

Araştırma Makalesi

Yeşil Binalar için İmar Planı Tasarımlarında Güneş Enerji Verimliliğinin İncelenmesi; Samsun Örneği

*¹Mustafa YALÇIN, ²Ahmet DENİZ, ³Murat Ersin KORKMAZ

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Afyonkarahisar, Türkiye, mustafayalcin@aku.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6402-5651>

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Çay Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye, ahmetdeniz@aku.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0326-3733>

³ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye, korkmazmuratersin@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3850-5138>

Geliş: 15.10.2024;

Kabul: 20.11.2024

Öz

Sürdürülebilir bir çevre için yeşil binalar, enerji verimliliği ve sıfır karbon emisyonu hedefleri doğrultusunda yenilenebilir enerji sistemlerinin etkin kullanımı açısından önemlidir. Geniş ölçekte bakıldığında, yeşil binaların yerleşim planı, güneş enerjisinden maksimum yararlanmayı sağlayacak şekilde tasarlandığında, bina ölçeğinde enerji verimliliğini artırır. Bu sebeple binaların oluşturduğu bir imar adasının veya bölgenin ana planlaması, binaların güneş enerjisi kazanımı sağlamak için ideal bir fırsat olacak ve enerji bakımından daha sürdürülebilir bir ortam sağlayacaktır. Bu çalışmada, Samsun ilinde, SEBE (Solar Energy on Building Structures) algoritması kullanılarak, binalardaki güneş enerjisinden en fazla verimin alınabilmesi için binaların yerleşimini etkileyen imar adalarının yönelimleri üzerine bir inceleme yapılmıştır. Çalışmada iki farklı imar adasında, imar adalarının farklı yönelimlerinde, duvarlarda biriken toplam güneş enerji miktarı hesaplanmıştır. Sonuç olarak, yıllık olarak duvarlarda biriken toplam güneş enerji miktarının, 7288 numaralı imar adasında, imar adasının mevcut rotasyonu ile en yüksek potansiyelde olduğu, 12508 numaralı imar adasında ise 330°'lik rotasyon yani 30°'lik saat yönünün tersine döndürülmesiyle güneşten maksimum verim alabileceği hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Yeşil Binalar, Güneş Enerji Verimliliği, İmar Planları

*¹Sorumlu yazar

Bu makaleye atıf yapmak için

Yalçın, M., Deniz, A. & Korkmaz, M.E. (2024). Yeşil Binalar için İmar Planı Tasarımlarında Güneş Enerji Verimliliğinin İncelenmesi; Samsun Örneği. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 6(2), 143-157. <https://doi.org/10.60093/jiciviltech.1567881>

Examining Solar Energy Efficiency in Development Plan Designs for Green Buildings; Samsun Example

Abstract

Green buildings are important for a sustainable environment as they support energy efficiency and zero carbon emission goals through the effective use of renewable energy systems. On a larger scale, when the layout of green buildings is designed to maximize solar energy utilization, it enhances energy efficiency at the building level. For this reason, master planning of an area or region formed by buildings will be an ideal opportunity to provide solar energy gain from buildings and will provide a more sustainable environment in terms of energy. In this study, the SEBE (Solar Energy on Building Structures) algorithm was used to investigate in Samsun province for the orientations of zoning blocks that affect the layout of buildings in order to get the most efficiency from solar energy in buildings. In this study, an examination was made on the orientations of zoning islands that affect the layout of buildings in order to get the most efficiency from solar energy in buildings. In order to obtain maximum solar efficiency from the Digital Surface Model (DSM) taken in Samsun province the island orientations in the development plans. The total amount of solar energy accumulated on the walls in two different building blocks was calculated for different orientations of the blocks. As a result, it was calculated that the total amount of solar energy accumulated on the walls annually is at its highest potential in the current rotation block numbered 7288, and that the zoning block numbered 12508 can obtain maximum efficiency from the sun with a 330° rotation, i.e. a 30° counterclockwise rotation.

Keywords: *Green Buildings, Solar Energy Efficiency, Development Plans*

1. Giriş

Günümüzde iklim ve çevre şartlarında yaşanan olumsuzlukların sebeplerinin başında, enerji üretiminde kullanılan yenilenemeyen enerji Kaynak Ari yer almaktadır. Bu kaynaklardan enerji üretimi sırasında ortaya çıkan Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄) ve Nitröz oksit (N₂O) gazlarının oluşturduğu Sera Gazı Salınımı (SGS) her geçen sene artmakta Crippa vd. (2023) ve atmosferdeki ısı tutulumu ile yeryüzü sıcaklığı ise her sene hissedilir seviyede yükselmektedir (IPCC, 2023). Bu yüzden dünyada yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımına büyük ilgi bulunmaktadır (Yalcin ve Kilic, 2017; Yalcin vd., 2023). Bununla birlikte enerji tüketimine bakıldığında; Türkiye’de mesken ve hizmet sektörünün toplam enerji tüketimine oranı yüzde 36 civarındadır (Tıkansak, 2014). Bu oranın büyüklüğüne istinaden konutlarda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılıp, enerji verimliliği göz önünde bulundurularak yeşil binaların yoğun olduğu ortamlar gerçekleştirilmelidir. Bunun gerçekleştirilmesi için ise bina bazında yapılan enerji verimliliği çalışmalarının yanında bu binaların oluşturduğu bölgenin şartları incelenerek yeşil binalara uygun hale getirmek gerekmektedir.

