

## Mevcut Binalarda Enerji Verimli Yenileme ve EKB Uygulaması

Esma Mihlayanlar<sup>1</sup>, Sinan Meral<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mimarlık Bölümü, Mimarlık Fakültesi, Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye  
<sup>2</sup>Mimarlık Ofisi Çerkezköy, Türkiye

Geliş: 22.10.2023, Kabul: 27.12.2023, Yayınlanma: 31.12.2023

### ÖZ

Küresel iklim değişikliği; yangınlar, kuraklık, seller, deniz seviyesindeki değişiklikler vb. şeklinde yer kürenin farklı noktalarında etkilerini göstermektedir. Bununla birlikte yaşanan doğal afetler, enerji tüketimi, kaynakların ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi küresel çevre sorunları giderek artmaktadır. Çevresel etkiler üzerinde önemli bir yeri olan binalar toplam enerji tüketiminin %40'ı ve sera gazı emisyonlarının 3/1 inden sorumludur. Bu nedenle binalarda enerji verimliliği küresel ölçekteki önemini korumaktadır. Binaların enerji tüketimini ve sera gazı salınımlarını azaltma konusundaki etkisi açısından ülkeler çalışmalarını yoğunlaştırmaktadır.

Binalarda enerji verimliliği; yaşam standardı ve hizmet kalitesinden ödün vermeden enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanmaktadır. Enerji verimliliği yüksek binaların sahip olması gereken ilk özellik, binanın bulunduğu coğrafi özelliklere göre yönlendirilmesi, güneşten kışın maksimum kazanç sağlayacak yazın da korunacak şekilde biyoklimatik ve pasif tasarım ilkelerine göre tasarlanmasıdır. Bununla birlikte bina kabuğunda ısı kayıplarını azaltacak ve yeterli ısı direnci sağlayacak önlemler alınmalıdır. Enerji verimli binalar aynı zamanda kullanıcılarının sağlık, üretkenlik ve konfor şartlarını sağlayabilmektedir.

Toplam bina stoku içerisinde önemli bir yere sahip olan mevcut binaların enerji verimli yenilenmesinin önemi, aşamaları, uygulamaları bu çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır. Çalışmada Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında geliştirilen BEP-TR2 hesap yöntemi kullanılarak mevcut iki katlı bir konut örneğinde uygulanacak farklı yenileme (renovasyon) senaryoları sonuçlarının yıllık enerji tüketimleri, sera gazı emisyonları ve enerji sınıfları açısından karşılaştırılması hedeflenmiştir. Farklı iyileştirme seçeneklerinde yıllık enerji tüketiminde, sera gazı emisyonunda ve kg eşd CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl miktarında değişen oranlarda düşüş görülmektedir. Bu düşüş aynı zamanda binanın enerji performans sınıfının iyileşmesini sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji verimliliği; Enerji verimli yenileme; Enerji kimlik belgesi; BEP-TR

## Energy Efficiency Renovation and EKB Application in Existing Buildings

### ABSTRACT

Global climate change exhibits its effects in various parts of the world, such as wildfires, droughts, floods, sea level changes, and more. Furthermore, global environmental issues like natural disasters, energy consumption, depletion of resources, and biodiversity loss are increasing. Buildings play a crucial role in these environmental consequences, responsible for 40% of total energy consumption and one-third of greenhouse gas emissions. Thus, the need to construct energy efficient buildings on a global scale is evident. Countries enhance their efforts to minimize energy consumption and greenhouse gas emissions in buildings.

Energy efficiency in buildings is defined as minimizing the energy consumption with maintaining living standards. In the pursuit of high-energy efficient buildings, it is necessary to design based on bioclimatic and passive design principles. This design should consider the geographical location to maximize solar gain in winter and provide effective thermal insulation in summer. Furthermore, efforts to decrease the heat loss through the building envelope and guarantee adequate thermal resistance are essential. Energy-efficient buildings can also increase the well-being, productivity, and comfort of their occupants.

This study primarily aims to reveal the significance, various stages, and applications of making existing buildings which plays a significant role in the overall building stock more energy-efficient. This study intends to utilize the BEP-TR2 calculation method, developed under the Building Energy Performance Regulation, to compare the results of various renovation scenarios in an existing two-story residential building. The comparison will evaluate their annual energy consumption, greenhouse gas emissions, and energy efficiency ratings. Various renovation options yield different levels of reduction in yearly energy use, greenhouse gas emissions, and kg-eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>year. These reductions also contribute to enhancing the building's energy performance rating.

**Keywords:** Energy efficiency; Energy efficient renovation; Energy identity certificate; BEP-TR

## 1. GİRİŞ

İklim değışikliği ve çevresel etkileri küresel endişeleri de zamanla artırmıştır. Oluşan çevresel etkiler global ölçekte ülkeleri farklı platformlar altında iklim değışikliği ile ilgili önlemler alıp bunları uygulamaya koyma yolunda bir araya getirmiştir. 1970’li yıllarda başlayan bu çalışmalar belli aralıklarla sözleşmeler, konferanslar, protokoller, anlaşmalar şeklinde sürmektedir. Bu çalışmalar; Viyana sözleşmesi (1985) [1], Montreal Protokolü (1987) [2], Rio Konferansı (1992) Kyoto Protokolü (1997) [3], Taraflar Konferansı / COP1 (1995) ile başlayıp COP 27 (2022)’a kadar devam etmiştir [4]. Özellikle 2015 yılındaki Paris Anlaşması, ortalama küresel sıcaklık artışının sanayi öncesi döneme göre 2 derecenin altında 1.5 derece seviyesinde tutulması için, ülkeleri bu anlamda ciddi önlemler almaya şart koşturmuştur [5,6]. Bununla birlikte süreç içerisinde ODP (Ozone Depletion Potential/Ozon Azaltma Potansiyeli), GWP (Global Warming Potential/Küresel Isınma Potansiyeli), GHG (Green Houses Gases/Sera Gazları) arttırıcı eylemlerin sınırlandırılmasına gidilmiştir [7].

Dünya genelinde enerji tüketimi 1990’lı yıllara göre artış göstermektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre 2022 yılında yaklaşık 15.000 milyar TON eşdeğer petrolük seviyeye yükselmiştir. Küresel enerji talebini karşılamak üzere; %30 petrol, %27 kömür, %23 doğal gaz vb fosil kökenli kaynaklar kullanılmaktadır. Türkiye de enerji tüketimi 1990 da 52 milyon ton eşdeğer petrolken 2022 de 156 milyon ton eşdeğer petrole yükselmiştir. Kullanılan enerji kaynağı yine yaklaşık olarak %82’nin üzerinde fosil kaynaklıdır [8].

Ülkelere göre enerji tüketimi kültür, iklim ve refah açısından farklılıklar göstermektedir. Gelişmiş ülkeler enerji verimliliğiyle ilgili olarak yeni teknolojiler, malzemeler ve uygulamalar doğrultusunda yol haritaları belirlemekte ve enerji tüketimini azaltıcı hedefler koymaktadır. Ana hedef çevrenin korunması ve emisyonların azaltılmasının yanında enerji verimliliğinin de sağlanmasıdır.

Mevcut binalar ve yapı sektörü, küresel enerji tüketiminin %40 ile emisyonların üçte birinden sorumludur [9]. Birçok ülkede yaşanan binaların zayıf enerji performansı, söz konusu emisyonlara büyük katkı sağlamaktadır [10]. Var olan eski bina stoku yeni enerji verimliliği gerekliliklerini sağlayamadığından fazla enerji tüketerek daha fazla emisyon yaymaktadır [11,12,13] Bu nedenle, küresel enerji kullanımının zamanında azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi için mevcut binalarda enerji verimliliğinin hızla arttırılması büyük önem taşımaktadır [14,15]. Mevcut binaların enerji verimli yenilenmesiyle ilgili literatürde farklı ülkelerde pek çok çalışma yürütülmektedir. Farklı bina tipoloji üzerinde mevcut binalarda enerji verimli yenilemede; karar verme süreçleri, yenileme stratejileri, politikalar ve yenilemenin önündeki zorluklar araştırmacıların gündemini oluşturmaktadır [10, 15 - 20].

Binalarda tüketilen enerji; ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma, sıcak su vb. ihtiyaçları karşılamak üzere harcanmaktadır. Binaların özellikleri ve inşa edildikleri yere göre enerji ihtiyaçları değişmektedir. Soğuk iklim bölgelerindeki binalarda ısıtma, sıcak iklim bölgelerinde ise soğutma ihtiyacı için enerji daha çok kullanılmaktadır. Genel olarak enerji tüketiminin büyük bir bölümü iklimsel konforun sağlanmasında harcanmaktadır. Binaların enerji tüketimleri açısından sınıflandırılmalarında bu tüketimleri dikkate alınmaktadır. Günümüzde hedef sıfır enerjili–kendi kendine yetebilen binalar üretmektir. Bu bina tasarımları artan enerji talebini karşılamak için yeterli enerjiyi üretebilen yenilenebilir enerji tedarik sistemlerine sahip bina yaklaşımıdır [21].

