

Türkiye'de Enerji Verimliliği için BEP-TR Yöntemi Kullanımının Maliyet ve Malzeme Analizi: Örnek Bir Model Değerlendirmesi

Başak ZENGİN^{1*}, Hasan POLAT², Uğur Eren YURTCAN³

^{1*}İstiklal Üniversitesi, İnşaat Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye.
ORCID No: 0000-0003-3719-9423, e-mail: basakzengin@istiklal.edu.tr

²Bingöl Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Bingöl/Türkiye.
ORCID No: 0000-0003-1521-0695, e-mail: hpolat@bingol.edu.tr

³Bingöl Üniversitesi, İnşaat Bölümü, Bingöl/Türkiye.
ORCID No: 0000-0001-5040-2786, e-mail: ueyurtcan@bingol.edu.tr

(Alınış/Arrival: 06.10.2023, Kabul/Acceptance: 16.11.2023, Yayınlanma/Published: 15.12.2023)

Özet

Son yıllarda dünya genelinde enerji kaynaklarının azalmaya başlaması, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının ihtiyaca cevap verememesi nedeniyle, insanlık enerjiyi daha verimli kullanma konusunda çaba harcamaya başlamıştır. Bunun için ülkeler karbon salınımı ve emisyon düzeylerini kontrol altına almak için yönetmelik ve sistemler geliştirmektedir. Ülkemizde ise enerji verimliliğini artırmak için yapılarda enerji kimliklendirme çalışmaları zorunlu hale getirilmiştir. Yapılarda enerji kimliklendirme çalışmaları için kurulan sitem doğrultusunda uzman ekiplerle birlikte binalara enerji kimlikleri oluşturulmaktadır. Bu çalışmada ise enerji kimlik belgelendirmede BEP-TR uygulamasının örnek bir denemesi yapılmıştır. Enerji verimliliği ile malzeme ilişkisi kıyaslanıp maliyet analizi yapılmıştır. Seçilen örnek bir yapı üzerinde malzemeler değiştirilerek hem kimliklendirme işlemi hem de maliyetler kıyaslanmıştır. Enerji verimliliği için yapılan bu çalışmada BEP-TR uygulamasıysa enerjideki tasarruf modeli geliştirilmiş ve yapıların uygunluğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji verimliliği, Enerji kimlik belgesi, BEP-TR yazılımı, Malzeme ve maliyet analizi

Cost and Material Analysis of Using BEP-TR Method for Energy Efficiency in Turkey: A Sample Model Evaluation

Abstract

In recent years, due to the global decline in energy resources and the inability of renewable and alternative energy sources to meet demand, humanity has begun to make efforts to use energy more efficiently. For this reason, countries are developing regulations and systems to control carbon emissions and emission levels. Energy identification studies have been made compulsory in buildings to increase energy efficiency in our country. Energy identities for buildings are created by teams of experts according to the system established for energy identification studies in buildings. In this study, we tested the BEP-TR app for energy certification. The relationship between energy and material efficiency is compared and a cost analysis is performed. By changing the materials on a selected sample structure, both the identification process and the costs were compared. In this energy efficiency study, the BEP-TR application, an energy saving model was developed and the suitability of the buildings was determined.

Keywords: Energy efficiency, Energy identity certificate, BEP-TR software, Material and cost analysis

1. GİRİŞ

İnsanlığın yaşamını sürdürmesi ve ekonomik anlamda gelişmenin sağlana bilinmesinde temel gereksinimlerden biri enerjidir [1]. Gelişen teknolojiyle birlikte insanların yaşam tarzı ve düşünce biçimleri değişmiş, daha fazla teknolojik ürün kullanılmaya başlanmıştır. 21. yüzyılı yaşarken, bu teknolojik gelişmelerle birlikte insan yaşamı konforuyla beraber enerji tüketimi de artmıştır [2]. Artan enerji tüketimini azaltmak ve enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanmak için yalnız enerjinin sağlanması ve üretilmesi değil, aynı zamanda çevreye duyarlı temiz enerji kullanımının da sağlanmasına yönelik planlamaların yapılması gerekmektedir [3]. Ulusal düzeyde önemi bir değere sahip olan enerji verimliliği kavramı, enerji fiyatları, enerji arzı, enerji güvenliği, iklim değişikliği, teknolojik gelişmeler gibi çalışmaların temelini oluşturmaktadır [4].

