



Değişik Bims Tuğla Çeşitlerinin Bina Enerji Performansı ve Karbon Ayak İzi Üzerindeki Etkileri

Effects Of Different Types of Pumice Bricks on Building Energy Performance and Carbon Footprint

İlknur ARI ^{(1), (*)}, Figen BALO ⁽²⁾

ÖZET

Bir ülkenin geleceğe yönelik planlarının her aşamasında enerji oldukça önemli bir yere sahiptir. Dolayısıyla ülkenin en küçük yerleşim alanlarından itibaren erken aşamalarda yapılan doğru tasarımlarla oluşturulacak enerji verimli yapılar enerji tüketimine önemli katkılar sağlayacaktır. Bu çalışmada, Muş iline yakın bir üretim merkezinde üretilen 19 cm eninde ancak farklı boy ve yükseklikte Bims tuğlaların enerji performansına etkileri araştırılmıştır. Muş ilinde yoğun olarak kullanılan 19 cm eninde Bims tuğlaların, üç farklı şekilde üretilen tipi, Muş ili Bulanık ilçesi iklim şartlarında tasarlanan bir binanın dış duvarlarında yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Binanın dış duvarlarına yalıtım malzemesi olarak Bulanık ilçesinin iklim şartları için elverişli geliştirilmiş yalıtım malzemeleri (genleştirilmiş kauçuk, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş polistren, genleştirilmiş polipropilen) Muş ili için daha önce yapılan çalışmalarla literatüre geçmiş optimum yalıtım kalınlığı değerleri kullanılmıştır. IES-VE simülasyon programında bir mini market tasarlanmıştır. Oluşturulan senaryoların tüm parametreleri yazılıma girdi olarak eklenmiştir. Analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre en olumlu değerlerin; yıllık enerji tüketiminin 23285 kWh ve toplam karbondioksit salınımının 9654 kgCO₂ olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarının ilçede yapı işiyle uğraşan ilgililere rehberlik etmesi amaçlanmıştır

Keywords: IES-VE simülasyonu, Bims tuğla, Enerji verimli bina, Enerji performansı, Muş.

ABSTRACT

Energy has a very important place in every stage of a country's plans for the future. Therefore, energy efficient buildings that will be created with the right designs made in the early stages from the smallest settlements of the country will make significant contributions to energy consumption. In this study, the effects on the energy performance of pumice bricks with 19 cm width but different lengths and heights produced in a production center close to Mus province were investigated. Three different types of 19 cm wide pumice bricks, which are widely used in Muş province, were used as building material in the exterior walls of a building designed in the climatic conditions of Bulanik district of Mus province. Expanded insulation materials (expanded rubber, expanded perlite, expanded polystyrene, expanded polypropylene, expanded polystyrene, expanded polypropylene) suitable for the climatic conditions of Bulanik district were used as insulation materials for the exterior walls of the building. A mini market was designed in the IES-VE simulation program. All parameters of the scenarios were added as input to the software. According to the data obtained from the analysis results, the most positive values were determined to be; annual energy consumption 23285 kWh and total carbon dioxide emission 9654 kgCO₂. The results of the study are intended to provide guidance to those involved in the construction business in the district.

Anahtar Kelimeler: IES-VE simulation, Pumice brick, Energy efficient building, Energy performance, Mus.

* Responsible Author/Sorumlu yazar

¹ Öğr., Fırat Üniversitesi,
ilknurbzkr93@outlook.com
0009-0002-2638-2265

² Prof. Dr., Fırat Üniversitesi,
figenbalo@gmail.com
0000-0001-5886-730X

Article History/Makale Tarihi:

Received/Teslim :22.08.2024

Accepted/Kabul :25.11.2024

Published/Yayımlama :31.12.2024

Cited/Atf:

İlknur, A. & Balo, F. (2024). Değişik Bims Tuğla Çeşitlerinin Bina Enerji Performansı ve Karbon Ayak İzi Üzerindeki Etkileri, *Bulanık MYO Sosyal Bilimler Dergisi (BULSODER)*, 2 (2), 39-47.