Yüksek enerji tüketimlerine rağmen bina sektörü, diğer sektörlerle göre enerji ve emisyon tasarrufları bakımından en yüksek potansiyele sahiptir. Bina sektörü, düşük maliyetli enerji tasarrufu potansiyeli çok yüksek olduğu için, enerji verimliliğinde öncelikli alan haline gelmiştir. Dünyanın her yerinde enerji verimliliğinin en gözde uygulama alanı binalar olmuştur. Aynı zamanda enerji tüketen ekipman ve altyapının ekonomik ömürlerine baktığımızda binaların ekonomik ömürleri asgari olarak 40 yıl kabul edilmesine rağmen potansiyel ömürleri asgari ömürlerinin çok daha üstüne çıkabilmektedir. Binalar bu anlamda iyi ve uzun vadeli yatırımlar olarak görülmektedir. Artan bina stokuna karşı enerji tüketiminin ve olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasında bina enerji verimliliği ön plana çıkmaktadır [22].

Küresel ölçekte bu konuda çalışmalar devam ederken Avrupa Birliği (AB) Konseyi, 2019-2024 Stratejik Gündeminde *“Herkes İçin Temiz Bir Gezegen”* stratejik vizyonunu sunarak bu kapsamda; iklim açısından nötr, yeşil, adil ve sosyal bir Avrupa kıtası inşa etmeyi hedeflemiştir. Konsey 12 Aralık 2019 tarihinde açıkladığı *“Yeşil Mutabakat”* ile karbon nötr bir AB'ye ulaşmak için belirlenen hedefleri yasal hale getirmiştir. AB Konseyi 2030'a kadar sera gazı emisyonlarını, 1990 yılındaki meydana gelmiş olan emisyon miktarından %55 daha düşürmeyi hedeflemektedir [23].

Enerji tüketiminde önemli bir etkisi olan binalar açısından, AB Konseyine üye ülkelerde, Binalarda Enerji Performans Direktifi (EPBD) 2002 yılında yürürlüğe girmiştir. 2010 ve 2018 yıllarında, tadil edilen (2002/2010/2018) Binalarda Enerji Performans Direktifi; hem yeni hem de mevcut binalar için geçerli olan, ticari ve konut tipi bina türlerini de kapsayan performansa dayalı bir araçtır. Buna göre 31 Aralık 2020'den itibaren yeni binalar *“Yaklaşık/Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar / (Nearly/Zero Energy Buildings (nZEB))”* olarak üretilecektir. AB yol haritasında 2050 yılına kadar sera gazları emisyonunda 1990 seviyesine göre %80/85 oranında azaltma ve karbonsuzlaşma hedeflenmektedir. Yaklaşık/Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar: *“Enerji ihtiyacı çok düşük, enerji performansı çok yüksek ve gerekli enerji miktarının çoğunlukla yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılandığı bina”* olarak tanımlanmaktadır [24].

Yeni yapılacak binaların yaklaşık sıfır enerji hedefleriyle yapılmasının yanında Direktif (2012/27/EU) kamu binalarında toplam zemin alanının en az %3'ünde her yıl enerji verimli iyileştirme yapmasını ve mevcut binaların da enerji verimli hale getirilmesini istemektedir [25]. Bu anlamda mevcut binaların yenilenmesi, enerji verimliliğinin artırılması ve çevresel etkinin azaltılması açısından oldukça önemlidir [26].

Küresel oranlara benzer olarak Türkiye’de nihai enerji tüketiminin üçte biri binalar için harcanmaktadır [27]. Türkiye’de enerji verimliliği çalışmaları 1970’li yıllarda başlamış özellikle ısı korunumu konusunda yasa ve yönetmelikler yürürlüğe girmiştir. 1985 yılında Isı Korunumu Yönetmeliği (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı-1985), TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı (1998, 2005, 2008, 2013), TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmelikleri (2000, 2008) ısıtma enerjisinin sınırlandırılması ve hesaplanması üzerinedir. Öncelikli olarak ısıtma ihtiyacının azaltılması hedeflenmekte ve bu ihtiyacın belirlenmesinde TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı kullanılmaktadır. Ayrıca 2007 yılında çıkan 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunuyla enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi amaçlanmaktadır [28]. Binalarda Enerji Performans (BEP) Yönetmeliği 2008 yılında Resmi Gazete de yayımlanarak, 2009 yılında yürürlüğe girmiştir (2008, 2010,2011, 2017, 2022). Yönetmeliğinin amacı; binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasını, enerji israfının önlenmesini ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir [29]. BEP ile binaların ısıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırmayı da içine alan toplam enerji tüketimi belirlenmektedir. BEP-TR hesap yöntemi ile belirlenen yıllık toplam enerji tüketimine bağlı olarak “*Enerji Kimlik Belgesi/EKB*” hazırlanması zorunluluğu da getirilmiştir. Ayrıca Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023) [30], Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023) [31], Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği (2017-2022) (YES-TR) [32,33] ile bu düzenlemeler desteklenmektedir.

Binaların enerji tüketim oranlarının belirlenmesine yönelik olarak çoğu ülkede zorunlu Enerji Performans Sertifikaları düzenlenmektedir. Enerji tüketen ekipmanlar için yıllardır kullanılan bu yöntem binalara da uygulanmaktadır. Yüksek enerji performansından düşük enerji performansına doğru değişen enerji kodları, binaların enerji tüketimlerini ifade etmektedir. Toplam bina stoku içindeki mevcut binaların sayısının ve enerji tüketimlerinin yeni binalardan daha yüksek olduğu bilinmektedir [10-13]. Türkiye’de binalar büyük miktarda enerji tüketiminden sorumludur ve yüksek enerji tasarrufu potansiyeline sahiptir [34]. Bu çalışmada mevcut iki katlı bir konut örneğinde, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında geliştirilen BEP-TR2 hesap yöntemi kullanılarak uygulanacak farklı yenileme (renovasyon) senaryoları ile yıllık enerji tüketimleri, sera gazı emisyonları ve enerji sınıfları sonuçları karşılaştırılmaktadır.

## 2. BİNALARDA ENERJİ PERFORMANS YÖNETMELİĞİ VE EKB

Türkiye’de binaların toplam enerji tüketiminin belirlenmesinde Enerji Performans Yönetmeliği kapsamında 2011 yılından bu yana Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-HY) kullanılmaktadır. Çevre Şehircilik ve iklim Değişikliği Bakanlığı sunucuları üzerinden web tabanlı erişim sağlanan Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi Türkiye (BEP-TR), ile bina enerji performansı hesabı yapılabilmekte ve binaların Enerji Kimlik Belgeleri (EKB) üretilebilmektedir. BEP-TR hesap yöntemi ile binaların ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sıcak su temini için tükettikleri enerji, karbondioksit (CO<sub>2</sub>)/sera gazı salınım ve enerji sınıfları belirlenerek EKB belgesi verilmektedir [35]. Binanın enerji tüketim ve sera gazı salınım sınıfları en yüksek performanstan “A,B,C,D,E,F,G” ye doğru azalan renk kodlarıyla, yenilenebilir enerji potansiyeli kullanımı da söz konusu ise; hesaplama dahil edilerek, kullanım oranı yüzde (%) ifadesi ile belge üzerinde belirtilmektedir [36].

Ulusal hesap metodu BEP-TR programı EN ISO 13790:2008 (Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling) standardına göre geliştirilmiştir. BEP-TR; standardın binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının belirlenmesinde önerdiği üç yöntemden biri olan, yarı dinamik basit saatlik hesaplama metodu prensibi ile hesap yapmaktadır [37]. EN ISO 13790:2008 Standardı 2017 yılında EN ISO 52016-1 olarak revize edilmiştir [38].

Yönetmelik çerçevesinde oluşturulan BEP-TR yazılım programının ilk versiyonu (BEP-TR1) 2011 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu dönemde programın işleyişindeki aksaklıklar ve EKB’nin alınması konusunda çeşitli problemlerle karşılaşmıştır. Yaşanılan problemlerin giderilmesi için yapılan çalışmalardan sonra bu aksaklıklar giderilerek, BEP-TR2 yazılımı oluşturulmuştur. BEP-TR1 olarak adlandırılan eski program 1 Kasım 2017 tarihinden itibaren yürürlükten kaldırılmıştır [39]. 2017 yılı itibarıyla BEP-TR2 kullanılmaktadır.