Bina ölçeğinde enerji verimli binalar incelendiğinde; ısıtma, soğutma, aydınlatma amacıyla binaların yapılanma koşulları ve yönelimleri önemli bir kriter iken, geniş ölçekte bakılacak olursa, binalarda güneş enerjisinin depolanma miktarını

etkileyen etkenler; dış çevresel parametreler ve bina ölçeğindeki parametreler olmak üzere iki başlık altında sıralanabilir. Dış çevresel parametreler arasında; bölgenin konumu (iklimi), meteorolojik veriler, güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri, bölgenin topoğrafyası yer alırken; bina ölçeğindeki parametreler arasında bina aralıkları, bina yönlenmesi ve bina formu gibi kentsel tasarımlar yer almaktadır.

Kentsel tasarımlarda enerji verimliliği ile ilgili çalışma yapan Sınmaz (2015), incelediği Lapseki kenti için uydu görüntülerinde, enerji tedarigi ve tüketimi olan noktaları belirlemiş, enerji verimli yerleşme değerlendirme modeli önerisinde bulunmuştur. Özellikle kentlerde yerleşme formunun enerji bakımından kendine yeterlilik potansiyelinin belirlenmesi konusu üzerinde durmuştur.

Demircan vd. (2017) çalışmalarında, binalarda pasif ve aktif güneş sistemlerinin incelemesini yaparak, enerji etkin bina tasarımı yapmışlardır. Çevre binaların etkilerini de göz önünde bulundurarak bir binanın güneşten en fazla verim alacak şekilde; binanın konumuna, formuna, bina kabuğuna, havalandırma durumuna dikkat etmişlerdir.

İnce ve Erdem (2020) Trakya Bölgesi için yaptıkları çalışmada imar adalarındaki binaların oluşturdukları gölgeleri, binaların buldukları konumları bakımından incelemesini yapmışlardır. Güneş açılarını dikkate alarak yılın farklı vakitlerinde gölge yüksekliklerini

hesaplamışlardır. Bu şekilde imar adaları içinde binaların yönelimlerini değerlendirmişlerdir.

Yalçın vd. (2019), İzmir Bergama ilçesinde yapmış oldukları çalışmada Coğrafik Bilgi Sistemi (CBS) ortamında güneş potansiyelini incelemiş SEBE (Solar Energy on Building Structures) algoritmasını kullanarak çatılarda biriken enerji miktarlarını belirlemiştir.

Evren (2021), İstanbul Bahçelievler İlçe'sinde bulunan şirinevler mahallesinde bulunan yapı adalarının güneş ışığı açısından değerlendirmesini yapmıştır. Binaların aydınlatılması ve ısıtılması için güneş erişimi sürelerini güneş açılarına göre belirlemiştir. Bunu yaparken yapı adalarında binaların yerleşimi ve farklı yapı adaların yönelimleri dikkate alınmıştır.

Akıllı şehir uygulamalarında enerji verimliliğinin önemi vurgulanarak, binaların yerleşim düzenlerinin optimize edilmesinin şehir genelinde enerji tasarrufuna katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Dirik, 2023). Farzaneh vd. (2021), akıllı binaların enerji verimliliğine yönelik yapay zekâ uygulamalarını incelemiş ve buna ait çeşitli yaklaşımlar geliştirmişlerdir.

Yapılan çalışmalar, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için yeşil binaların yaygınlaşmasının önemini ortaya koymaktadır. Esfandi vd. (2024), enerji verimliliği projelerinde, yeşil binaların tasarımlarında enerji kazanımı üzerine belirleyici etkenleri analiz eden

çalışmaların derleme çalışmasını yapmışlardır.

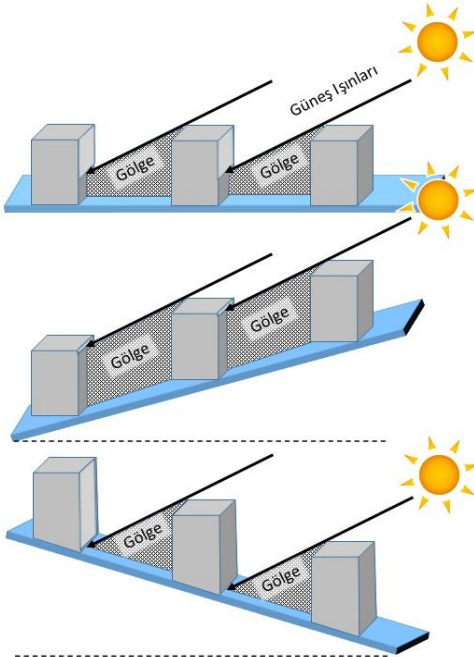
Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, imar planlarında bulunan imar adası yönelimlerinin yıl içerisinde, mevsimlerin güneş hareketine göre bina duvarlarında biriken güneş enerji miktarının hesaplandığı ve enerji korunumuna yönelik bir öneri sunulduğu bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, Samsun ili İlkadım ilçesindeki mevcut iki imar adasının imar adalarının hali hazırdaki yönelimleri ve farklı yönelimleri için bina duvarlarında biriken güneş enerji miktarları karşılaştırılarak, imar adalarının güneşten en fazla verim almak için imar ada yönelimlerini değerlendirmektir.

