

KENTSEL GEOMETRİNİN KONUT YERLEŞMELERİNDE ENERJİ VE GÜNIŞIĞI PERFORMANSINA ETKİSİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

The Effect of Urban Geometry on Energy and Daylight Performance in Housing Settlements: The Case of Istanbul

İdil Erdemir Kocagil
Gül Koçlar Oral

ÖZET

Kentsel geometri, bina yüksekliğinin (H) sokak genişliğine (W) oranı (H/W) olarak tanımlanmaktadır. Yerleşme dokusunun H/W oranına bağlı olarak binalar arasında kurulan geometrik ilişki, binaların güneş ışınlamayı ve günışığı erişim düzeylerini belirlemektedir. Dolayısıyla, enerji ve günışığı etkin binalar için yeterli düzeyde güneş erişimine izin veren yerleşme dokularının tasarlanması uygun H/W oranının belirlenmesi ile mümkündür. Bu çalışmada kentsel geometrinin bina performansına etkisini değerlendirmek için dikdörtgen planlı, 5 katlı konut binalarının tanımladığı H/W oranı 0.50, 1.00 ve 2.00 olan üç yerleşme dokusu alternatifi geliştirilmiştir. Sokak genişliği farklı olan yerleşme dokularının izin verdiği güneş erişimi düzeylerinin bina performansına etkisi referans binada farklı katlarda yer alan ve farklı yönlendirilmiş durumlarına sahip modüllerin enerji tüketimi ve günışığı etkinliği üzerinden analiz edilmiştir. Enerji performansı değerlendirmeleri için yıllık nihai ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketimleri DesignBuilder simülasyon programı, günışığı performansı değerlendirmeleri için ise faydalı günışığı aydınlığı (UDI) Daysim aydınlatma simülasyon programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, bütüncül bir yaklaşımla, aynı bina tasarım parametrelerine sahip yerleşme dokularında H/W oranının değiştirilmesi sonucu zemin kat ve üst katta yer alan modüllerin enerji tüketim düzeyleri arasındaki farkın %22 oranından %2 oranına ve faydalı günışığı aydınlığı (UDI) düzeyleri arasındaki farkın %54 oranından %7 oranına düşürülerek, binaların performansı iyileştirmek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Enerji etkinliği; Günışığı, Kentsel geometri; Bina enerji performansı; Konut binaları; Yerleşme dokusu tasarımı.

ABSTRACT

Urban geometry is defined as the ratio of building height (H) to street width (W). The geometric relationship established between the buildings depending on the H/W ratio of the settlement texture determines the solar radiation and daylight access levels of the buildings. Therefore, it is possible to design settlement textures that allow optimum level of solar access for energy and daylight efficient buildings by determining the appropriate H/W ratio. In this study, three settlement texture alternatives with H/W ratio of 0.50, 1.00 and 2.00 defined by rectangular planned, 5-storey residential buildings were developed to evaluate the effect of urban geometry on building performance. The effect of the solar access levels allowed by the geometry of the different settlement alternatives on the building performance was analyzed through the energy consumption and daylight efficiency of the modules located on different floors and directed to different directions in the reference building. For energy performance evaluations, annual heating, cooling and lighting energy consumptions were calculated via DesignBuilder simulation program and for daylight performance evaluations, useful daylight illuminance (UDI) was calculated via Daysim lighting simulation program. According to the results, by means of a holistic approach, it is possible to improve the performance of buildings by changing the H/W ratio in the settlements designed with the same building design parameters in order to reduce the

difference between the modules located on the lower floor and the upper floor on energy consumption from 22% to 2% and on useful daylight illuminance (UDI) levels ranged from 54% to 7%.

Key Words: Energy efficiency; Daylighting; Urban geometry; Building energy performance; Residential buildings; Settlement texture design.

1. GİRİŞ

İnsanın gereksinmelerini karşılaması için doğaya karşı verdiği çaba, hızlı yapılaşma ve plansız kentleşme, ekolojik yapının bozulmasına ve enerji kaynaklarının tükenmesine yol açmaktadır. Enerji ve çevre sorunlarına çözümler geliştirerek gelecek kuşakların gereksinmelerini karşılamalarına olanak sağlamayı hedefleyen sürdürülebilir yapma çevrelerin oluşturulmasında güncel bir yaklaşım olarak enerji etkin tasarım anlayışı benimsenmelidir. Özellikle, küresel enerji tüketiminin önemli bölümünden sorumlu olan kentsel yerleşmelerin uzun yıllar boyunca değişmeden binaların konfor koşulları üzerinde etkili oldukları göz önünde bulundurulduğunda, sürdürülebilir enerji kaynaklarından yarar sağlayan enerji etkin sistemler olarak tasarlanmaları önem taşımaktadır.

Ülkemiz için yüksek bir potansiyel olması nedeni ile sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden kentsel yerleşme ölçeğinde yarar sağlamak, yerleşme dokusunu oluşturan binaların güneş ışınımı ve günüşiği kazançlarını optimize ederek gerekli konfor koşullarını daha az aktif enerji gereksinimi ile gerçekleştirmekle mümkün olabilir. Konuyla ilgili olarak Strømman-Andersen ve Sattrup farklı kentsel geometrileri kıyaslayarak yaptıkları çalışmada yerleşme dokusu tasarımının konut binalarının toplam enerji tüketimi üzerinde %19 oranına varan bir etkiye sahip olduğunu açıklamışlardır [1]. Bu bağlamda, yerleşme dokusu ve bina etkileşimini kentsel geometri kavramı ile belirlemek olanaklıdır. Doğal kanyonlara benzer geometrik özellikleri nedeniyle kent kanyonu olarak adlandırılan ve bina yüksekliğinin (H) sokak genişliğine (W) oranını tanımlayan H/W oranı yerleşme dokusu-bina etkileşiminin temelini oluşturmaktadır. Bu kavramı ilk ortaya koyan araştırmacılardan Oke, iki boyutlu kesitte sokak kavşaklarını ihmal ederek ve kanyon eksenini boyunca binaların yarı-sonsuz uzunlukta olduğunu varsayarak kent kanyonunu basit bir geometri ile tanımlamıştır [2]. Kent kanyonları, geometrilerine bağlı olarak binaların güneş erişimini önemli ölçüde etkilemektedirler.