Günümüzde enerji verimliliğine yönelik çalışmaların artmakta ve sürdürülebilir kalkınmanın önemi daha çok anlam ifade etmektedir. Enerji verimliliğinin enerji (üretim, iletim ve tüketim) aşmalarında yanlış kullanımın azaltılması enerji politikalarının önemli bir bileşeni olmuştur [5-6].

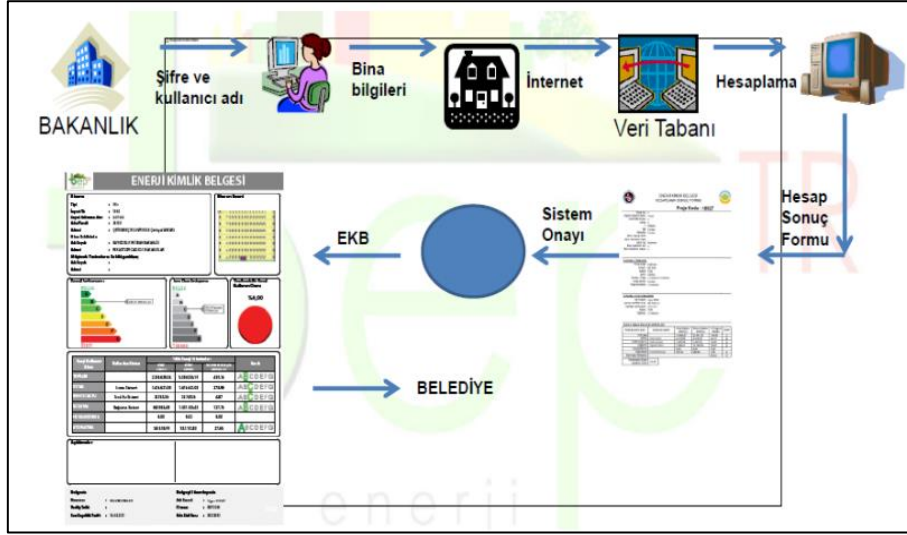
2008'de kabul edilen Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında, Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği uyarınca, her binanın Avrupa Direktifi gereği Enerji Kimlik Belgesi alması zorunlu hale getirilmiştir [7]. 05.12.2008'de hayata geçirilen Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 01.01.2011'den itibaren binalarda enerji kimlik belgesi uygulamasının başlamasını öngörmektedir. Bu belgeler, BEP-TR yazılımı kullanılarak oluşturulmaktadır [8].

Yapılan bu çalışmada seçilen üç örnek yapıdan BEP-TR uygulaması kullanılarak binaların enerji verimliliği hesaplanmış ve karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca farklı malzemelerle maliyet analizi de yapılmış olup maliyet enerji verimiyle ilişkisi yorumlanmıştır.

2. METOD

2.1. BEP-TR yazılımı

Yapıların sera gazı ve enerji sınıfını belirlemek için kullanılan BEP-TR programı internet kullanılarak çalışan programdır. BEP-TR programına ait görsel Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. BEP-TR döngüsü görseli [9]

BEP-TR’de bir binanın enerji performansının belirlenmesinde aşağıda belirtilen adımlar izlenilmektedir;

- Yıllık enerji tüketimi belirlenir (m^2 başına düşen) [10],
- Belirlenen değere göre CO_2 salımı hesaplanır,
- Değerler, referans bir binanın değerleri ile karşılaştırılır,
- Karşılaştırma sonucunda, bina A-G arası bir enerji sınıfına yerleştirilir.