Copyright/Telif Hakkı

Bu makale, Creative Commons Atf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC BY NC)'nin hüküm ve koşulları altında dağıtılan açık erişimli bir makedir.

GİRİŞ

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerjiye duyulan ihtiyaç teknolojinin gelişmesi, sanayileşmenin artması ve hızlı nüfus artışıyla birlikte hızla artmaktadır. Enerji tüketiminin fazlalığı iklim değişikliğine ve hava kirliliğine sebep olduğundan, çoğu ülkeden hükümetler karbon emisyonlarını azaltmak için fikir birliğine varmıştır (Xiong, Yao, Grimmond, Zhang ve Li, 2019).

Sanayi, ulaşım ve bina gibi üç temel ekonomik sektörün de yüksek enerji kullanımına sahip olması nedeniyle, enerjinin korunması kritik bir görevdir. Binalar küresel enerji tüketiminin önemli bir kısmını tüketmektedir. Bu nedenle, uygun şekilde tasarlanan ve işletilen binalarla önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanabilir (Chou ve Bui, 2014).

Enerji verimliliği, yeşil ve sürdürülebilir binaların zorunlu bir gerekliliği ve ayrılmaz bir parçasıdır. Enerji verimli bina tasarımı aynı zamanda hükümet, geliştiriciler, mimarlar, mühendisler ve diğer profesyoneller arasında akım haline gelmeye başlamıştır. Bu eğilim otuz yılı aşkın bir süredir devam etmektedir ve ancak son zamanlarda iklim değişikliği ve diğer çevresel zorluklara ilişkin daha derin bir farkındalıkla güçlenmiştir (Shi, Tian, Chen, Si, ve Jin, 2016). Sürdürülebilirlik, bugün birçok disiplinin yoğunlaştığı bir araştırma alanıdır. İlk defa 1972 yılında Stockholm "İnsan ve Çevre" bildirgesinde yayınlanmıştır (Güner, Gökşen ve Koçhan, 2017).

Enerji verimli yapı tasarımında boşluklu BIMS (Betonarme İzolasyonlu Mantolama Sistemi) kullanmak, yüksek yalıtım performansı, hafiflik, dayanıklılık, yangın güvenliği ve çevre dostu olma gibi faydalar sağlamaktadır. İçerisindeki boşluklar, hava hücrelerinin ısı geçişini azaltarak ısı iletkenliğini düşürür. Bu yapıyı sıcaklık değişimlerine karşı korur ve iç mekânın istenilen sıcaklıkta tutulmasını sağlar. Bu da enerji tasarrufunu beraberinde getirir. Boşluklu bims tuğlaların bir diğer önemli avantajı, çevre dostu olmalarıdır. Karbon ayak izi açısından, bims tuğlalar doğal volkanik taşlardan üretildiği için düşük karbon salınımına sahiptir ve geri dönüştürülebilir özellikleri ile çevre dostu bir yapı malzemesi olarak öne çıkar (Best Enerji, 2024). Bims tuğlaların enerji performansı, ısı iletkenlik katsayısı ve yoğunluk gibi fiziksel özelliklerine bağlıdır. Düşük ısı iletkenlik katsayısı, bims tuğlaların ısı yalıtımında etkili olmasını sağlar ve bu da binaların enerji tüketimini azaltır. Ayrıca, bims tuğlaların hafif yapısı, yapıların genel yükünü azaltarak deprem dayanıklılığını artırır (Avan, Yıldız ve Avan 2021).

Enerji tüketimini azaltan malzemelerin kullanımı, enerji verimli yapı tasarımında önemli bir metot olmaktadır (Tıkansak, 2013). Çünkü yapı malzemeleri diğer bütün özellikleriyle birlikte çevresel özelliklerini de kullandığı yapıya yansıtmaktadır. Yapı malzemesinin her aşamada enerjiyi minimum düzeyde ve verimli kullanması, malzemeyi enerji etkin hale getirmektedir.

