

Türkiye İklim Koşullarında Binalarda Dış Duvar Tipine Göre Tüketilen Enerji Miktarlarının BIM Araçları Kullanılarak Belirlenmesi

Hatice Çiçek

Dicle Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
agagonul@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3271-1854

İsmail Ağa Gönül

Dicle Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
ismail@dicle.edu.tr
ORCID: 0000-0002-9833-7140

ÖZET

Tüketilen enerjinin büyük bir bölümünün binalardan kaynaklanması ve küresel enerji krizi, yapı sektörü için enerji etkin tasarımı önemli hale getirmiştir. Dış duvarlar iç ve dış mekânları ayıran elemanlardır. Binalarda tüketilen enerji miktarı dış duvarları ile doğrudan ilişkilidir. Tasarımcıların kullanabileceği birçok dış duvar tipi bulunmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye iklim koşullarında binalarda dış duvar tipine göre tüketilen enerji miktarlarının BIM araçları kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, Türkiye'deki beş farklı iklim bölgesini temsilen seçilen beş ilde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere iki katlı bir konut binası tasarlanmıştır. Çalışmada yarısı yalıtımsız diğer yarısı ise dıştan yalıtımlı olan 12 dış duvar tipi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bina BIM tabanlı Autodesk Revit programı ile modellenmiştir. Enerji analizleri ise Autodesk'ın enerji etkin tasarım amacıyla geliştirdiği eklentisi Green Building Studio (GBS) ile yapılmıştır. Çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, seçilen dış duvar tiplerinin binada tüketilen yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji miktarları üzerindeki etkileri ayrı başlıklar altında değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgulara göre çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji etkin tasarım, Dış duvar tipleri, Binada tüketilen enerji miktarları, BIM araçları

Determining the Amount of Energy Consumed in Buildings According to Exterior Wall Type under the Climatic Conditions of Türkiye Using BIM Tools

ABSTRACT

The fact that a large portion of energy consumed arises from buildings and the global energy crisis has made energy efficient design important for the construction industry. Exterior walls are elements that separate interior and exterior spaces. The amount of energy consumed in buildings is directly related to their exterior walls. There are many types of exterior walls available to designers. In this study, it is aimed to determine the amount of energy consumed in buildings according to the exterior wall type under the climatic conditions of Türkiye using BIM tools. The study was conducted in five provinces selected to represent five different climatic regions in Türkiye. A two-storey residential building was designed to be used in the study. In the study, 12 external wall types were used, half of which were uninsulated and the other half were externally insulated. The building used in the study was modeled with the BIM-based Autodesk Revit program. Energy analyses were performed using Green Building Studio (GBS), a plug-in developed by Autodesk for energy-efficient design. The effects of selected exterior wall types on annual heating, cooling and total energy consumed in the building under the climatic conditions of all provinces within the scope of the study were evaluated under separate headings. Various suggestions were made based on the findings of the study.

Keywords: Energy efficient design, Exterior wall types, Amounts of energy consumed in

the building, BIM Tools

1. GİRİŞ

Dünya genelindeki teknolojik gelişmeler insanların konforlu yaşam alanlarında yaşama isteğini arttırmıştır. Bu durum, bina stokunun artması, fosil enerji kaynağı kullanımının artışı, yeşil alanların tahribatı gibi durumlara neden olmaktadır. Tüm bunların sonucunda küresel ısınma, hava kirliliği ve doğal kaynakların tükenme sorunları gibi çevresel sorunlar oluşmaktadır. Bu sorunların çözüm yolu olarak sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla küresel tedbir planlarını kapsayan toplantılar ve sözleşmeler yapılmaktadır. Küresel ısınmanın başlıca sebepleri arasında fosil enerji kaynaklarının kullanımına dayalı sera gazı emisyonlarının olduğu bilinmektedir. Dünya genelinde tüketilen fosil enerji kaynaklarının yaklaşık olarak %40'ı binaların ısıtılması, soğutulması ve aydınlatılması için harcanmaktadır (European Commission, 2022). Bu durum binalarda enerji verimliliğinin önemini ortaya koymaktadır.

Avrupa Birliği uyum sürecinde bulunan Türkiye’de, Bina Enerji Performansı Direktifi (EPBD) doğrultusunda, Bina Enerji Performansı Yönetmeliği (2008) yayımlanmıştır. Bununla birlikte, 2011 yılı Ocak ayında Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi ile BEP-TR Bina Enerji Kimlik Belgesi programı yürürlüğe girmiştir. Yeni yapılan binalar için 1 Ocak 2011 tarihinden itibaren Bina Enerji Kimlik Belgesi (EKB) zorunlu kılınmıştır. Mevcut binalar için ise EKB düzenlemeleri 2017 yılına kadar şart koşulmuştur.

Günümüzde geleneksel tasarım araçlarının ve yöntemlerinin yetersiz kalması Bina Bilgi Modelleme (BIM) kavramını ortaya çıkarmıştır. BIM, binanın malzeme, fiziksel çevre, maliyet gibi verilerini üç boyutlu model şeklinde sunarak, bu model üzerinde tüm disiplinlerin ortak kullanımını sağlayan bir çalışma yöntemidir (Ofloğlu, 2014). BIM araçları arasında yaygın olarak Autodesk Revit kullanılmaktadır. Autodesk Revit üç boyutlu model oluşturmak amacıyla kullanılan tam donanımlı bir bina bilgi modelleme yazılımıdır. Hızlı ve kolay geometri yaratma imkânı sunmaktadır. Barındırdığı araçlar sayesinde karmaşık formların modellenmesine imkân vermektedir. Autodesk Revit bina için gerekli olan tüm veriyi toplayarak yapı bilgi sisteminde saklar daha sonra projenin tüm gösterimlerine yansır. Projenin herhangi bir kısmında yapılan değişiklik projenin tamamına yansımaktadır. Bununla birlikte Autodesk Revit kendi içerisinde veya ek araçlar kullanarak güneş ve enerji analizleri yapma imkânı sunmaktadır. Autodesk Green Building Studio (GBS) ise DOE-2 motorunu kullanarak enerji simülasyonu yapan web tabanlı bir uygulamadır. Bir bina için karbon ayak izi, malzeme maliyetleri, su kullanımı, enerji kullanımı vb. hakkında bilgiler vermektedir. GBS, belirlenen birçok alternatifin hızlı bir şekilde karşılaştırılmasına imkân vermektedir. Bina parametreleri birçok diğer Bina Enerji Simülasyonu (BES) programlarına göre daha kolay değiştirilebilmektedir (Douglass, 2010).