Farklı enerji sınıfları kullanılarak bina enerji performansını belirlenir. Belirlenen bu enerji sınıfları sırasıyla A, B, C, D, E, F ve G harflerinden meydana gelmektedir. Enerji sınıfları ve enerji performansları Tablo 1’de gösterilmiştir. Tablo 1’deki veriler incelendiğinde, A sınıfının en düşük enerji tüketimine sahip olduğu, karşılığında ise G sınıfının en yüksek enerji tüketimine sahip olduğu görülmektedir.

BEP-TR programına kaydedilen bina verileri, binanın enerji sınıfını belirlemek için kullanılır. Binaların enerji performansının kabul edilebilir bir düzeyde olması için en düşük olarak C sınıfında olmaları beklenir [11].

Tablo 1. Enerji Sınıfı Değerleri

Enerji sınıfı	E_p aralıkları
A	0-39
B	40-79
C	80-99
D	100-119
E	120-139
F	140-174
G	175-..

2.2. Enerji Kimlik Belgesi (EKB)

Enerji ihtiyaçları, enerji sınıflandırması, izolasyon özellikleri ve ısıtma/soğutma sistemlerinin etkinliği gibi bilgileri içeren Enerji Kimlik Belgesi (EKB), BEP-TR yazılımıyla hazırlanır [12].

Verilerin girilmesiyle, 'Enerji Kimlik Belgesi' oluşturulur; bu belgede birim metrekare başına düşen yıllık enerji harcaması hesaplanır ve buna bağılı olarak CO₂ salınımı ölçülür. Enerji Kimlik Belgesi (EKB), yıllık olarak hesaplanan aydınlatma, havalandırma, ısıtma, soğutma ve su ısıtma için birincil enerji tüketimini içerir. Bu değerler, bir referans binasının değerleri ile karşılaştırılarak, yapının enerji sınıfı 'A' ile 'G' arasındaki harfle belirlenir.

2.3. Örnek Uygulama

Enerji tüketimini sınırlamak için alınabilecek basit önlemlere dikkat çekebilmek adına enerji kavramı temel alınarak BEP-TR uygulaması farklı malzemelerle denenmiştir. Elde edilen verilerle enerji performansını etkileyen malzemeler ve bu malzemelerin maliyetleri göz önüne alınarak analiz yapılmıştır.

Enerji kimliklendirmede enerji tüketimlerinin kıyaslanıp değerlendirilmesini yapabilmek için Kahramanmaraş'ta farklı özelliklerde üç bina seçilmiştir ve bunların kimliklendirilmesi yapılmıştır. Bu üç binanın enerji sınıfı için ısıtma, sıcak su, soğutma ve aydınlatma enerjileri hesaplanmıştır. Binaların birim alan başına göre hesapları tamamlandıktan sonra binalar için enerji kimlikleri elde edilmiştir. Bu binalardan iki tanesinin enerji sınıfı 'C' ve diğeri 'B' olarak tespit edilmiştir.

İkinci aşama olarak iki katlı yeni bir yapı seçilmiştir. Bu yapının üretiminde iki farklı malzemeye göre tasarım yapılmıştır. Böylece malzeme özellikleri farklı örnek iki tip bina ile çalışılmıştır. Malzeme özelliklerinin binanın yalıtım sistemini değiştirdiği gözlemlenmiştir. Bu da binanın enerji performansını etkilemiştir. Malzeme ve maliyet analizi verilerini değerlendirebilmek için binaların enerji kimlik verisi 'C' olarak belirlenmiştir. Bina tasarımlarında minimum sınır 'C' seviyesidir. Bina üretiminde maliyet analizi yapılmış ve iki farklı malzemeye göre binalar kıyaslanmıştır.