BEP-TR yazılımına göre, Enerji Kimlik Belgesi alacak olan 01.01.2011 tarihinden sonra yapı ruhsatı alan, yeni binalar en az “C” sınıfı enerji tüketimine ve karbondioksit salımına sahip olmak zorundadır. Enerji Kimlik Belgesi, düzenleme tarihinden itibaren 10 yıl süre ile geçerlidir. Enerji Kimlik Belgesinin, binanın tamamı için hazırlanması şarttır. Enerji Kimlik Belgesi düzenlenmeyen binalara ilgili idarelerce yapı kullanma izin belgesi verilmez. Mevcut binalar için belirlenmiş bir sınıf yoktur ve 01.01.2011 tarihinden önce yapı ruhsatı alan mevcut binalara zorunlu EKB düzenlenmesi uygulaması 2 Mayıs 2017 tarihi itibarıyla başlamıştır. Ancak binalar veya bağımsız bölümlere ilişkin alım, satım ve kiraya verme ile ilgili iş ve işlemlerde Enerji Kimlik Belgesinin aranması şartı 01.01.2020 tarihinde uygulanmaya başlamıştır. Sanayi alanlarında üretim faaliyetleri yürütülen, kullanım süresi iki yıldan az olan, toplam kullanım alanı 50 m<sup>2</sup>’nin

altında olan binalar, tarımsal binalar, seralar, atölyeler, münferit olarak inşa edilen ve ısıtılmasına ve soğutulmasına gerek duyulmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl gibi binalar yönetmelik kapsamı dışındadır. Bu binalar için EKB düzenlenmesi zorunlu değildir [36].

2009 yılında yürürlüğe giren Enerji Performans Yönetmeliği ile birlikte Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır. Süreç içerisinde yönetmelikte çeşitli güncellemeler yapılmaktadır. 19.02.2022 tarihinde yapılan değişiklik ile Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğine göre normal binalardan “Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar” konseptine geçişin aşamalı olarak zorunlu hale getirildiği 01.01.2023 tarihli 5.000 m<sup>2</sup> den büyük olan tüm binaların enerji performans sınıfının “B” sınıfı olması ve kullandığı enerjinin en az %5 inin yenilenebilir enerji kaynakları (fotovoltaik panel, rüzgar türbünü, ısı pompası vb) sağlanmasının zorunlu olduğu ve bu doğrultuda binaların mimari, mekanik ve aydınlatma projelerinin BEP yönetmeliğine uygunluğunu gösteren ön hesap sonucu ruhsat eki ile birlikte Belediye’ye sunulması gerekmektedir. 2022 yılında ön onay almış olsa dahi 01.01.2023 tarihinden sonra alınacak yeni yapı ruhsatları için BEP yönetmeliği hükümleri doğrultusunda gerekli işlemlerin yapılmasını zorunlu kılmaktadır [40]. Ayrıca 2025 yılı itibariyle 2000 m<sup>2</sup> inşaat alanı üzerindeki binaların en az "B" sınıfı veya daha yüksek bir EKB'ye sahip olması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının binanın toplam birincil enerji tüketiminin en az % 10'unu sağlaması gerekmektedir [41]. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğüne göre EKB uygulamasının başladığı 2011 yılından itibaren 2023 Eylül ayına kadar EKB belgesi almış bina sayısı 1.519.339'dur. EKB alan binalar içinde yenilenebilir enerji kullanım oranı % 8.35 dir. EKB alan toplam bina sayısı içindeki yeni bina sayısı 1.172.050, eski bina sayısı 347.319'dur. Bu sayıya A dan G ye tüm belge alan binalar dahildir. Tüm sınıflardaki EKB sayısı dağılımı Çizelge 1 de verilmektedir. D, E, F, G sınıflarını içine alan mevcut binalarda toplam EKB sayısı 116.718 dir [42]. Ancak D-G sınıfları arasında EKB alan mevcut binaların yeni binalara oranla yüksek enerji tüketimi olduğu aşikardır.

**Çizelge 1:**Türkiye’de 2011 yılında Eylül 2023’e kadar EKB almış bina sayısı ve sınıfları [42]

EKB sınıfı	Bina sayısı
A	3.740
B	359.412
C	1.039.472
D	77.208
E	26.990
F	10.488
G	2.032
EKB alan toplam bina sayısı	1.519.339

Literatürde ulusal BEP-TR programı kullanılarak çeşitli binalarda ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma enerji ihtiyaçlarının hesaplandığı çalışmalar yer almaktadır [37, 43- 49].

### **2.1. Binalarda Enerji Verimli Yenileme**

Enerji verimliliği, binalarda kullanıcı yaşam konforu ve hizmet kalitesinin, sanayi işletmelerinde ise üretimin kalitesi ve nicelik düşüşüne yol açmadan, birim veya ürün miktarı başına enerji kullanımının azaltılmasıdır. Enerji verimliliği stratejileri, ekonomik ve sosyal büyüme ile sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle doğrudan ilişkili olmasının yanında toplam sera gazı emisyonlarının azaltılmasında da önemli rol oynamaktadır [50].

Binalarda yapay ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma ihtiyaçları toplam bina enerji tüketiminin % 40 - % 70'ini karşılamakta ve enerji tasarruflu önlemlerle ısıtma ve soğutma enerjisinde yaklaşık % 60, aydınlatma enerjisinde ise % 50 oranında enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [51].

Binalar az katlı veya çok katlı olarak farklı fonksiyonlara hizmet etmek için planlanıp inşa edilirler. Bina kabuğunda enerji kayıpları ve kazançları saydam ve opak yapı elemanlardan gerçekleşir. Bu açıdan yapı elemanlarının termofiziksel ve optik özellikleri önemlidir. Isı kayıp ve kazançlarının büyük bir kısmı yapı kabuğundan olurken kayıp ve kazançların kalan bir kısmı da yapının yönlendiği, havalandırma ve hava kaçaklarıyla ilişkilidir.

Bina enerji performansı üzerinde tasarım parametreleri [35] ile bina kabuğunun doğru planlanması ve uygulanması önemli rol oynamaktadır. İklim verileri, konum, yönelim, form, engel durumu, bina kabuğu, kazançlar, doğal havalandırma, aktif ısıtma sistemleri, aktif soğutma sistemleri, aktif havalandırma sistemleri, aydınlatma sistemleri, sıcak su sistemleri, yenilenebilir enerji sistemleri bina enerji performansını belirlemektedir [24]. Bu stratejiler aynı zamanda bina kullanıcılarının sağlık, üretkenlik ve konfor şartlarını da etkilemektedir. Çizelge 2'de tasarım parametreleri ve bina kabuğu kesitinin enerji verimli bina ve kullanıcı konforu üzerindeki etkileri özetlenmektedir.

**Çizelge 2:** Enerji verimli bina ve kullanıcısı için sağlık, üretkenlik, konfor sağlanmasında tasarım parametreleri ve bina kabuğu özellikleri

<i>Tasarım parametreleri</i>	<i>Bina kabuğu kesitinin doğru tasarlanması ve uygulanması</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Biyoklimatik, pasif tasarım</li><li>- Binada ısı kayıplarının azaltılması<ul style="list-style-type: none"><li>- Hava sızdırmazlık</li><li>- Havalandırma</li></ul></li><li>- Ekipman, Cihazlar</li><li>- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Yeterli ısı direnci</li><li>- Yeterli ısı kütle</li><li>- Kontrollü ve yeterli havalandırma</li><li>- Kesitte yoğunlaşma meydana gelmemesi</li></ul>



Mevcut bir binada enerji verimli yenileme literatürde genel olarak enerji etkin iyileştirme, güçlendirme, verimlilik tadilatı gibi terimlerle kullanılmaktadır [15, 52 - 56]. Enerji verimli yenilemede binanın mevcut durumu iyi analiz edilmeli bunun için yerinde inceleme, gözlem ve hesaplamalar yapılmalıdır. Bina enerji etkinliğini arttıracak önlemler hayata geçirilmeden analiz edilerek bu önlemlerin uygun kombinasyonları ile oluşturulan iyileştirme paketlerinin belirlenip, sınanması ve önerilerin etkinliklerinin karşılaştırılması yapılarak uygun tedbirlere dair karar verilebilmektedir [57]. Sürdürülebilirlik, yaşam döngüsü, maliyet etkinlik açılarından yapılan analizler sonrasında seçim yapılmalıdır [24, 58, 59]. Sağlam binaların enerji verimli hale getirilmesi için bina tipolojisi, iklimi ve kabuk özellikleri mekanik ve aydınlatma ile yenilenebilir enerji katkısının bütünleşik bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir [57,59].

Enerji verimli yenileme uygulanacak olan iyileştirme aşamalarına göre, genel olarak “*Temel-Küçük (Minor)*”, “*Orta (Moderate-Medium)*”, “*Büyük-Derin (Deep)*” iyileştirme [60, 61] veya çok büyük “*Kapsamlı (Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Renovasyonu)*” [62] şeklinde uygulanabilmektedir.