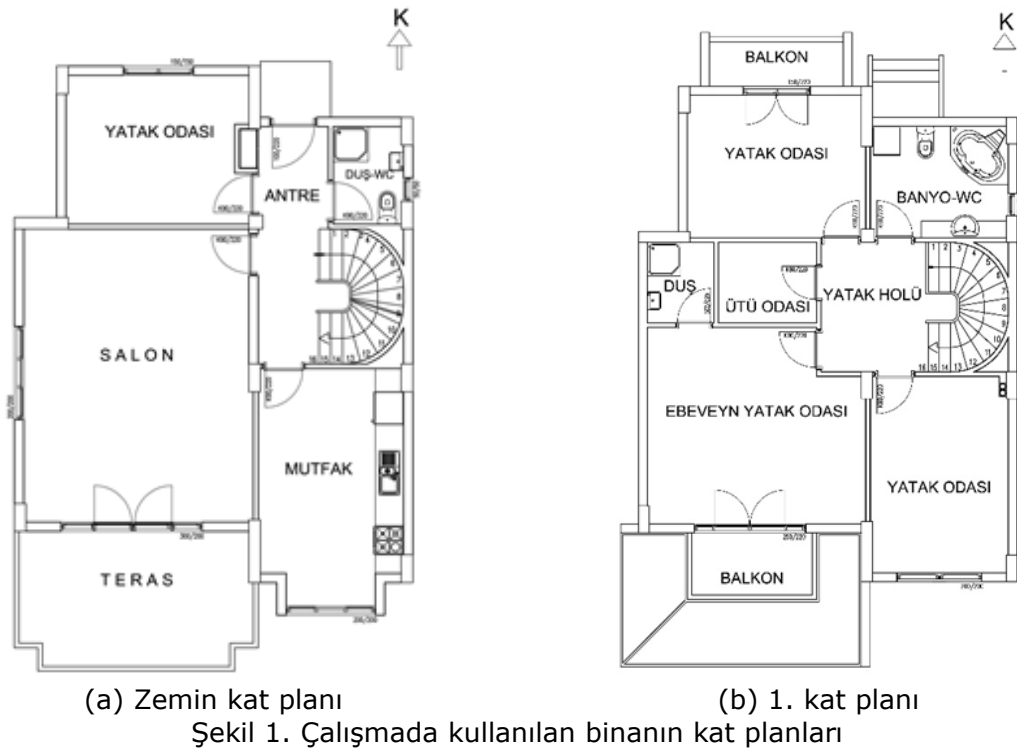
Son yıllarda, binaların enerji analizine yönelik çalışmalar artış göstermektedir. Shivsharan vd. (2017) çalışmalarında, binaların enerji tüketim miktarını belirlemede BIM programlarını kullanmışlardır. Bu amaçla belirledikleri örnek bina modelini Autodesk Revit aracılığı ile modelleyerek Green Building Studio aracılığı ile analiz etmişlerdir. Luziani ve Paramita (2019) çalışmalarında, Autodesk Revit ve Green Building Studio kullanarak bir alışveriş merkezinin enerji tüketim miktarlarını üç farklı alternatif üzerinden hesaplamış ve hangi alternatifin enerji verimliliği açısından en iyi sonuç verdiğini belirlemişlerdir. Yılmaz ve Oral (2019) çalışmalarında, bir ortaokul yapısının enerji analizlerini yapmış ve mevcut olan yapıların yenilenmesi aşamasında maliyet ve enerji tasarrufu sağlayacak bir model önerisinde bulunmuşlardır. Algburi ve Beyhan (2019) çalışmalarında, Kuzey Irak’ın Erbil şehri iklim koşullarında pasif soğutma sistemlerinin enerji harcamalarına olan etkisini DesignBuilder programı aracılığı ile hesaplamışlar ve klimalı bir evde pasif soğutma sistemlerinin kullanılması ile %47 soğutma yükü tasarrufu sağlanacağı sonucuna varmışlardır. Ayçam vd. (2020) çalışmalarında, konut sektörünün enerji tüketiminin yoğun olduğu alanların başında geldiğini ve daha az enerji tüketen konut tasarımlarının yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışma Diyarbakır ili eski kent yerleşimi olan Suriçi bölgesi

ile Şilbe toplu konut alanlarında yapılmış ve DesignBuilder programı kullanılarak yıllık toplam soğutma, ısıtma ve toplam enerji tüketimleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışmada, geleneksel bina dokusunun günümüze entegre edilerek daha az enerji tüketen binalar oluşturulabileceği belirtilmiştir.

Dış duvarlar iç ve dış mekânları ayıran elemanlardır. Binalarda tüketilen enerji miktarı dış duvarları ile doğrudan ilişkilidir. Tasarımcıların kullanabileceği birçok dış duvar tipi bulunmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye iklim koşullarında binalarda dış duvar tipine göre tüketilen enerji miktarlarının BIM araçları kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

Çalışmada kullanılmak üzere iki katlı bir konut binası tasarlanmıştır. Taşıyıcı sistemi betonarme iskelet olan bina iki kattan oluşmakta ve 167 m² brüt alana sahiptir. Çalışmada kullanılan binanın kat planları Şekil 1’de verilmiştir.



Çalışmada 12 dış duvar tipi kullanılmıştır. Bunların yarısı yalıtımsız diğer yarısı ise dıştan yalıtımlıdır. Yalıtımsız olan dış duvar tiplerinin gövdeleri, bims beton, gazbeton, prekast beton, tuğla, bazalt taşı ve kalker taşı olmak üzere altı farklı malzeme ile oluşturulmuştur. Dıştan yalıtımlı olan dış duvar tipleri ise yalıtımsız olan dış duvar tiplerinin gövdelerine dıştan taşıyıcı ısı yalıtım malzemesi eklenerek oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan dış duvar tipleri ve özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan binanın çatı, zemine oturan ve ara kat döşemelerinin özellikleri Tablo 2’de, çalışmada kullanılan malzemelerin termal değerleri ise Tablo 3’de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan bina BIM tabanlı Autodesk Revit programı ile modellenmiştir. Çalışmada kullanılan binanın BIM modeli Şekil 2’de verilmiştir. Daha sonra BIM modeli oluşturulan binanın enerji modeli oluşturulmuştur (Şekil 3). Enerji analizleri ise Autodesk’in enerji etkin tasarım amacıyla geliştirdiği eklentisi Green Building Studio (GBS) ile yapılmıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan dış duvar tipleri ve özellikleri