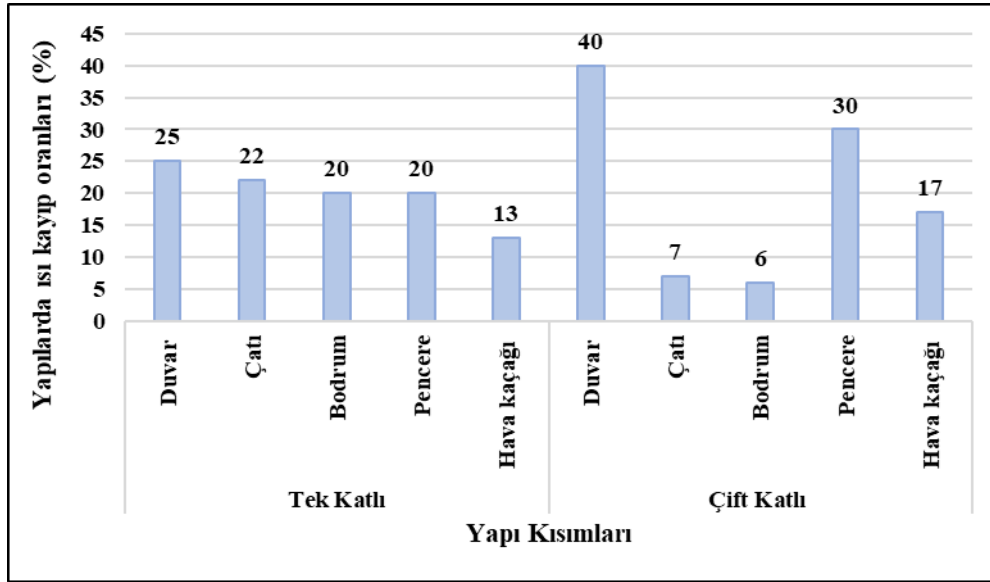
3. BULGULAR

Yapıların enerji kimlik seviyelerine göre, yapılan inceleme sonucunda iki bina yapıların alması zorunlu minimum seviye olan C ye uygun kimlik elde edilirken bir binada ise B seviye uygun kimliklendirme elde edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda birim alan başına harcanan enerjinin performans sınıfına etkisi Tablo 2'de gösterilmiştir.

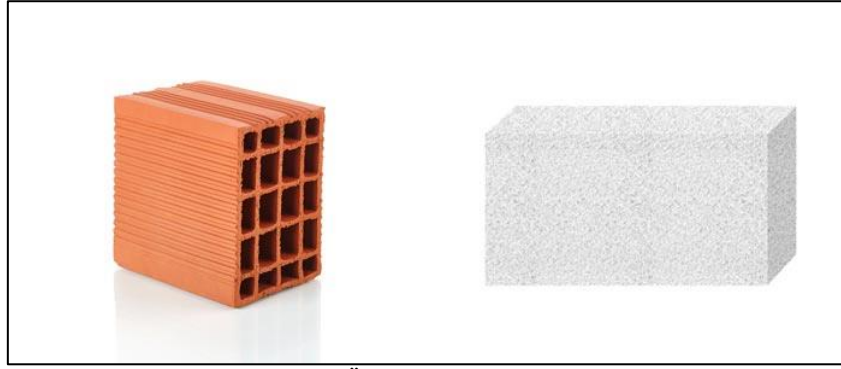
Tablo 2. Alan başına harcanan enerjinin göre performans sınıfının belirlenmesi

SİSTEMLER	YILLIK ENERJİ TÜKETİMLERİ								
	1.BİNA Alan: 2250M ²			2.BİNA Alan: 1178M ²			3.BİNA Alan: 7592M ²		
	Birincil(kWh/yıl)	Birim Alan Başına (kWh/m ² .yıl)	SINIFI	Birincil(kWh/yıl)	Birim Alan Başına (kWh/m ² .yıl)	SINIFI	Birincil(kWh/yıl)	Birim Alan Başına (kWh/m ² .yıl)	SINIFI
Toplam	264879,29	117,74	C	135955,17	115,37	C	697074,86	91,81	B
Isıtma	145247,28	64,56	C	72396,89	61,43	C	346933,10	45,70	D
Sıcak Su	38969,19	17,32	C	19528,36	16,57	C	159766,61	21,04	C
Soğutma	76567,21	34,03	C	42140,23	35,76	C	151272,10	19,92	B
Aydınlatma	4095,61	1,82	A	1889,69	1,60	A	39103,05	5,15	A