Bir binanın yıllık tükettiği enerji miktarını ve yıllık karbondioksit salınım miktarını hesaplayıp, kullanıcılara enerji verimli yapı tasarlamada veya halihazırdaki tasarımlarda iyileştirmeler yapmak için yardımcı olabilecek birçok enerji simülasyon programları kullanılmaktadır. Bina enerji simülasyonu, enerji verimliliği ve termal konforu detaylı olarak değerlendiren bir matematiksel modeldir (Chong, Gu ve Jia, 2021). Enerji simülasyon programları, binaların enerji tüketimini analiz etmek, enerji verimliliği önlemlerini değerlendirmek ve optimize etmek amacıyla kullanılan yazılımlardır. Bu programlar, mimarlar, mühendisler ve enerji uzmanları tarafından bina tasarımı ve yenileme projelerinde kullanılmaktadır.

Bu doğrultularda yapılan çalışmada Muş iline bağlı Bulanık ilçesinde bölgenin iklim şartlarında 100 m² alana sahip mini market tasarlanmıştır. Yapı malzemesi olarak farklı boyutlardaki ve farklı boşluk-göz sayısına sahip bims tuğlalar ve geliştirilmiş yalıtım malzemeleri kombinasyonları sonucu 24 alternatif senaryo oluşturulmuştur. Bu alternatifler IES-VE (Integrated Environmental Solutions Virtual Environment) enerji simülasyon programı ile analiz edilmiştir. Bütün alternatiflerin toplam enerji tüketimi ve toplam karbondioksit salınımı hesaplanmıştır. Çalışmanın tasarımdan analize kadar bütün aşamaları IES-VE simülasyon programı ile yapılmıştır.

1. MATERYAL VE METOD

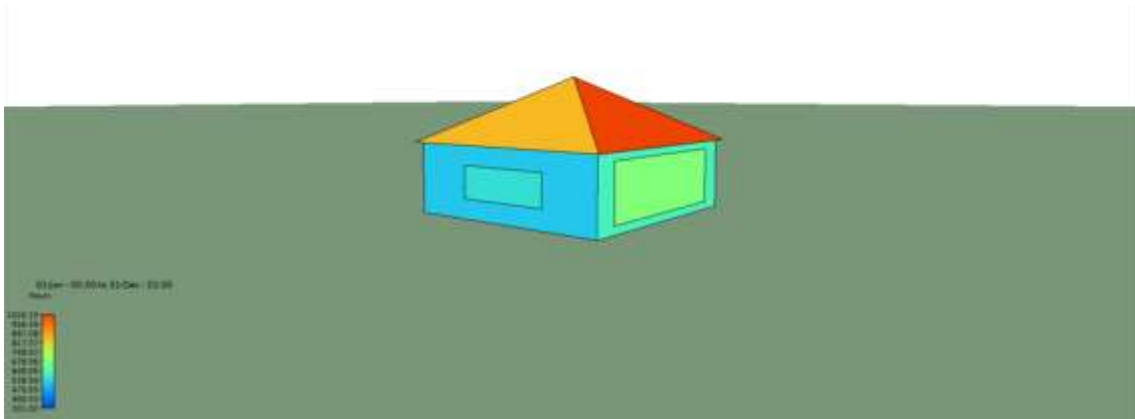
Çalışmada Muş ili iklim şartları, yapıya ait genel özellikler ve kullanılan yapı malzemelerinin teknik özellikleri IES-VE programına girdi olarak işlenmiştir. Çalışmanın tüm aşamasında IES-VE programı kullanılmıştır. IES Virtual Environment (IES-VE), binaların enerji performansını ve diğer çevresel etkilerini simüle etmek için kullanılan kapsamlı bir yazılım paketidir. IES-VE, binaların enerji tüketimini, CO2 emisyonlarını, enerji maliyetlerini ve yenilenebilir enerji üretimini tahmin eder. Bu, enerji verimliliği, konfor, havalandırma, HVAC performansı ve optimizasyonu gibi çeşitli değerlendirme türlerini kapsar.