Dış Duvar Tipi	Yalıtım Durumu	Katmanlar (cm)						U Değeri (W/m ² K)
Tip-01	Yalıtımsız	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Bims Beton (20,00)	-	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	1,0274
Tip-02	Yalıtımsız	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Gazbeton (20,00)	-	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	1,1571
Tip-03	Yalıtımsız	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Prekast Beton (20,00)	-	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	4,3312
Tip-04	Yalıtımsız	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Tuğla (20,00)	-	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	1,4919
Tip-05	Yalıtımsız	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Diyarbakır Bazalt (20,00)	-	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	5,0620
Tip-06	Yalıtımsız	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Kalker Taşı (20,00)	-	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	4,4879
Tip-07	Dıştan Yalıtımlı	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Bims Beton (20,00)	Taşıyünü (5,00)	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	0,4798
Tip-08	Dıştan Yalıtımlı	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Gazbeton (20,00)	Taşıyünü (5,00)	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	0,5062
Tip-09	Dıştan Yalıtımlı	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Prekast Beton (20,00)	Taşıyünü (5,00)	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	0,7452
Tip-10	Dıştan Yalıtımlı	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Tuğla (20,00)	Taşıyünü (5,00)	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	0,5614
Tip-11	Dıştan Yalıtımlı	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Bazalt Taşı (20,00)	Taşıyünü (5,00)	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	0,7641
Tip-12	Dıştan Yalıtımlı	Boya (0,10)	İç Sıva (2,00)	Kalker Taşı (20,00)	Taşıyünü (5,00)	Dış Sıva (2,00)	Boya (0,10)	0,7497

Tablo 2. Çalışmada kullanılan binanın çatı, zemine oturan ve ara kat döşemelerinin özellikleri

	Katmanlar (cm)							U Değeri (W/m ² K)
Çatı	Betonarme Döşeme (15,00)	Buhar Kesici (0,10)	Isı Yalıtımı-Taşıyünü (5,00)	Çatı Boşluğu	Kaplama Tahtası (2,00)	Su Yalıtımı (0,10)	Kiremit Kaplama (2,00)	0,33
Zemine Oturan Döşeme	Temel Betonu (30,00)	Tesviye Harcı (5,00)	Su Yalıtımı (0,10)	Isı Yalıtımı-XPS (4,00)	Koruma Betonu (3,00)	Katkılı Şap (5,00)	Granit Kaplama (1,20)	0,6831
Ara Kat Döşemesi	Boya (0,10)	Sıva (2,00)	Betonarme Döşeme (15,00)	Katkılı Şap (5,00)	Granit Kaplama (1,20)	-	-	10,00

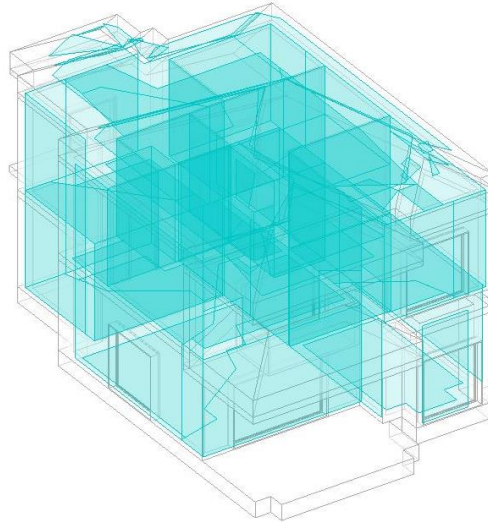
Tablo 3. Çalışmada kullanılan malzemelerin termal değerleri (TS 825, 2013; Adin, 2007; Kahveci ve Kadayıfçı, 2013)

Malzeme	Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	Yoğunluk (kg/m ³)
Bims Beton	0,2200	750,00
Gazbeton	0,2500	800,00
Prekast Beton	1,2000	400,00
Tuğla	0,3300	600,00
Diyarbakır Bazalt	1,5000	2850,00
Kalker Taşı	1,2610	2483
Alçı Sıva	0,5100	1200
İç Sıva	0,8000	1600
Granit Kaplama	2,8000	2500
Betonarme Döşeme Temel Betonu	2,5000	2400
Katkılı Şap Tesviye Harcı	1,4000	2000
Koruma Betonu	1,6500	2200
Taşıyünü	0,0450	150,00

XPS	0,0400	35,00
------------	--------	-------



Şekil 2. Çalışmada kullanılan binanın BIM modeli



Şekil 3. Çalışmada kullanılan binanın enerji modeli

Çalışma, Türkiye'deki beş farklı iklim bölgesini temsilen seçilen beş ilde gerçekleştirilmiştir. Sıcak-kuru iklim bölgesi için Diyarbakır ili, sıcak-nemli iklim bölgesi için Antalya ili, soğuk iklim bölgesi için Erzurum ili, ılıman-kuru iklim bölgesi için Ankara ili ve ılıman-nemli iklim bölgesi için İstanbul ili seçilmiştir. Çalışmada seçilen illerin iklim verileri Autodesk Revit programına girilen konum bilgileri sayesinde sistem üzerinde binanın konumuna en yakın hava istasyonundan alınmaktadır.

Programda bina tipi olarak 'çoklu aile (multi family)' seçeneği seçilmiştir. Çoklu aile seçeneğinin seçilmesi sonucunda binada kişi başına düşen alan 40,00 m², kişi başına hissedilir ısı kazancı 73,27 W, gizli ısı kazancı ise 58,61 W olmuştur. Tüm kapı ve pencerelerin ise kapalı olduğu varsayılmıştır.