Kimliklendirme sürecinden sonra C seviyesinde belge alan bir binada malzeme ve maliyet analizi yapılmıştır. Duvar yapı elemanlarının ısı değişimleri üzerinde odaklanılarak, yıllık enerji kayıpları detaylı bir şekilde araştırılmaktadır. Bu hedefe yönelik olarak, Şekil 2'de gösterilen tuğla ve gaz beton malzemeleri kullanıldı. Şekil 2'de gösterilen yapıların ısı kayıp oranlarına bakıldığında, en yüksek kayıpların hem çok katlı hem de tek katlı binalarda duvar kısımlarından kaynaklandığı görülmüştür. Bu sebeple, bu çalışma kapsamında binalarda kullanılan duvar yapı malzemelerinin ısıl değişimleri ve yıllık enerji kayıpları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Kullanılan örnek bina malzemeleri Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2. Yapılarda ısı kayıp oranları [13]



Şekil 3. Örnek bina malzemeleri

Hafif agrega içeren ve sıva kullanılan duvar kesitlerinde, kireç-çimento harcı, duvar malzemesi, polistiren köpük ve anorganik esaslı malzemelerin özelliklerine göre, binalar BEP-TR yazılımı ile modelleme yapılmıştır. İki yapının karşılaştırılabilmesi için enerji kimlikleri C sınıfında tutulmuştur.

Tablo 3. Binaların Enerji Sınıfları

Malzeme Türü	Enerji Performansı	Sera Gazı Emisyonu
Tuğla	C-95	C-96
Gaz Beton	C-95	C-96

Duvar kalınlığının ısı kayba etkisini belirlemek için tuğla 13.5 tuğla +5cm yalıtım malzemesi, gaz beton 20 cm malzemeler için hesaplamalar yapılmıştır. Malzeme kesitleri incelendiğinde kolon- kiriş, kireç-çimento harcı, donatılı beton, polistiren köpük esaslı hafif malzemelerden yapılmış sıvadan oluşmakta ve ayrıca kesitlerde tavan ve tavan kesitleri tüm analizler sabit tutulmuştur. Malzemelerin enerji ve boyut değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Malzemenin enerji ve boyut değerleri (kWh/m³)

Malzeme	Boyut	Duvar Isı Kaybı	Kolon Isı Kaybı	Toplam Isı Kaybı	Yıllık Kaybı	Isı
Tuğla	13,5	108,41	59,58	130,32	1563,84	
Gaz beton	20	108,41	59,58	130,32	1563,84	

Tablo 4’deki değerler incelendiğinde 13,5 cm tuğla + 5 cm yalıtım ve gaz beton ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda tuğla için 13,5 cm + 5 cm yalıtım da 108,41 kWh/m³ ısı kaybı 20 cm gaz beton da aynı enerji kaybı yaşanmaktadır.

Tablo 5. Bina Maliyetleri

Malzeme	Boyut	Dış Duvar Alan	Yalıtım Miktar (5 cm yalıtım)	Toplam birim fiyat (yalıtım dahil TL/m ²)	Toplam Tutar
Tuğla	13,5	300,41	300,41	385	115.657,85
Gazbeton	20	300,41		310	93.127,10

Bina maliyet tablosu incelendiğinde ise 13 cm'lik tuğla + 5 cm yalıtımın toplam maliyeti 115.657,85 TL, 20 cm'lik gaz beton maliyeti 93.127,10 TL yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Bu analize göre gaz betonun bina üretiminde enerji tasarrufu açısından daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır.

4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler şeklinde sıralanmıştır.

