlık ora-

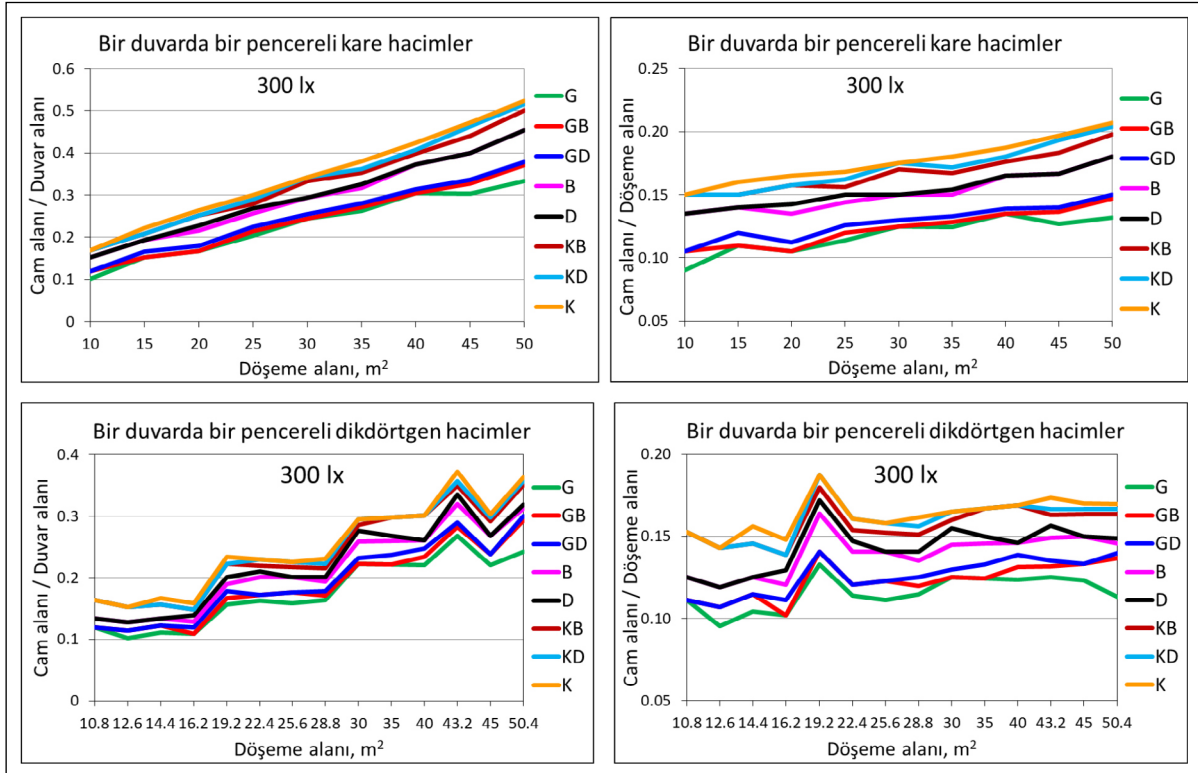
nı cam alanının net duvar alanına oranı olarak ele alınmıştır. İkinci bir saydamlık oranı tanımlı pencere alanının döşeme alanına oranıdır. Bu tanımda da cam alanı ve net döşeme alanı dikkate alınmıştır (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2009). Tek pencere hacimlerde saydamlık oranı iki farklı yaklaşıma göre de hesaplanmıştır (Şekil 12). Şekil 12'de görüldüğü üzere, her iki hacim biçiminde de hacmin boyutu arttıkça gerekli saydamlık oranı da artmaktadır. Alanları eşit ya da yakın dikdörtgen ve kare hacimler karşılaştırıldığında aynı hedef aydınlık için kare hacimlerde gereken cam alanı dikdörtgen hacimlerden daha fazladır. Hacim boyutu büyüdükçe ve hedef aydınlık düzeyi yükseldikçe bu iki hacim biçimi arasındaki gerekli cam alanı farkının da temelde arttığı söylenebilir.