Yerleşmelerde kentsel geometrilerle tanımlanan güneş erişimi düzeyi binaların pasif performansı üzerinde son derece etkili olarak binaların enerji tüketim düzeylerini belirlemektedir. Güneş erişiminin enerji etkin yerleşme ve bina tasarımı için önemini analiz edebilmek için güneş ışınımı kazancının ısıtma ve soğutma enerjisi üzerindeki etkilerinin yanı sıra günüşiği erişiminin aydınlatma enerjisi üzerindeki etkisi birlikte ele alınmalıdır. Bu doğrultuda geliştirilecek yöntem, her bir tasarım parametresindeki değişimin münferit etkilerini bina enerji ve günüşiği performansı bakımından analiz ederek sonuca ulaşmalıdır. Ancak yerleşme tasarımı gibi çok değişkenli durumlarda optimizasyon yaparak en "ideal" durumu belirlemek mümkün değildir. Kompleks tasarım süreçlerinde Oke'nin açıkladığı gibi farklı çevresel bağlamların, kentsel geometrilerin, iklim değişkenlerinin ve tasarım kararlarının neredeyse sonsuz kombinasyonu vardır [2]. Böyle durumlarda tek bir çözüm; diğer bir deyişle, evrensel olarak optimum geometri yoktur. Bu nedenle, yerleşme tasarımına ilişkin çalışmalarda optimum çözümü aramak yerine tasarım parametrelerine tanımlanan değerlerin bina enerji ve günüşiği performansı üzerindeki etkileri karşılaştırılarak elde edilecek çözüm seçenekleri sunmak uygun bir yaklaşım olacaktır.

2. YÖNTEM

Yerleşme dokularının binalara optimum düzeyde güneş erişimi sağlayarak binaların enerji tüketimini minimize etmeyi amaçlayan sistemler olarak tasarlanması sürdürülebilirlik bağlamında son derece önemlidir. Bu amaçla yerleşme dokuları tasarlanırken kentsel geometriyi tanımlayan tasarım parametreleri için uygun değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu sayede binaların güneş erişim

düzeylerini optimize ederek gerekli konfor koşullarının minimum düzeyde aktif enerji tüketimi ile sağlanması mümkündür.

Çalışma kapsamında kentsel geometri bağlamında ele alınan H/W oranı parametresinin bina enerji ve güneşiği etkinliği üzerindeki etkilerini değerlendirebilmek için farklı H/W değerlerine sahip yerleşme dokusu alternatifleri geliştirilerek bu yerleşme dokularında yer alan referans binanın performansı analiz edilmiştir. Ancak, kentsel geometrinin bina performansına ilişkin olarak daha önce yapılan çalışmalarda aynı bina içinde farklı katlarda yer alan ve farklı yönlendiriliş durumlarına sahip modüllerin güneş ışınlı ve gün ışığı kazançları arasında farklar olduğu ve bu durumun modüllerin enerji ve gün ışığı performanslarına belirgin farklar olarak yansıdığı görülmektedir [3]. Bu doğrultuda çalışmadan elde edilen sonuçların bütüncül bir tasarım anlayışı bağlamında yerleşme dokuları içinde yer alan referans binada farklı katlarda yer alan ve farklı yönlendiriliş durumlarına sahip modüller için enerji ve güneşiği performansları analiz edilmiştir. Çalışma kentsel dönüşüm uygulamaları kapsamında son derece hızlı bir konut üretim sürecinden geçen ve ılımlı-nemli iklim bölgesinde yer alan İstanbul için uygulanarak İstanbul'da üretilen konut yerleşmelerinin enerji ve güneşiği performansının artırılmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2.1. Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi

Çalışmada değerlendirilmek üzere geliştirilen yerleşme dokusu alternatiflerinin tanımlanmasında dikkate alınan iklime ilişkin tasarım parametreleri, kullanıcıya ilişkin tasarım parametreleri, yerleşme ve binaya ilişkin tasarım parametreleri ve aktif bina alt sistemlerine ilişkin tasarım parametreleri aşağıda detaylı olarak açıklanmaktadır.

2.1.1. İklim İlişkin Tasarım Parametreleri

Yerleşme dokusunda referans konut binasına ilişkin enerji tüketim değerleri iklimsel farklılıklara bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Çalışma kapsamında İstanbul ili için dış iklime ilişkin, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği, güneş ışınlı ve rüzgar verileri, "Tipik Meteorolojik Yıl" formatında Meteororm 7.0 isimli iklim verileri elde etme programı ile oluşturulmuştur.

İç iklime ilişkin tasarım parametreleri kapsamında ısıtma istenen dönemde iç hava sıcaklığının konutların aktif olarak kullanıldığı 07:00-23:00 saatleri için 20°C, diğer saatler için 13°C değerini sağladığı kabul edilmiştir. Soğutma istenen dönemde ise, iç hava sıcaklığının 07:00-23:00 saatleri için 26°C, diğer saatler için ise 32°C değerini sağladığı varsayılmıştır. Soğutma istenen dönemde ayrıca, doğal havalandırmanın aktif konumda olacağı kabul edilmiştir. Kişi başına düşen minimum taze hava miktarı, 10 (l/s) olarak belirlenmiştir [4].

2.1.2. Kullanıcıya İlişkin Tasarım Parametreleri

Kullanıcıya ilişkin tasarım parametreleri, hesaplamalarda yaşama mekânı koşulları ve iklimsel konfor koşulları dikkate alınarak tanımlanmıştır. Referans binaya ilişkin kullanıcı yoğunluğu 0.04 m²/kişi ve kullanıcı aktivite düzeyi 110 W/kişi olarak tanımlanmıştır. Kullanıcı giysi tipi, ısıtma istenen dönem için 1 clo, soğutma istenen dönem için ise 0.5 clo olarak kabul edilmiştir.

2.1.3. Yerleşme ve Binaya İlişkin Tasarım Parametreleri

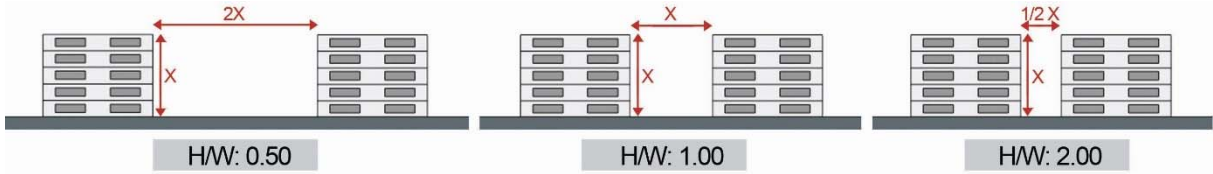
Çalışma kapsamında, 40.97° enlem ve 28.82° boylam koordinatlarında ve denizden 37 m yükseklikte olduğu kabul edilen İstanbul ilinde yaklaşık 30.000 m²'lik düz bir yerleşme alanı dikkate alınmıştır.

Referans konut binasına ilişkin bina formunun tanımlanmasında 100 m² brüt taban alanına sahip olan modüllerin kullanılması öngörülmüştür. Planda binanın uzunluğunun (L) bina derinliğine (W) oranı olarak tanımlanan biçim faktörü (L/W)) 2.00 olan iki adet modülün birleştirilmesi ile oluşturulan dikdörtgen taban alanlı plan tipi kullanılmıştır (Şekil 1). Binalar, döşeme üstünden döşeme üstüne yükseklik 3.00 m kabul edilerek, 5 katlı (15 m) olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan binalar modüllerin yönlendiriliş durumlarının etkisini analiz edilebilmek için dört yönden güneş erişimine sahip olacak şekilde ayrıncı nizamda nokta blok olarak yerleştirilmiştir.



