

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN**


Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
ISSN: 2667-8764 , 3(2), 425-441, 2021
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>

**Araştırma Makalesi / Research Article****Doi: [10.47898/ijeased.999450](https://doi.org/10.47898/ijeased.999450)**

Binaların Pencere/Duvar Oranı ve Yönlenme Parametrelerinin Güneş Enerjisi Kazancına Etkisi

Gonca ÖZER YAMAN *

Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 12000, Bingöl, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : gozer@bingol.edu.tr  https://orcid.org/0000-0002-0156-3994 , G. Özer Yaman	Geliş Tarihi / Received Date :	22.09.2021
	Revizyon Tarihi / Revision Date :	17.10.2021
	Kabul Tarihi / Accepted Date :	24.10.2021
	Yayın Tarihi / Published Date :	15.12.2021
Alıntı / Cite : Özer Yaman, G. (2021). Binaların Pencere/Duvar Oranı ve Yönlenme Parametrelerinin Güneş Enerjisi Kazancına Etkisi, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(2), 425-441.		

Özet

Binalarda enerjinin büyük bir bölümü ısınma ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Isıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler arasında binaları çevreleyen kabuk özellikleri ve binaların yönlenme özellikleri gösterilebilir. Bina kabuğu opak ve saydam (pencere ve duvar) yüzeylerden oluşmaktadır. Bu yüzeylere gelen güneş ışınlarından faydalanılarak binaların ısıtma enerjisi ihtiyacında azalmalar sağlanabilmektedir. Aynı zamanda binaların bulunduğu bölgenin çevre koşullarına göre yönlenme özellikleri de güneş enerjisi kazancında etkili olmaktadır. Bundan dolayı bu çalışma ile binaların pencere/ duvar oranları ve yönlenme özellikleri ile güneş enerjisi kazancı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, farklı yönlenme ve pencere/duvar oranlarına sahip alternatifler için güneş enerjisi kazançları hesaplanmıştır. Hesaplamalar yapılırken TSE 825 de yer alan hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafiklerle karşılaştırmalar yapılarak ortaya konmuştur. Bu çalışma ile tasarım aşamasında binaların yönlenme ve pencere/duvar oranlarına göre güneş enerjisi kazançları dikkate alınarak çözümler üretmeye yardımcı olabilecek bir çerçeve ortaya konması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Binalarda güneş enerjisi kazancı, Pasif bina tasarımı, Enerji etkin bina, Güneş mimarlığı.

The Effect of Buildings' Window/Wall Ratio and Orientation Parameters on Solar Energy Gain

Abstract

Most of the energy in buildings is used for heating energy needs. Among the factors affecting the heating energy need are the building shell properties and the orientation characteristics of the buildings. The building shell consists of opaque and transparent (window and wall) surfaces. By making use of the sun's rays coming to these surfaces, the heating energy needs of the buildings can be reduced. At the same time, the orientation of the buildings according to the environmental conditions of the region is also effective in solar energy gain. Therefore, in this study, the relationship between the window/wall ratios (WWR), orientation properties and solar energy gain of the buildings was investigated. Within the scope of the study, solar energy gains were calculated for alternatives with different orientation and WWR. While making the calculations, the calculation method in TSE 825 was used. The obtained results were presented by making comparisons with tables and graphics. With this study, it is aimed to present a framework that can help produce optimum solutions by considering the solar energy gains according to the orientation and WWR of the buildings during the design phase.

Keywords: *Solar energy gain in buildings, Passive building design, Energy efficient building, Solar architecture.*

1. Giriş

Günümüzde; enerji ihtiyacının artması, fosil kökenli enerji kaynaklarının azalması küresel ısınmaya bağlı ortaya çıkan çevre sorunları gibi birçok etken binalarda da enerjinin verimli kullanılmasını zorunluluk haline getirmiştir (Yıldız, Göksal Özbaltı ve Durmuş Arsan, 2011). Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren planlama anlayışları önem kazanmaktadır (Wang, Cao ve Meng, 2019). Yaşam alanlarını oluşturan binaların enerji ihtiyacı oldukça fazladır. Binalarda enerji tüketiminin azaltılması veya binaların enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması için yapılan çalışmalar büyük öneme sahiptir. Türkiye’de bina sektörü toplam enerji tüketiminin %40’ını oluşturmaktadır. Türkiye’deki binalar incelendiğinde, enerji korunumu bakımından yetersiz olduğu, binalarda fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanım oranının çok yüksek olduğu görülmektedir. Aynı zamanda, yapılaşmadaki artış ve mekânlardaki konfor gereksiniminin değişmesi, binalarda enerji tüketimini arttırmaktadır (Sayın ve Koç, 2011). Bu sebeple binalar planlanırken enerji etkin mimarlık anlayışının göz önünde bulundurulması her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. Binalarda Enerji tüketimi; farklı çevresel koşullarına göre değişim gösterir (Koyun ve Koç, 2017). Enerji etkin mimarlık anlayışında; binaların yerleşimi, kütle özellikleri, yapı kabuğu ve mekân organizasyonları gibi birçok parametre tasarım aşamasında analiz edilerek enerji kazanımı sağlanabilmektedir (Keskin ve Engin, 2019). Tasarım aşamasında çevresel verileri tasarıma dâhil etmek, yapım sürecinde yerel malzemeleri kullanmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak, kullanım aşamasında da enerjiyi

verimli kullanmak enerji etkin yapı tasarım yaklaşımının temelini oluşturmaktadır (Van ve Anne, 2019) Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş enerjisi gelmektedir. Dünyanın en büyük ısı ve ışık kaynağı olan güneş tükenmeyen bir enerji kaynağıdır. Yapılı çevrelerin güneş ile olan ilişkisi farklı dönemlerde mühendisleri ve mimarları ilgilendiren önemli bir konu olmuştur (Canan ve Kürüm Varolgüneş, 2017). Güneş enerjisinin yapılarda kullanımı çevre kirliliğinin azalmasını sağlamanın yanında binaların enerji verimin de arttıracaktır. Binalarda güneş enerjisinden verimli bir biçimde yararlanmak enerji etkin yapı tasarımının önemli bir basamağını oluşturmaktadır. Binalarda güneş enerjisi kazançlarının büyük bir bölümü saydam yüzeylerden gelen güneş ışınimleri yoluyla elde edilebilmektedir. Bunun yanında güneş ışınları farklı yönlerde farklı ışınım şiddetine sahiptir. Güneşin hareketleri dikkate alınarak farklı yönlere göre farklı güneş enerjisi kazancı sağlanabilir (Li, Zhong, Yu ve Zhai, 2020). Bundan dolayı binaların saydam yüzeylerinin yönlenme özellikleri ve pencere duvar oranları ile güneş enerjisi arasındaki ilişki dikkate alınarak tasarımların yapılması yoluyla enerji etkin bina tasarımına büyük oranda katkı sağlanmış olacaktır. Binalarda güneş enerjisi kazancı ve pencere duvar oranı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bektaş ve Aksoy (2005) tarafından yapılan çalışmada, soğuk iklim bölgesinde bulunan konutlarda pencere özellikleri ve binaların yönlenmeleri ile ısıtma enerjisi ihtiyacı arasındaki ilişkiyi inceleyerek ısıtma enerjisi tasarrufu sağlanabileceği ortaya konmuştur. Feng ve diğerleri (2017) sıfır enerjili binaların tasarımında pencere duvar oranının optimizasyonu için Shenyang şehrinde bir referans bina üzerinden çalışmalar yapmışlardır. Chi ve diğerleri (2020) Çin'de bulunan geleneksel binaların yönlenmeye bağlı optimum pencere/duvar oranlarını araştırmışlardır. Phillips ve diğerleri (2020) ABD ofis binalarında pencere-duvar oranının sürdürülebilir değerlendirmesini yapmışlardır.