Yapılan ön inceleme ve fizibilite çalışmaları sonrasında enerji verimli yenilemenin hangi sistemlerde uygulanacağına ve aşamalarına karar verilmelidir. Enerji verimli yenilemede bina kabuğunda uygulanacak iyileştirme çalışmaları, ısıtma, soğutma, aydınlatma ve güç sistemlerinin verimli hale getirilmesiyle yenilenebilir enerji kaynakları binaya entegre edilebilmektedir. Bina enerji tüketiminde etkisi olan yenileme önerileri Çizelge 3 de gibi özetlenebilir[62].

**Çizelge 3:** Bina enerji verimliliğini arttıracak yenileme seçenekleri

<i>Yenileme Önerileri</i>	<i>Uygulamalar</i>
<b><i>Bina kabuğunda</i></b>	Yapı elemanlarında yalıtım, yüksek termal performanslı cam ve doğrama sistemleri, pencere-duvar oranının uygun olması, dış gölgeleme araçları kullanımı
<b><i>Isıtma, soğutma, sıcak su sistemlerinde</i></b>	Kazan, boiler vb elemanların yenilenmesi, kazan atık ve ısı geri kazanımı sistemleri kullanılması, kojenerasyon, trijenerasyon sistemlerin kullanımı, ısıtma soğutma çevrimlerinde termostatik vanaların kullanımı, düşük debili duş başlıkları, lavabolar için düşük debili musluklar ve iki sifon ayarlı klozetler, bina otomasyon ve enerji izleme sistemleri kullanımı
<b><i>Aydınlatma sistemlerinde</i></b>	Enerji tasarruflu aydınlatma sistemi ve armatürleri (LED, kompakt flouresan), hareket sensörlü armatür kullanımı
<b><i>Güç sistemlerinde</i></b>	Pompa ve fanlar, vb kullanımı
<b><i>Yenilenebilir enerji sistemleriyle</i></b>	Rüzgar, güneş vb yenilenebilir kaynaklar binaya entegre ederek enerji ihtiyacını karşılamak, jeotermal ısı pompaları, vb kullanımı

Bina kabuğunda alınacak önlemlerin başında yapı elemanlarındaki ısıl kayıplarının engellenmesi gelmektedir. Binalarda enerji kayıplarının değerlendirilmesinde önemli bir gösterge; elemanların ısıl geçirgenliği ve ısıl direncidir. Enerji verimli bir binada elemanın ısıl geçirgenliğinin küçük, ısıl direncinin de yüksek olması gerekmektedir. Bu; yapı elemanında ısı iletimini yavaşlatacak mekanizmaların veya

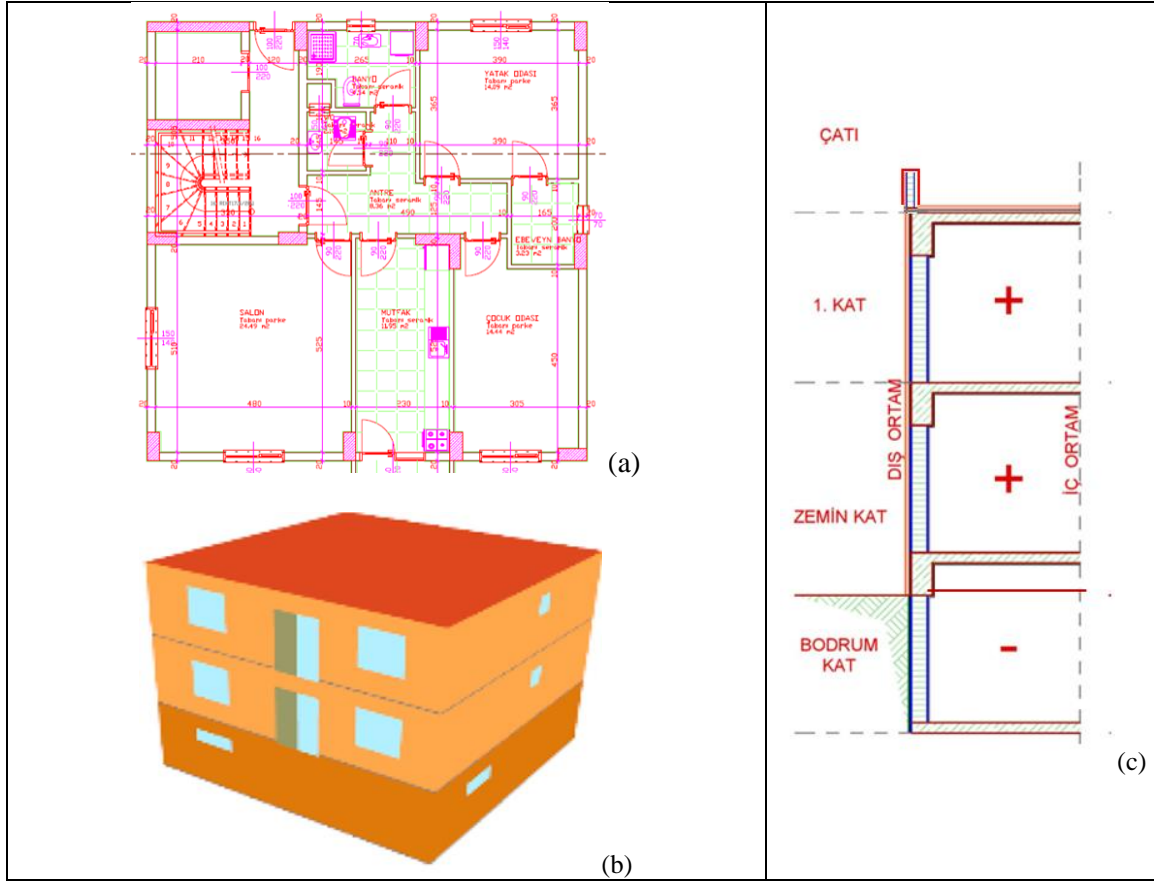
katmanların kullanılması ile mümkün olmaktadır. Opak elemanlarda yalıtım malzemelerinin kullanımı ve yalıtım kalınlıklarının artırılması ile kayıplar azaltılmaktadır. Saydam elemanlarda ise cam katmanlarının sayısına, katmanlar arasındaki boşluğa ve boşluk içinde bulunan gazın özelliğine göre ısı geçirgenlik değişmektedir. Enerji verimli yenileme aşamalarına; opak elemanlarda yalıtım kalınlıkları artırılarak, saydam elemanlarda doğrama ve cam özellikleri değiştirilerek yapılmaktadır. Isıtma, soğutma, sıcak su ve aydınlatma ve güç sistemlerinde eski elemanlar yenilenip ve verimli yeni sistemlerle değiştirilmektedir. Binaların buldukları yerdeki yenilenebilir enerji potansiyellerinin değerlendirilmesi ve binaya entegre edilmesi diğer aşamalara ilave olarak yapılmaktadır.

### 3. MATERYAL VE METHOD

Çalışma kapsamında seçilen örnek bina üzerinde Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-HY) tabanlı BEP-TR2 yazılımı kullanılarak farklı yenileme senaryoları uygulanmıştır. Seçilen enerji verimli yenileme senaryolarıyla binanın değişen yıllık enerji ihtiyacı ve sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Örnek mevcut bina Edirne de 2010 yılında ruhsat almış olan 2 katlı, bağımsız 2 kattan oluşan bir konuttur. Binaya ait özellikler Çizelge 4’de verilmektedir. Betonarme iskelet sistemi ile inşa edilmiş olan konut: bodrum, zemin ve 1. kattan oluşmaktadır. Binada ısıtma sistemi bireysel kombi ve doğal gaz ile sağlanmakta herhangi bir mekanik havalandırma sistemi bulunmamaktadır. Binaya ait mimari plan, model ve sistem kesiti özellikleri Şekil 1’de gösterilmektedir. Binanın zemin ve 1.katı ısıtılmakta, bodrum katı ısıtılmamaktadır. Bina mimari ve kabuk özelliklerine göre modellenerek BEP-BUY V30 da enerji ihtiyacı hesap sonuçları alınmıştır. Hesaplar binada mevcut (yalıtımsız) durumla (S1) birlikte 4 farklı senaryo (S2, S3, S4, S5) uygulandığı kabul edilerek yapılmıştır. Bu senaryolarda bina kabuğunda, ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma ve güç sistemleri ile yenilenebilir enerji sistemlerine yönelik değişiklikler uygulanmıştır.

Çizelge 4: Örnek bina özellikleri.