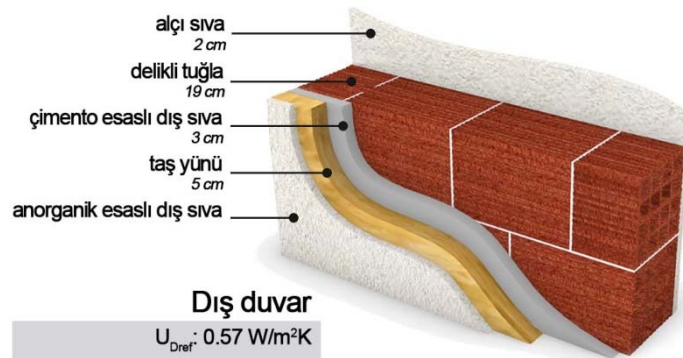
Şekil 1. Referans binayı tanımlamak için kullanılan iki modüllü dikdörtgen taban alanlı plan.

Çalışmada kentsel geometrinin etkisini değerlendirmek için 0.50 (sığ), 1.00 (üniform) ve 2.00 (derin) olmak üzere çalışmalarda yaygın olarak kullanılan üç farklı H/W oranı değerlendirilmek üzere belirlenmiştir (Şekil 2) [5].



Şekil 2. Yerleşme dokusu alternatiflerini geliştirmek için kullanılan üç farklı H/W oranı.

Bina kabuğuna ilişkin olarak tanımlanan opak ve saydam bileşenlerin katmanlaşma detayları, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı TS 825'te İstanbul ili için belirtilen limit U değerlerine (toplam ısı geçirme katsayısı) uygun olarak dış duvar 0.57 W/m²K (Şekil 3) ve pencere 1.40 W/m²K olarak geliştirilmiştir [6]. Binaların her cephesinde saydamlık oranı %30 olarak belirlenmiş ve modüllerin bütün cephelerine bu oranı sağlayan eşit büyüklükte pencereler yerleştirilmiştir.



Şekil 3. Referans binayı tanımlamak için kullanılan dış duvar katmanlaşması.

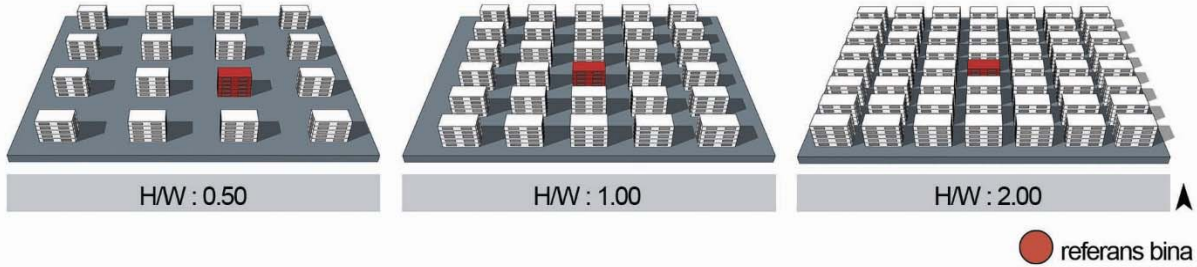
2.1.4. Aktif Bina Alt Sistemlerine İlişkin Tasarım Parametreleri

Aktif bina alt sistemleri kapsamında referans konut binasına ilişkin ısıtma sistemi yoğunmalı kazan tipli merkezi sistem ve kullanılan enerji türü doğalgaz olarak belirlenmiştir. Çalışmada 4.50 performans katsayısına (COP değerine) sahip soğutma sisteminin mevcut olduğu ve soğutma için elektrik enerjisinin kullanıldığı varsayılmıştır. Konut modülleri tek zonlu olarak ele alınmış ve zonlar yaşama mekânı olarak belirlenerek gerekli olan aydınlık düzeyi değeri yapma aydınlatma sistemi için 100 lux olarak belirlenmiştir [7]. LED aydınlatma elemanları kullanılarak, günışığı aydınlık düzeyi ile entegre olarak çalışan üç kademeli bir aydınlatma kontrolüne sahip olan yapma aydınlatma sistemi tanımlanmıştır.

2.2. Yerleşme Dokusu Alternatiflerinin Geliştirilmesi

Çalışmada enerji ve gün ışığı performansı analizleri yapılmak üzere değerlendirilecek yerleşme dokusu alternatiflerinin yer aldığı varsayılan yaklaşık 30.000 m²'lik bir alan, çalışma alanı olarak ele alınmıştır. İlgili çalışma alanı içerisinde minimum 9 (3x3) konut binası yerleşecek şekilde tasarım

alternatifleri geliştirilmiş ve yerleşme dokularında yer alan toplam bina sayısı H/W oranına dayalı olarak değişkenlik göstermiştir. Yerleşme dokusu alternatifleri belirlenen tasarım parametrelerine bağlı olarak 5 katlı, dikdörtgen planlı konut binalardan oluşan, H/W oranı 0.50, 1.00 ve 2.00 olan nokta blok yerleşmeler olarak geliştirilmiştir. Çalışmada aynı tasarım parametresi değerlerine sahip binalardan oluşan 3 yerleşme dokusu alternatifi geliştirilmiş ve her bir alternatifte kentsel geometrinin etkisini değerlendirebilmek için analiz edilmek üzere seçilen referans bina belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Değerlendirmek üzere geliştirilen farklı H/W oranlarına sahip yerleşme dokusu alternatifleri ve analiz edilmek üzere seçilen referans bina.

2.3. Enerji ve Güneşli Performansının Değerlendirilmesi

Kentsel geometrinin farklı katlarda yer alan ve farklı cephelere yönlendirilen modüllerin enerji tüketimi ve güneşli erişimi üzerindeki etkisi irdelenmesi amacıyla geliştirilen yerleşme dokusu alternatiflerinde seçilen referans binanın zemin, orta ve üst katında yer alan modüllerinin enerji ve güneşli performansları analiz edilmiştir.