• Bir duvarda parapetsiz bir penceresi olan hacimler

Bu hacimlerde elde edilen sonuçlar bir duvarda parapetli bir penceresi olan hacimlerle paraleldir. Parapetsiz kare ve dikdörtgen hacimlerin karşılaştırma sonuçları da aynı koşullardaki parapetli hacimler ile paralellik göstermiştir. Her iki geometrik biçimde de parapetsiz penceredeki cam alanının parapetli penceredeki cam alanına oranı hacim boyutu ve yöne göre anlamlı değişim göstermemiştir. Bu oran tüm hacimler için yaklaşık 1.5'dir.

• İki duvarda birer penceresi olan hacimler

Dikdörtgen biçimde hedeflenen aydınlık düzeylerinin sağ-



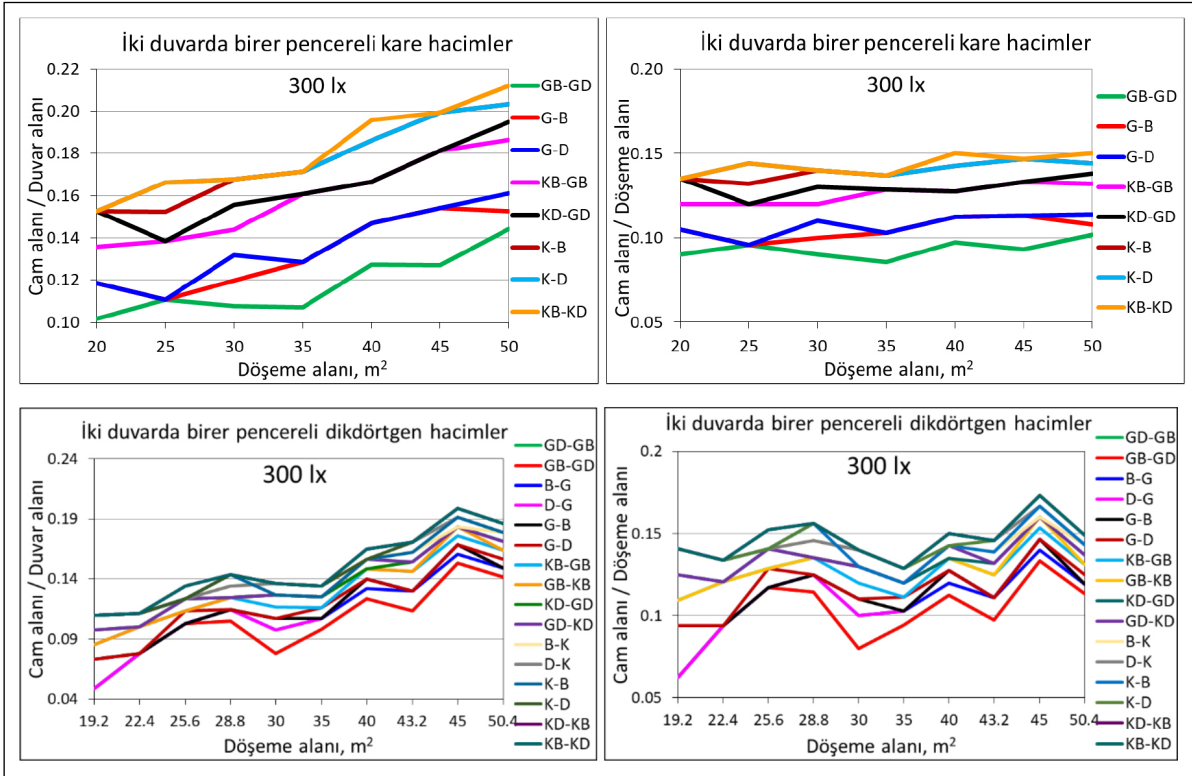
Şekil 12. Bir pencere hacimlerde saydamlık oranları.