Fonksiyon / Ruhsat / Konum	Konut / 2010/ Edirne
Toplam Alan (m <sup>2</sup> )	346,69
Kullanım Alanı (m <sup>2</sup> )	190,47
Isıtılan Hacim (m <sup>3</sup> )	439.79
A/V	0,79
Kat yüksekliği (m) - Kat adedi	2,8 - Bodrum +Zemin +1 Normal Kat
İmar Durumu	Ayrık düzen
Yapım sistemi	Betonarme iskelet, yatay delikli tuğla duvar dolgu (19cm)
Çatı	Sıcak teras çatı
Yakıt sistemi ve türü	Bireysel kombi, doğal gaz
Havalandırma	Doğal havalandırma



Şekil 1: Bina mimari plan (a), model (b) ve sistem kesiti(c).

Öncelikle senaryolarda bina kabuğundaki ısı kayıpları azaltılarak binanın enerji korunumlu hale getirilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle opak ve saydam yüzey alanlarında ısı korunumu açısından uygulanan yalıtım önlemleri artırılmıştır. Yalıtım kalınlıklarının artırılması ile opak ve saydam yapı elemanlarının U Değeri (Isıl geçirgenlik katsayısı/ $W/m^2K$ ) düşürülmesi hedeflenmiştir. Çizelge 5’de binaya uygulanan yalıtım kalınlıkları ve yapı elemanlarının değişen U (Isıl geçirgenlik katsayısı) değerleri görülmektedir. Opak elemanlardan döşeme de U Değeri  $3,09 W/m^2K$  den  $0,23 W/m^2K$  indirilmiştir. Saydam yapı elemanı pencere de U Değeri  $2,7 W/m^2K$  den  $1,1 W/m^2K$  düşürülmüştür. Ayrıca güneşten enerji kazanım sistemleri, aydınlatma armatürleri, kullanılan kombi sisteminin değiştirilmesi de senaryolara dahil edilmiştir (Çizelge 6). Enerji verimli iyileştirme aşamaları basit yenilemeden derin yenilemeye doğru gidecek şekilde oluşturulmuştur. Senaryo 5’de yapı elemanları duvar, çatı, zemin elemanları yalıtımlı (2 cm ile 15 cm arasında değişen), ısıtma ve aydınlatma iyileştirilmiş bunlara yenilenebilir enerji katkısı ilave edilmiştir. Binada aktif güneş enerji sistemlerinden fotovoltaik panel (PV/PhotoVoltaic Panel) güneş kolektörü (Solar Thermal Panel-STP) kullanılmıştır. Bina teras çatısına 30 derece eğimle 12 adet fotovoltaik panel (Multi Kristalin Silikon Modül), 4 adet güneş kolektörü eklenmiştir.

**Çizelge 5:** Binaya uygulanan senaryo kabulleri ve yapı elemanlarının U (Isıl Geçirgenlik Katsayısı) değerleri.

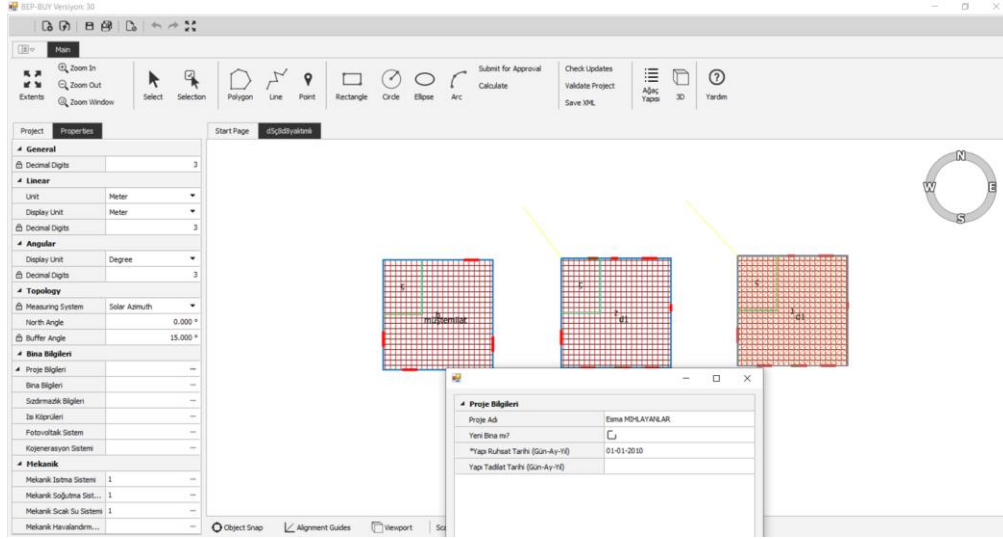
Bina Özellikleri	U Değeri Isıl Geçirgenlik Katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)				
	S1	S2	S3	S4	S5
Yapı elemanı					
Duvar	1,31	0,51	0,45	0,37	0,37
Döşeme	3,09	0,40	0,28	0,23	0,23
Tavan	2,75	0,43	0,30	0,24	0,24
Pencere	2,7	2,1	1,6	1,1	1,1

**Çizelge 6:** Binaya uygulanan senaryo kabulleri, yapı elemanları yalıtım kalınlıkları, aydınlatma ve ısıtma sistemi özellikleri.

Bina Özellikleri	Yapı Elemanlarına Uygulanan Yalıtım Kalınlıkları (cm)				Aydınlatma (armatür)	Isıtma Sistemi
	Çatı	Zemin	Duvar	A.kat döşeme		
Mevcut, yalıtımsız (S1)	0	0	0	0	Enkandesan	Konveksiyonel kombi
Yalıtım yapıldı=(S2)	8	8	5	2	K.florasan	Yoğuşmalı kombi
Yalıtım arttırıldı=(S3)	13	12	6	2	LED	Yoğuşmalı kombi
Yalıtım arttırıldı=(S4)	15	15	8	2	LED	Yoğuşmalı kombi
Yalıtımlı (S4) +aktif güneş sistemleri eklendi= (S5)	15	15	8	2	LED	Geliştirilmiş Yoğuşmalı kombi

### 3.1. Bulgular

Binaya ait tüm bilgiler BEP-BUY'a tanımlandıktan sonra (Şekil 3) senaryo kabullerine göre enerji ihtiyacı hesap sonuçları alınmıştır (Şekil 4). Enerji verimli yenileme senaryolarına göre toplam enerji tüketimi, sera gazı emisyon sonuçları karşılaştırmalı olarak Çizelge 7 ve 8'de gösterilmektedir.



Şekil 3: Binaya ait verilerin BEP-BUY a aktarılması.

	Yıllık Enerji Tüketimi				Yenilenebilir Enerji			Bina Sınıfı	Co2 Sınıfı
	Nihai (kWh/yıl)	Birincil (kWh/yıl)	(kWh/m <sup>2</sup> /yıl)	(kg CO2/m <sup>2</sup> /yıl)	Birincil (kWh/yıl)	(kWh/m <sup>2</sup> /yıl)	(kg CO2/m <sup>2</sup> /yıl)		
<b>Toplam</b>	65790.30	68850.87	361.45	16.57	0.00	0.00	0.00	F 145	F 144
Isıtma	60084.52	60590.39	318.12	74.77	0.00	0.00	0.00	F 148	
Sıhhi Sıcak Su	3345.90	3370.80	17.70	4.16	0.00	0.00	0.00	D 102	
Soğutma	1264.08	2619.17	13.75	4.09	0.00	0.00	0.00	E 136	
Havalandırma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	D 100	
Aydınlatma	1095.81	2270.52	11.92	3.55	0.00	0.00	0.00	E 137	
Fotovoltaik	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Kojenerasyon	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Toplam Kullanılan Alan: 190.45      Binanın Toplam Alanı: 346.63

On Hesap Sonuç Raporu      Excel

Net Enerji	Net Enerji Ref	Net Enerji Detay	PhiZones	PhiHeatings	PhiCoolings	Aydınlatma	Doğal Aydınlatma	İç Kazançlar	Güneş Kazançları	İs Gecik Zon	İs Gecik Matryze	Havalandırma	Bilendir
Month	ZoneId	ZoneArea	Heating/Need	Cooling/Need	Heating/Time	Cooling/Time							
1	3	95.23	4.128.62	0.00	652	0							
2	3	95.23	3.180.21	0.00	556	0							
3	3	95.23	3.677.63	0.00	634	0							
4	3	95.23	2.170.94	0.00	540	0							
5	3	95.23	686.27	0.00	405	0							
6	3	95.23	40.05	0.00	57	0							
7	3	95.23	0.00	294.32	0	267							
8	3	95.23	0.00	395.22	0	271							
9	3	95.23	100.00	0.00	85	0							
10	3	95.23	1.583.25	0.00	467	0							
11	3	95.23	3.144.30	0.00	571	0							
12	3	95.23	3.636.76	0.00	613	0							
1	8	95.23	4.240.08	0.00	664	0							
2	8	95.23	3.145.69	0.00	571	0							

Şekil 4: Binanın BEP-BUY da enerji ihtiyacının belirlenmesi.