3. BULGULAR

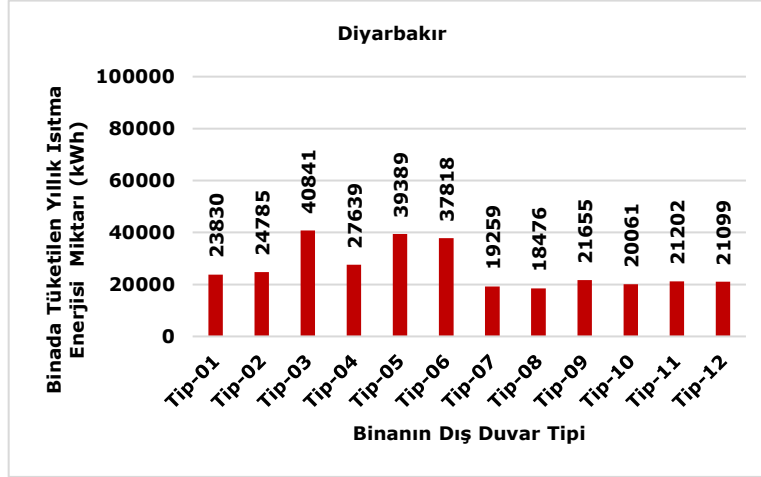
Beş ilin iklim koşullarında binada dış duvar tipine göre tüketilen enerji miktarları ile ilgili elde edilen bulgular üç başlık altında verilmiştir:

- Beş ilin iklim koşullarında binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarları
- Beş ilin iklim koşullarında binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarları

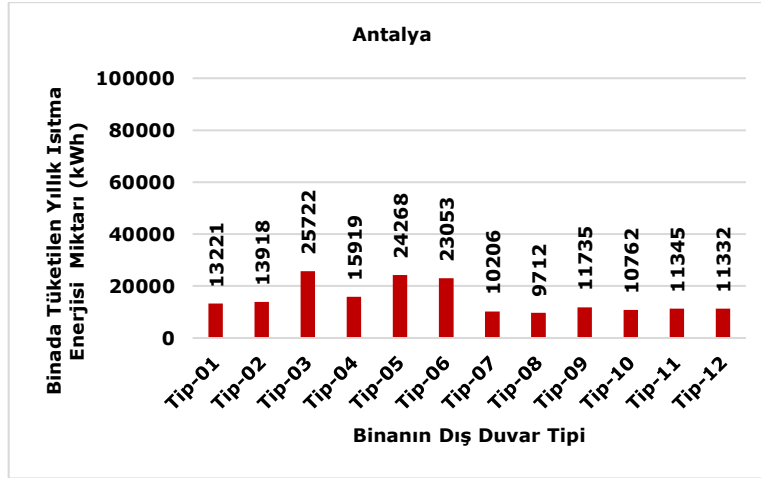
- Beş ilin iklim koşullarında binada dış duvar tipine göre tüketilen toplam enerji miktarları

3.1. Beş İlin İklim Koşullarında Binada Dış Duvar Tipine Göre Tüketilen Yıllık Isıtma Enerjisi Miktarları

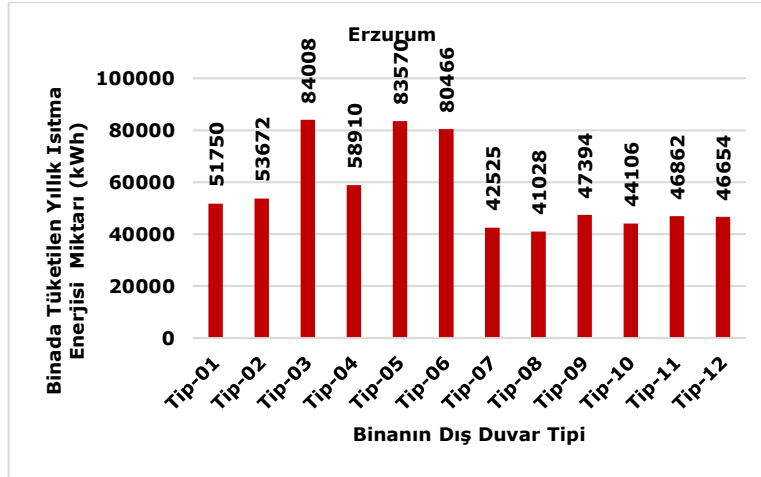
Beş ilin iklim koşullarında binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarları Şekil 4 - Şekil 8'de verilmiştir.



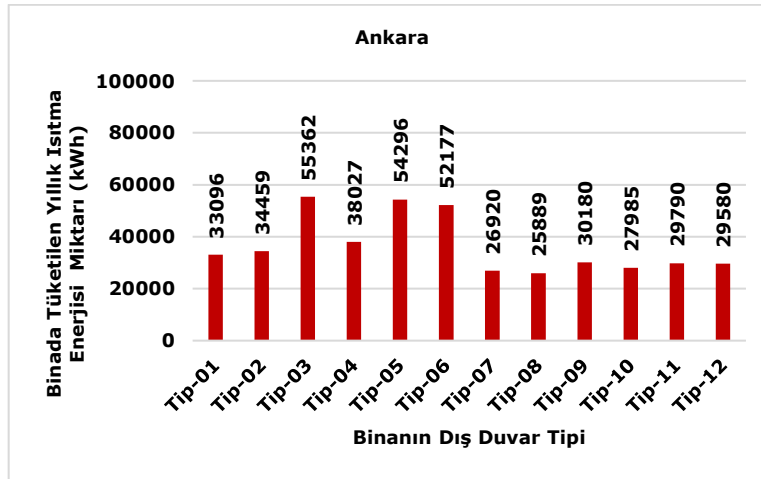
Şekil 4. Diyarbakır ilinin iklim koşullarında (sıcak-kuru) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarları



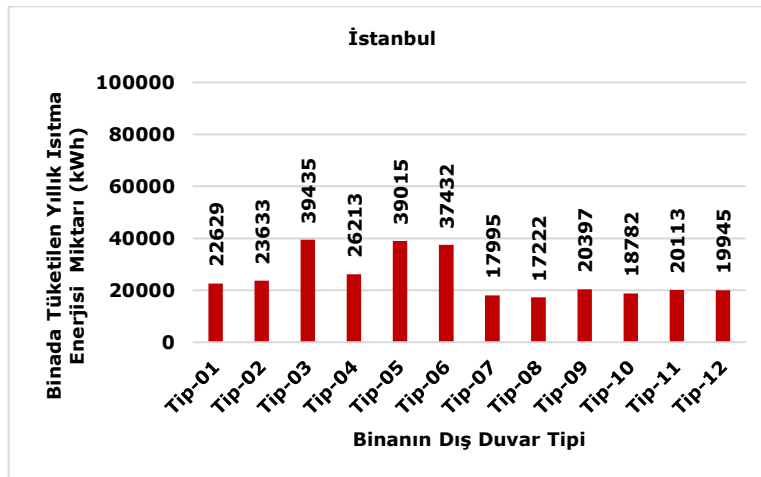
Şekil 5. Antalya ilinin iklim koşullarında (sıcak-nemli) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarları



Şekil 6. Erzurum ilinin iklim koşullarında (soğuk) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarları



Şekil 7. Ankara ilinin iklim koşullarında (ılıman-kuru) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarları



Şekil 8. İstanbul ilinin iklim koşullarında (ılıman-nemli) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarları

Dış duvar tipi, çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, binada tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarını etkilemiştir. Yalıtımsız dış duvar tipleri (Tip-01 ile Tip-06 arası) karşılaştırıldığında, çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, bims betonun

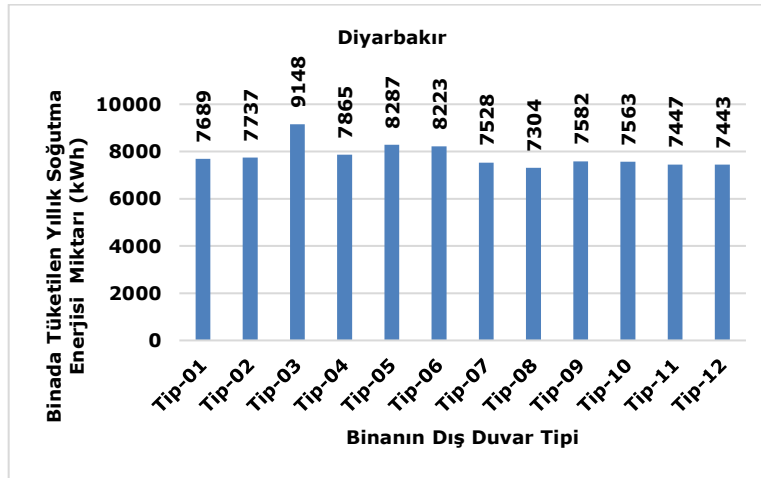
kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-01) binada tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarının en düşük, prekast betonun kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-03) ise binada tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarının en yüksek olmasını sağlamıştır.

Dıştan yalıtımlı dış duvar tipleri (Tip-07 ile Tip-12 arası) karşılaştırıldığında, çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, gazbeton ve taşıyının birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-08) binada tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarının en düşük, prekast beton ve taş yününün birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-09) ise binada tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarının en yüksek olmasını sağlamıştır. Dıştan yalıtımlı dış duvar tipleri, yalıtımsız dış duvar tiplerine göre binada tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarını genel olarak azaltmıştır. Binada dıştan yalıtımlı dış duvar tiplerine göre tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarları yalıtım sayesinde birbirlerine yaklaşmıştır.

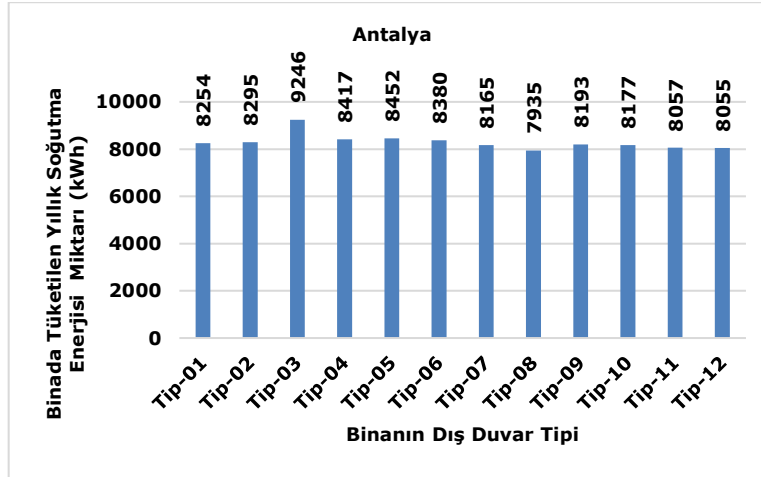
Tüm dış duvar tipleri (Tip-01 ile Tip-12 arası) karşılaştırıldığında ise çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, gazbeton ve taşıyının birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-08) binada tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarının en düşük, prekast betonun kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-03) ise binada tüketilen yıllık ısıtma enerjisi miktarının en yüksek olmasını sağlamıştır. Binada tüketilen en düşük ve en yüksek yıllık ısıtma enerjisi miktarları arasındaki farkın; Diyarbakır ilinin iklim koşullarında %54,7, Antalya ilinin iklim koşullarında %62,2, Erzurum ilinin iklim koşullarında %51,2, Ankara ilinin iklim koşullarında %53,2, İstanbul ilinin iklim koşullarında ise %56,3 olduğu tespit edilmiştir.

3.2. Beş İlin İklim Koşullarında Binada Dış Duvar Tipine Göre Tüketilen Yıllık Soğutma Enerjisi Miktarları

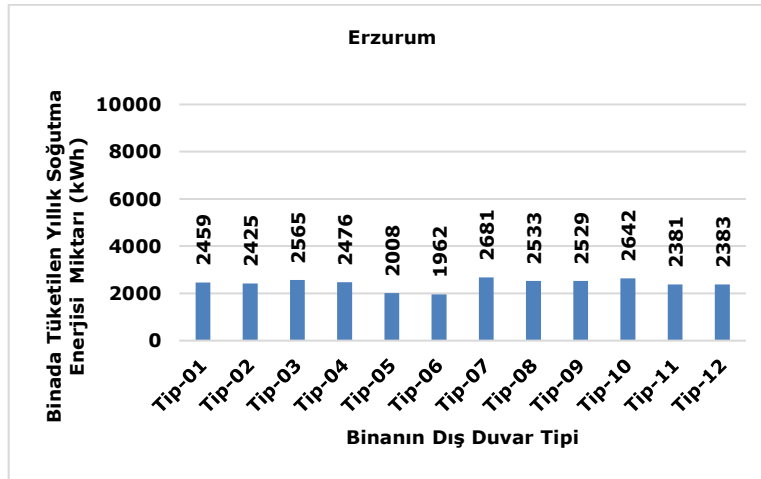
Beş ilin iklim koşullarında binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarları Şekil 9 - Şekil 13'de verilmiştir.