1.1. Projenin Hazırlanması ve Modellenmesi

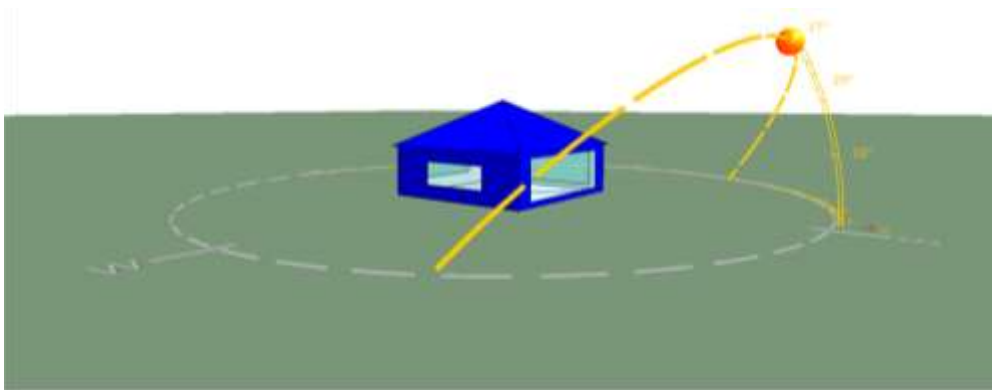
100 m2 alana sahip mini market tek kat olarak tasarlanmıştır.

Tablo 1. Yapı Hakkında Genel Bilgiler

BİNA BİLGİLERİ	
Taşıyıcı Sistem	Betonarme
Toplam Kat	1
Kat Yüksekliği	3.30 m
Toplam İnşaat Alanı	100 m ²
Toplam Dış Duvar Yüzey Alanı	132 m ²
Toplam Pencere Alanı	52,8 m ²



Şekil 1. Projenin IES-VE Simülasyonunda Modellenmesi



Şekil 2. Projenin IES-VE Simülasyonunda Üç Boyutlu Modeli

1.2. Projede Kullanılan Malzeme Bilgileri

Çalışmada kullanılan malzemelerin kalınlık bilgileri Tablo 2’de gösterilmiştir. Çalışma için tasarlanan projede yapı malzemesi olarak tip-1, tip-2 ve tip-3 bims tuğla kullanılmıştır. Bu Bims tuğlaların boyutları ve boşluk-toplam göz sayıları Tablo 3’de gösterilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak ise genişletilmiş kauçuk, genişletilmiş perlit, genişletilmiş polistren ve genişletilmiş polipropilen kullanılmıştır. Boşluklu bims tuğlalar, enerji verimliliği ve yapı performansı açısından önemli yapı malzemeleridir.

Bims tuğlalarının deneysel koşulları şu şekildedir:

Numune Hazırlama: Deneysel olarak kullanılacak bims tuğlalar, standart boyutlarda ve belirli bir nem oranında hazırlanır.

Isı İletkenlik Testi: Isı iletkenlik katsayısı, belirli sıcaklık farkları altında ölçülür.

Basınç Dayanımı Testi: Basınç dayanımı, belirli bir yük altında tuğlanın kırılma noktasına kadar olan dayanıklılığı ölçülerek belirlenir.

Ses Yalıtımı Testi: Ses yalıtımı, belirli frekanslarda ses dalgalarının tuğla üzerinden geçişi ölçülerek değerlendirilir.

Yangın Dayanımı Testi: Yangın dayanımı, yüksek sıcaklıklara maruz bırakılarak ve yangın koşulları simüle edilerek test edilir.