landığı hacim sayısı Tablo 3 ve 4'te görüldüğü üzere kare biçimden daha fazladır. Bu sonuç, genişliği ile aydınlanma açısından mimari tasarımda dikdörtgen planın yeğlenmesini işaret etmektedir. Tek pencere hacimlerde olduğu gibi, iki pencere hacimlerde de hacim boyutu büyüdükçe saydamlık oranı artmaktadır (Şekil 13). Saydamlık oranı belirlemede iki ayrı duvardaki camların toplam alanı dikkate alınmıştır. Cam alanı/duvar alanı hesabında pencere iki duvarın toplam alanı göz önünde bulundurulmuştur. Döşeme alanları birbirine eşit ya da çok yakın olan kare ve dikdörtgen hacimleri karşılaştırmak üzere dikdörtgen hacme ait 16 yönden sekizi ele alınmıştır. Çünkü örneğin kare hacimde güney ve batı (G-B) yönlerinde penceresi olan bir durum varken dikdörtgen hacimde bu iki cepheye bakan iki ayrı durum vardır (G-B ve B-G). Bu iki durumdan birinde kısa kenar güneye (G-B), ötekinde uzun kenar güneye (B-G) bakmaktadır. Bu iki durumdan daha olumlu sonucun elde edildiği, bir başka deyişle daha küçük cam alanı olan seçenek (B-G) karşılaştırmada dikkate alınmıştır. Yapılan karşılaştırma çoğu durumda kare hacimlerde gerekli cam alanının daha küçük olduğunu göstermiştir. İki geometrik biçimdeki cam alanı farkları küçük olmakla beraber tek pencere hacimlerde ulaşılan sonuçla zıtlık göstermesi dikkati çekmektedir.

• Bir ve iki pencere hacimler

Bir duvarda bir pencere hacim ile iki duvarda birer pencere hacimlerin karşılaştırmasında olumlu yönler sıralaması

esas alınmıştır. Yani, örneğin bir pencere kare hacimde en olumlu G yönü ile iki pencere kare hacimdeki en olumlu yön olan GB-GD karşılaştırılmıştır. Dikdörtgen hacimlerde ise tek pencere hacimdeki yöne çift pencere hacimdeki karşılık gelen iki yön çifti saptanmış ve iki yön çiftinden daha olumlu olan göz önünde bulundurulmuştur. Örneğin, bir pencere koşulundaki en olumlu G yönü ile iki pencere durumundaki en olumlu yön çiftleri olan GD-GB ve GB-GD arasından cam alanı daha küçük olan seçilmiştir. Kare hacimlerde bir pencere hacimdeki cam alanı iki duvardaki pencerelerin toplam cam alanından daha büyük çıkmıştır. Hacmin döşemesi büyüdükçe cam alanları arasındaki söz konusu farkın da temelde arttığı söylenebilir. Bir pencere (sekiz yön) ve iki pencere (sekiz yön çifti) koşullarındaki toplam 16 durum için yönler en olumludan olumsuzlara sıralanarak tek-çift pencere tercihi yönünün etkisi vurgulanmak istenmiştir: GB-GD, G-B, G-D, G, KB-GB, KD-GD, GB, GD, K-B, K-D, KB-KD, B, D, KB, KD, K. Tek pencere durumuna ait yönler koyu yazılarak belirtilmiştir. Bu sıralama örneğin KB-GB ya da KD-GD yönlerinde birer penceresi olan hacme göre G yönündeki bir pencere hacimde daha küçük cam alanı ile istenen aydınlığın sağlanabileceğini göstermektedir. Dikdörtgen hacimlerde genel olarak 300 lx için iki duvarda birer pencere, 500 lx ve 750 lx için ise bir duvarda bir pencere durumu daha olumlu sonuç vermiştir. Bir pencere (sekiz yön) ve iki pencere (16 yön çifti) koşullarının tümü (24 durum) dikkate alınarak yapılan yön sıralaması hedef aydınlık düzeyine göre farklılık göstermiştir. En olumlu se-