Enerji performansı değerlendirmeleri için seçilen referans binanın zemin, orta ve üst katlarında yer alan modüllerin yıllık nihai enerji tüketimleri hesaplanmaktadır. Farklı katlarda yer alan modüllere ait nihai enerji tüketimleri hesaplamaları için Binalarda Enerji Performansı'na ilişkin standartta tanımlanan detaylı dinamik hesaplama yöntemi dikkate alınmış ve performans verilerinin üretiminde EnergyPlus dinamik simülasyon motorunu kullanarak sanal bina modelleri oluşturan DesignBuilder simülasyon programı aracılığıyla hesaplanmıştır;

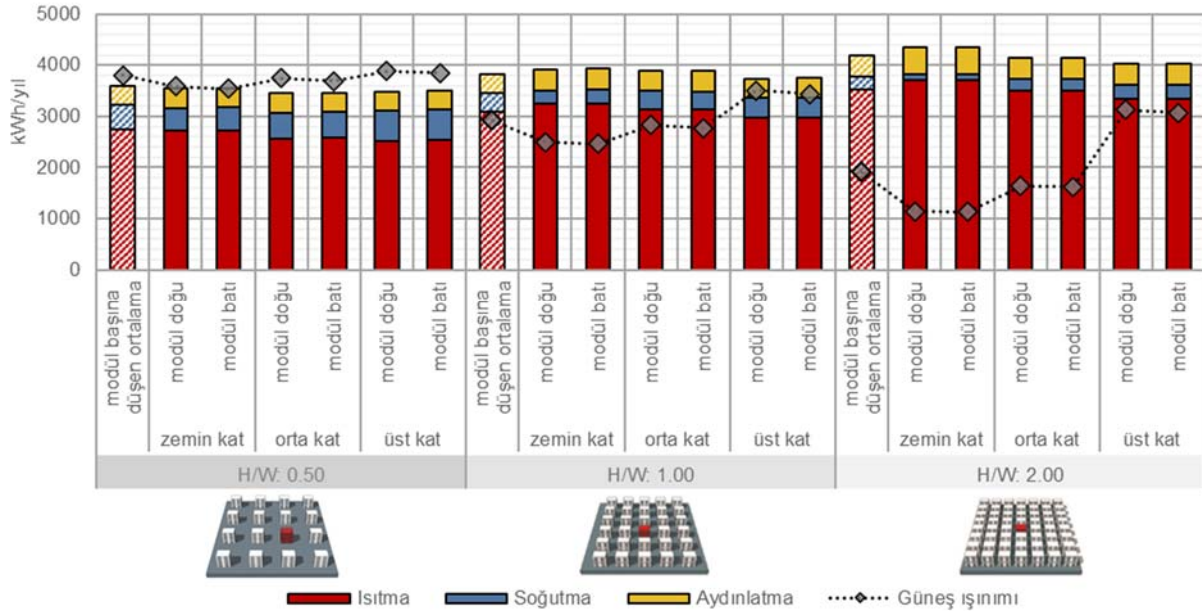
- ısıtma enerjisi tüketimleri (kWh/yıl),
- soğutma enerjisi tüketimleri (kWh/yıl),
- aydınlatma enerjisi tüketimleri (kWh/yıl),
- toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerji tüketimleri (kWh/yıl) esas alınmıştır [8, 9].

Güneşli performansı değerlendirmeleri için seçilen referans binanın zemin, orta ve üst katlarında yer alan modüllerinde yerden 80 cm yükseklikte konumlandırılan çalışma düzleminde elde edilen faydalı güneşli aydınlığı (UDI) değerleri hesaplanmıştır. Faydalı güneşli aydınlığı (UDI), mekânın yıl boyunca belirlenen limit aydınlık düzeyi değer aralığı içinde kaldığı sürenin, yıl boyunca etkin güneşli aydınlığı periyodu olarak tanımlanan toplam süreye oranı hesaplanarak değerlendirilmektedir. Konut mekânlarında UDI değerlendirme yönteminin kullanımına ilişkin yapılan çalışmalarda belirlenen limit değer aralıkları referans alınarak [10]. Modelde faydalı güneşli aydınlığı limit değer aralığı 100 lx-3000 lx olarak belirlenmiştir. UDI hesabında etkin güneşli aydınlığı periyodu 08:00-20:00 olarak kabul edilerek mekânda bu periyot boyunca sağlanan faydalı güneşli aydınlığı yüzde değer olarak hesaplanmaktadır. Modüller için hesaplanan UDI değerlerinin %50 oranının üzerinde olması durumunda faydalı güneşli değerinin yeterli olduğu kabul edilmektedir. UDI hesaplamaları için doğrudan, yansıyan ve yaygın ışınımını analiz ederek hibrit Monte Carlo yaklaşımı ile hesap yapan Daysim aydınlatma simülasyon motoru araç olarak seçilmiştir.

2.3.1. Enerji Analizleri

Enerji performansı analizleri kapsamında seçilen referans binadan elde edilen modül başına düşen ortalama (bina için elde edilen toplam enerji tüketiminin modül sayısına bölünmesi ile bulunan değer) ve zemin, orta, üst katta yer alan modüllerin yıllık enerji tüketimi sonuçları Şekil 5'te verilmiştir. Binalar arası mesafe arttıkça güneş ışınımı kazançlarının arttığı görülmektedir. Farklı H/W oranlarına sahip

yerleşmelerde yer alan referans bina için hesaplanan modül başına düşen ortalama yıllık güneş ışınımı kazançları karşılaştırıldığında; H/W oranı 2.00 olan alternatifte kıyasla sokak genişliğinin 4 katı olan H/W oranı 0.50 olan alternatifin %50 oranında daha fazla güneş ışınımı kazancına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum sonuçlara ısıtma enerjisi tüketiminde düşüş, soğutma enerjisi tüketiminde ise artış olarak yansımaktadır. H/W oranı 2.00 olan alternatif için modül başına düşen ortalama ısıtma enerjisi tüketimi H/W oranı 0.50 olan alternatiften %22 oranında daha düşük, soğutma enerjisi ise %49 oranında daha yüksektir. Aydınlatma tüketimi analiz edildiğinde güneş erişimi daha fazla olan H/W oranı 0.50 alternatifinin aydınlatma enerjisi tüketiminde H/W oranı 2.00 olan alternatifte kıyasla %15 azalma gerçekleşmiştir. Isıtma, soğutma ve aydınlatmanın enerjisi tüketiminin toplam etkisi ele alındığında ise modül başına düşen ortalama toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerji tüketiminin geniş sokak aralıklarına sahip H/W oranı 0.50 olan yerleşme dokusu içinde yer alan referans binada H/W oranı 2.00'ye kıyasla %17 daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlarda görüldüğü gibi H/W oranı küçüldükçe güneş ışınımı kazancı artarak binaların pasif ısıtma potansiyeli yükselmekte ve toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerji tüketimi azalmaktadır. Nitekim, İstanbul'da ısıtma istenen dönemin uzun olması nedeniyle ısıtma enerjisi tüketiminin azaltılmasına yönelik stratejilerin enerji etkinliği bakımından ön plana çıktığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında analiz edilen H/W oranları arasında 0.50 oranına sahip yerleşme dokusu alternatifinde yer alan referans bina en yüksek güneş erişim düzeyi ve en düşük enerji tüketimi değerine sahip alternatif olarak İstanbul için geniş sokak aralıklarına sahip yerleşme dokularının daha enerji etkin olduğu sonucunu vermektedir.



Şekil 5. Yerleşme dokusu alternatiflerinde yer alan referans binada yer alan modüllerden elde edilen yıllık enerji tüketimleri ve güneş ışınımı kazançları sonuçları.