Bu araştırmalar ışığında Türkiye'deki çevresel koşullar dikkate alınarak binaların yönlenme özelliklerinin ve cephelerdeki pencere duvar oranının güneş enerjisi kazancı ile ilişkisinin ortaya konduğu bir çalışmaya ihtiyaç olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma Türkiye' de çevresel koşullar dikkate alınarak tasarlanacak olan binalarda güneş enerjisi kazançlarının göz önünde bulundurulmasında referans alınabilecek bir çalışma ortaya koymaktır. Çalışmada bina saydam yüzeylerinden yönlenme ve pencere/duvar oranına göre güneş enerjisinden kazançlar hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında Türkiye'nin çevresel koşulları göz önünde bulundurularak binalarda bina yönlenmeleri alternatifleri oluşturulmuştur. Bunlar binaların opak yüzeylerinin kuzeye, güneye ve ara yön olan doğu/batı yönlerine yönlendirilmiş alternatifler olarak belirlenmiştir. İkinci parametre olarak bina pencere/duvar oranları belirlenmiştir. Bunlar oranlar ise

%10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80, %90, %100 olmak üzere on alternatif oluşturulmuştur. Oluşturulan bu parametre özelliklerine göre güneş enerjisinden elde edilebilecek ısı kazançlarını hesaplayabilmek için TSE 825’de yer alan ‘Binaların aylık ortalama güneş enerjisi kazancı hesabı’ yöntemi kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen veriler doğrultusunda binaların güneş enerjisi kazançları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için karşılaştırılmıştır. Isıtma enerjisi ihtiyacı duyulan dönemlerde hangi yöndeki pencere oranlarında nasıl kazançlar elde edileceği ortaya konmuştur.

2. Materyal ve Metot

Bu bölümde öncelikle güneş enerjisi kazancını bulabilmek için kullanılan hesaplama yönteminden bahsedilmektedir, daha sonra parametreler ve oluşturulan değişkenlerin sınırları ortaya konmaktadır.

2.1. Hesaplama Yöntemi

Çalışmada hesaplama yöntemi olarak TSE 825’ de yer alan binaların aylık ortalama güneş enerjisi kazancı hesabı kullanılmıştır (Formül 1). Bu yöntem ile pencerelerden doğrudan sağlanan güneş ışıınımı hesaplanabilmektedir (TSE 825, 2013).

$$\phi_{\text{say}} = \sum r_{i,\text{ay}} \times g_{i,\text{ay}} \times I_{i,\text{ay}} \times A_i \quad (1)$$

Burada;

ϕ_{say} : Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları (W)

$r_{i,\text{ay}}$: ‘i’ yönündeki saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgeleme faktörü,

$g_{i,\text{ay}}$: ‘i’ yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü

$I_{i,\text{ay}}$: ‘i’ yönündeki dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıınımı şiddeti (W/m²)

A_i : ‘i’ yönündeki toplam pencere alanı.

Türkiye’nin iklim koşullarına sahip yerleşim alanlarında planlanacak olan binalarda aylık ortalama güneş enerjisi kazancı bu formül ile hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamalar yapılırken Ayrık (müstakil) ve/veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yönlerde dikkate alınacak Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgeleme faktörü ($r_{i,\text{ay}}$) değerleri, yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü ise renksiz tek cam için olan değerler kullanılmıştır. $I_{i,\text{ay}}$ değerleri hesaplamada kullanılırken TSE 825 Ek-C’ de bulunan ‘Bütün derece gün bölgeleri için

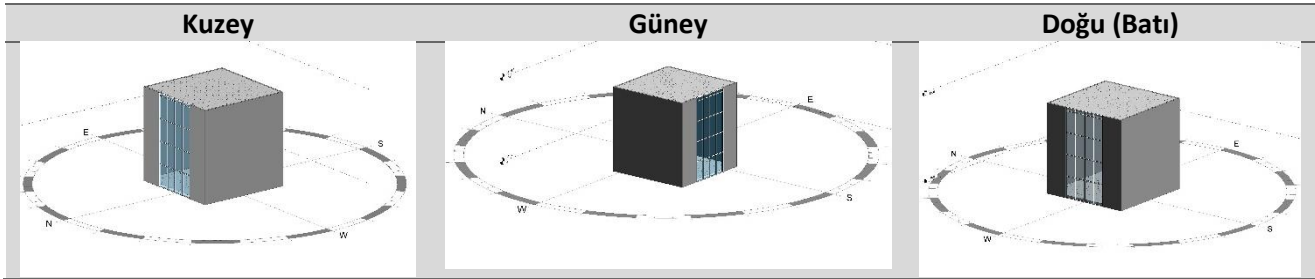
hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri [W/m^2]’ verileri dikkate alınmıştır. Bu hesaplama yöntemi kullanılarak öncelikle aylık güneş enerjisi kazançları hesaplanmış daha sonra ilkbahar, yaz, sonbahar, kış mevsimleri için kazançlar ve daha sonra yıllık toplam kazançlar ortaya konmuştur.

2.2. Parametreler

Çalışmada hesapların yapılabileceği referans bir bina oluşturulmuş, bu bina sınırlarında parametreler değiştirilerek alternatifler oluşturulmuştur. Bu alternatiflerin her biri için hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada dikkate alınan parametreler;

- Yönlenme,
- Bina cephesinin pencere/duvar oranları olarak belirlenmiştir.