2. Yeşil Binalar için İmar Planı Tasarımlarında Güneş Enerji Kazanımı

Yeşil bina tasarımlarında enerji verimliliği için dikkat edilmesi gereken etkenlerin başında iklim gelmektedir (Spagnolo ve Dear, 2003). Bu nedenle, binaların konumu ve yerleşimi de, bölgenin iklim şartlarına ve gereksinimlerine göre belirlenmelidir. Binaların ısıtmaya ihtiyaç olduğu zamanlar güneş ışınım kazanımının en fazla olduğu, ısıtmaya ihtiyaç olmadığı zamanlarda da güneş ışınım kazanımının en az olduğu yön ve eğime göre yerleştirilmelidir. Türkiye'nin bulunduğu iklim kuşağında, binaların doğu-batı ekseninde yerleşimi ile kazanım bir miktar daha arttırılmış olur. Yapı kabuğu ne kadar yüksek seviyede ısı yalıtımı yapılırsa, yapı içi hacimlerde

ısı kazancı o kadar artacaktır (Berköz vd., 1995).

Binaların bulunduğu bölgenin topografik karakteri ise eğim, yön, yansıtıcılık performansına bağlı olarak yerleşim konumunun belirlenmesine etken olmakta ve yerleşimin güneşlenme potansiyelini oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Topografik karakterin güneşlenme potansiyeline etkisi.

Uygun eğim ve yönelim ile güneşlenme potansiyeli artırılarak, ısıtma ve iklimlendirme için harcanan enerji en aza indirgenir ve daha sürdürülebilir bir yapı çevre oluşturulmuş olacaktır (Evren, 2021).

Kentsel tasarımlarda; yüksek binalar yakınlarındaki binaları gölgelemektedir. Bu durum, serin alanların istenildiği durumlar için bir avantaj olmasına karşın, güneş erişimi istenilen alanlar

için bir sorun olabilir. İmar yönetmelikleri, bina yerleşimini düzenlemek için gün ışığı veya güneş erişimini gerekli kılar. Bunun için zamansal yönelim ve güneş açıları dikkate alınmalıdır.

Binalar; yükseklikleri, konumları ve aralarındaki mesafe nedeniyle, birbirlerine güneş ışınımı ve rüzgâra karşı bir engel görevi görebilirler. Güneş ışınının ısıtma etkisinin kullanımı veya korunması, aynı zamanda binalar arasındaki mesafe ve boyutlarıyla da ilgilidir. Bu nedenle, bina yönelimleri tasarlanırken rüzgârın faydalı etkilerini yok etmeyecek ve güneşten yararlanmak üzerine çalışılmalıdır (Gültekin ve Demircan, 2017).

Bina ve bina toplulukları tasarlanırken, binaların güneş ışığı ve rüzgâr yönünden olumsuz etkilenmemesi için aralarındaki mesafeler dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır. Bu sebeple, en küçük bina alanı, komşu binaların oluşturduğu en uzun gölge derinliğine eşit ya da daha büyük olmalıdır (Koca, 2006). Böylelikle, özellikle ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketiminin en yüksek olduğu dönemlerde güneşten verimli bir şekilde faydalanmak mümkün olur (Yasan, 2011; Tunali, 2012). Günümüzde, güneş ışınımı ve rüzgâr açısından en uygun bina aralıkları simülasyon yazılımlarıyla belirlenmekte ve en ideal çözümler geliştirilmektedir.

Binanın yönü, iç mekanlarda doğal havalandırma sağlamak, ışığı düzenlemek ve gereksiz ısı kayıplarını önlemek için kritik bir tasarım unsuru

olarak değerlendirilebilir. Bu yüzden, binanın yer aldığı iklim bölgesinin gereksinimlerine göre binalar, hem güneşten ve rüzgârdan faydalanacak hem de gerektiğinde korunabilecek şekilde planlanmalıdır. Dış iklim faktörleri, özellikle güneş ışınımı ve rüzgâr, binanın yönüne göre farklılık gösterir. Güneşin ısıtıcı etkisi ve rüzgârın soğutucu etkisi, binanın yönü doğrultusunda değişir. Bir bina tasarlanırken göz önünde bulundurulması gereken kurallardan birisi kış aylarında güneş kazancını en üst düzeye çıkarmaktır. Yaz aylarındaki dik güneş ışınları ve kuzey yarımkürede kış güneşinin daha yatay açılarla gelmesi, güneye bakan cephelerin kışın daha fazla güneş ışığını almasını sağlarken, yazın bu cepheler saçak ya da güneşliklerle kolayca korunabilir. Bu yüzden enerji verimli binaların tasarımında güneye bakan cepheler büyük bir öneme sahiptir (Demircan ve Gültekin, 2017).

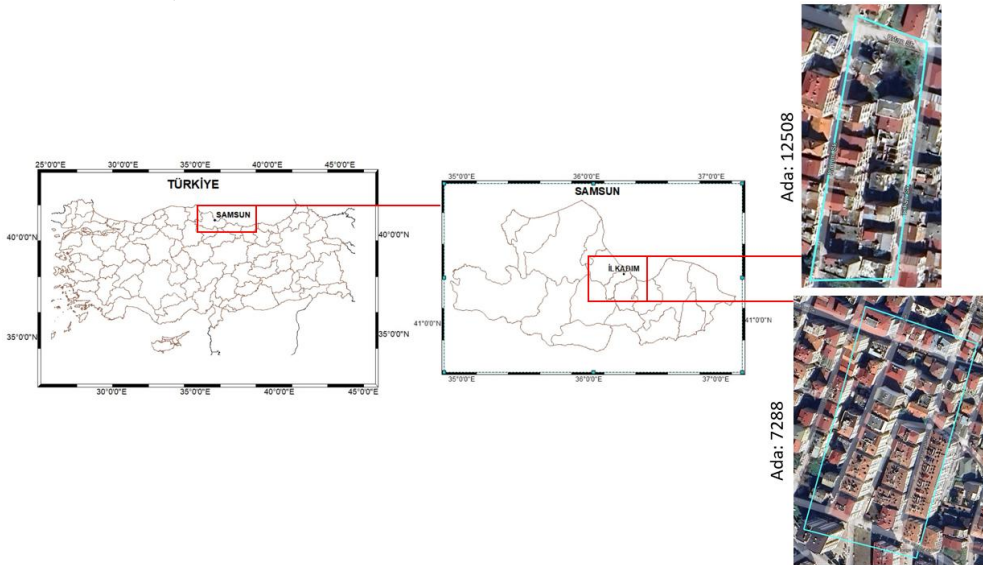
Bina formu, binanın geometrik özellikleri, şekil faktörü (binanın uzunluk-derinlik oranı), yükseklik, çatı tipi, çatı eğimi ve cephe eğimi gibi unsurlarla tanımlanır. Bir yapının dış çevreden ayrılmasını sağlayan farklılıklar aşağıda verilmektedir (Berköz vd., 1995):