Tablo 2. Kullanılan Malzemelerin Kalınlık Bilgileri

Malzeme Bilgisi	[mm]
Yapı Malzemesi Kalınlığı	200
Yalıtım Malzemesi Kalınlığı	50
Sıva Kalınlığı	40
TOPLAM	290

Tablo 3. Yapı Malzemelerinin Fiziksel Görünüm Özellikleri

	Bims tuğla boyutları (en x boy x yükseklik) [cm x cm x cm]	Tuğladaki boşluk sayısı [adet]	sıra	Tuğladaki göz sayısı [adet]	toplam
Tip 1	19 x 39 x 18.5	3		9	
Tip 2	19 x 33 x 24	3		9	
Tip 3	19 x 39 x 18.5	6		21	

Çalışmada kullanılan yapı malzemelerinin ve yalıtım malzemelerinin termo-fiziksel özellikleri(ısı iletkenliği, yoğunluk katsayıları) Tablo 4’de gösterilmiştir. Ayrıca bims tuğlaların basınç dayanımı yaklaşık 1.80 N/mm² civarındadır. Bims tuğlalar ses yalıtım özelliklerine sahiptir ve yangına karşı yüksek dayanıklılık gösterir.

Tablo 4. Yapı Malzemelerinin Termo-fiziksel Özellikleri

YAPI MALZEMELERİNİN TERMOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ			
		Isı İletkenliği [W/(m·K)]	Yoğunluk [kg/m³]
Yapı Malzemeleri	Tip-1 Tuğla	0,200	870,00
	Tip-2 Tuğla	0,195	860,00
	Tip-3 Tuğla	0,126	900,00
Yalıtım Malzemeleri	Genleştirilmiş kauçuk	0,032	72,00
	Genleştirilmiş perlit	0,052	16,00
	Genleştirilmiş polistren	0,029	29,00
	Genleştirilmiş polipropilen	0,036	50,00
Sıva	Plaster	0,021	700,00

1.3. Uygulama Detayları

Çalışmada dıştan yalıtımlı ve içten yalıtımlı olmak üzere iki duvar tipi kullanılmıştır. Kullanılan 3 farklı duvar yapı malzemeleri ve her bir malzeme arasına seçilen 4 farklı genleştirilmiş yalıtım malzemeleri ile 3*4*2 olacak şekilde 24 farklı alternatif senaryo oluşturulmuştur. Bu alternatiflerin uygulama şekli Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Muş İli Bulanık İlçesinde Tasarlanan Yapı Alternatifleri

MUŞ				
UYGULAMA DETAYLARI				
1	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş kauçuk (50mm)	Tip-1 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
2	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş perlit (50 mm)	Tip-1 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
3	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş polistren (50 mm)	Tip-1 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
4	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş polipropilen (50 mm)	Tip-1 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
5	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş kauçuk (50mm)	Tip-2 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
6	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş perlit (50 mm)	Tip-2 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
7	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş polistren (50 mm)	Tip-2 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
8	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş polipropilen (50 mm)	Tip-2 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
9	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş kauçuk (50mm)	Tip-3 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
10	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş perlit (50 mm)	Tip-3 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
11	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş polistren (50 mm)	Tip-3 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
12	Sıva (20mm)	Genleştirilmiş polipropilen (50 mm)	Tip-3 Tuğla (200 mm)	Sıva (20mm)
13	Sıva (20mm)	Tip-1 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş kauçuk (50mm)	Sıva (20mm)
14	Sıva (20mm)	Tip-1 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş perlit (50 mm)	Sıva (20mm)
15	Sıva (20mm)	Tip-1 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş polistren (50 mm)	Sıva (20mm)
16	Sıva (20mm)	Tip-1 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş polipropilen (50 mm)	Sıva (20mm)
17	Sıva (20mm)	Tip-2 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş kauçuk (50mm)	Sıva (20mm)
18	Sıva (20mm)	Tip-2 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş perlit (50 mm)	Sıva (20mm)
19	Sıva (20mm)	Tip-2 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş polistren (50 mm)	Sıva (20mm)
20	Sıva (20mm)	Tip-2 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş polipropilen (50 mm)	Sıva (20mm)
21	Sıva (20mm)	Tip-3 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş kauçuk (50mm)	Sıva (20mm)
22	Sıva (20mm)	Tip-3 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş perlit (50 mm)	Sıva (20mm)
23	Sıva (20mm)	Tip-3 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş polistren (50 mm)	Sıva (20mm)
24	Sıva (20mm)	Tip-3 Tuğla (200 mm)	Genleştirilmiş polipropilen (50 mm)	Sıva (20mm)