Binanın toplam enerji tüketimi Senaryo 1'de 68.850 kWh/yıl iken Senaryo 5'de 15.706 kWh/yıl'a düşmektedir. Sonuçlar üzerinde opak yapı elemanlarına uygulanan yalıtım kalınlıklarının artırılması, saydam yapı elemanlarının (U değeri) iyileştirilmesi, aydınlatma armatürleri ve verimli ısıtma kontrol elemanlarının kullanılmasının etkisi görülmektedir. Önerilen yalıtım kalınlıkları ve sistemlerdeki değişiklikler mevcut binada uygulanabilirlik ölçütünde belirlenmiştir. Mevcut (yalıtımsız) konut binasına uygulanan farklı yenileme senaryolarında enerji tüketiminde mevcut yalıtımsız duruma göre %58 ile %77

arasında azalma olduğu görülmektedir. Ayrıca binada 12 adet fotovoltaik panel (PV) ilavesi yapılan Senaryo 5 ile 7345 kWh/yıl yenilenebilir enerji katkısı sağlanmaktadır. Mevcut (yalıtımsız) konut binasına uygulanan farklı yenileme senaryolarında emisyon salınımında mevcut yalıtımsız duruma göre %40 ile %67 arasında azalma olduğu görülmektedir.

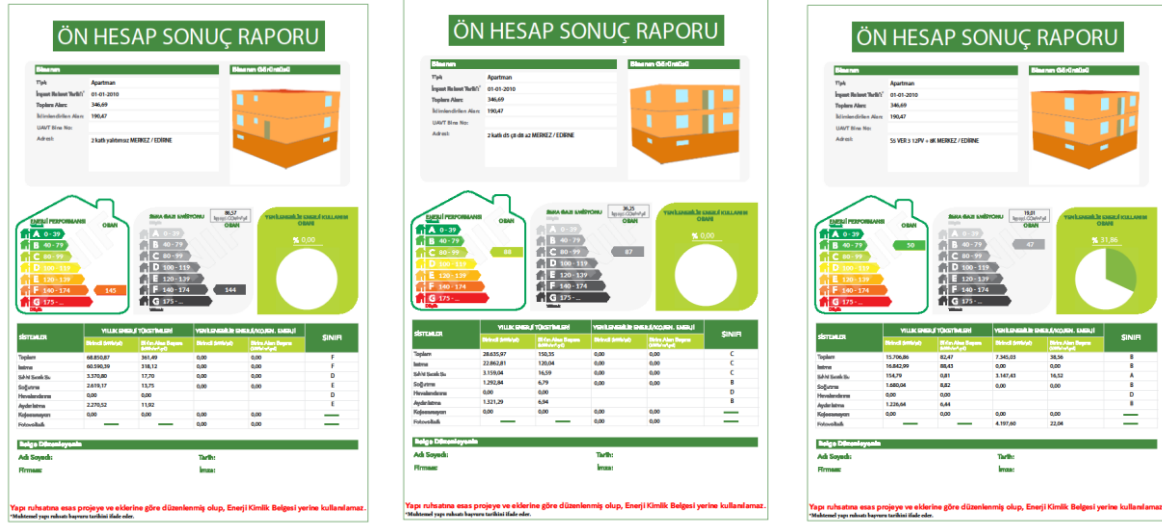
**Çizelge 7:** Binaya uygulanan enerji verimli yenileme senaryoları ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması.

Bina Özellikleri (Enerji Verimli Yenileme Senaryoları)	Toplam Enerji Tüketimi Birincil (kWh/yıl)	Birim Alan Başına (kWh/yıl)	Toplam Yenilenebilir Enerji Birincil (kWh/yıl)	Enerji Tüketimindeki Azalma oranı %
<b>S1</b>	68.850	361,49	-	-
<b>S2</b>	28.635	150,35	-	58
<b>S3</b>	25.454	133,64	-	63
<b>S4</b>	22.970	120,60	-	67
<b>S5</b>	15.706	82,47	7345	77

**Çizelge 8:** Binaya uygulanan enerji verimli yenileme senaryoları ile elde edilen sera gazı, CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl, enerji performans sınıflarının karşılaştırılması

Bina Özellikleri (Enerji Verimli Yenileme Senaryoları)	Sera Gazı Emisyonu	kg eşd CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl	Enerji Performans Sınıfı	Emisyon Salınımındaki Azalma oranı %
<b>S1</b>	144	86,57	F	
<b>S2</b>	87	36,25	C	40
<b>S3</b>	79	32,39	B	45
<b>S4</b>	73	29,36	B	49
<b>S5</b>	47	19,01	B	67

Mevcut binaya; bina kabuğu, ısıtma, aydınlatma sistemleri ve yenilenebilir enerji sistemi (aktif güneş enerjisi) vb gibi yenileme seçeneklerinin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar farklılık göstermektedir. Uygulanan enerji verimli yenileme senaryolarıyla ile binanın yıllık enerji tüketimi, sera gazı emisyonu ve enerji tüketim sınıflarının değiştiği görülmektedir. Farklı yenileme seçeneklerinde yıllık enerji tüketiminde, sera gazı emisyonunda ve kg eşd CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl miktarında düşüş görülmektedir. Bu düşüş aynı zamanda binanın enerji performans sınıfının iyileşmesini de sağlamaktadır. Konut binasının uygulanan enerji verimli yenileme senaryolarıyla (S1,S2,S5) elde edilen ön hesap sonuç raporları Şekil 5’de verilmektedir. Ön hesap sonuç raporunda bina özellikleri, enerji tüketim miktarları, sera gazı emisyonu ve enerji sınıfları ile yenilenebilir enerji kullanım oranları renkli olarak sembollerıyla görülebilmektedir. Senaryo 5 de uygulanan aktif güneş sistemleri kullanım yüzdesi %31,86 olarak ön hesap sonuç raporunda yer almaktadır.



Şekil 5: Binaya uygulanan enerji verimli yenileme senaryolarının ön hesap sonuç raporları.

#### 4. SONUÇ

Küresel anlamda enerji verimliliğinin uygulanacağı en iyi alanlardan biri binalardır. Yeni binalar yasa, yönetmelik ve uluslararası şartlarla enerji verimliliğinde belirli koşulları sağlayabilmektedir. Mevcut binalarda yapılacak yenileme çalışmaları enerji performanslarının artırılması için büyük önem taşımaktadır. Ancak mevcut binaların enerji verimliliği adına yenilemesine karar verilmeden önce gerekli fizibilite çalışmalarının ve analizlerinin yapılması gerekmektedir. Enerji verimli bina yenileme senaryolarında seçim ve karar verme sürecinde maliyet etkin, pratik ve faydalı bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu süreçte finansal, yasal, teknik ve uygulama zorlukları olmasına rağmen enerji verimli yenilemenin sağlayacağı kazanımlar oldukça önemlidir. Enerji verimli yenilemenin güvenli ve sürdürülebilir enerji, kullanıcılar açısından konforlu binalar, ekonomik büyüme, verimlilik, istihdam ve sosyal dayanışma açısından katkıları çok fazladır. Ancak gelişmiş ülkelerde bile mevcut binaların enerji verimli yenileme oranları halen düşüktür. AB de mevcut binalarda yenileme (renovasyon) oranı ülkeden ülkeye değişmekle birlikte yaklaşık %1 civarındadır. Bunun 2030'a kadar 2 katına çıkarılması, iklim hedefleri için %3 olması gerektiği belirtilmektedir [63]. Yapılan bir çalışmada Türkiye için yenileme oranının iyileştirilmiş U değerleriyle %1, 2030 da %2 olabileceği ön görülmektedir [64].

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında geliştirilen ulusal BEP-TR2 hesap yöntemi kullanılarak mevcut iki katlı bir müstakil konut örneği üzerinden yapılan bu çalışmada farklı yenileme (renovasyon) senaryoları incelenmiştir. Yapı kabuğu iyileştirmesinden başlayarak uygulanan sitemlerle farklı yenileme seçeneklerinde yıllık enerji tüketiminde, sera gazı emisyonunda ve kg eşd CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl miktarında değişen oranlarda düşüş görülmektedir. Mevcut (yalıtımsız) konut binasına uygulanan yenileme

senaryolarında enerji tüketiminde %58 ile %77 arasında, emisyon salınımında %40 ile %67 arasında azalma olduğu görülmektedir. Bu düşüş aynı zamanda binanın enerji performans sınıfının iyileşmesini sağlamaktadır. AB de mevcut binalarda enerji verimli yenileme uygulamalarında yenilemeden elde edilen enerji korunumu oranları %30'a varan enerji korunumu "minör", %30-60 arasında "orta", %60-90 arasında "derin", +%90 "yaklaşık sıfır enerji bina/nZEB" olarak belirtilmektedir [65]. Bu çalışmada iki katlı konut binasına uygulanan farklı yenileme senaryoları ile orta seviyede iyileştirme yakalanmış ve derin yenileme oranına geçilmiştir. Bu çalışmanın konusu dışında kalan yenilemenin getireceği maliyet ise "minör" yenilemede 60 €/m<sup>2</sup>, "orta" yenilemede 140 €/m<sup>2</sup>, "derin" yenilemede 330€/m<sup>2</sup>, "yaklaşık sıfır enerji bina/nZEB yenilemede 580 €/m<sup>2</sup> belirtilmektedir [65].