- Binanın toplam yüzey alanı,
- Farklı yönlere bakan ve eğimleri farklı olan cephe yüzeyleri,
- Farklı yönlere bakan ve eğimleri değişen çatı yüzeyleri,
- Cephe ve çatı yüzeyleri arasındaki oranlar.

2. Materyal ve Metot

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı Samsun İlkadım İlçesi'nde F36-b-17-d-3-c pafta numaralı 12508 ve 7288 numaralı yapı adalarıdır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanı.

Bu alanda fotogrametrik nokta bulutu elde edilmiştir. Çalışmada, kentsel imar adasında ve binalarda; oluşan güneş enerjisinden en yüksek seviyede faydalanmak için fotogrametrik nokta bulutundan türetilmiş Sayısal Yüzey Modeli (YM) kullanılmıştır.

12508 yapı adası, bitişik nizam 4 kat ve 31 adet parselden oluşmaktadır. 7288 yapı adası ise, blok nizam 5 ve 6 kat olmak üzere 25 adet parselden oluşmaktadır. Çalışma alanının imar planı ve parsel durumu Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanı imar planı ve parsel durumları; a) 12508 numaralı imar adası, b) 7288 numaralı imar adası.

2.2 Materyal

Bina duvarlarına gelen yıllık toplam enerji miktarının belirlenmesi için meteorolojik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle F36-b-17-d-3-c pafta numarasına ait meteorolojik veriler Avrupa Birliği destekli Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S) tarafından sağlanan ERA5 Yeniden Analiz Veri tabanından temin edilmiştir. Bu çalışma 2023 yılı verilerin tüm yıl için mevcudiyetinden dolayı, 2023 yılının tamamı için saatlik kaydedilen bağıl nem (RH), hava sıcaklığı (T_{air}), yüzeye ulaşan toplam güneş radyasyonu (k_{down}), yüzeye gelen

net termal radyasyonu (I_{down}), yüzeye yayılan güneş radyasyonu (k_{diff}), yüzeye doğrudan gelen güneş radyasyonu (k_{dir}) ve rüzgâr yönü (w_{dir}) değerleri kullanılmıştır.

Bağıl nem değeri, "2 metre sıcaklık değeri"($^{\circ}C$) ve "2 metre çiy noktası sıcaklık değeri"($^{\circ}C$) değişkenleri kullanarak hesaplanmıştır. Rüzgâr yönü (w_{dir}) hesaplamak için "10 metre yükseklikteki rüzgârın U-bileşeni (doğuya doğru olan bileşen)" ve "10 metre yükseklikteki rüzgârın V-bileşeni (kuzeye doğru olan bileşen)" değişkenlerini kullanarak hesaplanmıştır. Yüzeye yayılan güneş

radyasyonu (k_{diff}), yüzeye ulaşan toplam güneş radyasyonu (k_{down}) ile doğrudan radyasyon (k_{dir}) arasındaki fark olarak

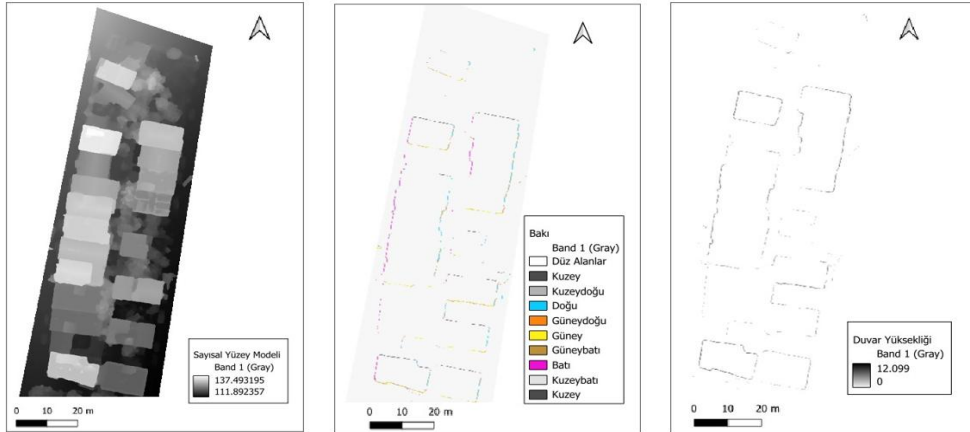
hesaplanmıştır. Elde edilen meteorolojik verilerin örnek bir zaman dilimindeki kısmı Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Meteorolojik verilerin bir kısmı.