- Çalışma kapsamında bulunan değerler, değerlendirildiğinde duvarlarda farklı malzemelerin olmasına rağmen ısı kaybı ve enerji sınıfı benzer değerler göstermiştir. Malzemeler karşılaştırıldığında, tuğlada 5 cm 'lik yapılmadığı takdirde ısı kaybı fazla olacağı gözlemlenmektedir.
- Malzeme boyutu, ısı kayıplarını en aza indirmek için önemli bir faktör olarak belirlenmiştir. Isı kayıpları, malzeme boyutuyla doğru orantılı olarak azalır; ancak malzeme boyutunun artması maliyeti artırır. Maliyetlerle ısı kayıpları arasında önemli bir fark olduğu rapor edilmiştir.
- Ekonomik açıdan olumsuz bir durum oluşturduğu gözlemlenen, 20 cm kalınlığındaki gaz betonun yapım maliyeti ile karşılaştırıldığında, 13,5 cm tuğla + 5 cm yalıtımın kullanılması, gaz betonunun daha ekonomik olduğunu ortaya koymaktadır.
- Gaz betonun uygun fiyatı ve düşük işçilik maliyeti nedeniyle yaygın bir malzeme olarak kullanılabilir. Diğer taraftan, tuğlanın ısı kayıplar açısından zayıf olması ve kolay ulaşılabilir olması tercih nedenidir. Fakat tuğla tek başına ısı yalıtımı sağlamadığından dolayı ek yalıtım gerektirmektedir. Gaz beton, düşük maliyet değeri ve farklı malzemelere göre daha uygun fiyata sahip olması birçok yapıda kullanılabilir potansiyele sahiptir. Daha fazla bina ve daha farklı yapı malzemeleri için incelemeler yapılması ilerde yapılacak olan çalışmalar için tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Odası, M. M. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Oda Raporu, 2008.

[2] Oğan, H., Yıllankırkan, N. Türkiye’nin enerji verimliliği potansiyeli ve projeksiyonu. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 2015. 3(1), 375-384.

[3] Flavin, C., Lenssen, N. Enerjide Arayışlar, Çeviren: Yaman Köseoğlu Tema Vakfı, Yayın No: 12, 1994.

[4] Hardcastle, A., Waterman-Hoey, S. Energy Efficiency Industry Trends and Workforce Development in Washington State, Washington State University. 2009.

[5] Sağbaşı A., Başbuğ B., “Sürdürülebilir Kalkınma Ekseninde Enerji Verimliliği Uygulamaları: Türkiye Değerlendirmesi”, European Journal of Engineering and Applied Sciences, 2018, 1: 43-50,

- [6] Demirsoy G., Sözen A. Binalarda enerji verimliliğinin toplam faktör etkinliği, Politeknik Dergisi, 2022, 1.1.
- [7] Aydın, Ö., Canım, D. S. Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR1)'in Kullanılabilirliğinin ve EKB Uygulamasının Değerlendirilmesi. Mimarlık ve Yaşam, 2017, 2(2), 265-277.
- [8] Acarkan, B., & Yiğit, K. Bep-tr yazılımı ile konutlarda enerji kimlik belgesi uygulaması ve aydınlatmaya yönelik tüketilen enerjinin tasarruf potansiyelinin belirlenmesi. 2013.
- [9] Bep-Tr Yazılımı, www.bep.gov.tr, 2023.
- [10] Erikci, S. N., & Gedik, G. Z. Bina enerji performansı hesaplama yöntemi (bep-tr) kapsamında, farklı iklim bölgelerinde yapı biçimi dönüşümünün ve zon sayısı hesabının değerlendirilmesi, 12. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi – 8-11 Nisan 2015/İzmir.
- [11] İsmet, Y., Sadık, Ö., Koçer, A., Güngör, A. Binalarda enerji performansının belirlenmesinde farklı illerin karşılaştırılması, Küresel mühendislik çalışmaları dergisi, 2016, 3(2), 127-135.
- [12] Akın, C. T., Kaplan, S. Enerji kimlik belgelerinin enerji etkin mimari tasarım kriterleri açısından değerlendirilmesi", Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, Cilt 10, Sayı 1, ss. 2019373-384
- [13] Bayer, G. Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Sistemleri ve Örnek Bir Projede Isı Yalıtım Maliyet Analizi. Yüksek Lisans Tezi Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.