Şekil 13. İki pencere hacimlerde saydamlık oranları.

kiz yöne ilişkin bu sıralama 300 lx için GD-GB ve GB-GD, B-G, D-G, G-B, G, G-D, GB; 500 lx için G, GB, GD, GD-GB, B, GB-GD, D, B-G; 750 lx için G, GB, GD, GD-GB ve GB-GD, B-G, D-G, G-B şeklindedir. Tek pencere koşuluna ilişkin yönler koyu yazılmıştır.

• Pencere konumunun farklılaştığı bir pencereli hacimler

Kare hacimlerde pencerenin sağa ya da sola kaydırıldığı durumda gerekli cam alanı pencerenin duvara ortaladığı koşuldanda daha büyüktür. Bu belirleme G, GB, GD, B ve D yönleri için geçerli olup öteki üç yönde (KB, KD, K) herhangi bir fark gözlenmemiştir. Pencerenin sağa ve sola kayması durumları birbiriyle kıyaslandığında G, GD ve D yönlerinde sağ taraftaki konum; GB ve B yönlerinde ise sol taraftaki konum daha olumludur. Dikdörtgen hacimlerin tüm yönlerinde sağa ya da sola kaydırılmış pencerede gerekli cam alanı pencerenin duvara ortaladığı koşuldanda genelde daha büyüktür. Her iki doğrultudaki konum değiştirmenin birbiriyle karşılaştırmasında, pencerenin GD, D yönlerinde sağa; GB, B yönlerinde sola kaydırılması daha olumlu sonuç vermektedir. Her iki konumda KD ve K yönlerindeki cam alanları eşit olup, G ve KB yönlerinde ise anlamlı fark görülmemiştir. İnceleme sonuçları her iki hacim geometrisi için pencere duvarına ortalanan pencerenin sağ ya da sol tarafta yer alan pencereye göre daha uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Alanları eşit/yakın olan kare ve dikdörtgen hacimler karşılaştırıldığında gerek sağa gerekse sola doğru yer değiştirmiş pencereler için gereksinim duyulan cam alanı genel olarak kare biçimlerde biraz daha büyüktür.

• Pencere konumunun farklılaştığı iki pencereli hacimler

Kare hacimler ile ilgili GB-GD yön çiftinde pencerenin ortalananması en elverişli durumdur. G-B yönünde ise küçük hacimlerde ele alınan pencere konumları belli bir fark yaratmaz iken büyük hacimlerde pencerenin sağa ya da sola kaydırılması ortada yer almasından daha olumlu olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu iki yön çifti dışındaki yönlerde iki duvarda ortalanan pencerelere göre, genelde pencerelerin birbirine yaklaşması (Şekil 2f) daha olumsuz, uzaklaşması ise daha olumlu sonuç vermiştir (Şekil 2e). Dikdörtgen hacimlerde ulaşılan sonuçlar da kare hacimler ile paralellik göstermiş, tüm yön çiftlerinde pencerelerin birbirine yaklaşması (Şekil 2f) durumunda gerekli cam alanı ortalanan pencerenin cam alanından daha büyük, uzaklaşması koşulunda (Şekil 2e) ise daha küçük çıkmıştır. Yalnızca B-G yön çiftinde pencerenin sağa ya da sola kaydırıldığı her iki durumun da ortalanan pencereden daha avantajlı olduğu gözlenmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmanın sonuçları konutlarda yaygın kullanılan bir cam tipinin ışık geçirme çarpanına dayanmaktadır. Işık ge-

çirme çarpanı bundan farklı camların kullanılması gerekli cam alanlarını da değiştirecektir. Bununla birlikte, cam ışık geçirme çarpanı ile saydamlık oranının çarpımına bağlı tanımlanan “etkin açıklık” uyarınca kullanılan camın ışık geçirme çarpanına göre saydamlık oranını (cam/duvar) değiştirmek yoluna gidilebilir (Robinson ve Selkowitz, 2013). Hacim iç yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanının bu çalışmada uygulanan değerlerden farklı olması da erişilen sonuçlar üzerinde etkili olabilecektir.