Farklı H/W oranları ile oluşturulan kentsel geometrilerin sağladıkları güneş erişiminin enerji performansı üzerindeki etkisi sonuçlarda görülmektedir; ancak ortalama modül performansı yerine aynı referans bina içinde yer alan farklı modüller karşılaştırıldığında H/W oranının farklı düzeylerde etkisi olduğu ortaya çıkmaktadır. Farklı katlarda yer alan modüller kıyaslandığında, H/W oranı arttıkça binalar arası mesafenin azalmasına bağlı olarak zemin katta yer alan modüllerin güneş erişiminin daha fazla kısıtlandığı, üst katta yer alan modüllerin ise bu durumdan daha az etkilendiği belirlenmiştir. Zemin katta yer alan modüller ile üst katta yer alan modüllerin güneş ışınımı kazançları karşılaştırıldığında;

- H/W:0.50 olan yerleşme alternatifinde yer alan referans binada %8,
- H/W:1.00 olan yerleşme alternatifinde yer alan referans binada %29,
- H/W: 2.00 olan yerleşme alternatifinde yer alan referans binada %63
-

oranlarında farklar elde edilerek, zemin kat ve üst katta yer alan modüller arasında ortaya çıkan farkların H/W oranı büyüdükçe arttığı ortaya konmuştur. Güneş ışınımı kazançları arasında ortaya çıkan bu farklar, modüllerin performanslarına yansımaktadır. Zemin kat ve üst katta yer alan modüllerin yıllık toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerji tüketimleri arasındaki farklar;

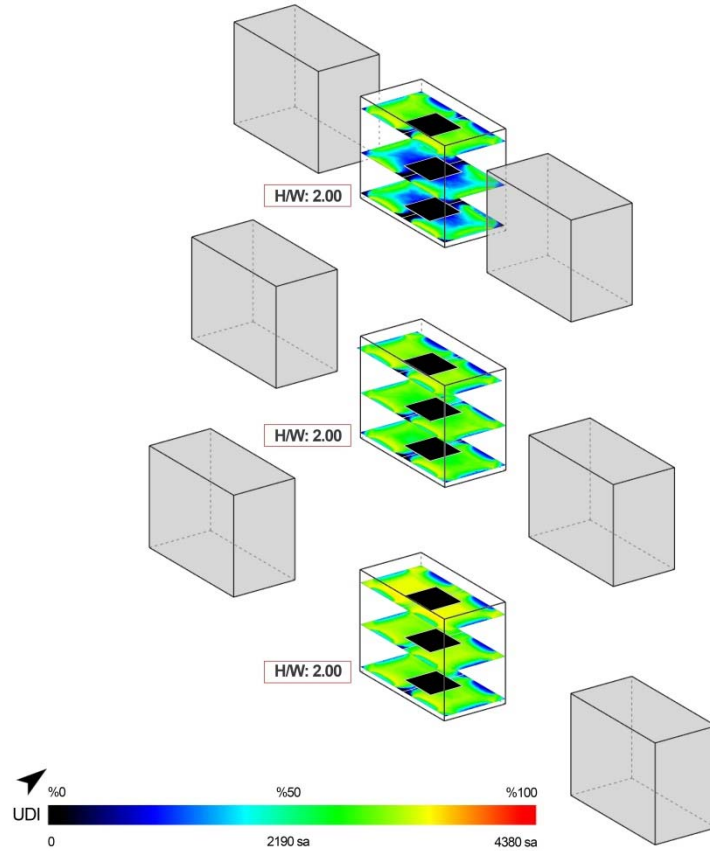
- H/W:0.50 olan yerleşme alternatifinde yer alan referans binada %2,
- H/W:1.00 olan yerleşme alternatifinde yer alan referans binada %5,
- H/W: 2.00 olan yerleşme alternatifinde yer alan referans binada %9

oranlarında hesaplanmıştır. H/W oranı küçüldükçe zemin katta yer alan modüllerin güneş erişim düzeylerinin artması sayesinde enerji performanslarında gerçekleşen iyileşme sonucu üst kattaki modüller ile arasındaki farkın azaldığı tespit edilmiştir.

Aynı katta farklı yönlendiriliş durumuna sahip modüller kıyaslandığında; doğu yönüne yönlendirilmiş modüller ile batı yönüne yönlendirilmiş modüllerin güneş ışınımı kazançları karşılaştırıldığında bütün H/W oranları için elde edilen en yüksek fark %2 olmuş ve bu durum yıllık toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerji tüketimine %1 olarak yansımıştır.

2.3.2. Güneş Işığı Analizleri

Güneş ışığı analizlerinden elde edilen ve Şekil 6'da verilen sonuçlar incelendiğinde, H/W oranı azaldıkça; yani binalar arası mesafe arttıkça modüllerin faydalı güneş ışığı aydınlığı (UDI) düzeyinin arttığı tespit edilmiştir. H/W oranlarına bağlı olarak farklı katlarda yer alan modüller arası güneş ışığı performansları arasında farkların ortaya çıktığı; ancak aynı katta yer alan doğu ve batı modülleri arasındaki farkların ihmal edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Yerleşme dokusu alternatiflerinde yer alan referans bina zemin, orta ve üst katta yer alan modüllerden elde edilen faydalı güneş ışığı aydınlığı (UDI) düzeyleri.

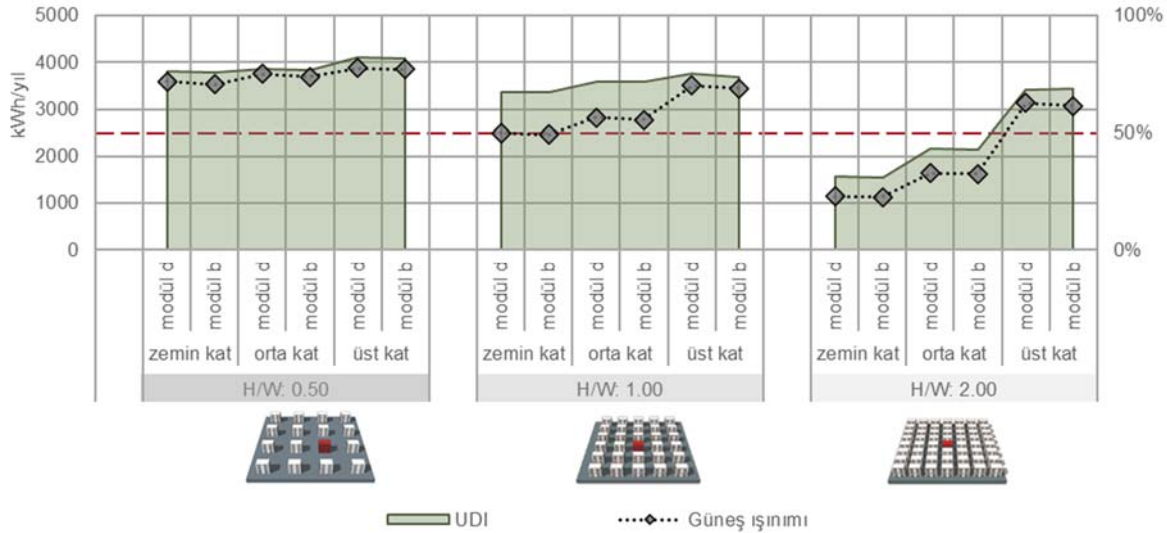
Çalışmada modüllerin yeterli güneşiği erişimine sahip olmalarına ilişkin olarak yıllık faydalı güneşiği aydınlığı (UDI) için limit değer %50 olarak belirlenmiştir. Modüllerin bulunduğu katlara göre güneşiği performansları kıyaslandığında, sonuçların güneş ışınımı kazançlarına paralel oluğu ve zemin katta yer alan modüllerin en düşük faydalı güneşiği aydınlığı (UDI) düzeyine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 7'de farklı katlarda yer alan modüllerden elde edilen UDI değerlerinin sonuçları incelendiğinde, H/W oranındaki artışa bağlı olarak zemin katta yer alan modüller için UDI değerleri;