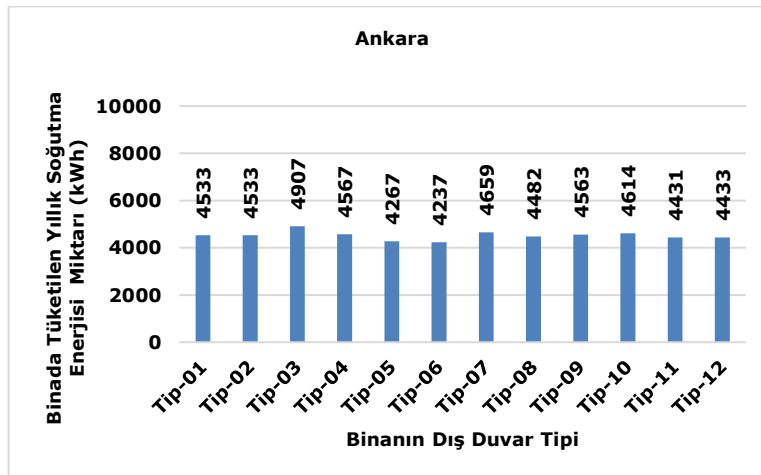
Şekil 9. Diyarbakır ilinin iklim koşullarında (sıcak-kuru) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarları



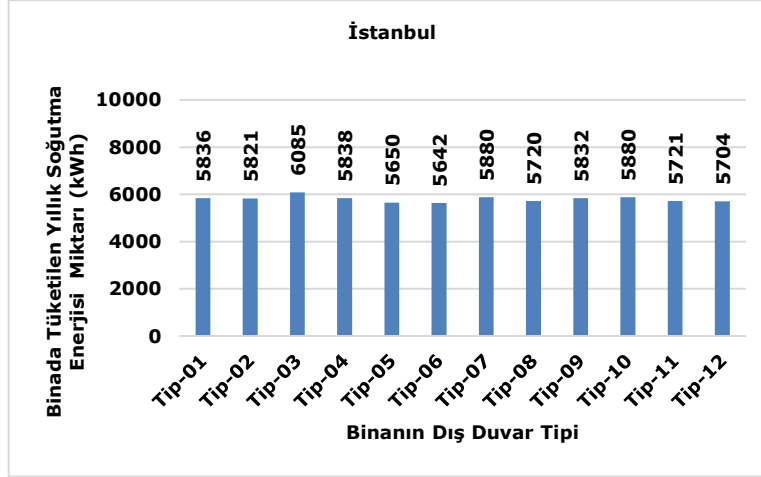
Şekil 10. Antalya ilinin iklim koşullarında (sıcak-nemli) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarları



Şekil 11. Erzurum ilinin iklim koşullarında (soğuk) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarları



Şekil 12. Ankara ilinin iklim koşullarında (ılıman-kuru) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarları



Şekil 13. İstanbul ilinin iklim koşullarında (ılıman-nemli) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarları

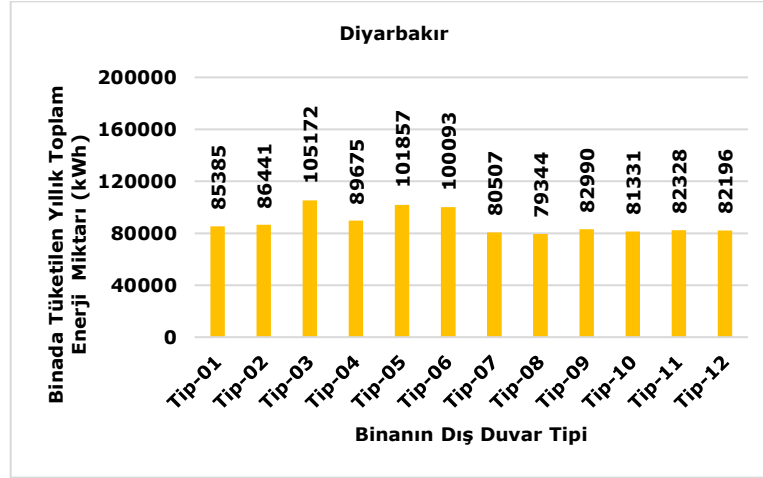
Dış duvar tipi, çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, binada tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarını da etkilemiştir. Yalıtımsız dış duvar tipleri (Tip-01 ile Tip-06 arası) karşılaştırıldığında, Diyarbakır ve Antalya illerinin iklim koşullarında bims betonun kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-01), Erzurum, Ankara ve İstanbul illerinin iklim koşullarında ise kalker taşının kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-06) binada tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarının en düşük olmasını sağlamıştır. Çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında prekast betonun kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-03) binada tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarının en yüksek olmasını sağlamıştır.

Dıştan yalıtımlı dış duvar tipleri (Tip-07 ile Tip-12 arası) karşılaştırıldığında, Diyarbakır ve Antalya illerinin iklim koşullarında gazbeton ve taşıyününün birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-08), Erzurum ve Ankara illerinin iklim koşullarında bazalt taşı ve taşıyününün birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-11), İstanbul ilinin iklim koşullarında ise kalker taşı ve taşıyününün birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-12), binada tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarının en düşük olmasını sağlamıştır. Diyarbakır ve Antalya illerinin iklim koşullarında prekast beton ve taşıyününün birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-09), Erzurum, Ankara ve İstanbul illerinin iklim koşullarında ise bims beton ve taşıyününün birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-07) binada tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarının en yüksek olmasını sağlamıştır. Dıştan yalıtımlı dış duvar tipleri, yalıtımsız dış duvar tiplerine göre binada tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarını Diyarbakır ve Antalya illerinin iklim koşullarında genel olarak azaltmış, Erzurum ilinin iklim koşullarında bir dış duvar tipi haricinde arttırmış, Ankara ve İstanbul illerinin iklim koşullarında ise iki dış duvar tipi haricinde arttırmıştır.