Binaların tasarlanacağı alanlarda çevresel faktörlerin etkisinin kontrol altında tutulabilmesi bakımından yönlenme özellikleri önemli bir faktördür. Çalışmada binaların yönlenmeleri ele alınırken saydam yüzeylerin yönlenme özellikleri dikkate alınmıştır. Binaların Saydam yüzeylerinin 3 temel yönlenme durumu olduğu kabulüne dayanarak çalışmanın çerçevesi oluşturulmuştur (Şekil 1). Görseller Autodesk-Revit programında hazırlanmıştır.



Şekil 1. Bina Yönlenme Özellikleri şematik gösterim

Şekil 1’ de de görüldüğü gibi bu bina yönlenme alternatifleri;

- Kuzeye yönlendirilmiş bina saydam yüzeyleri,
- Güneye yönlendirilmiş bina saydam yüzeyleri,
- Doğu (batı)’ya yönlendirilmiş bina saydam yüzeyleri

olmak üzere üç temel yönlenme alternatifini göz önünde bulundurulmuştur. Bu üç temel yöndeki güneş ışınım şiddetleri dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

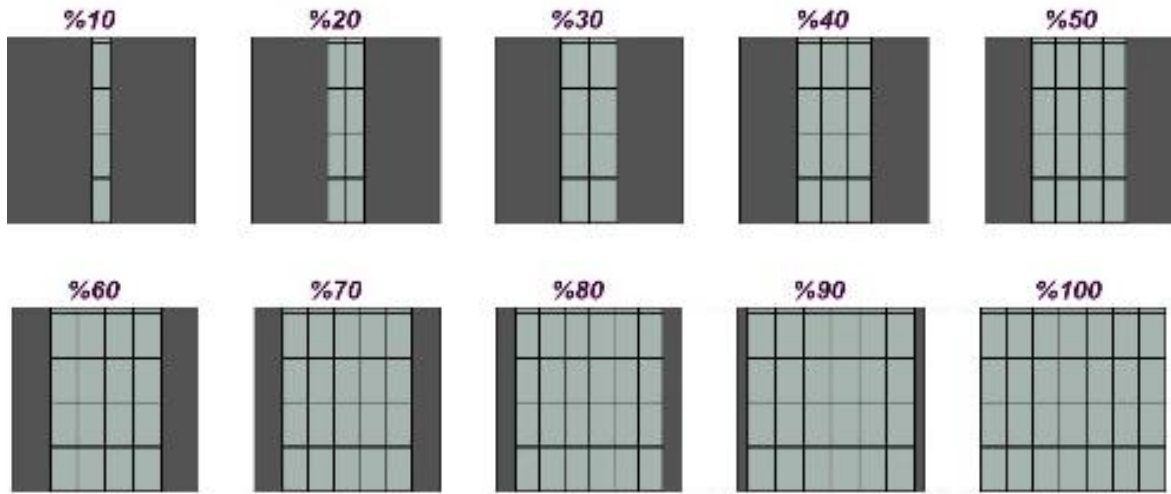
Yönlenme özelliklerine göre binalarda güneş ışınım şiddeti farklılık göstermektedir. Buda binalar için güneş enerjisinden elde edilebilecek kazançları doğrudan etkilemektedir. Türkiye’nin

iklim özellikleri dikkate alındığında Bu temel yönlerde hesaplamalarda kullanılacak aylık güneş ışınım şiddetleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Hesaplamalarda kullanılacak ortalama aylık güneş ışınım şiddeti değerleri (TSE 825, 2013)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
İgüney	72	84	87	90	92	95	93	93	89	82	67	64
İkuzey	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
İbatı/doğu	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

Bina kabuğu opak ve saydam yüzeylerden oluşmaktadır. Bu yüzeylerin oranı değiştikçe iç mekânlara ulaşan güneş enerjisi miktarı da değişmektedir. Çalışma kapsamında pencere/duvar oranı olarak literatürdeki çalışmalara konu olmuştur. Bu oran; pencere alanının tüm cephe yüzey alanına oranıdır. Hesaplamalarda dikkate alınan pencere/duvar (opak/saydam yüzey) oranlarının şematik olarak gösterimi aşağıdaki şekilde yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Bina Pencere/Duvar Oranları Şematik Gösterimi

Hesaplamalar yapılırken binaların pencere oranlarının tüm yüzeye oranı dikkate alınmıştır. Bu oranlar; %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80, %90 ve %100 olduğu kabulleri ile değişkenler oluşturulmuştur.

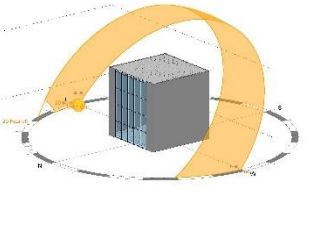
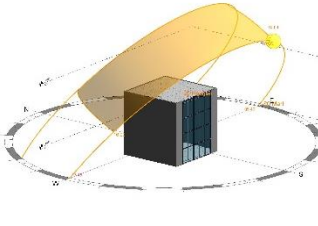
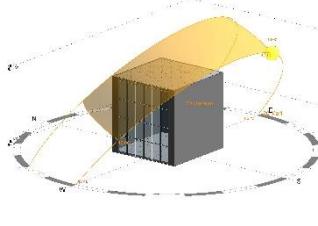
3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde materyal ve metot bölümünde sınırları belirlenen parametreler ve yöntemler kullanılarak yapılmış olan hesaplamalar sonucu elde edilen verilere yer verilmektedir. Bu veriler ilk olarak mevsimlere göre analiz edilmiştir. Daha sonra yıllık kazançlar değerlendirilmiştir.

3.1. Mevsimlere göre Kazançlar

Aşağıdaki tabloda oluşturulan bina alternatiflerinin ilkbahar mevsiminde, kuzey, güney, doğu (batı) yönlerine yönlendirilmiş farklı oranlarda saydam yüzey alternatiflerine göre güneşlenme durumu görülmektedir. Yine bu bina alternatiflerinin saydam yüzey yönlenme özelliklerine göre ilkbahar mevsiminde güneş enerjisi kazancı değerleri yer almaktadır (Çizelge 2).

