

Sürdürülebilirlik Bağlamında Yeşil Bina ve Yeşil Güçlendirme: Kamu Binalarında Yeşil Güçlendirme

Mehmet POLAT¹

¹ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, mehmetpolat@kmu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7153-9738

Öz: Enerji kaynakları başta olmak üzere doğal kaynakların aşırı kullanımı ve doğaya yüksek miktarda zararlı gazın salınması karşılaştığımız çevre sorunlarının temel sebepleri arasındadır. Doğal kaynakların yoğun bir şekilde kullanıldığı alanlar ise hiç şüphesiz şehirlerdir. Sürekli büyüyen şehirler ise yapı talebini karşılamak için sürdürülebilirlikten uzak bir şekilde yapılaşmaktadır. Bu durum ise zaten ağır bir şekilde yaşanan çevre krizini daha da derinleştirmektedir. Nitekim geleneksel binalar yaşam döngüsü boyunca (planlama, tasarım, inşaat, işletim, bakım, yenileme ve yıkım) çevreye ciddi şekilde zarar vermektedir. Bu nedenle çevre dostu yapılar olarak bilinen yeşil binalar giderek daha fazla teşvik edilmektedir. Ancak gerek kamu binaları bakımından gerek diğer binalar bakımından değerlendirme yapıldığında mevcut bina stokunun fazla olması yeşil güçlendirmeyi şimdilik yeşil binadan daha iyi bir seçenek olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bu bağlamda çalışma ScienceDirect, Springer ve Taylor&Francis veri tabanlarından yeşil bina ve yeşil güçlendirme anahtar kelimeleriyle ulaşılan araştırmaların en fazla üzerinde durdukları konuların (fayda, maliyet, sertifika, malzeme gibi) kamu binaları ile ilişkili bir şekilde ele alınmasıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma başta kamu binaları olmak üzere bina stokunun çevre dostu yeşil güçlendirme uygulamalarıyla dönüştürülmesinin önündeki zorluklara ve bu zorluklarla mücadele stratejilerine odaklanmaktadır. Ayrıca çalışmada yaygın olarak bilinen yeşil bina sertifikaları ve Türkiye’de henüz yeni uygulamaya konulan YeS-TR yeşil bina sertifikalarına da kısaca yer verilmektedir. Öte yandan yeşil bina ve yeşil güçlendirmede kararları en çok etkileyen yeşil bina maliyetleri ve yeşil yapı malzemeleri önemine binaen çalışmada ele alınmaktadır. Sonuçta başta kamu binaları olmak üzere binaların yeşil güçlendirme projeleriyle yenilenmesi birçok fayda sağlamakta aynı zamanda kısa sürede ilk yatırımı geri ödemektedir. Bu nedenle öncelikle çok fazla enerji tüketen ve buna bağlı olarak çok fazla zararlı emisyon üreten kamu binaları başta olmak üzere yeşil güçlendirme projelerine ağırlık verilmelidir. Ayrıca idari ve mali bakımdan özerk merkezi bir yeşil güçlendirme idaresi kurularak taşrada da teşkilatlanması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Yeşil Bina, Yeşil Güçlendirme, Yeşil Sertifika, Kamu Binaları, Maliyet

Jel Kodları: Q01, Q13, Q44, P28

Atıf: Polat, M. (2025).

Sürdürülebilirlik bağlamında yeşil bina ve yeşil güçlendirme: Kamu binalarında yeşil güçlendirme.

Fiscaeconomia, 9(2), 950-969.
<https://doi.org/10.25295/fsecon.1516265>

Geliş Tarihi: 16.07.2024

Kabul Tarihi: 12.01.2025



Telif Hakkı: © 2025. (CC BY)
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Green Building and Green Retrofitting in the Context of Sustainability: Green Retrofitting of Public Buildings