- H/W:0.50 olan yerleşme alternatifinde yer alan referans binada %76,
- H/W:1.00 olan yerleşme alternatifinde yer alan referans binada %67,
- H/W: 2.00 olan yerleşme alternatifinde yer alan referans binada %32

olarak hesaplanmıştır. Sonuçlarda görüldüğü üzere binalar arası mesafeye bağlı olarak zemin katta yer alan modüllerin güneşiği performansı güneş erişimi düzeyindeki değişimlerden oldukça fazla etkilenmektedir. Ancak, yerleşme dokuları içindeki komşu binaların engel etkisinin üst katlara doğru azaldığı görülmektedir. Referans binanın üst katında yer alan modüllerin UDI değerleri değerlendirildiğinde;

- H/W:0.50 olan yerleşme alternatifinde yer alan referans binada %82,
- H/W:1.00 olan senaryoda yer alan referans binada %75,
- H/W: 2.00 olan senaryoda yer alan referans binada %68

oranları elde edilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, H//W oranı arttıkça güneş erişiminin kısıtlanmasına bağlı olarak aynı binada katlar arası ortaya çıkan farkların da arttığı belirlenmiştir. En büyük H/W oranına, diğer bir deyişle binalar arası en dar mesafeye ve en düşük güneş erişimine sahip H/W oranı 2.00 olan yerleşme alternatifini için hesaplanan UDI değeri kıyaslandığında, zemin kat ve üst kat arası ortaya çıkan fark %54 oranında iken; en küçük H/W oranına yani binalar arası en geniş mesafeye ve en yüksek güneş erişimine sahip H/W oranı olan yerleşme alternatifini için zemin kat ve üst kat arası ortaya çıkan fark %7 oranına kadar düşmektedir.



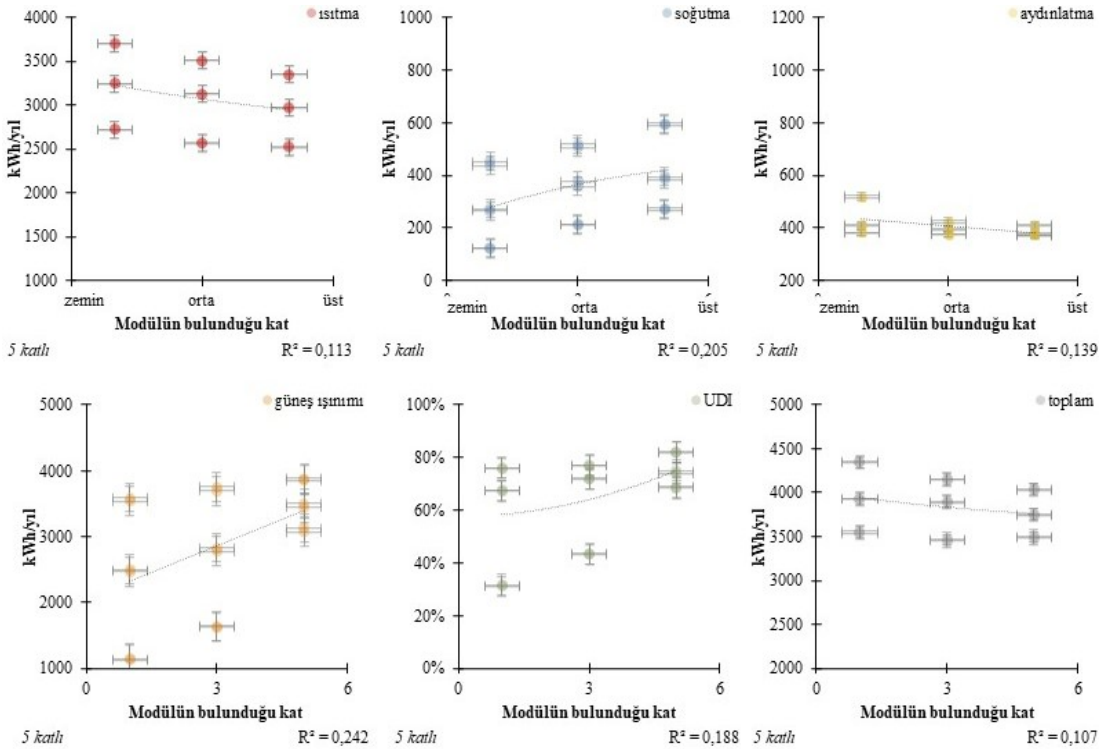
Şekil 7. Yerleşme dokusu alternatiflerinde yer alan referans binada yer alan modüllerden elde edilen faydalı güneşiği aydınlığı (UDI) ve güneş ışınımı kazançları sonuçları.

100 lx-3000 lx aralığında tanımlanan faydalı güneşiği değerinin, H/W oranı 0.50 ve 1.00 olan yerleşme dokularındaki referans binanın zemin, orta ve üst katlarında yer alan tüm modüller tarafından limit değer olan %50 oranının üzerinde sağlandığını tespit edilmiştir. Ulaşılan en yüksek değer %83 olarak H/W oranı 0.50 olan yerleşmede yer alan binanın üst katındaki modüllerden elde edilmiştir. H/W oranı 2.00 olan yerleşme dokusunda referans binanın sıkışık doku içinde yer alması nedeniyle sadece üst kattaki modüllerin limit değeri geçebildiği, zemin ve orta kattaki modüllerin kısıtlı güneş erişimleri yüzünden limit faydalı güneşiği aydınlığı düzeyine ulaşamadığı görülmektedir.