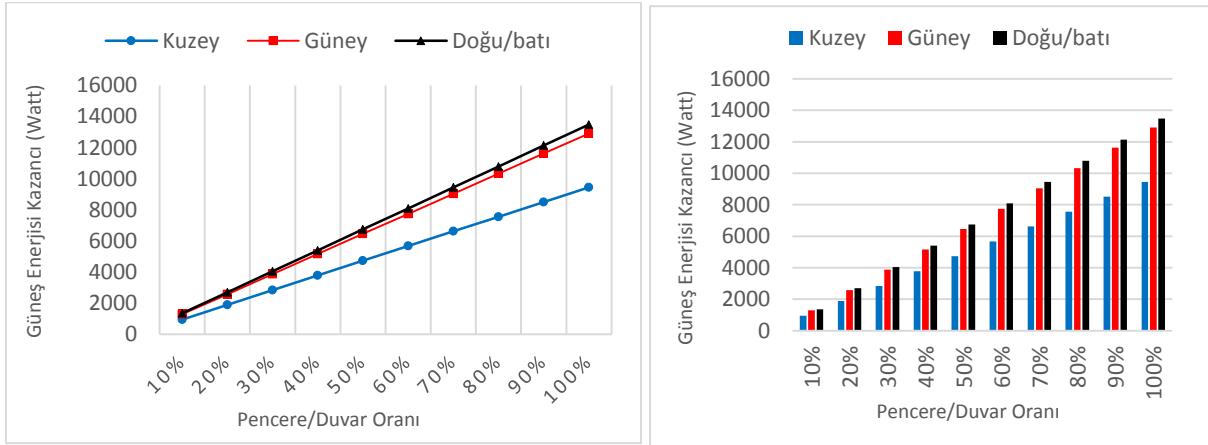
Çizelge 2. İlkbahar Mevsimi için Güneş enerjisi kazançları

İlkbahar												
Yön	Kuzey				Güney				Doğu (Batı)			
	Güneşlenme											
%10		945,6	%60	5673,6	%10	1291,2	%60	7747,2	%10	1348,8	%60	8092,8
Kazanç	%20	1891,2	%70	6619,2	%20	2582,4	%70	9038,4	%20	2697,6	%70	9441,6
	%30	2836,8	%80	7564,8	%30	3873,6	%80	10329,6	%30	4046,4	%80	10790,4
	%40	3782,4	%90	8510,4	%40	5164,8	%90	11620,8	%40	5395,2	%90	12139,2
	%50	4728	%100	9456	%50	6456	%100	12912	%50	6744	%100	13488

Tabloda yer alan bilgilere bakıldığında, ilkbahar mevsiminde en yüksek kazanç tüm yönler için açıklık oranı en yüksek olduğu %100 pencere/duvar oranında görülmektedir. Tabloda bulunan şekillerden de görüldüğü gibi güneş ışınları kuzey yöne yönlendirilmiş pencerelere direk ulaşmamaktadır. Bundan dolayı en düşük enerji kazancı 945,6 Watt ile %10 pencere/duvar oranı olan kuzeye yönlendirilmiş pencere alternatifidir olduğu görülmektedir. Bu alternatifler içerisinde en

yüksek kazanç 13488 Watt ile %100 pencere/duvar oranı ile pencerenin doğu (batı) yöne yönlendirilmiş pencere alternatifinde görünmektedir. Hesaplanmış olan bu değerler dikkate alınarak aşağıdaki karşılaştırma grafikleri oluşturulmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. İlkbahar Mevsimi Güneş Enerjisi Kazançlarının Karşılaştırma Grafiği.



Grafiklere bakıldığında; ilkbahar mevsimi için kazançlar kuzey, güney, doğu (batı) yönleri için açıklık oranı arttıkça güneş enerjisinden elde edilebilecek ısı kazançlarının arttığı görülmektedir. Kuzey yöne yönlendirilmiş pencerelerden elde edilebilecek kazançlar düşüktür. Doğu (batı) yöne yönlendirilmiş pencerelerde en yüksek kazançlar sağlanmaktadır. Güneş ışınları ilkbahar mevsiminde dik açı ile geldiğinden dolayı güney yönlerdeki açıklıklardan elde edilebilecek güneş enerjisi kazancı oranları doğu (batı) yönüne yönlendirilmiş pencere alternatiflerine göre daha düşüktür. Fakat kuzey yöne güneş ışınları hiç ulaşamadığı için güney yönde kazançlar kuzey yönden daha fazladır.

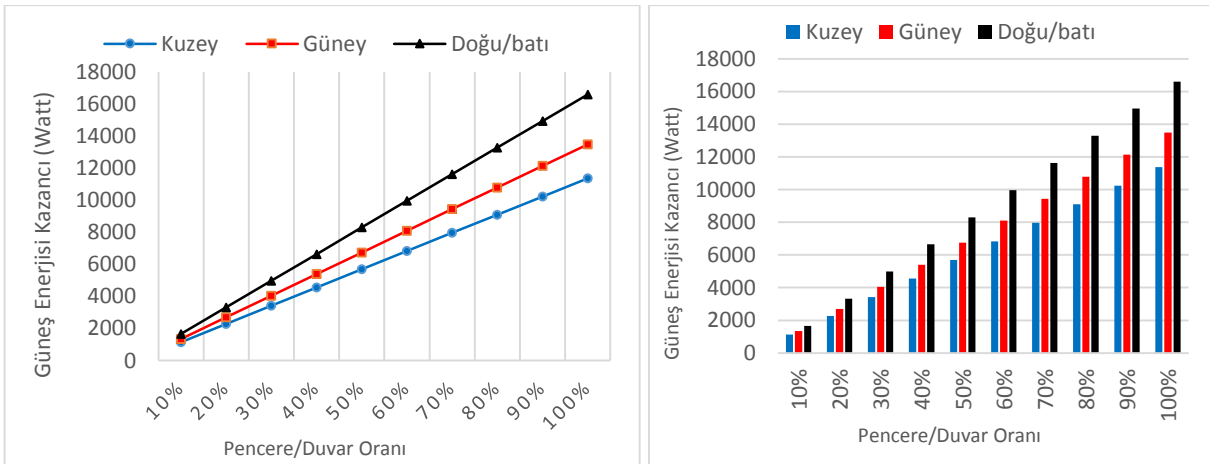
Aşağıdaki tabloda oluşturulan bina alternatiflerinin yaz mevsiminde, kuzey, güney, doğu (batı) yönlerine yönlendirilmiş farklı oranlarda saydam yüzey alternatiflerine göre güneşlenme durumu görülmektedir. Bu bina alternatiflerinin saydam yüzey yönlenme özelliklerine göre yaz mevsiminde güneş enerjisi kazancı değerleri yer almaktadır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Yaz Mevsimi için Güneş Enerjisi Kazançları

		Yaz										
Yön	Güneşlenme	Kuzey			Güney			Doğu (Batı)				
		Kazanç	%10	1137,6	%60	6825,6	%10	1348,8	%60	8092,8	%10	1660,8
%20	2275,2		%70	7963,2	%20	2697,6	%70	9441,6	%20	3321,6	%70	11625,6
%30	3412,8		%80	9100,8	%30	4046,4	%80	10790,4	%30	4982,4	%80	13286,4
%40	4550,4		%90	10238,4	%40	5395,2	%90	12139,2	%40	6643,2	%90	14947,2
%50	5688		%100	11376	%50	6744	%100	13488	%50	8304	%100	16608