Abstract: Excessive use of natural resources, especially energy resources, and the release of large amounts of harmful gases into nature are among the main causes of the environmental problems we face. The areas where natural resources are used intensively are undoubtedly cities. Ever-growing cities are being built in an unsustainable manner in order to meet the building demand. This situation further deepens the already severe environmental crisis. Indeed, conventional buildings seriously damage the environment throughout their life cycle (planning, design, construction, operation, maintenance, renovation, and demolition). For this reason, green buildings, known as environmentally friendly buildings, are increasingly being promoted. However, when evaluated in terms of both public buildings and other buildings, the excess of existing building stock makes green retrofitting a better option than green building for now. In this context, the study was carried out by addressing the most emphasized topics (such as benefits, costs, certificates, and materials) of the research accessed from the ScienceDirect, Springer, and Taylor & Francis databases with the keywords green building and green retrofitting in relation to public buildings. The study focuses on the challenges facing the transformation of the building stock, especially public buildings, through environmentally friendly green

retrofitting practices and strategies to combat these challenges. The study also briefly discusses the widely known green building certificates and the recently introduced YeS-TR green building certificates in Turkey. On the other hand, green building costs and green building materials, which affect the decisions in green building and green retrofitting, are discussed in the study due to their importance. As a result, the renovation of buildings, especially public buildings, with green retrofitting projects provides many benefits and also pays back the initial investment in a short time. For this reason, green retrofitting projects should be emphasized, especially in public buildings that consume a lot of energy and produce a lot of harmful emissions. It is also proposed to establish an administratively and financially autonomous central green empowerment administration and to organize it in the provinces.

Keywords: Sustainability, Green Building, Green Retrofit, Green Certification, Public Buildings, Cost

Jel Codes: Q01, Q13, Q44, P28

1. Giriş

Son yıllarda çevre sorunlarının tetiklediği iklim değişikliği ve küresel ısınma nedeniyle birçok afetle karşı karşıya kalınmaktadır. Enerji kaynakları başta olmak üzere doğal kaynakların aşırı kullanımı ve doğaya yüksek miktarda zararlı gazın salınması karşılaştığımız bu çevre sorunlarının temel sebepleri arasındadır. Doğal kaynakların yoğun bir şekilde kullanıldığı ve atmosfere zararlı gazların yoğun bir şekilde salındığı alanlar ise hiç şüphesiz şehirlerdir. Nitekim II. Dünya Savaşı'ndan sonra hız kazanan sanayileşmeye bağlı olarak gelişen hızlı kentleşme, şehirlerin sürekli büyümesine yol açmaktadır. Sürekli büyüyen şehirler ise yapı talebini karşılamak için sürdürülebilirlikten uzak bir şekilde yapılaşmaktadır. Bu durum ise zaten ağır bir şekilde yaşanan çevre krizini daha da derinleştirmektedir. Nitekim geleneksel binalar gerek yapı malzemeleri üretimi gerek binanın inşası gerekse binanın kullanımı sırasında hem yüksek miktarda doğal kaynak ve enerji tüketmekte hem de yüksek miktarda çevreye zararlı emisyon salınımına sebep olmaktadır. Bu nedenle çevre dostu yapılar olarak bilinen yeşil binalar giderek daha fazla teşvik edilmektedir (Darko & Chan, 2016; Debrah vd., 2022). Paris Anlaşması'ndaki küresel ısınmayı 2 °C ile sınırlama hedeflerine (United Nations, 2015) ulaşma çabası, ülkeleri yeşil bina uygulamalarına yönlendirmektedir.

Yeşil (veya sürdürülebilir) bina konsepti binalardan kaynaklanan çevre ve sağlık sorunlarına işaret eden ve inşaat sektörünün hem doğal çevre hem de insanlar üzerindeki etkilerini azaltmaya yönelik yeni bir yanıt olarak ortaya çıkmıştır. Bu nedenle yeşil bina kavramının iyi anlaşılması gerekmektedir. Yeşil bina kavramının üzerinde anlaşılmış ortak bir tanımla bulunmamakla birlikte tanımlar benzersiz de değildir (Dwaikat & Ali, 2018, s. 449). Nitekim literatürde sunulan farklı tanımlar arasında önemli ölçüde ortak noktalar bulunmaktadır. Yeşil binalar, binanın arazi seçiminden iklim bilgilerine ve mekânın şartlarına uygun, enerji tüketimini asgari düzeyde tutan, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelen, doğal ve atık oluşturmeyen malzeme kullanan, çevre dostu ve sürdürülebilir yapılar olarak görülmektedir (Cassidy, 2003).