Yıl (iy)	Gün (ia)	Saat (it)	Bağıl Nem (RH)	Sıcak lık (T_{air})	Yüzeğe Ulaşan Toplam Güneş Radyas yonu (k_{down})	Yüzeğe Gelen Net Termal Radyas yonu (I_{down})	Yüzeğe Yayılan Güneş Radyasyonu (k_{diff})	Yüzeğe Doğrudan Gelen Güneş Radyasyonu (k_{dir})	Rüzgar Yönü (w_{dir})
2023	1	6	87	5	35.89	904563	35.89	21.95	223
		7	81	7	149.74	907029	149.74	114.95	220
		8	76	9	263.25	915715	263.25	222.97	219
		9	62	11	343.18	926779	343.18	301.55	219

Çalışma alanı olarak seçilen adada bulunan bina duvarlarına gelen yıllık toplam enerji miktarındaki değişimlerin belirlenebilmesi için fotogrametrik nokta bulutundan türetilmiş YM’leri bina duvarlarına gelen yıllık toplam enerji miktarındaki değişimlerin

belirlenebilmesi için farklı açılarda döndürülmüştür. Açıların belirlenmesinde adaların uzun kenarlarının doğuya bakması esas alınmış, en uygun ada açısı tespit edilmiştir. Elde edilen YM’leri Şekil 4’te sunulmuştur.



Şekil 4. Çalışma alanı sayısal yüzey modeli, duvar bakı ve duvar yükseklikleri.

2.3 Metot

Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için birçok algoritma vardır. SEBE,

dünyada yaygın olarak kullanılan 2 boyutlu güneş radyasyonu modelidir. SEBE 2,5 boyutlu bir modeldir ve güneş radyasyonunu hesaplamak için YM

kullanır. Kentsel alanlarda güneş radyasyonunun tahmini, model alanındaki zemin topografyasının yanı sıra bina ve bitki örtüsünden doğru gölge desenleri üretmekle ilgili olduğu için hayati bir konudur. Gölgeleme tespiti için güneşin yüksekliği ve azimutu kullanılır. SEBE modelinde ilk olarak, duvar pikselleri üretmek için YM üzerinde bir kenar algılama filtresi kullanılır. Her duvar pikseli daha sonra duvar yüksekliğine bağlı olarak 1 m'lik segmentlere ayrılır (Lindberg vd., 2015). Ardından, gölgeleri hesaplamak için duvarların yükseklik, eğim ve bakı katmanları oluşturulur.

2.3.1 Duvar Yüksekliği

Duvar yüksekliği, Lindberg ve diğerleri (2015a) tarafından sunulan bir filtre kullanılarak YM'den duvar piksellerini ve yüksekliklerini tanımlamak için kullanılır. Bu model, dört kardinal noktanın incelendiği 3 x 3 piksel çekirdek minimum filtresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Binaların üzerindeki pikseller belirlenir ve bina kenarları

olduklarını belirtmek için değerler atanır (UMEP, 2019).

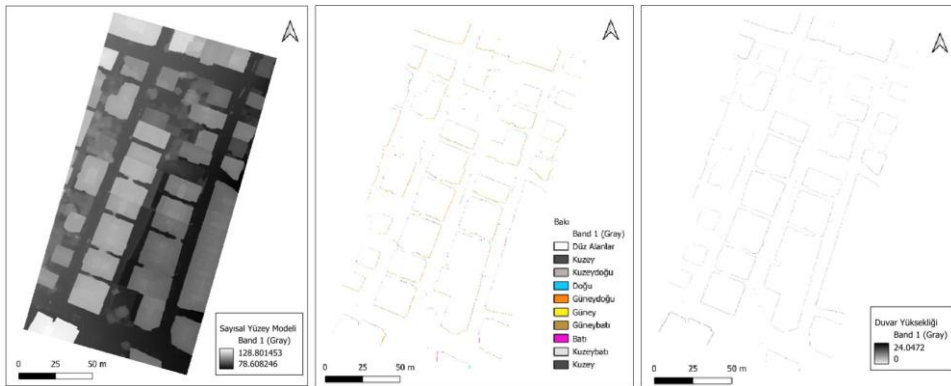
2.3.2 Bakı

Bakı değeri, duvar-yüzey yönüdür ve değerler o konumdaki yüzey yüzlerinin pusula yönünü gösterir (Yalçın, 2019). YM'den türetilmiştir ve kuzey, güney, doğu, batı, kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı olarak ayrılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Bakı değerleri.

Bakı Değeri °	Yön
0.0° - 22.5°	Kuzey
22.5° - 67.5°	Kuzeydoğu
67.5° - 112.5°	Doğu
112.5° - 157.5°	Güneydoğu
157.5° - 202.5°	Güney
202.5° - 247.5°	Güneybatı
247.5° - 292.5°	Batı
292.5° - 337.5°	Kuzeybatı
337.5° - 360.0°	Kuzey

YM ve YM'den elde edilen bina duvar yükseklikleri ve bakı değerleri Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. Kontrol alanı sayısal yüzey modeli, duvar bakı ve duvar yükseklikleri.