Tabloda yer alan bilgilere bakıldığında, yaz mevsiminde en yüksek kazanç tüm yönler için açıklık oranı en yüksek olduğu %100 pencere/duvar oranında görülmektedir. Tabloda bulunan şekillerden de görüldüğü gibi güneş ışınları kuzey yöne yönlendirilmiş pencerelere direk ulaşmamaktadır. Bundan dolayı en düşük enerji kazancı 1137,6 Watt ile %10 pencere/duvar oranı olan kuzeye yönlendirilmiş pencere alternatifidir. Bu alternatifler içerisinde en yüksek kazanç 16608 Watt ile %100 pencere/duvar oranı ile pencerenin doğu (batı) yöne yönlendirilmiş pencere alternatifinde görülmektedir. Hesaplanmış olan bu değerler dikkate alınarak aşağıdaki karşılaştırma grafikleri oluşturulmuştur (Çizelge 5).

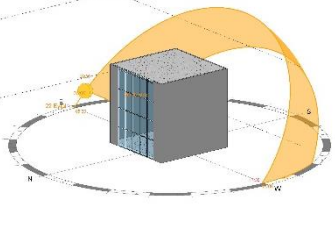
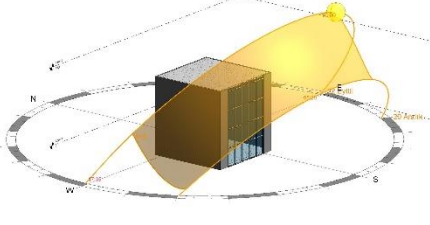
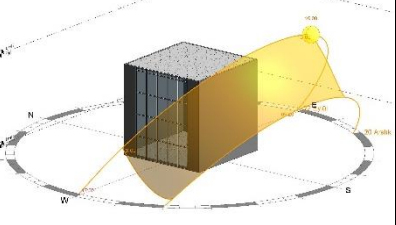
Çizelge 5. Yaz Mevsimi Güneş Enerjisi Kazançlarının Karşılaştırma Grafiği



Grafiklere bakıldığında yaz mevsimi için kazançlar; kuzey, güney, doğu (batı) yönleri için pencere oranı arttıkça güneş enerjisinden elde edilebilecek ısı kazançlarının da arttığı görülmektedir. Kuzey yöne yönlendirilmiş pencerelerden elde edilebilecek kazançlar düşüktür. Doğu (batı) yöne yönlendirilmiş pencerelerden en yüksek kazançlar sağlanmaktadır. Güneş ışınları yaz mevsiminde dik açı ile geldiğinden dolayı güney yönlerdeki pencerelerden elde edilebilecek güneş enerjisi kazancı oranları doğu (batı) yönüne yönlendirilmiş pencerelere göre daha düşüktür. Fakat kuzey yöne güneş ışınları hiç ulaşamadığı için güney yönde kazançlar kuzey yönden daha fazladır.

Aşağıdaki tabloda oluşturulan bina alternatiflerinin sonbahar mevsiminde, kuzey, güney, doğu (batı) yönlerine yönlendirilmiş farklı oranlarda saydam yüzey alternatiflerine göre güneşlenme durumu görülmektedir. Yine bu bina alternatiflerinin saydam yüzey yönlenme oranlarına göre sonbahar mevsiminde güneş enerjisi kazancı değerleri yer almaktadır (Çizelge 6).

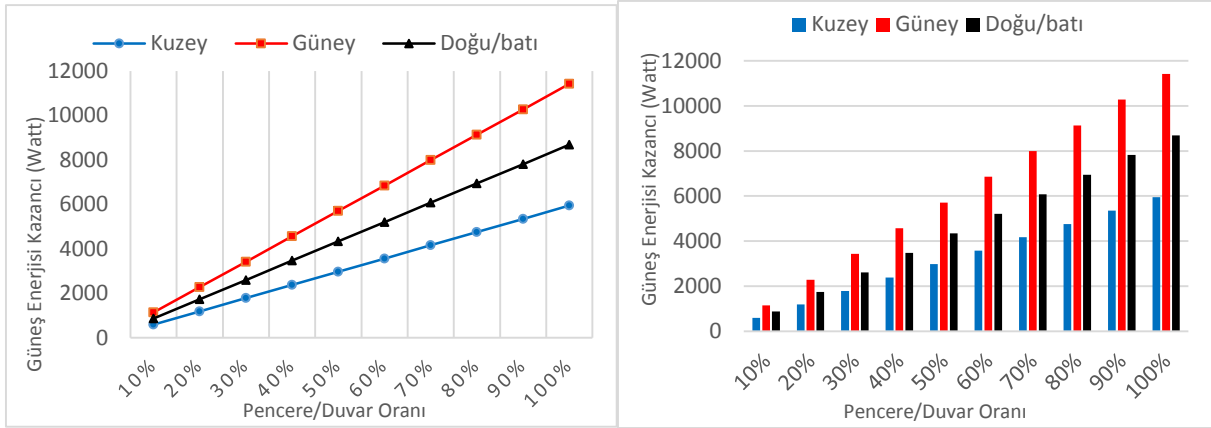
Çizelge 6. Sonbahar Mevsimi için Güneş Enerjisi Kazançları

Sonbahar												
Yön	Kuzey			Güney			Doğu/Batı					
Güneşlenme												
Kazanç	%10	595,2	%60	3571,2	%10	1142,4	%60	6854,4	%10	868,8	%60	5212,8
	%20	1190,4	%70	4166,4	%20	2284,8	%70	7996,8	%20	1737,6	%70	6081,6
	%30	1785,6	%80	4761,6	%30	3427,2	%80	9139,2	%30	2606,4	%80	6950,4
	%40	2380,8	%90	5356,8	%40	4569,6	%90	10281,6	%40	3475,2	%90	7819,2
	%50	2976	%100	5952	%50	5712	%100	11424	%50	4344	%100	8688

Tabloda yer alan bilgilere bakıldığında, sonbahar mevsiminde en yüksek kazanç tüm yönler için açıklık oranı en yüksek olduğu %100 pencere/duvar oranında görülmektedir. Tabloda bulunan şekillerden de görüldüğü gibi güneş ışınları kuzey yöne yönlendirilmiş pencerelere direk ulaşmamaktadır. Bundan dolayı en düşük enerji kazancı 595,2 Watt ile %10 pencere/duvar oranı olan kuzeye yönlendirilmiş pencere alternatifidir. Bu alternatifler içerisinde en yüksek kazanç 11424 Watt ile %100 pencere/duvar oranı ile pencerenin güney yöne yönlendirilmiş

pencere alternatifinde görünmektedir. Hesaplanmış olan bu değerler dikkate alınarak aşağıdaki karşılaştırma grafikleri oluşturulmuştur (Çizelge 7).