Ele alınan hacimlerin tümünde esas alınan EN 17037 standardı gereği hedeflenen aydınlık düzeyi referans düzlemin yarısında oluşmaktadır. Örneğin, 300 lx hedeflenmiş ise bu aydınlık hem pencere duvarından hem de pencere karşısındaki duvardan belli uzaklıkta kalan bölgede oluşmakta, hacmin yaklaşık bu orta bölgesi ile pencere arasındaki aydınlıklar 300 lx ya da daha yüksek olmaktadır (Şekil 2). Ancak referans düzlemde oluşan en yüksek aydınlık düzeyi hakkında bilgi edinilmemektedir. Bilindiği üzere yüksek aydınlık düzeyi kamaşmaya yol açmaktadır. Standartta aşılması gereken aydınlık düzeyi hakkında bilgi bulunmamasına karşılık bir başka ölçüt olan günışığı kamaşma olasılığı (*DGP, daylight glare probability*) ile aydınlık düzeyine sınırlama getirilmektedir. Bu araştırma kapsamında ele alınan tüm hacimler için belli noktalarda DGP hesabı yapılmış ve her hacimdeki kamaşmadan korunma derecesi en az, orta ya da yüksek olarak saptanmıştır. Öte yandan, kullanıcıların gereksinim duydukları sürelerde kamaşmadan korunmaya yönelik perde, stor, jalu gibi güneş kontrol elemanlarından yararlanabilecekleri açıktır.

Pencerenin boyutu, sayısı ve duvar içindeki konumu hedeflenen aydınlığın olduğu bölgenin yerini etkilemektedir. Hedef aydınlığın sağlandığı bölgenin referans düzlemdeki yerinin koşullara göre farklılaşması Şekil 2’de verilen örnek hacimlerde izlenebilmektedir. İç mimari tasarımda referans düzlemdeki aydınlık dağılımı dikkate alınmalı, hacimde uzun süre gerçekleştirilen etkinliklerin olabildiğince söz konusu şekilde belirtilen sarı bölgede (≥ 300 lx) planlanması, kısa süreli kullanılan iç mimari öğelerin ise mavi bölgede (≥ 100 lx) bulunması yeğlenmelidir.

Geleneksel olarak günışığına yönelik pencere tasarımı kapalı göğün esas alındığı günışığı çarpanına göre yapılmaktadır (Darula ve ark., 2014). Kapalı gök koşulunda yönün etkisi olmadığından yapılan belirlemeler de yönden bağımsız olmaktadır. Oysa iklim tabanlı verilere dayanan hesaplama sonuçları gereken saydamlık oranının yöne göre değiştiğini göstermiştir (Şekil 12, 13). Hedef aydınlığın olabildiğince küçük cam alanı ile sağlanabilir olması ısı ve ses konuları da dikkate alındığında avantajlıdır. Bununla birlikte, hacmin değişik noktalarında bulunabilen kullanıcıların dış ortam hakkında bilgi edinebilmeleri de önemsenmelidir. Dış ortamla görsel bağlantı bakımından yapılacak inceleme pencere tasarımının kullanıcıların bu gereksinimine ne ölçüde karşılık verdiğini ortaya koyacaktır. Bu makalede ele alınan

tüm hacimlerin dış ortamla görsel bağlantısı etüt edilmiş ve her hacim için bu bağlantının derecesi en az, orta ya da yüksek olarak belirlenmiştir.