3. SONUÇ

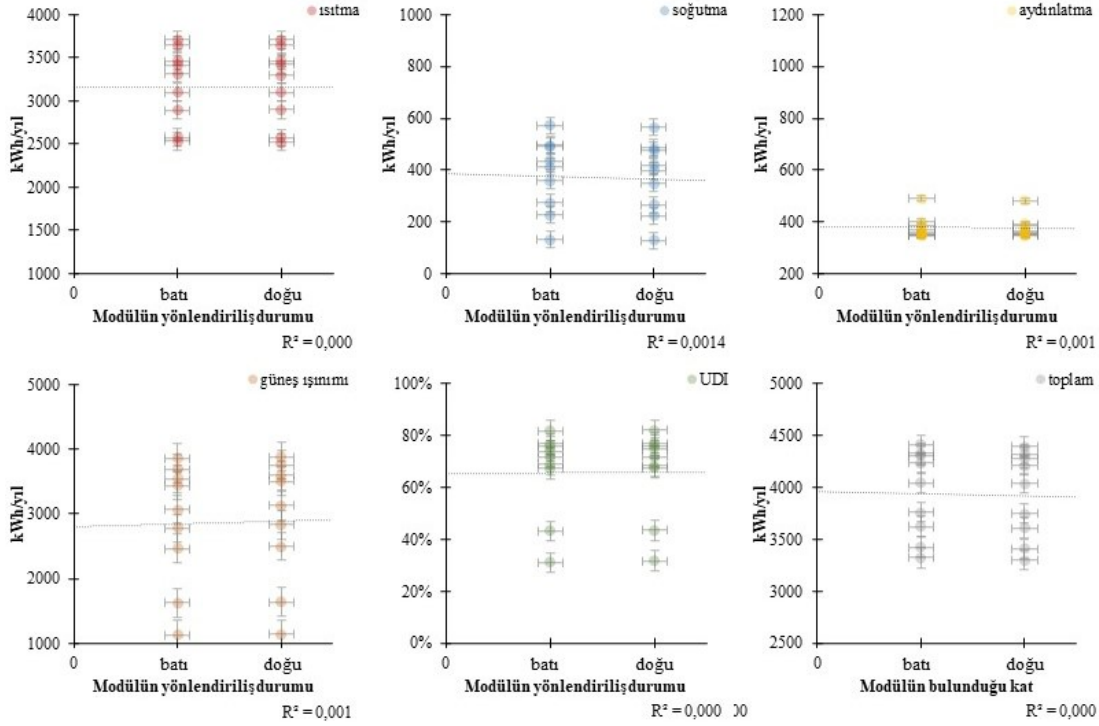
Çalışma kapsamında 5 katlı, dikdörtgen planlı binalardan geliştirilen nokta blok yerleşme dokusunun farklı H/W oranı değerleri (0.50, 1.00 ve 2.00) kullanılarak üretilen alternatiflerde seçilen referans binanın performansı analiz edilerek kentsel geometrinin enerji ve güneşiği performansı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda referans binadan elde edilen ortalama performans verisinin yanı sıra farklı katlarda yer alan ve farklı yönlendiriliş durumlarına sahip modüllerin enerji tüketimleri ve güneşiği erişimleri hesaplanarak kentsel geometrinin etkisinin daha kapsamlı incelenmesi hedeflenmiştir.

Modülün bulunduğu kat değişkeninin enerji ve güneşiği performansına etkisinin değerlendirilmesi için referans binanın zemin, orta ve üst katlarında yer alan modüllerin enerji tüketimleri ve güneşiği etkinliğine ilişkin regresyon analizleri yapıldığında modülün bulunduğu katın yüksekliği arttıkça güneş ışınımı kazançları ve faydalı güneşiği aydınlığı düzeyinin arttığı görülmektedir (Şekil 8). Modüllerin enerji tüketimi eğilimleri analiz edildiğinde ise H/W oranı parametresindeki değişikliklerden en fazla R^2 0.205 değeri ile soğutma enerjisi tüketiminin etkilendiği görülmektedir. Sonuçlara göre, binanın zemin katında yer alan modüller düşük güneş ışınımını erişimi düzeyi nedeniyle en düşük soğutma enerjisi tüketimine sahipken, üst katlarda güneş ışınımı kazançlarının artmasına paralel olarak soğutma enerjisi tüketimlerinin de arttığı görülmektedir. Isıtma enerjisi tüketimi sonuçları ise soğutma enerjisinin tam tersi olarak daha fazla güneş ışınımı kazancına sahip üst katlarda yer alan modüllerin alt katlara göre daha az ısıtma enerjisine ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir. Zemin katta yer alan modüller üst kattaki modüllere göre ortalama %9, orta kata yer alan modüller ise %4 oranında daha fazla ısıtma enerjisine ihtiyaç duymaktadırlar. Aydınlatma enerjisi için üst katlarda tüketimin artan güneş erişimi düzeyine bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. İstanbul'da ısıtma istenen dönemin uzun olduğu ve ısıtma enerjisi tüketiminin en yüksek enerji tüketimi olduğu göz önünde bulundurulduğunda toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerji tüketiminin ısıtma enerjisinin eğilimlerinden baskın olarak etkilendiği görülmektedir. Toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerji için R^2 değeri 0.107 olarak hesaplanmış ve ısıtma enerjisi performansına paralel olarak üst katlara çıktıkça artan güneş erişimine bağlı olarak modüllerin daha düşük toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerji tüketimine sahip olduğu belirlenmiştir. Üst kata yer alan modüller zemin kattakilere göre %5 ve orta kattakilere göre %2 oranında daha düşük toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerjiye ihtiyaç duymaktadır.



Şekil 8. Kentsel geometrinin farklı katlarda yer alan modüllerin enerji tüketimi ve güneşiği performansına ilişkin regresyon analizleri.

Modülün bulunduğu kat değişkenine bağlı olarak çalışma kapsamında ele alınan dikdörtgen planlı referans binanın aynı katında yer alan ve farklı yönlendiriliş durumlarına sahip modülleri arasında önemli farklar oluşmadığı görülmektedir (Şekil 9). Aynı yerleşme dokusu içindeki referans binanın doğu ve batı modüllerinin benzer düzeylerde güneş erişimine sahip oldukları ve buna bağlı yakın enerji tüketimi değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Simetrik plan yerleşimine sahip referans binada modüller doğu ve batı yönlerinden benzer değerlerde güneş ışınımı ve gün ışığı kazançları elde etmeleri için yönlendiriliş durumu enerji ve günışığı performansı sonuçlarını önemli düzeyde etkilememiştir. Kentsel geometrinin farklı yönlendiriliş durumlarına sahip modüllerin performansına etkisini ilişkin daha fazla veri elde edebilmek için aynı katta çeşitli yönlendiriliş durumlarına sahip daha fazla modülün yer aldığı plan tiplerindeki binaların performansı analiz edilebilir.



Şekil 9. Kentsel geometrinin farklı yönlendiriliş durumlarına sahip modüllerin enerji tüketimi ve günışığı performansına ilişkin regresyon analizleri.