Çizelge 7. Sonbahar Mevsimi Güneş Enerjisi Kazançlarının Karşılaştırma Grafiği



Grafiklere bakıldığında sonbahar mevsimi için kazançlar; kuzey, güney, doğu (batı) yönleri için pencere oranı arttıkça güneş enerjisinden elde edilebilecek ısı kazançlarının da arttığı görülmektedir. En düşük kazançlar kuzey yöne yönlendirilmiş pencere alternatiflerindedir. Güney yöne yönlendirilmiş pencerelerden en yüksek kazançlar sağlanmaktadır. Güneş ışınları sonbahar mevsiminde yatay açı ile geldiğinden dolayı güney yönlerdeki pencerelerden elde edilebilecek güneş enerjisi kazancı oranları doğu (batı) yönüne yönlendirilmiş pencerelere göre daha yüksektir. Fakat kuzey yöne güneş ışınları hiç ulaşmadığı için Doğu (batı) yönünde pencerelerden sağlanan kazançlar kuzey yönden daha fazladır.

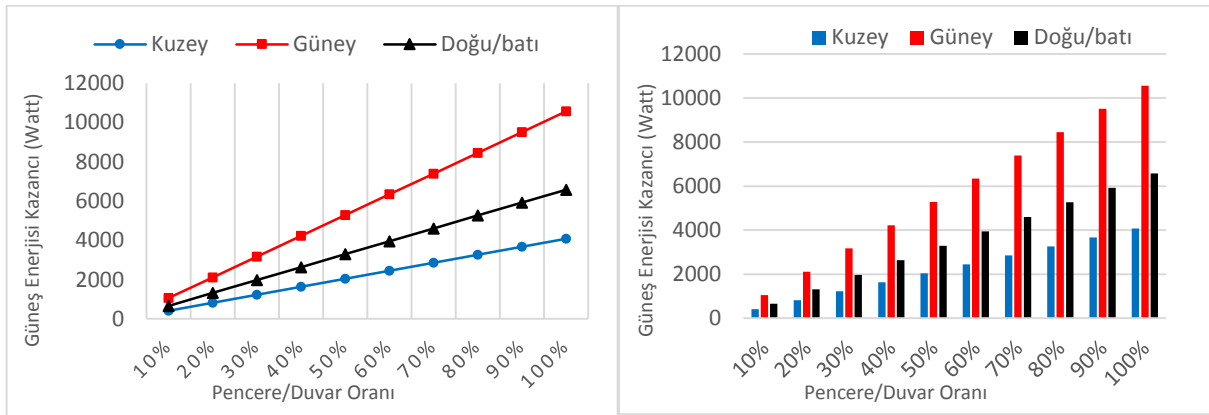
Aşağıdaki tabloda oluşturulan bina alternatiflerinin kış mevsiminde, kuzey, güney, doğu/batı yönlerine yönlendirilmiş farklı oranlarda pencere alternatiflerine göre güneşlenme özellikleri görülmektedir. Yine bu bina alternatiflerinin yönlenme özelliklerine göre kış mevsiminde güneş enerjisi kazancı değerleri yer almaktadır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Kış Mevsimi için Güneş Enerjisi Kazançları

Kış												
Yön	Kuzey			Güney			Doğu/Batı					
Kış												
Kazanç	%10	408	%60	2448	%10	1056	%60	6336	%10	657,6	%60	3945,6
	%20	816	%70	2856	%20	2112	%70	7392	%20	1315,2	%70	4603,2
	%30	1224	%80	3264	%30	3168	%80	8448	%30	1972,8	%80	5260,8
	%40	1632	%90	3672	%40	4224	%90	9504	%40	2630,4	%90	5918,4
	%50	2040	%100	4080	%50	5280	%100	10560	%50	3288	%100	6576

Tabloda yer alan bilgilere bakıldığında, kış mevsiminde en yüksek kazanç tüm yönler için açıklık oranı en yüksek olduğu %100 pencere/duvar oranında görülmektedir. Tabloda bulunan şekillerden de görüldüğü gibi güneş ışınları kuzey yöne yönlendirilmiş pencerelere direk ulaşmamaktadır. Bundan dolayı en düşük enerji kazancı 408 Watt ile %10 pencere/duvar oranı olan kuzeye yönlendirilmiş pencere alternatifi olduğu görülmektedir. Bu alternatifler içerisinde en yüksek kazanç 10560 Watt ile %100 pencere/duvar oranı ile pencerenin güney yöne yönlendirilmiş pencere alternatifinde görülmektedir. Hesaplanmış olan bu değerler dikkate alınarak aşağıdaki karşılaştırma grafikleri oluşturulmuştur (Çizelge 9).

Çizelge 9. Kış Mevsimi Güneş Enerjisi Kazançlarının Karşılaştırma Grafiği



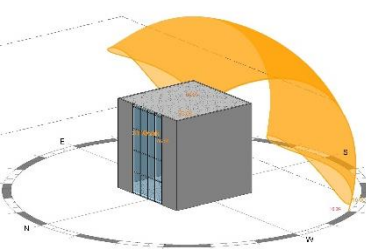
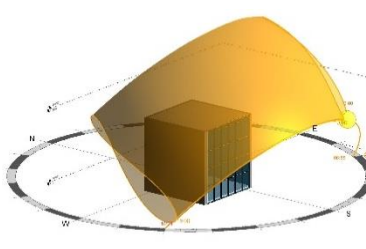
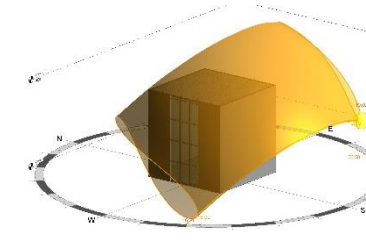
Grafiklere bakıldığında kış mevsimi için kazançlar; kuzey, güney, doğu (batı) yönleri için pencere oranı arttıkça güneş enerjisinden elde edilebilecek ısı kazançlarının da arttığı

görülmektedir. En düşük kazançlar kuzey yöne yönlendirilmiş pencere alternatiflerindedir. Güney yöne yönlendirilmiş pencerelerden en yüksek kazançlar sağlanmaktadır. Güneş ışınları kış mevsiminde yatay açı ile geldiğinden dolayı güney yönlerdeki pencerelerden elde edilebilecek güneş enerjisi kazancı oranları doğu (batı) yönüne yönlendirilmiş pencerelere göre daha yüksektir. Fakat kuzey yöne güneş ışınları hiç ulaşamadığı için doğu (batı) yönünde pencerelerden sağlanan kazançlar kuzey yönden daha fazladır.