2.3.3 SEBE ile güneş enerjisi potansiyelinin hesaplanması

SEBE doğrudan radyasyon ve Güneş'e dik (I), dağınık (D) ve küresel (G) değerleri kullanır. Bu değerler yaygın olarak doğrudan bulunamadığından, gözlem istasyonlarından elde edilen saatlik meteorolojik veriler kullanılarak hesaplanır. I, Denklem 1 kullanılarak tahmin edilir (Lindberg vd., 2015): burada η Güneş'in ufuk üzerindeki yükseklik açısıdır. DSM üzerindeki bir çatı pikselinin (R) toplam radyasyonu denklem 4'teki gibi hesaplanır (Lindberg vd., 2015): burada p yarımküredeki yama sayısıdır. I doğrudan gelen radyasyon, D dağınık radyasyon ve G küresel radyasyon, α yüzey albedosu ve ω Güneş'in geliş açısıdır.

$$\text{Eğim}(\text{°}) = \tan \theta = \frac{\text{düşey mesafe}}{\text{yatay mesafe}} \quad (1)$$

$$\text{Eğim}(\%) = \frac{\text{düşey mesafe}}{\text{yatay mesafe}} \times 100 \quad (2)$$

$$I = \frac{G-D}{\sin \eta} \quad (3)$$

$$R = \sum_{i=1}^p [I\omega S + DS + G(1 - S)\alpha]_i \quad (4)$$

Denklem 4 ve 5'te S, her piksel için hesaplanan gölgedir (Lindberg vd., 2015). Burada Sb ve Sv sırasıyla bir Boolean değeri (var = 0 veya yok = 1) ile temsil edilen binalardan ve bitki örtüsünden gelen gölgelerdir.

$$S = S_b - (1 - S_v)(1 - \tau) \quad (5)$$

$$Y_{\text{yansırma}} = (G \cdot \alpha)/2 \quad (6)$$

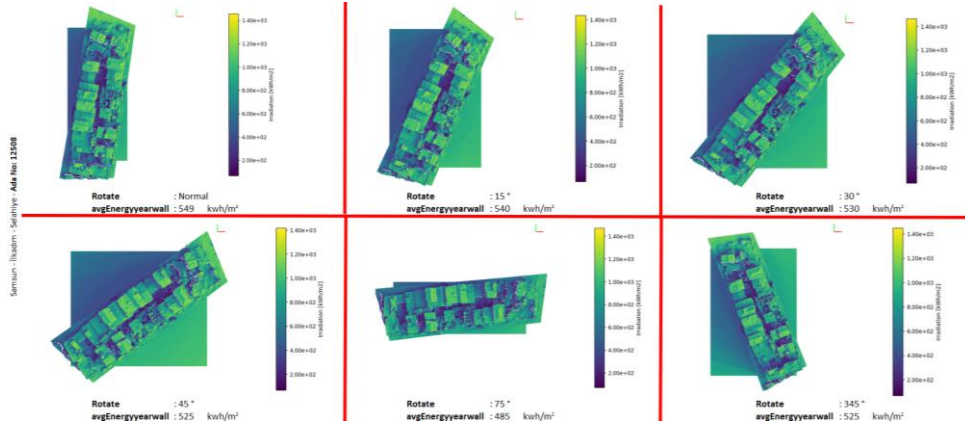
$$A_A = \frac{A_P}{\cos(S_i)} \quad (7)$$

Yansırma terimi, yarım kürenin yalnızca yarısı için, yani bir duvar pikseli için görünür kısım için dikkate alınır (Lindberg vd., 2015).

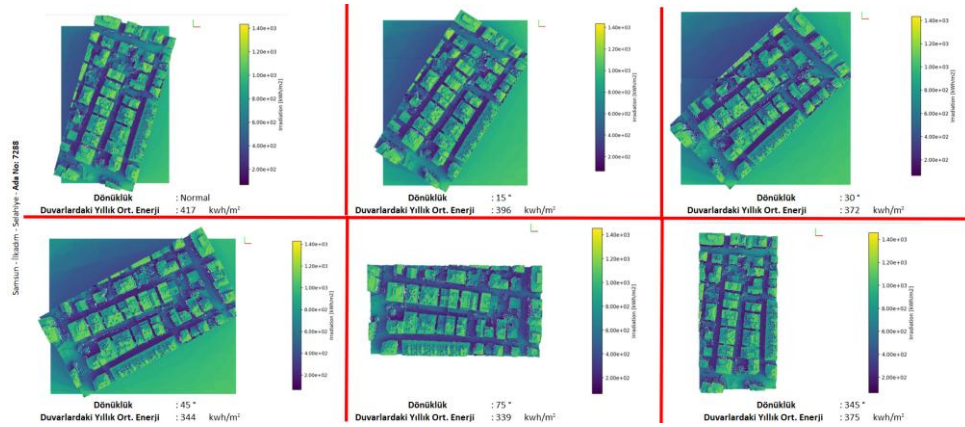
Belirli alanlardaki güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için gerçek alan dikkate alınır ve her bir pikselin alanı (A_P) belirlenir. Gerçek alan (A_A), raster pikselin eğimi (S_i) olmak üzere şu şekilde hesaplanabilir (UMEP, 2019).

3. Bulgular

Bu çalışmada, YM'den türetilen veriler ve meteorolojik veriler kullanılarak bina duvarlarına gelen yıllık toplam enerji miktarını hesaplamak için SEBE modeli kullanılmıştır. Duvarlarda biriken enerji miktarları, adaların mevcut durumları ve farklı yönelimleriyle birlikte Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu şekillerde, enerji aralıklarına göre renk skalaları verilmiştir. Her iki adada da metrekareye düşen enerji miktarı olarak, 200 ile 1400 kWh/m² arasında değer elde edilmiştir.



Şekil 6. Çalışma alanı döndürülmüş ada duvarlarındaki yıllık toplam enerji miktarları.



Şekil 7. Kontrol alanı döndürülmüş ada duvarlarındaki yıllık toplam enerji miktarları.