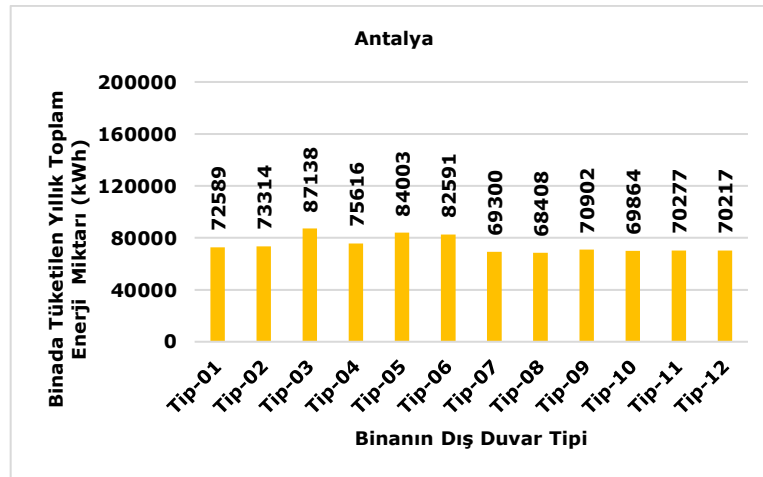
Tüm dış duvar tipleri (Tip-01 ile Tip-12 arası) karşılaştırıldığında ise Diyarbakır ve Antalya illerinin iklim koşullarında gazbeton ve taşıyününün birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-08), Erzurum, Ankara ve İstanbul illerinin iklim koşullarında ise kalker taşının kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-06) binada tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarının en düşük olmasını sağlamıştır. Diyarbakır, Antalya, Ankara ve İstanbul illerinin iklim koşullarında prekast betonun kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-03), Erzurum ilinin iklim koşullarında ise bims beton ve taşıyününün birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-07) binada tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarının en yüksek olmasını sağlamıştır. Binada tüketilen en düşük ve en yüksek yıllık soğutma enerjisi miktarları arasındaki farkın; Diyarbakır ilinin iklim koşullarında %20,1, Antalya ilinin iklim koşullarında %14,1, Erzurum ilinin iklim koşullarında %26,8, Ankara ilinin iklim koşullarında %13,6, İstanbul ilinin iklim koşullarında ise %7,2 olduğu tespit edilmiştir.

3.3. Beş İlin İklim Koşullarında Binada Dış Duvar Tipine Göre Tüketilen Yıllık Toplam Enerji Miktarları

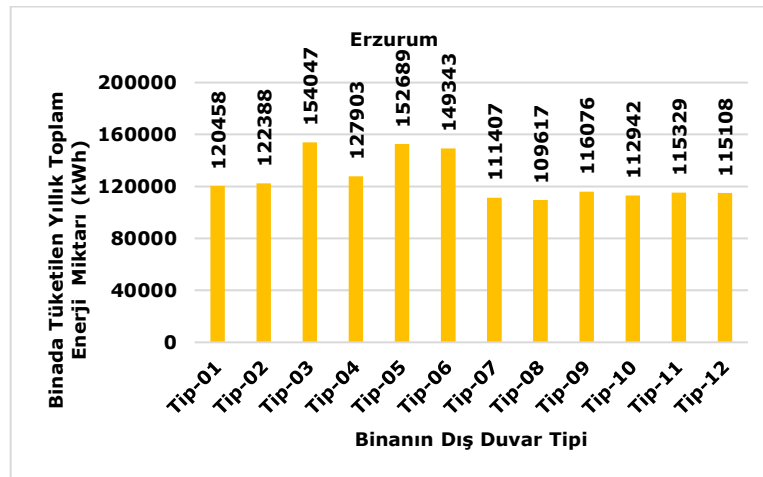
Beş ilin iklim koşullarında binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık toplam enerji miktarları Şekil 14 - Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 14. Diyarbakır ilinin iklim koşullarında (sıcak-kuru) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık toplam enerji miktarları

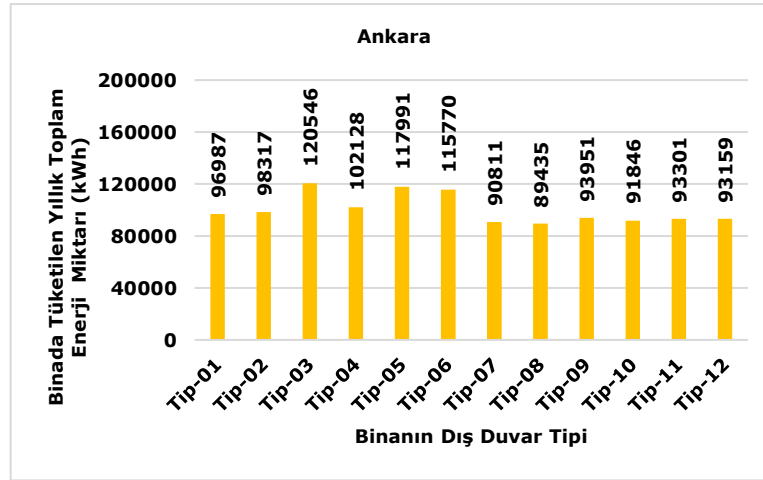


Şekil 15. Antalya ilinin iklim koşullarında (sıcak-nemli) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık toplam enerji miktarları

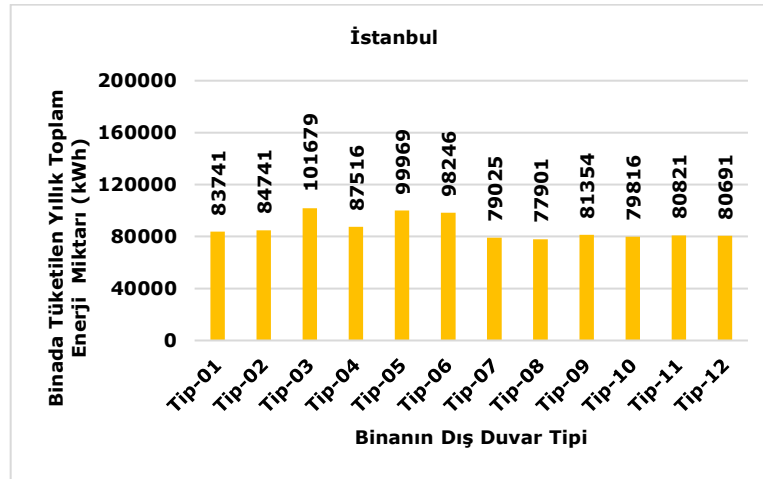


Şekil 16. Erzurum ilinin iklim koşullarında (soğuk) binada dış duvar tipine göre tüketilen

yıllık toplam enerji miktarları



Şekil 17. Ankara ilinin iklim koşullarında (ılıman-kuru) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık toplam enerji miktarları



Şekil 18. İstanbul ilinin iklim koşullarında (ılıman-nemli) binada dış duvar tipine göre tüketilen yıllık toplam enerji miktarları

Dış duvar tipi, çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, binada tüketilen yıllık toplam enerji miktarını da doğal olarak etkilemiştir. Yalıtımsız dış duvar tipleri (Tip-01 ile Tip-06 arası) karşılaştırıldığında, çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, bims betonun kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-01) binada tüketilen yıllık toplam enerji miktarının en düşük, prekast betonun kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-03) ise binada tüketilen yıllık toplam enerji miktarının en yüksek olmasını sağlamıştır.