Kentsel geometrinin binaların enerji ve günışığı performansı üzerinde önemli bir etkisi olmasının yanı sıra güneş erişimindeki değişimin aynı binada yer alan farklı modüller üzerinde farklı düzeylerde etkili olduğu görülmektedir. Çalışmada geliştirilen yöntemin kısıtlamaları göz önünde bulundurularak elde edilen veriler ışığında sokak genişliklerinin değiştirilmesi sonucu aynı binada farklı katlarda yer alan modüller arasında önemli performans farklılıkları ortaya çıkmıştır. Dar sokak genişliklerine sahip derin kent dokularında zemin katlarda yer alan modüllerin oldukça kısıtlı güneş erişimine sahip olmalarına bağlı olarak üst katta yer alan modüllere kıyasla düşük enerji ve günışığı performansına sahip oldukları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak H/W oranı 2.00 olan yerleşmelerdeki binaların zemin katı ve üst katında bulunan modüllerin güneş ışınımı kazançları arasındaki fark %63 iken sokak genişlikleri artırılarak H/W oranı 0.50 olan yerleşmelerin tasarlanmasıyla bu farkı %8 oranına indirmek mümkündür. Nitekim, zemin kat ve üst katta yer alan modüllerin güneş ışınımı kazançları arasında ortaya çıkan bu fark enerji tüketim düzeylerine de yansımaktadır. H/W oranı 2.00 olan yerleşmelerde zemin kat ve üst katta yer alan modüller arası yıllık toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerji tüketimleri arasında oluşan fark %9 iken H/W oranı 0.50 olan alternatiflerde bu farkın %2 olduğu hesaplanmıştır.

Kentsel geometrinin günışığı erişimi düzeylerinde de benzer etkisi olduğu ortaya konulmuştur. UDI değerleri kıyaslandığında, H/W oranı 2.00 olan yerleşme alternatifi için zemin kat ve üst kat arası ortaya çıkan fark %54 oranında iken H/W oranı 0.50 olan yerleşmede bu fark %7 oranına kadar

düşmektedir. Bu bağlamda, binanın ortalama performansını arttırmayı hedefleyen çözümlerin üretilmesinin yanı sıra modüller arası oluşan performans farklılıklarını azaltacak tasarımların geliştirilmesi hedeflenmelidir. Özellikle çalışmanın yapıldığı İstanbul'da ısıtma enerjisi tüketimleri önem kazandığı için modüllerin güneş ışınımı kazançlarının maksimize edilerek kış aylarında pasif ısıtma sağlanması enerji etkin bir çözüm olarak kabul edilebilir. Bu amaçla, ılımlı iklim bölgelerinde daha geniş sokak aralıklarına sahip küçük H/W oranlarıyla sığ kent kanyonları oluşturularak hem binanın daha fazla güneş erişiminde sahip olması hem de zemin kat ve üst kat arasında oluşabilecek performans farklarının minimize edilmesi mümkündür. Ancak, enerji etkinliği açısından güneş ışınımı kazancını maksimize ederken soğutma enerjisi tüketiminin de güneş kontrolü sistemleri ile kontrol altında tutularak binanın toplam (ısıtma+soğutma+aydınlatma) enerji tüketimini optimize etmek gerekmektedir.

Sonuç olarak, çalışmada sunulan sonuçlar kentsel geometriyi tanımlayan H/W oranının binaların enerji ve günışığı performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Kentsel yerleşmelerin uzun yıllar boyunca değişmeden binaların konfor koşulları üzerinde etkili oldukları göz önünde bulundurulduğunda, doğru H/W oranları belirlenerek tasarlanacak yerleşmeler sayesinde binaların enerji ve günışığı etkinliği düzeyinin önemli ölçüde arttırmak mümkündür. Özellikle enerji krizinin yaşandığı ve küresel ısınmanın etkisini giderek hissettirdiği günümüzde, sürdürülebilir tasarım anlayışı tasarımcıların yanı sıra bütün proje paydaşları tarafından benimsenmeli ve kaynak tüketimini optimize etmek için her bir değişkenin etkisinin analiz edildiği bütüncül bir tasarım anlayışına geçilmelidir. Bu sayede, uzun süre değişmeden varlıklarını koruyan yerleşme dokularının üretimlerinde geri dönüşü olmayan hataların yapılmasına engel olmak ve sürdürülebilir çevrelerin gelişimine katkı sağlamak mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] STRØMANN-ANDERSEN, J. ve SATTRUP, P.A., "The urban canyon and building energy use: urban density versus daylight and passive solar gains". Energy and Buildings, 43(8), 2011-2020, 2011.
- [2] OKE, T.R., "Street design and urban canopy layer climate", Energy and Buildings, 11,103-113, 1988.
- [3] ERDEMİR KOCAGİL, İ. ve Koçlar Oral, G., "The impact of solar gain and daylight availability on building energy loads related to urban geometry", Proceedings of Solar-Tr 2018, 190-199, İstanbul, Aralık 2018. ISBN: 978-605-65469-8-3
- [4] ASHRAE, "Fundamentals Handbook", Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2017. ISBN: 978-1-939200-58-7.
- [5] AHMED K. S., KHARE M. ve CHAUDHRY K., "Wind tunnel simulation studies on dispersion at urban street canyons and intersections-a review", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 93(9) , 697-717, 2005.
- [6] TS 825, "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı" Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2013.
- [7] CIBSE, "SLL LL Code for Lighting (SLLCL)", The Chartered Institution of Building Services Engineers, London. ISBN: 9781912034413.
- [8] TS EN ISO 52000-1. "Binaların enerji performansı - Aşırı EPB değerlendirmesi - Bölüm 1: Genel çerçeve ve prosedürler", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2019.
- [9] DESIGNBUILDER SOFTWARE, "DesignBuilder 5.5.2.007 User Manual", DesignBuilder Software Ltd. İngiltere, 2018.
- [10] MARDALJEVIC, J., ANDERSEN, M., ROY, N. ve CHRISTOFFERSEN, J., "Daylighting metrics for residential buildings", Proceedings of the 27th Session of the CIE, 2011. ISBN: 9788578110796.



ÖZGEÇMİŞ

İdil ERDEMİR KOCAGİL

İdil Erdemir Kocagil 2012 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden yüksek onur derecesiyle mezun olmuştur. 2014 yılında İTÜ Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Yüksek Lisans programını, 2022 yılında Yapı Bilimleri Doktora Programı'nı tamamlamıştır. Doktora eğitimi boyunca İTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev almıştır. Özyeğin Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü'nde Dr. Öğretim Üyesi olarak çalışmalarına devam etmektedir. Enerji etkin yapı tasarımı, pasif sistemler, güneşiği kullanımı ve sürdürülebilir mimari konularında çalışmaktadır.

Gül KOÇLAR ORAL

1984 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nden mezun olmuştur. 1986 yılında, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nden Yüksek Mimar, 1991 yılında Doktor unvanını almıştır. 1992'de Yardımcı Doçent, 1998'de Doçent, 2004 yılında Profesör unvanlarını almıştır. İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde İç Mimarlık Bölümü Başkanlığı, Mimarlık Bölümü Başkan Yardımcılığı, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yönetim Kurulu Üyeliği, Fakülte Kurulu üyeliği ve Dekan Yardımcılığı, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı Başkanlığı gibi idari görevlerde bulunmuştur. Öğretim üyesi olarak, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü'nde enerji etkin tasarım, ekolojik tasarım, pasif güneş enerjisi sistemleri, akıllı binalar, kabukta ısı ve nem denetimi gibi konularda çalışmalarına devam etmektedir.