Bina duvarlarına gelen yıllık toplam enerji miktarlarının farklı yönelimlerine göre değişimlerinin belirlenebilmesi için adaların uzun kenarlarının doğuya bakması esas alınıp adalar saat yönünde 15, 30, 45, 75, 330, 345 derece döndürülmüştür.

Elde edilen yıllık toplam enerji miktarları yönelim açılara göre Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Yıllık toplam enerji miktarları.

Dönüklük (°)	Yıllık Toplam Enerji Miktarı (kWh/m ²)	
	Ada 12508	Ada 7288
Mevcut Konum	549	417
15	540	396
30	530	372
45	525	344
75	485	339
330	553	375

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, yeşil binaların güneş ışınımından elde edeceği enerji miktarlarına bina tasarımının etkilerinin yanısıra, binaların oluşturduğu imar adalarının yönelimlerinin de etkili olduğu incelenmiştir. Samsun İlkadım ilçesi, 12508 ve 7288 adaları incelemeye tabi tutulmuştur. Gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edebilmek için bölgenin yıllık meteoroloji verileri hesaplara katılmıştır. Hali hazırda mevcut imar adalarında bulunan binaların görmüş oldukları yıllık toplam güneş enerjisi miktarları farklı açılarda olması durumlarında da hesaplanmıştır. Tablo 3'te verilen bu enerji değerlerinde; Ada 12508 için saat yönünde 330°'de en fazla değerini, Ada 7288 içinse mevcut durumunda en fazla değerini görmüştür.

Çalışmamızda uygulanan yöntem, yeni imar planı yapılacak bölgelerin yönelimlerinde kullanılabilmesi gibi yeniden kentleşme yapılacak bölgelerde de bina yönelimleri için kullanılabilir. Bu şekilde güneşten en fazla verim alınabilecek bir çevre sağlanacak, yenilenebilir enerji sistemleri için de önceden hazırlanmış bir ortam sağlanmış olacaktır. Bu bulgular, özellikle enerji verimliliği çalışmalarıyla ilgili literatürdeki diğer araştırmalarla karşılaştırıldığında, imar planlamalarının sürdürülebilir enerji kullanımına olan etkisini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Benzer çalışmalar incelendiğinde, Demircan ve Gültekin (2017) tarafından yapılan araştırmada binaların pasif ve aktif güneş sistemleriyle nasıl daha verimli hale getirilebileceği vurgulanmıştır. Onların çalışmasında bina konumu ve formunun güneş enerjisi verimliliğini artırmada önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada da benzer şekilde, binaların yerleşim yönleriyle güneşten alınan enerjinin optimize edilebileceği gösterilmiştir. Ancak bu çalışmada, yalnızca bina düzeyinde değil, imar adası düzeyinde yapılan analizler farklı yönelimlerin toplam enerji kazanımını nasıl etkileyebileceğini daha geniş bir perspektiften ele almıştır.

Evren (2021) İstanbul'daki yapı adalarında güneş enerjisi kazanımını değerlendirdiği çalışmada, binaların yönelimlerinin güneş ışığına erişim açısından ne kadar önemli olduğu belirtilmiştir. Evren'in çalışması, bu çalışmadaki gibi yapı adalarının yönelimiyle güneş enerjisi kazanımı arasındaki ilişkiye odaklanmış, ancak daha çok gölgelenme ve binaların ışık erişimi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışma ise, güneş enerjisinden maksimum faydalanma üzerine odaklanarak, sadece ışık erişimi değil, enerji üretimi açısından da değerlendirme yapmıştır. Bu anlamda, bulgular her iki çalışmanın da benzer sonuçlara ulaştığını göstermekte, ancak bu çalışmanın özellikle SEBE algoritması kullanılarak yapılan enerji hesaplamalarıyla daha teknik bir yaklaşım sunduğu söylenebilir.

İnce ve Erdem (2020) tarafından Trakya Bölgesi'nde yapılan çalışmada, imar adalarının gölgelenme etkileri ve güneş açılarına göre binaların yönelimlerinin nasıl şekillendirilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Bu çalışma, benzer şekilde, imar adalarının yönelimlerinin güneşten maksimum verimi almak adına nasıl optimize edilebileceğini göstermektedir. Ancak İnce ve Erdem'in çalışması daha çok gölge analizlerine odaklanırken, bu çalışma binaların güneş ışınımından doğrudan elde ettiği enerji miktarına odaklanmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, enerji verimliliği açısından yönelimlerin nasıl optimize edilebileceğini daha somut bir şekilde ortaya koymaktadır.

Yalçın vd. (2019) tarafından İzmir Bergama'da yapılan çalışmada ise, SEBE algoritması kullanılarak binaların çatı yüzeylerinde biriken güneş enerjisi hesaplanmıştır. Bu çalışma da SEBE algoritmasının kullanımını içermekte olup, çatı düzeyindeki enerji birikimlerine odaklanmıştır. Ancak bu çalışmanın yenilikçi yönü, imar adası düzeyinde ve binaların yönelimlerine göre enerji verimliliğinin nasıl değiştiğini göstermesidir. Bu çalışmadan farklı olarak, bu araştırma bina duvarlarındaki enerji birikimine de odaklanmış ve yapı adalarının yönelimlerinin optimize edilmesiyle daha fazla enerji kazanımı sağlanabileceğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, bu çalışma diğer literatürdeki çalışmalarla uyumlu olup, imar planlarında yapı adalarının güneş enerjisi verimliliğini artırmaya yönelik yönelimlerinin nasıl optimize