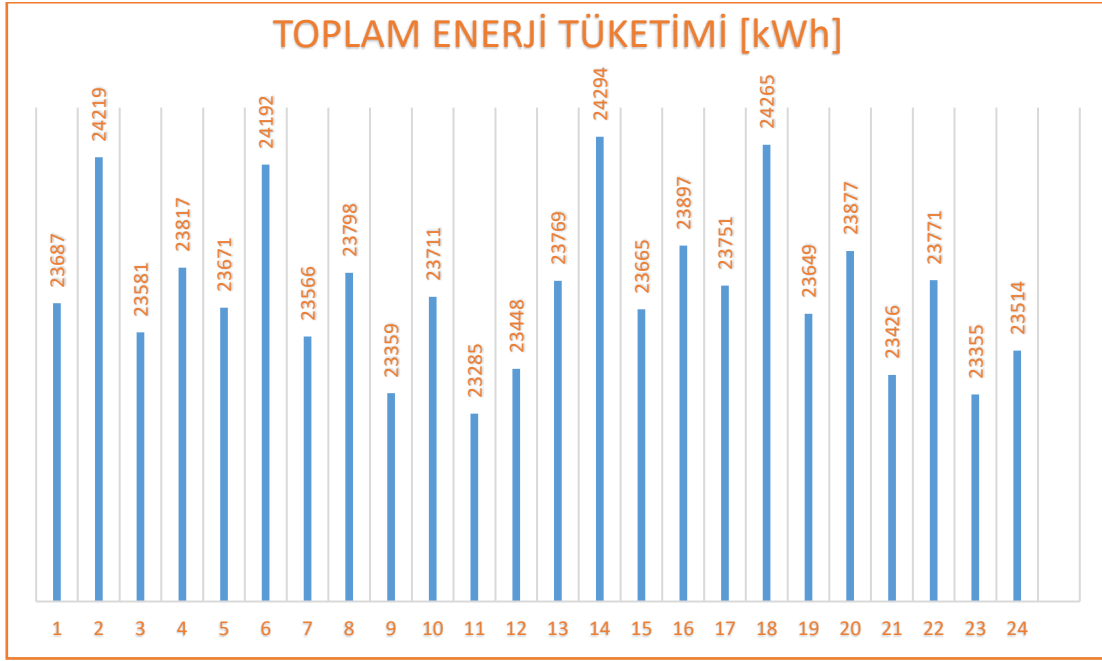
NOT: Alternatifler dışarıdan içeriye doğru sıralanmıştır.