Türkiye de mevcut bina stoku verilerinin toplanıp sağlam binaların enerji verimli hale getirilmesi gerekmektedir. Bunun için bina tipolojileri, iklim ve bina kabuğu vb özelliklerine göre sürdürülebilir, uygulanabilir ve maliyet etkin bir yaklaşım ele alınmalıdır. Yenileme projelerine finans, teknik yardım vb konularda yönetim sistemlerinin, bütüncül bir yaklaşımla kullanıcıya destek olması, mevcut bina iyileştirmelerinde özellikle kamu ve tüzel kişilerin örnek olması, motive edici ve harekete geçirici eğitim ve bilgilendirmelerin yapılması gerekmektedir. Enerji verimliliğinin ilk adımı olan yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması öncelikli politika olarak geliştirilmelidir. Farklı bina fonksiyonları için enerji verimliliği destek projelerinin arttırılması gerekmektedir. Enerji verimli yenilemede profesyonel destek ve danışmanlık hizmetlerinin güçlendirilmesiyle Enerji Performans Sözleşmesi ve Enerji Performans Sertifikaları geliştirilmelidir. Ayrıca mevcut bina renovasyonları ulusal ve uluslararası projeler kapsamında desteklenerek sürecin hızlandırılması sağlanabilir.

Yeni ve mevcut binalar için EKB sınırı 50 m<sup>2</sup>'nin üzerindeki binalar için geçerlidir. Bu anlamda enerji verimliliği konusunda yasa ve yönetmeliklerle getirilen sınırlandırılmalar gözden geçirilmelidir. Uygulamadaki zorunlu enerji mevzuatı genişletilerek, denetimler arttırılmalıdır. Ülkemizde EKB uygulaması yeni binalar için C sınıfıdır. Ancak mevcut binalar için sınıf sınırı bulunmamaktadır. Mevcut bina stoku düşünüldüğünde mevcut binalar için de sınıf sınırının getirilmesi enerji tüketimi ve emisyonlarını azaltmak açısından faydalı olacaktır. Enerji verimliliği yüksek olan tasarım, malzeme ve ekipmanların binaya dahil edilerek; enerji talebinin azaltılması, pasif tasarımlara öncelik verilmesi, bina sistemlerinin verimliliklerinin arttırılması, bina enerji ihtiyacının yenilenebilir ya da atık vb kaynaklardan lokal olarak üretilmesine öncelik verilmelidir. Ülke genelinde yüksek performanslı inşaat standartlarının bir uygulama haline getirilmesi; bina enerji talebi ve emisyonları arttırmadan yapı sektöründe, konfor şartlarının sağlandığı enerji verimli binalar üretilmelidir. Yeni binaların yüksek performansla pasif tasarım ilkeleri ve yenilenebilir enerji kaynağı desteği ile tasarlanıp uygulaması ve mevcut binaların enerji verimli yenilenmesiyle belirlenen küresel iklim hedeflerine yaklaşılabılır.



## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## YAZARLARIN KATKILARI

E.M.: Kavramsallaştırma, yöntem, yazılım, doğrulama, formel analiz, araştırma, kaynaklar, yazı yazma - orijinal taslak hazırlama, doğrulama, gözden geçirme ve düzenleme.

S.M.: Yöntem, yazılım, doğrulama, gözden geçirme ve düzenleme.

## KAYNAKLAR

- [1] <https://iklim.gov.tr/viyana-sozlesmesi-i-36>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [2] <https://iklim.gov.tr/montreal-protokolu-i-38>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [3] <https://iklim.gov.tr/kyoto-protokolu-i-35>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [4] <https://www.ecobuild.com.tr/post/cop-yani-bm-i-CC%87klim-de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi-%C3%A7er%C3%A7eve-s%C3%B6zle%C5%9Fmesi-araflar-konferans%C4%B1-nedir> , Erişim tarihi: 21.10.2023
- [5] <https://iklim.gov.tr/paris-anlasmasi-i-34>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [6] Khan, S. A. R., Ponce, P. & Yu Z. (2021). Technological Innovation and Environmental Taxes Toward A Carbon-Free Economy: An Empirical Study in the Context Of COP-21. *Journal of Environmental Management*, 298. 113418. doi:10.1016/j.jenvman.2021.113418
- [7] Rocco F., Oreste S. B. & Rosa M. (2022). Global Warming and Ozone Depletion Potentials Caused By Emissions From HFC and CFC Banks Due To Structural Damage. *Energy and Buildings*, Volume 273, 112385, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112385>.
- [8] <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html> , Erişim tarihi: 21.10.2023
- [9] IEA, International Energy Agency, <https://ww.iea.org/energy-system/buildings> , Erişim tarihi: 21.10.2023
- [10] Zhang H., Hewage K, Karunathilake H., Feng H.& Sadiq R. (2021). Research on Policy Strategies For Implementing Energy Retrofits in the Residential Buildings. *Journal of Building Engineering*, Volume 43. 103161. DOI:10.1016/j.jobbe.2021.103161
- [11] Jang H., Jones L.& Kang J. (2015). Prioritisation of Old Apartment Buildings For Energy Efficient Refurbishment Based on The Effects of Building Features on Energy Consumption in South Korea. *Energy Build.* 96. 319–328, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.027>.
- [12] Jie P., Zhang F., Fang Z., Wang H.& Zhao Y. (2018). Optimizing the Insulation Thickness of Walls and Roofs of Existing Buildings Based on Primary Energy Consumption. Global Cost and Pollutant Emissions, *Energy*, 159. 1132–1147, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.179>.
- [13] Heerema D., Frappé-Sénéclauze T.P & Wu K.T., (2017). Energy Regulations for Existing Buildings. Pembina Institute, [https://scholar.google.com.tr/scholar?hl=tr&as\\_sdt=0%2C5&q=Energy+Regulations+for+Existing+Buildings%2C+2017&btnG=](https://scholar.google.com.tr/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=Energy+Regulations+for+Existing+Buildings%2C+2017&btnG=), Erişim tarihi: 21.10.2023.
- [14] A Renovation Wave for Europe - Greening Our Buildings, Creating Jobs, Improving Lives, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1603122220757&uri=CELEX:52020DC0662>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [15] Ma Z., Cooper P., Daly D.& Ledo L. (2012). Existing Building Retrofits: Methodology and State-of-the-art”, *Energy and Buildings*, 55. 889–902. DOI:10.1016/j.enbuild.2012.08.018.