edilebileceğini daha geniş bir ölçekte ele almaktadır. Bu bakımdan diğer çalışmalardan farklı ve bir imar adasının planlanırken yöneliminin hangi açıda olabileceği konusunda deterministik olarak fikir vermektedir. Bu bulgular, özellikle yeni imar planları yapılırken veya mevcut yapıların yeniden düzenlenmesi süreçlerinde güneş enerjisinden en yüksek verimin alınabilmesi için dikkate alınabilir. Güneş enerjisi verimliliği açısından daha verimli bir kentsel yapılaşma stratejisi hem enerji tasarrufunu hem de sürdürülebilir çevre hedeflerini destekleyecektir.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Fikir Sahibi, Deney tasarımı, Proje Yöneticisi, Kaynaklar, Metodoloji, Yazma – orijinal taslak Görselleştirme, Yazma – orijinal taslak

Yazar 2: Kaynaklar, Araştırma, Biçimsel analiz, Doğrulama, Görselleştirme, Yazma – orijinal taslak,

Yazar 3: Deney, Araştırma, Görselleştirme, Yazma – orijinal taslak

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

5. Kaynaklar

Berköz, E., Küçükdoğu, M., Yılmaz, Z., Kocaaslan, G., & Ak, F. (1995). Enerji

- etkin konut ve yerleşme tasarımı. *Tübitak Proje No: İntag, 201*, İstanbul, Turkey
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., ... & Hauser, M. (2023). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. (No Title). <https://doi.org/10.59327/ipcc/ar6-9789291691647>
- Crippa, M., Guizzardi, D., Banja, M., Solazzo, E., Muntean, M., Schaaf, E., ... & Vignati, E. (2022). CO2 emissions of all world countries. *JRC Science for Policy Report, European Commission, EUR, 31182*.
- Demircan, R. K., & Gültekin, A. B. (2017). Binalarda pasif ve aktif güneş sistemlerinin incelenmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi, 10(1)*, 36-51.
- Dirik, M. (2023). The Importance of Clean Energy and Technology in the Development of Smart Cities. *Journal of Soft Computing and Artificial Intelligence, 4(2)*, 72-79. <https://doi.org/10.55195/jscai.1404604>
- Esfandi, S., Tayebi, S., Byrne, J., Tamini, J., Giyahchi, G., & Alavi, S. A. (2024). Smart cities and urban energy planning: an advanced review of promises and challenges. *Smart Cities, 7(1)*, 414-444. <https://doi.org/10.3390/smartcities7010016>
- Evren, M. B. (2022). Doğrultulu Güneşli Bağlamında Yapı Adasında Morfolojik Değerlendirme: Şirinevler Mahallesi. *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı, 649-665*.
- Farzaneh, H., Malehmirchegini, L., Bejan, A., Afolabi, T., Mulumba, A., & Daka, P. P. (2021). Artificial intelligence evolution in smart buildings for energy efficiency. *Applied Sciences, 11(2)*, 763. <https://doi.org/10.3390/app11020763>
- İnce, H., & Erdem, N. (2020). Bir imar adasındaki binaların oluşturduğu gölgelerin konum bakımından incelenmesi: Trakya Bölgesi örneği. *Geomatik, 5(1)*, 58-71. <https://doi.org/10.29128/geomatik.569278>
- Koca, Ö. (2006). *Sıcak kuru ve sıcak nemli iklim bölgelerinde enerji etkin yerleşme ve bina tasarım ilkelerinin belirlenmesine yönelik yaklaşım* Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Lindberg, F., Jonsson, P., Honjo, T., & Wästberg, D. (2015). Solar energy on building envelopes–3D modelling in a 2D environment. *Solar Energy, 115*, 369-378. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.03.01>
- Sırmaz, S., (2015), Enerji verimliliği Temasının Türkiye Şehir Planlama Sistemine Entegrasyonu: Lapseki Kenti için Bir Yaklaşım, *Planlama, 15(2)*, 195-204, <https://dx.doi.org/10.5505/planlama.2015.08370>
- Spagnolo, J., & De Dear, R. (2003). A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and environment, 38(5)*, 721-738. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(02\)00209-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00209-3)
- Tıkansak, T. E. (2014). Konutlarda Enerji Etkinliği. *Iconarp International Journal of Architecture and Planning, 1(2)*, 189-200.
- Tunalı, S. (2012). *Enerji simülasyon metodlarının bina tasarım sürecinde destek sistemi olarak kullanılması*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- UMEP (2019). Solar Energy - Introduction to SEBE <https://umep-docs.readthedocs.io/projects/tutorial/en/latest/Tutorials/SEBE.html> Access Date: 03.03.2024.
- Yalcin, M., & Gul, F. K. (2017). A GIS-based multi criteria decision analysis approach for exploring geothermal resources: Akarcay basin (Afyonkarahisar). *Geothermics, 67*, 18-28.

- <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2017.01.002>
- Yalcin, M., Dereli, M. A., Ugur, M. A., Polat, N., Narin, Ö. G., & Capadis, A. (2019). Modeling of solar energy potential with geographical information system and remote sensing integration: A case study for Bergama, Turkey. In *International Symposium on Applied Geoinformatics (ISAG-2019)* (pp. 136-164).
- Yalcin, M., Sari, F., & Yildiz, A. (2023). Exploration of potential geothermal fields using MAXENT and AHP: A case study of the Büyük Menderes Graben. *Geothermics*, 114, 102792.
- Yasan, A. S. (2011). *Bina tasarım parametrelerinin enerji harcamalarına etkilerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.