2. IES-VE ENERJİ SİMÜLASYON PROGRAMI ANALİZİ

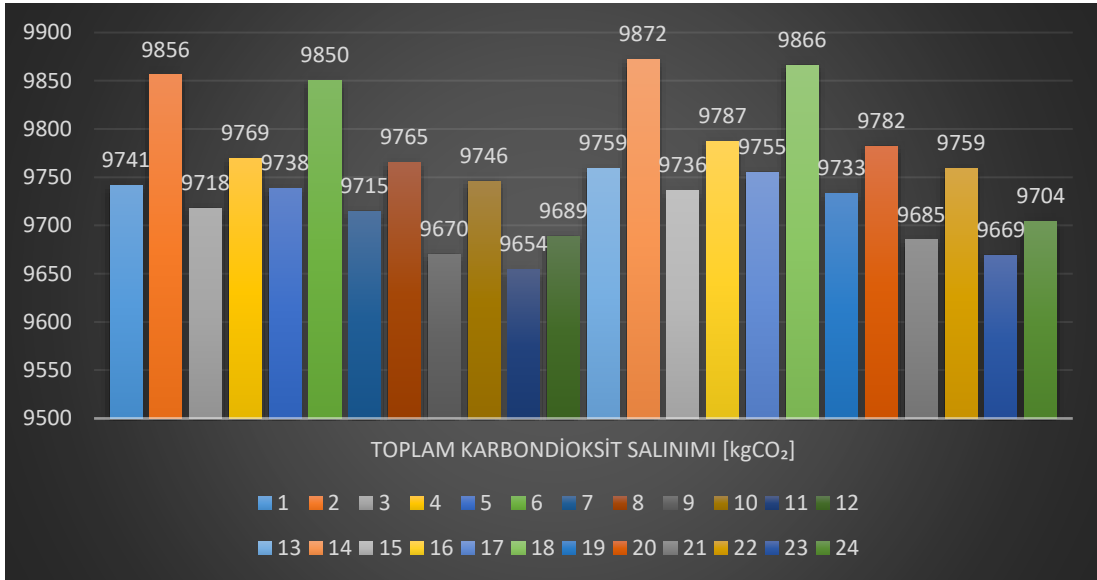
Çalışmada IES-VE enerji simülasyon programı kullanılarak Muş ili iklim şartlarında tasarlanan 100 m² alana sahip evin, seçilen bölgeye uygun yapı malzemeleri ve geliştirilmiş yalıtım malzemeleri ile oluşturulan alternatifler ile inşa edilmesi durumu araştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler Tablo 6'da gösterilmiştir. Belirlenen malzeme kombinasyonlarına Muş ili iklim şartları dikkate alınarak farklı kombinasyonlarla tasarlanan yapı alternatiflerinin yıllık toplam enerji tüketimi değerleri Şekil 3'de verilmiştir. Muş ili bulanık ilçesi için planlanan mini marketin IES-VE enerji simülasyon programı ile yapılan analizleri ile elde edilen toplam karbondioksit salınımı değerleri Şekil 4'de sunulmuştur.

MUŞ		
ALTERNATİF	TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ [kWh]	TOPLAM KARBONDİOKSİT SALINIMI [kgCO ₂]
1	23687	9741
2	24219	9856
3	23581	9718
4	23817	9769
5	23671	9738
6	24192	9850
7	23566	9715
8	23798	9765
9	23359	9670
10	23711	9746
11	23285	9654
12	23448	9689
13	23769	9759
14	24294	9872
15	23665	9736
16	23897	9787
17	23751	9755
18	24265	9866
19	23649	9733
20	23877	9782
21	23426	9685
22	23771	9759
23	23355	9669
24	23514	9704

Tablo 6. Alternatiflerin IES-VE Simülasyonu Analiz Sonuçları



Şekil 3. Yıllık toplam enerji tüketimi değerleri



Şekil 4. Yıllık toplam karbondioksit salınımı değerleri

Analiz sonuçlarına göre yıllık enerji tüketim bakımından 23285 kWh ve toplam karbondioksit salınımı bakımından 9654 kgCO₂ ile en olumlu senaryo 11. alternatif olmuştur. En olumlu alternatif incelendiğinde duvar yapı malzemesi olarak Tip-3 tuğla ve yalıtım malzemesi olarak ise geliştirilmiş polistren kullanılmıştır.

En olumsuz alternatife ise hem yıllık enerji tüketimi hem de yıllık karbondioksit salınımı bakımından 14. alternatif olduğu sonucuna varılmıştır. 14. alternatifte yıllık enerji tüketimi 24294 kWh ve yıllık karbondioksit salınımı 9872 kgCO₂ olarak belirlenmiştir. Bu alternatifte duvar örgü malzemesi olarak Tip-1 tuğla ve yalıtım malzemesi olarak geliştirilmiş perlit kullanılmıştır.