Hedef aydınlığı sağlayan saydamlık oranının yöne ve pencere duvarı sayısına göre değişmesi doğaldır. Bu iki etkenin yanı sıra her iki tanıma göre saptanan saydamlık oranının hacim biçim ve boyutuna göre de değiştiği izlenmiştir (Şekil 12, 13). Bir pencereli kare hacimlerde her iki saydamlık oranının da yaklaşık olarak hacim boyutu ile oranlı arttığı söylenebilir. İki pencereli kare hacimlerde yaklaşık olarak “cam alanı/duvar alanı” oranının döşeme alanı ile oranlı arttığı, “cam alanı/döşeme alanı” oranının ise döşeme alanına göre değişmediği kabul edilebilir. Buna karşılık dikdörtgen planlı hacimlerde hacim boyutuna göre saydamlık oranında genelde bir artış gözlenirse de bu artış oranlı olarak tarif edilemez. Bunun nedeni ele alınan dikdörtgen hacimlerin boy/en oranlarının 1.2-1.8 arasında değişmesidir. Buna bağlı olarak, hacim biçim ve boyutu ile yönden bağımsız yapılan saydamlık oranı önerilerinden pencere tasarımında ne ölçüde yararlanılabileceği sorgulanmalıdır. Dikdörtgen planda pencere uzun kenar yerine kısa kenarda yer aldığı daha fazla cam alanına gereksinim duyulur. Örneğin, 300 lx aydınlık ve %50 günışığı otonomisi hedeflenen Boston’daki “pencereli kısa duvarı” güneye bakan (çift cam $\tau = \%65$) referans bir büro (8.2 m x 3.6 m) için uygun “cam/duvar oranı: 0.40” olarak saptanmıştır (Reinhart ve ark., 2013). Bu oran bu çalışmada ele alınan, döşeme alanı buna yakın ancak “pencereli uzun duvarı” güneye bakan hacimlerde bulunan değerden daha yüksektir. Ele alınan illerin coğrafi konumları arasındaki fark da doğal olarak sonuçları etkilemektedir.

Pencerenin duvardaki yeri gereksinim duyulan cam alanını etkilemektedir. Bu bağlamda tek pencereli hacimlerde pencereyi ortalarak, çift pencereli hacimlerde genel olarak bir pencereyi ötekenden uzaklaşacak şekilde kaydırarak istenen aydınlık en küçük cam alanıyla sağlanabilmektedir. Parapetsiz pencerelerdeki cam alanı parapetli olanların yaklaşık 1.5 katıdır. Buna karşılık her iki koşuldaki pencere genişlikleri birbirine yakındır. Parapetsiz penceredeki referans düzlem altında kalan cam alanının bu düzlemdeki aydınlığa katkısının az olduğu açıkça görülmektedir. Öte yandan, parapetsiz pencerelere temelde bir balkon eşlik etmektedir. Balkon korkuluğu tasarımı ve malzemesinin de doğal olarak hacim içindeki aydınlığı etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır. Yararlı düzlem altında kalan cam alanının aydınlığın niceliğine katkısı çok düşük olmakta, buna karşılık mevsime göre ısıtma ve soğutma yükünü artırabilmektedir. Manzaranın çok etkileyici olduğu koşullarda ya da doğa ile bütünleşmenin önemsendiği giriş katlarında parapetsiz pencerenin yeğlenmesi kabul edilebilir. Parapetsiz pencere kullanımına ilişkin karar çok yönlü değerlendirilmenin ardından verilmelidir.