Dıştan yalıtımlı dış duvar tipleri (Tip-07 ile Tip-12 arası) karşılaştırıldığında, çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, gazbeton ve taşıyıcının birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-08) binada tüketilen yıllık toplam enerji miktarının en düşük, prekast beton ve taş yünü'nün birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-09) ise binada tüketilen yıllık toplam enerji miktarının en yüksek olmasını sağlamıştır. Dıştan yalıtımlı dış duvar tipleri, yalıtımsız dış duvar tiplerine göre binada tüketilen yıllık toplam enerji miktarını genel olarak azaltmıştır. Binada dıştan yalıtımlı dış duvar tiplerine göre tüketilen yıllık toplam enerji miktarları yalıtım sayesinde birbirlerine yaklaşmıştır.

Tüm dış duvar tipleri (Tip-01 ile Tip-12 arası) karşılaştırıldığında ise çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, gazbeton ve taşıyıcının birlikte kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-08) binada tüketilen yıllık toplam enerji miktarının en düşük, prekast betonun

kullanıldığı dış duvar tipi (Tip-03) ise binada tüketilen yıllık toplam enerji miktarının en yüksek olmasını sağlamıştır. Binada tüketilen en düşük ve en yüksek yıllık toplam enerji miktarları arasındaki farkın; Diyarbakır ilinin iklim koşullarında %24,5, Antalya ilinin iklim koşullarında %21,4, Erzurum ilinin iklim koşullarında %28,8, Ankara ilinin iklim koşullarında %25,8, İstanbul ilinin iklim koşullarında ise %23,3 olduğu tespit edilmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye'deki beş farklı iklim bölgesini temsilen seçilen beş ilde, çalışmada kullanılmak üzere tasarlanan iki katlı bir konut binasında seçilen 12 dış duvar tipine göre tüketilen enerji miktarları BIM tabanlı Autodesk Revit ve Green Building Studio (GBS) programları kullanılarak belirlenmiştir.

Dış duvar tipinin, çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında, binada tüketilen yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji miktarlarını önemli oranda etkilediği belirlenmiştir. Dış duvar tipine göre binada tüketilen en düşük ve en yüksek yıllık ısıtma enerjisi miktarları arasındaki farkın illerin iklim koşullarına bağlı olarak %51,2 ile %62,2 arasında değiştiği, binada tüketilen en düşük ve en yüksek yıllık soğutma enerjisi miktarları arasındaki farkın illerin iklim koşullarına bağlı olarak %7,2 ile %26,8 arasında değiştiği, binada tüketilen en düşük ve en yüksek yıllık toplam enerji miktarları arasındaki farkın ise illerin iklim koşullarına bağlı olarak %21,4 ile %28,8 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu oranlar oldukça yüksektir ve dış duvar tipi seçiminin enerji etkin bina tasarımı için oldukça önemli olduğunu göstermektedir.

Binada tüketilen yıllık ısıtma ve toplam enerji miktarları bağlamında en olumlu ve en olumsuz sonuçlar, çalışma kapsamındaki tüm illerin iklim koşullarında hep aynı duvar tiplerinin kullanılması ile elde edilmiştir. Binada tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarları bağlamında en olumlu ve en olumsuz sonuçlar ise illerin iklim koşullarına bağlı olarak farklı duvar tiplerinin kullanılması ile elde edilmiştir. Dıştan yalıtımlı dış duvar tipleri, yalıtımsız dış duvar tiplerine göre binada tüketilen yıllık ısıtma ve toplam enerji miktarlarını genel olarak azaltmış, binada tüketilen yıllık soğutma enerjisi miktarını ise Diyarbakır ve Antalya illerinin iklim koşullarında genel olarak azaltmış, Erzurum ilinin iklim koşullarında bir dış duvar tipi haricinde arttırmış, Ankara ve İstanbul illerinin iklim koşullarında ise iki dış duvar tipi haricinde arttırmıştır. Tasarım amacına göre belirtilen durumlar dikkate alınmalıdır.

Binalarda tüketilen enerji miktarlarının belirlenmesi çok komplike süreçler içerir ve birçok parametrenin dikkate alınmasını gerektirir. BIM araçları bu bağlamda tasarımcılara erken tasarım aşamasında farklı alternatifleri analiz ederek enerji etkin binalar üretme imkânı sunmaktadır. Dünya genelinde, tasarım aşamasına enerji analiz sürecinin dâhil edilmesi çeşitli düzenlemeler ile desteklenmektedir. Binalarda tüketilen enerjiyi azaltmak amacıyla bu araçların kullanılmasının ve tasarıma entegre edilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adin, H. (2007). Mardin ve Midyat'ta kullanılan bina yapı taşlarının bazı fiziksel özellikleri. *Mühendis ve Makine*, 570, 13-17.
- Algburi, O. ve Beyhan, F. (2019). Cooling load reduction in a single-family house, an energy-efficient approach. *Gazi University Journal of Science*, 32(2), 385-400.
- Ayçam, İ., Akalp, S. ve Görgülü, L.S. (2020). The application of courtyard and settlement layouts of the traditional Diyarbakır houses to contemporary houses: A case study on the analysis of energy performance, *Energies*, 13(3), 587.
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği. (2008, 5 Aralık). *Resmî Gazete* (Sayı: 27075). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081205-9.htm>
- Douglass, C.D. (2010). Instructional modules demonstrating building energy analysis using a building information model. Master Thesis, University of Illinois.
- European Commission. (2022). Energy statistical pocketbook. Erişim adresi: <https://ec.europa.eu/energy>



- Kahveci, A.E. ve Kadayıfçı, A. (2013). Diyarbakır yöresi bazalt taşının yapısal özelliklerinin incelenmesi. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 5(3), 56-69.
- Luziani, S. ve Paramita, B. (2019). Autodesk Green Building Studio an energy simulation analysis in the design process. *KnE Social Sciences, Equity, Equality, and Justice in Urban Housing Development (ISTEcS 2018)*, 735-749.
- Ofluoğlu, S. (2014). Yapı bilgi modelleme: Gereksinim ve birlikte çalışabilirlik. *Mimarist*, 49, 10-12.
- Shivsharan, A.S., Vaidya, D.R. ve Shinde, R.D. (2017). 3D modeling and energy analysis of a residential building using BIM tools. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(7), 629-636.
- TS 825 (2013). Binalarda ısı yalıtım kuralları standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, Y. ve Oral, G.K. (2019). An approach for cost and energy efficient retrofitting of a lower secondary school building. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 341(1), 393-407.