3.2. Tüm Yıl Boyunca Kazanç

Aşağıdaki tabloda oluşturulan bina alternatiflerinin tüm yıl boyunca, kuzey, güney, doğu/batı yönlerine yönlendirilmiş farklı oranlarda saydam yüzey alternatiflerine göre güneşlenme özellikleri görülmektedir. Yine bu bina alternatiflerinin pencere yönlenme özelliklerine göre tüm yıl boyunca güneş enerjisi kazancı değerleri yer almaktadır (Çizelge 10).

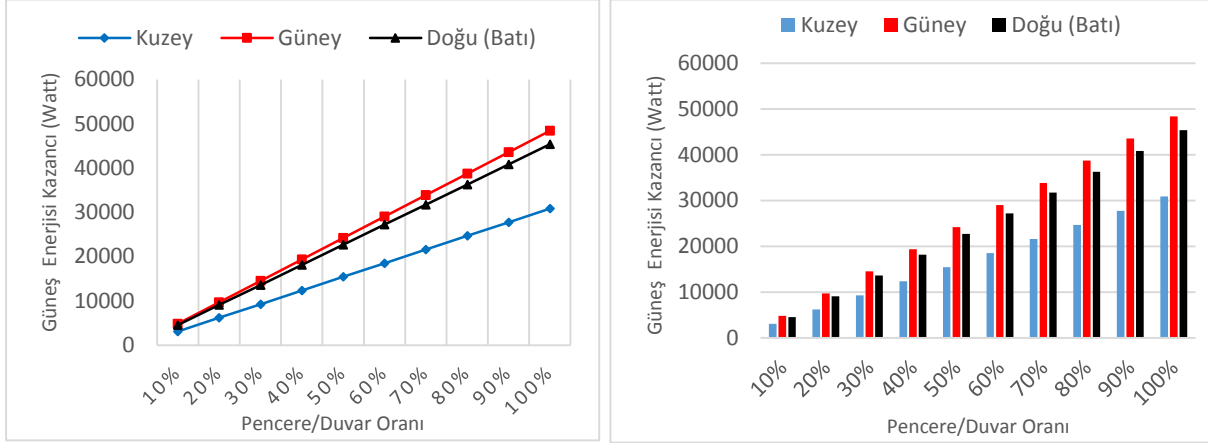
Çizelge 10. Tüm Yıl için Güneş Enerjisi Kazançları

Tüm Yıl												
Yön	Kuzey			Güney			Doğu (Batı)					
Kış												
	%10	3086,4	%60	18518,4	%10	4838,4	%60	29030,4	%10	4536	%60	27216
Kazanç	%20	6172,8	%70	21604,8	%20	9676,8	%70	33868,8	%20	9072	%70	31752
	%30	9259,2	%80	24691,2	%30	14515,2	%80	38707,2	%30	13608	%80	36288
	%40	12345,6	%90	27777,6	%40	19353,6	%90	43545,6	%40	18144	%90	40824
	%50	15432	%100	30864	%50	24192	%100	48384	%50	22680	%100	45360

Tabloda yer alan bilgilere bakıldığında, bir yıl boyunca güneşten sağlanan en yüksek kazanç tüm yönler için açıklık oranı en yüksek olduğu %100 pencere/duvar oranında görülmektedir. Tabloda bulunan şekillerden de görüldüğü gibi güneş ışınları kuzey yöne yönlendirilmiş pencerelere direk ulaşmamaktadır. Bundan dolayı en düşük enerji kazancı 3086,4 Watt ile %10 pencere/duvar oranı olan kuzeye yönlendirilmiş pencere alternatifleri olduğu görülmektedir. Bu alternatifler içerisinde en yüksek kazanç 48384 Watt ile %100 pencere/duvar oranı ile pencerenin güney yöne

yönlendirilmiş pencere alternatifinde görünmektedir. Bu değerler dikkate alınarak aşağıdaki karşılaştırma grafikleri oluşturulmuştur (Çizelge 11).

Çizelge 11. Kış Mevsimi Güneş Enerjisi Kazançlarının Karşılaştırma Grafiği



Grafiklere bakıldığında bir yıl boyunca güneş enerjisi kazançları; kuzey, güney, doğu (batı) yönleri için pencere oranı arttıkça güneşten elde edilebilecek ısı kazançlarının da arttığı görülmektedir. En düşük kazançlar kuzey yöne yönlendirilmiş pencere alternatiflerindedir. Güney yöne yönlendirilmiş pencerelerden en yüksek kazançlar sağlanmaktadır. Güney yöne yönlendirilmiş pencerelerden elde edilen kazançlar ara yön olan doğu(batı) yönünden daha fazladır. Kuzey yönlerdeki pencerelerden elde edilebilecek güneş enerjisi kazancı oranları doğu (batı) yönüne yönlendirilmiş pencere alternatiflerine göre daha azdır.

3. Sonuç ve Öneriler

Enerji kaynaklarının tükenmesi ve çevre kirliliği gibi problemler göz önünde bulundurulduğunda binaların enerji etkin tasarlanması gerekliliğinin önemi açıktır. Enerji etkin tasarım yapılırken öncelikle yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağıdır ve yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir yere sahiptir. Soğuk iklim koşullarında güneş enerjisinden yararlanılarak ısıtma enerjisi ihtiyaçlarında azalmalar sağlanabilecektir. Çalışmada binalarda güneş enerjisinden sağlanabilecek ısı kazançları incelenmiştir. Bu kapsamda binaların yönelme ve pencere/duvar oranları parametreleri dikkate alınarak oluşturulan bina alternatiflerinin; mevsimlere göre ve tüm yıl olmak üzere güneş enerjisi kazançları hesaplanmıştır. Yönelme ve Pencere/duvar oranı parametrelerine göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucunda elde edilen