SONUÇ

Yapıların doğal ışıkla aydınlanmasına yönelik EN 17037 standardında dört günışığı ölçütü ve bunların her biri için en az, orta ve yüksek olmak üzere üç derece tanımlanmıştır. Tüm ölçütler bakımından gerekli koşulların yaratılması yapının konumu, pencere duvarının baktığı yön, pencere boyutu, sayısı ve duvar içindeki konumu gibi bir dizi etkene bağlıdır. Pencere tasarımında günışığı ölçütlerinin tümü için “yüksek” derecenin hedeflenmesi gerekemeyebilir. Öte yandan, bazı ölçütler birbiriyle de çelişebilmektedir. Örneğin, yüksek nicelikte aydınlığın olduğu hacimde “yüksek” derecede kamaşmadan korunma sağlamak olanaklı olmayabilir. Hacmin işlevi, kullanım biçimi ve kullanıcı özelliklerine göre hangi ölçüt için hangi derecenin uygun olacağına karar vermek, hedeflenen dereceler arasında dengeyi gözetmek önemlidir. Ancak, doğal ışık ile aydınlanmanın başarılı sayılabilmesi tüm ölçütler için mutlaka “en az” derecesinin yerine getirilmesine bağlıdır. Pencere tasarımında denge fiziksel çevrenin ışık dışındaki ısı, ses gibi öteki öğelerini ve enerji tüketimini de dikkate almayı gerektirir. Günışığı aydınlığını belirleyen etkenlere yönelik çok sayıda değişkenin dikkate alındığı bu çalışmada mimari tasarımda yararlanılabilir veriler sunulmuştur. Bu verilerden bir yapıdaki hacimleri konumlandırmak, hacim geometrisi ve boyutuna karar vermek, hacmin yapı içindeki konumu ve yöne göre pencere sayısı ve konumunu saptamak gibi birçok açıdan yararlanılabilir. Günümüzde artık yaygın olarak iklim tabanlı verilere dayalı günışığı aydınlatma tasarımı yapılmaktadır. Görsel konfor bakımından yetkin ürünlerin ortaya konulabilmesi için mimari tasarımın bu tasarımın çıktıkları ile beslenmesine ihtiyaç vardır. Konutlara yönelik yapılan bu çalışmanın sonuçlarından boyut ve biçimi burada ele alınan hacimlere benzer olan başka işlevli hacimler için de yararlanılabileceği açıktır.

- *Bu makale, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı’nda Prof. Dr. Leyla Dokuzer Öztürk danışmanlığında Betül Uç tarafından yapılmakta olan doktora tez çalışması kapsamında üretilmiştir.*

ETİK: Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

HAKEM DEĞERLENDİRMESİ: Dış bağımsız.

ÇIKAR ÇATIŞMASI: Yazarlar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanması ile ilgili olarak herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

FİNANSAL DESTEK: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

ETHICS: There are no ethical issues with the publication of this manuscript.

PEER-REVIEW: Externally peer-reviewed.

CONFLICT OF INTEREST: The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

FINANCIAL DISCLOSURE: The authors declared that this study has received no financial support.