- [16] Du, H., Han Q. & Bauke D. V. (2022). Modelling Energy-Efficient Renovation Adoption and Diffusion Process For Households: A Review and A Way Forward. *Sustainable Cities and Society*. 77. 103560. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103560>
- [17] Liu Z., Yu C., Qian Q. K, Huang R., You K., Visscher H. & Zhang G. (2023). Incentive Initiatives on Energy-Efficient Renovation of Existing Buildings, Towards Carbon-Neutral Blueprints in China: Advancements, Challenges and Prospects. *Energy & Buildings*, 296. 113343. DOI:10.1016/j.enbuild.2023.113343.
- [18] Alabid J., Bennadji A. & Seddiki M. (2022). A Review on the Energy Retrofit Policies and Improvements of The UK Existing Buildings, Challenges and Benefits. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159. 11216.
- [19] Kınay U., Laukkarinen A. & Vinha J. (2023). Renovation Wave of the Residential Building Stock Targets For the Carbon-Neutral: Evaluation By Finland and Türkiye Case Studies For Energy Demand, *Energy For Sustainable Development* 75.p:1–24. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2023.04.014>
- [20] Almedia M. & Ferreria M. (2018). Ten Questions Concerning Cost-Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation. *Building Environment* Volume 143, 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.036>
- [21] Zengin N. & Yamaçlı, R. (2023). Mimari Tasarımda Değişen İklim ve Küresel Isınmanın Rolü, *Inonu University Journal of Art and Design*.53-71. ISSN: 1309-9876 E-ISSN: 1309-9884. <https://doi.org/10.16950/ijad.1225133>
- [22] WRI Ross Center for Sustainable Cities, <https://wrişehirler.org/arastirma/yayin/%C5%9Fehirlerde-bina-verimlili%C4%9Fi-%C3%A7ali%C5%9Fmalarinin-ivmelendirilmesi-accelerating-building>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [23] European Commission, [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en), Erişim tarihi: 21.10.2023
- [24] Atmaca M. & Yılmaz Z. (2019). A Study on Energy and Cost Efficiency for Existing Hotel Buildings in Turkey, *E3S Web of Conferences* 111, 03037.
- [25] IEA, <https://www.iea.org/policies/1118-the-eu-energy-efficiency-directive-201227eu23>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [26] Gustafsson M., Gustafsson M. S., Myhren J. A., Bales C. & Holmberg S. (2016). Techno-economic Analysis of Energy Renovation Measures for a District Heated Multi-Family House. *Applied Energy*. Volume 177. 108-116.
- [27] Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sectorlere-gore-nihai-enerji-tuketimi-i-85804>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [28] Anonim, 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5627&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [29] Anonim, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 2008. Erişim tarihi: 21.10.2023
- [30] <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/02/20120225-7.htm> . Erişim tarihi: 21.10.2023
- [31] <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimlilik-ulusal-enerji-verimlilik-eylem-plani>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [32] <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/12/20171223-3.htm>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [33] <https://meslekihizmetler.csb.gov.tr/binalar-ile-yerlesmeler-icin-yesil-sertifika-yonetmeli-haber-272022>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [34] Ashrafian T., Yılmaz A. Z., Corgnati S. P. & Moazzen N. (2016). Methodology to Define Cost-Optimal Level of Architectural Measures for Energy Efficient Retrofits of Existing Detached Residential Buildings in Turkey. *Energy and Buildings*, 120. 58–77.
- [35] Akın, C.T. & Kaplan, S. (2019). Enerji Kimlik Belgelerinin Enerji Etkin Mimari Tasarım Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi. *DÜMF Mühendislik Dergisi* 10:1. 373-384. DOI: 10.24012/dumf.523911.

- [36] Anonim, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı BEP-TR Eğitim Klavuzu, <https://beptr.csb.gov.tr/bep-web/#/>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [37] Erikci, S. N. & Zorer Gedik, G. (2015). Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (Bep-Tr) Kapsamında, Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Biçimi Dönüşümünün ve Zon Sayısı Hesabının Değerlendirilmesi. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.
- [38] Anonim <https://www.iso.org/standard/41974.html>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [39] Aydın, Ö. & Canım D. S. (2017). Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR1)' in Kullanılabilirliğinin ve EKB Uygulamasının Değerlendirilmesi, *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*. Cilt: 2, No: 2, 265-277.
- [40] Anonim, <https://resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/02/20220219-2.htm>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [41] Republic of Türkiye Update First Nationally Determined Contribution, <https://www.kreafin.com.tr/en/post/t%C3%BCrkiye-updated-first-nationally-determined-contribution-ndc>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [42] Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü Eylül 2023 Sayısal Veriler, [https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/menu/mhgm-2023-yili-eylul-ayi-faaliyet-raporu\\_20231002122725.xlsx](https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/menu/mhgm-2023-yili-eylul-ayi-faaliyet-raporu_20231002122725.xlsx), Erişim tarihi: 21.10.2023
- [43] Harputlugil, G. U. (2012). Assessing the Accuracy of National Calculation Methodology of Türkiye (BEP-tr) by Using BESTEST, ICONARCH-I, Proceedings of International Congress of Architecture-I, 66-75.
- [44] Durmuş G. & Önal S. (2014). Evaluation of Building Energy Performance Construction Standards of the European Union: Example of Kayseri. *European Journal of Science and Technology* Vol. 1, No. 2, 52-58.
- [45] Yiğit K. & Acarkan B. (2016). Assessment of Energy Performance Certificate Systems: A Case Study For Residential Buildings In Turkey, *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*. Vol:24. 4839-4848. doi:10.3906/elk-1407-87.
- [46] Akyürek Z., Akyüz A. Ö. & Güngör A. (2019). Investigation of Ideal Buildings in terms of Energy Performance Value and Energy Identity Certificate in Antalya and Erzurum, *International Journal of Engineering, Design and Technology* 1(2): 36-41. E-ISSN: 2667-5374, <http://dergipark.org.tr/ijedt>.
- [47] Küçük A.A. & Sümengen Ö. (2022). Evaluation of the Lighting Energy Performance of Educational Buildings with BEP-TR Methodology: The Case of ERU Faculty of Architecture. *ICONARP/International Journal of Architecture and Planning*. Volume 10, Issue 2.482-502. DOI: 10.15320/ICONARP.2022.212 E- ISSN:2147-9380.
- [48] Bilen K., Urmamen E., Topcu M.T. & Solmaz I. (2020). Evaluations On The Energy Identity Certificate And The Usability Of Calculation Method Of Building Energy Performance (BEP). *Sigma J Eng & Nat Sci* 11 (1), 103-113.
- [49] Harputlugil G. U., Yılmazozlu M. Z. & Unlu G. (2019). Assessing the Reliability of Turkish Building Energy Performance Tool (BEP-TR2) by Case Tests. E3S Web of Conferences 111, 04052. CLIMA 2019, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/2019111040>,
- [50] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://enerji.gov.tr/enerji-verimliliği>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [51] Harputlugil, G.U., Harputlugil, T., & Wilde, P. De. (2009). Thermal Design of Turkish Schools: Prospects for an Improved Pre-design Process. *Architectural Engineering and Design Management*, 5(3). 153-164.
- [52] Al-Kodmany K. (2014). Green Retrofitting Skyscrapers: A review, *Buildings-4*. 683-710.
- [53] Aydın D. & Mıhlayanlar E. (2017). Mevcut Yüksek Yapıların Enerji Verimliliği İçin Bir Çözüm: Retrofit. *UHMFĐ /Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, ISSN 2017.07830. (9), 1-25.
- [54] Nair, G., Verde, L. & Olofsson T. (2022). A Review on Technical Challenges and Possibilities on Energy Efficient Retrofit Measures in Heritage Buildings. *Energies* 15, 7472. <https://doi.org/10.3390/en15207472>
- [55] Caputo P. & Pasetti G. (2017). Boosting the energy renovation rate of the private building stock in Italy: policies and innovative GIS-based tools, *Sustain. Cities Soc.* 34 394-404, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.07.002>.

- [56] Weiss J., Dunkelberg E. & Vogelpohl T. (2012). Improving Policy Instruments to Better Tap into Homeowner Refurbishment Potential: Lessons Learned From A Case Study in Germany. *Energy Pol.* 44. 406–415. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.006>.
- [57] Atmaca, M. (2016). *Avrupa Birliği Bina Enerji Performansı Direktifi'nin Türkiye'deki Mevcut Otel Binaları İçin Uyarlanmasına Yönelik Bir Yaklaşım*. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilimleri Programı, Doktora Tezi. İstanbul.
- [58] Liu G., Li X., Tan Y. & Zhang G. (2020). Building Green Retrofit in China: Policies, Barriers and Recommendations, *Energy Policy* 139.111356.
- [59] Ashrafian T., Yılmaz Z. & Moazzen N. (2019). A Long-term Strategy for Energy and Cost Performance Improvement of Existing Residential Buildings: Step-by-step Renovation in Turkey, E3S Web of Conferences 111 CLIMA 2019, 03040. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911103040>,
- [60] Brand M. & Svendsen S. (2013). Renewable-based Low-temperature District Heating For Existing Buildings In Various Stages Of Refurbishment. *Energy* 62, 311e319. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.09.027>
- [61] Wahi P., Konstantinou T., Tenpierik M. J. & Visscher H. (2023). Lower Temperature Heating Integration in The Residential Building Stock: A Review of Decision-Making Parameters For Lower-Temperature-Ready Energy Renovations. *Journal of Building Engineering* 65, 105811. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.105811>.
- [62] Hamburg A., Kuusk K., Mikola A. & Kalamees T. (2020). Realisation of Energy Performance Targets of an Old Apartment Building Renovated to nZEB, *Energy* 194, 116874. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116874>
- [63] Minimum Standards, Maximum Impact: How to Design Fair and Effective Minimum Energy Performance Standards, <https://www.bpie.eu/publication/minimum-standards-maximum-impact-how-to-design-fair-and-effective-minimum-energy-performance-standards/>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [64] Türkiye için U-Değerleri Haritaları, 2016 raporu, ecofys. <https://www.izoder.org.tr/haber/28/turkiye-u-degerleri-haritasi-raporu-2016-ingilizce>, Erişim tarihi: 21.10.2023
- [65] Europe's Buildings Under The Microscope, <https://www.bpie.eu/publication/europes-buildings-under-the-microscope/>, Erişim tarihi: 21.10.2023