verilere göre; pencerelerin kuzey, güney, doğu (batı) yönlerine yönlendirilmiş olan binaların tamamında pencere/duvar oranı arttıkça güneş enerjisi kazancı da artmaktadır. Bina pencere yüzeylerinden güneş enerjisi kazancı sağlanabileceği gibi ısı kayıpları da meydana gelmektedir. Isıtma enerjisi ihtiyacının yüksek olduğu iklim koşullarına sahip bölgelerde tasarlanacak olan binalarda pencere özellikleri de gözden geçirilerek ısı kayıplarının azaltılması yolları aranmalıdır. Bu yolla soğuk iklim koşullarında ısıtma dönemlerinde pencere yüzey oranı arttıkça güneşten elde edilen ısı kazancıda aynı oranda artacaktır. Soğutma dönemlerinde yani hava sıcaklıklarının yüksek olduğu dönemlerde ise yine güneşten sağlanan sıcaklıklar mekânlarda aşırı ısınmalara yol açacaktır. Bu durum termal konfor bakımından konforsuz mekânlar oluşmasına sebep olacaktır. Bu dönemlerde de güneş kırıcı elemanlar gibi güneş kontrolünün sağlanabileceği sistemler ile çözümler üretilerek konforsuz mekânların ortaya çıkmasının önüne geçilebilir. Binaların kuzey yönüne yönlendirilmiş pencere alternatifleri için güneş enerjisi kazançları tüm yıl boyunca diğer yönlerden düşüktür. Bu durum için kuzey yöne yönlendirilen pencerelerin bulunduğu mekânlarda ısıtma enerjisi ihtiyacı düşük olan veya sıcak havalarda kullanılan mekânlar planlanarak önlem alınabilir. Kuzey yöne yönlendirilmiş pencerelerin olduğu mekânlar sıcak mevsimlerde konforlu mekânlar olmaktadır fakat soğuk mevsimlerde güneşten çok çok düşük oranda faydalanabildikleri için bu mevsimlerde çok büyük oranda ısıtma enerjisine ihtiyaç duyulacaktır. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde ısıtma enerjisine sonbahar ve kış mevsimine göre daha az ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle yaz mevsiminde ısıtma enerjisi konforsuz mekânların oluşmasına yol açabilir. Bundan dolayı soğutma dönemlerinde (hava sıcaklığının yüksek olduğu mevsimlerde) mekânlarda güneş enerjisi kazancının yüksek olması beklenmez. Güneş ilkbahar ve yaz mevsimlerinde Türkiye’ de bulunan alanlara dik açı ile gelmektedir. Güney yöne gelen güneş ışınları oranı doğu (batı) yönüne gelen ışıklardan daha azdır. Bundan dolayı doğu (batı) yönüne yönlendirilmiş pencere alternatiflerinin olduğu binalarda soğutma dönemlerinde sıcaklıklar güney yöne göre daha yüksek olacaktır. Sonbahar ve kış mevsiminde ise güneş ışınları daha eğik açı ile gelmektedir. Bu şartlarda güney yöne yönlendirilmiş bina alternatiflerinde güneş enerjisinden elde edilen kazançlar en yüksek oranlara sahiptir. Bu durum güney yöne yönlendirilmiş pencerelerin bulunduğu mekânlarda ısıtma enerjisi ihtiyacında önemli ölçüde azalmalar sağlayacaktır. Binaların soğutma döneminde enerji kazançlarının doğu (batı) yönünden az olması ve ısıtma dönemlerinde en yüksek kazanç oranlarına sahip olması sebebiyle güney yöne yönlendirilmiş pencere alternatiflerinin tercih edilmesi bu açıdan doğru olacaktır.

Elde edilen bu verilere ilave olarak binalarda ısıtma enerjisi her zaman gerekli olmayabilir. Konfor koşulları bakımından binaların soğutulması gereken (yaz ayları gibi) dönemlerde güneş enerjisi kazanç olmayacaktır. Aksine konfor koşulları dışında bir durum oluşmasına sebep olacaktır. Bundan dolayı soğutma enerjisi göz önünde bulundurularak yapılacak çalışmalara da ihtiyaç olduğu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte binaların enerji kazançlarına etki edebilecek pek çok tasarım parametresinden söz edilebilir. Bu çalışmada yönlenme ve pencere/duvar oranı parametreleri dikkate alınarak güneş enerjisi kazançları çalışılmıştır. Diğer tasarım parametreleri sabit kabul edilmiştir. Bu çalışmadan yola çıkılarak yapılacak olan çalışmalarda farklı tasarım parametrelerin de etkisi araştırılabilecektir.

Yazarların Katkısı

Çalışma tek yazar tarafından hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışma tek yazar tarafından hazırlanmıştır. Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Makalede ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada etik kurul izni gerekmemiştir.

Kaynaklar

- Bektaş, B. ve Aksoy, U. T. (2005). Soğuk İklimlerdeki Binalarda Pencere Sistemlerinin Enerji Performansı. Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3(17), 499-508.
- Canan, F. ve Kürüm Varolgüneş, F. (2017). Mimarlığı Güneşle Buluşturmak. Yapı(430), 48-52.
- Chi, F., Wang, Y., Wang, R., Li, G. ve Peng, C. (2020). An investigation of optimal window-to-wall ratio based on changes in building orientations for traditional dwellings. Solar Energy(195), 64-81.
- Feng, G., Chi, D., Xu, X., Dou, B., Sun, Y. ve Fu, Y. (2017). Study on the Influence of Window-wall Ratio on the Energy Consumption of Nearly Zero Energy Buildings. Procedia Engineering(205), 730-737.
- Keskin, K. ve Engin, N. (2019). Toplu Konutlardaki Yerleşim Kararlarının Enerji Etkin Mimarlıktaki Rolü. Mimarlık ve Yaşam Dergisi (Journal of Architecture and Life), 1(4), 69-78. doi:10.26835/my.529411
- Koyun, T. ve Koç, E. (2017). Bir Binanın Değişken Cam ve Dış Duvar Tiplerine Göre Pencere/Duvar Alanı Oranlarının Bina Isı Kayıplarına Etkisi. Mühendis ve Makina, 58(688), 2.

- Li, H., Zhong, K., Yu, J. ve Zhai, Z. J. (2020). Solar energy absorption effect of buildings in hot summer and cold winter climate zone, China. *Solar Energy*(198), 519-528.
- Phillips, R., Luke, T., Fannon, D. ve Eckelman, M. (2020). Triple bottom line sustainability assessment of window-to-wall ratio in US office buildings. *Building and Environment*(182).
- Sayın, S. ve Koç, İ. (2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (Pv) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(3), 89-106.
- TSE 825. (2013). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. Ankara.
- Van, P. ve Anne, M. (2019). Public trust in energy suppliers' communicated motives for investing in wind power. *Journal of Environmental Psychology*, 61, 115-124.
- Wang, Y., Cao, Y. ve Meng, X. (2019). Energy efficiency of industrial buildings. *Indoor and Built Environment*, 1-5.
- Yıldız, Y., Göksal Özbaltı, T. ve Durmuş Arsan, Z. (2011). Farklı Cam Türleri ve Yönlere Göre Pencere/Duvar Alanı Oranının Bina Enerji Performansına Etkisi: Eğitim Binası, İzmir. *MEGARON*, 6(1), 30-38.