KAYNAKLAR

- Bellia, L., Cesarano, A., Minichiello, F., and Sibilio, S. (2000). De-Light: A software tool for the evaluation of direct daylighting illuminances both indoors and outdoors-comparison with Superlite 2.0 and Lumen Micro 7.1. *Building and Environment*, 35(4), 281-295. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(99\)00026-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(99)00026-8)
- Bournas, I. (2020). Daylight compliance of residential spaces: Comparison of different performance criteria and association with room geometry and urban density. *Building and Environment*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107276>
- British Standards Institution. (2008). Lighting for buildings-part 2: Code of practice for daylighting (BS Standart No. 8206-2:2008).
- Chartered Institution of Building Services Engineers. (1999). Daylighting and window design - Lighting guide (CIBSE Standart No. LG10: 1999).
- Darula, S., Kittler, R., and Malíková, M. (2014). EN criteria for evaluation of daylight in interiors. *Advanced Materials Research*, 899, 307-314. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.899.307>
- Darula, S., and Kittler, R. (2018). The window size in residential house facades after the current and new CEN standard. *Proceedings of the IEEE. VII Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4)*, Trebic, Czech Republic, 1-5.
- De Chiara, J., Panero, J., and Zelnik, M. (1992). *Time-saver standards for interior design and space planning*. McGraw-Hill.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. (2009). *Tagelicht am Arbeitsplatz leistungsfördernd und gesund*. DGUV.
- European Committee for Standardization. (2018). *Daylight in buildings* (CEN Standard No. EN 17037:2018).
- Illuminating Engineering Society. (2013). *Recommended practice for daylighting buildings* (IES Standard No. RP-5-13).
- International Organization for Standardization. (2008). *Building environment design-energy efficiency- terminology* (ISO Standard No. 16818:2008).
- International Commission on Illumination. (2014). *CIE Standard general sky guide* (CIE Standard No. 215:2014).
- Jakubiec, J. A., and Reinhart, C. F. (2011). *Diva 2.0: integrating daylight and thermal simulations using Rhinoceros 3d, Daysim and Energyplus*. *Proceedings of the 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Sydney, Australia, 2202-2209.
- Li, D. H. W., Cheung, G. H. W., Cheung, K. L., and Lam, T. N. T. (2010). Determination of vertical daylight illuminance under non-overcast sky conditions. *Building and Environment*, 45 (2), 498-508. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.07.008>
- Littlefair, P. (1999). *Daylighting and solar control in the building regulations*. Building Research Establishment.
- Markou, M. T., Kambezidis, H. D., Bartzokas, A., Darula, S., and Kittler, R. (2007). Generation of daylight reference years for two European cities with different climate: Athens, Greece and Bratislava, Slovakia. *Atmospheric Research*, 86(3-4), 315-339.
- Nabil, A., and Mardaljevic, J. (2005). Useful daylight illuminance: a new paradigm to access daylight in buildings. *Lighting Research & Technology*, 37(1), 41-59. <https://doi.org/10.1191/1365782805li128oa>
- Nabil, A., and Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, 38, 905-913. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.013>
- Neufert, E. (1983). *Yapı tasarımı temel bilgileri*. Güven Yayıncılık.
- Paule, B., Boutillier, J., Pantet, S., and Sutter Y. (2018). A lighting simulation tool for the new European daylighting standard. *Proceedings of the 4th Building simulation and Optimization Conference*, Cambridge, UK, 32-37.
- Rasmussen, H. F., and Pedersen, T. S. (2019). An industry perspective on building simulations with solar shading. *E3S Web of conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911103048>.
- Reinhart, C. F., Mardaljevic, J., and Rogers, Z. (2006). Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. *Leukos*, 3(1), 7-31. <https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2006.03.01.001>
- Reinhart, C. F., Jakubiec, J. A., and Ibarra, D. (2013). Definition of a reference office for standardized evaluations of dynamic façade and lighting technologies. *Proceedings of the 13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Chambery, France, 3645-52.
- Resmi Gazete. (2017). *Çevre ve Şehircilik Bakanlığında: Planlı alanlar imar yönetmeliği* (Sayı: 30113).
- Robinson, A., and Selkowitz, S. (2013). *The integrated approach - Tips for daylighting with windows*. Lawrence Berkeley National Laboratory, U.S. Department of Energy.
- Ullah, M. B., and Lin, L. W. (2003). Daylight distribution in the living rooms of four types of pub-

- lic housing building in Singapore. *Lighting Research and Technology*, 35(2), 91-100. <https://doi.org/10.1191/1477153503li085oa>
- Uzunoglu, K., and Ozer, H. (2014). Toplu konutların ön tasarım aşamasında değerlendirilmesi. *Megaron*, 9(3), 167-189. doi: 10.5505/MEGARON.2014.44366
- Yılmaz, F. Ş. (2016). Proposal of a façade design approach for daylight performance determination in buildings. *ITU Journal of the Faculty of Architecture*, 13(2), 57-64. doi: 10.5505/itujfa.2016.49140
- Yılmaz, F. Ş. (2019). Binalarda günışığı performans ölçütlerine güncel bir bakış: EN 17037 standardı ve uygulaması. 10. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, Türkiye.