Tüm alternatifler incelendiğinde çalışmada duvar örgü malzemesi olarak kullanılan yapı malzemelerinden en enerji etkin ve Muş ili iklim şartlarında kullanılabilecek malzemenin Tip-3 bims tuğla olduğu sonucuna varılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak ise en verimli malzemenin geliştirilmiş polistren olduğu sonucuna varılmıştır.

3.SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda enerjiyi en verimli şekilde kullanan yapı malzemesinin 6 sıra boşluk sayılı ve toplam göz sayısı 21 olan Tip-3 Bims tuğla olduğu görülmüştür. Boşluklu Bimsler, yapıların ısı yalıtımında ve enerji verimliliğinde kullanılan bir malzemedir. Boşluklu yapıları oluşturan boşluklar, yapıyı daha iyi yalıtarak enerji tüketimini azalttığı sonucuna varılmıştır. Böylelikle boşluklu Bims kullanımı ile binaların ısıtma ve soğutma maliyetleri de düşürülebilir. Gözenekler arasındaki boşluklar, ısı iletimini engellemektedir. Fakat çok fazla göz ve boşluk malzemenin dayanıklılığını ve mekanik özelliklerini azaltabilir. Bu da çok fazla göz sayısının dolayısıyla boşluk sayısının olmasının olumsuz yönlerinden biridir. Yeterli sayıda boşluk ve göz sayısı, optimal ısı yalıtımı sağlayarak enerji tasarrufunu maksimize ederken, malzemenin mekanik dayanıklılığını da koruyacaktır.

Bu çalışmada IES-VE enerji analiz programı ile yapılan analizlerin değerlendirilmesi ile elde edilen en olumlu alternatif ile en olumsuz alternatif değerleri kıyaslandığında; en iyi alternatifin kullanılması durumunda yıllık enerji tüketiminde % 4.15 ve yıllık karbondioksit salınımı miktarının da % 2.21 daha az kullanılmasına olanak tanınabileceği belirlenmiştir. Enerjinin en verimli şekilde kullanılmasına katkı sağlayacak malzeme seçimi ilçedeki binalarda toplam enerji tüketimini ve karbondioksit salınımını azaltacaktır.

Çalışmada yapılan analiz sonuçlarının ilçedeki mimarlara, mühendislere ve diğer profesyonellere rehberlik etmesi amaçlanmıştır.

4.ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

5.ÇATIŞMA BEYANI

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Avan, Ç., Yıldız, H., & Avan, E. (2021). Tuğla, Bims ve Gazbetonun Isıl Verimlilik ve Maliyet Açısından Karşılaştırılması. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları Ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 4(2), 59-63. <https://doi.org/10.51764/smutgd.948311>.
- Best Enerji. (2024). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği: Güncel Değişiklikler ve Etkileri. <https://bestenerji.com.tr/binalarda-enerji-performansi/>.
- Chong, A., Gu, Y., & Jia, H.(2021). Calibrating Building Energy Simulation Models: A Review of the Basics to Guide Future Work, *Energy and Buildings*, 253, 111533, 1-21.
- Chou, J. S., & Bui, D. K. (2014). Modeling Heating and Cooling Loads by Artificial Intelligence for Energy-Efficient Building Design. *Energy and Buildings*, 82, 437-446.
- Güner, C., Gökşen, F., & Koçhan, A. (2017). Sürdürülebilir Kalkınma Modeli İçin Çevre Duyarlı Yapılarda Malzeme Seçiminin İncelenmesi. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 1-14.
- Shi, X., Tian, Z., Chen, W., Si, B., & Jin, X. (2016). A Review on Building Energy Efficient Design Optimization Rom the Perspective of Architects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 872-884.
- Tıkansak, T. (2013). Energy Efficiency in Housing. *Iconarp International Journal of Architecture and Planning*, 1(2), 189-200.
- Xiong, J., Yao, R., Grimmond, S., Zhang, Q., & Li, B. (2019). A Hierarchical Climatic Zoning Method for Energy Efficient Building Design Applied in The Region With Diverse Climate Characteristics. *Energy and Buildings*, 186, 355-367.