Öte yandan Türkiye'de ve dünyada mevcut konut stokunun oldukça büyük bir kısmını geleneksel binalar oluşturmaktadır. Mevcut konut stokunun yıkılıp yeniden inşası ciddi şekilde çevresel ve mali sorunlar oluşturabileceği için bu aşamada yeşil güçlendirme daha uygun bir seçenek olarak görünmektedir. Nitekim mevcut binaların güçlendirilmesiyle acil olarak önüne geçilmesi gereken çevre sorunlarının bir kısmına çözüm üretilebilir. Zira yeşil bina, yeşil güçlendirmenin sonraki aşaması olarak görülmektedir (Bertone vd., 2018, s. 1065; Jagarajan vd., 2017, s. 1361). Güçlendirme, mevcut bir binanın ilk inşası ve kullanımından sonra sistemlerini veya yapısını değiştirmeyi ifade ederken; yeşil güçlendirme, mevcut binanın daha çevre dostu hale getirilmesi, olumsuz etkilerin azaltılması ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla yapılan değişiklikleri ifade etmektedir (Amoah & Smith, 2024, s. 196).

Yeşil binaların insan sağlığına, çalışan performansına ve çevreye olumlu etkileri anlaşıldıkça yeşil bina ve yeşil güçlendirme uygulamaları artmaktadır. Bu çerçevede Türkiye’de ve dünyada çeşitli yeşil bina sertifikaları uygulamaya konularak yeşil bina inşa edecek veya mevcut binalarını yeşil güçlendirme projeleriyle yenileyeceklerin bu sertifikaları alabilmesi için sağlaması gereken şartlar belirlenmiştir. Bu çalışmada dünyada en çok tanınan iki yeşil sertifika programı olan Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) ve The Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (BREEAM) kısaca açıklanmaktadır. Ayrıca Türkiye’de 2017 yılında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından temelleri atılan Yeşil Sertifika Türkiye (YeS-TR) yeşil bina sertifikasını alabilmek için sağlanması gereken şartlar üzerinde durulmaktadır. Bu üç sertifika programı da sadece yeşil bina inşası için değil aynı zamanda mevcut binaların yeşil güçlendirilmesi içinde standartlar ve çeşitli düzeylerde sertifikalar sağlamaktadır.

Yeşil bina ve yeşil güçlendirmede önemli bir unsur da yeşil yapı malzeme ve teknolojileridir. Nitekim seçilen yeşil malzeme ve teknolojiler binanın enerji tasarrufundan dayanıklılığına maliyetinden işletimine birçok hususu etkilemektedir. Bu nedenle yeşil bina ve güçlendirmede kullanılacak malzeme ve teknoloji seçimi oldukça önemlidir (Sandanayake vd., 2020). Bu bağlamda çalışmada yeşil yapı malzemeleri ve teknolojilerinin kullanım alanları, avantajları, dezavantajları ve alternatifleri de ele alınmaktadır.

İnsan sağlığına, çalışanların performansına ve mekânı kullananların algısına geleneksel binalara göre olumlu yönde etki eden yeşil bina ve yeşil güçlendirme projelerinin bir başka önemle üzerinde durulması gereken boyutu ise maliyettir. Nitekim yeşil bina inşa edecek veya yeşil güçlendirme projesiyle binalarını yenileyeceklerin ilk aklına gelen ve genellikle de proje fikrinde en önemli değerlendirme unsuru olarak kabul edilen konu maliyettir. Bu nedenle çalışma yeşil bina ve yeşil güçlendirme maliyetleri ile geleneksel bina maliyetlerini de karşılaştırmaktadır. Yeşil binaların ilk maliyetlerini kısa sürede karşıladığı da ortaya konulmaktadır.

Türkiye’de ve dünyada yeşil bina sertifikalı yapı sayısı giderek artmaktadır. Türkiye yeşil bina sertifikalı yapı sayısı bakımından gerek Avrupa’da gerekse dünyada ön sıralarda yer almaktadır. Ancak bu sayılar toplam konut stoklarıyla kıyaslandığında yeşil bina ve yeşil güçlendirme yapılmış bina sayılarının toplam bina stokunun oldukça küçük bir kısmı olduğu görülmektedir. Bu nedenle çalışmada bu sayıların arttırılmasının teşvik edilmesi bakımından yeşil bina sertifikalarının yeşil güçlendirme aracılığıyla öncelikle kamu kurumlarının binalarında yaygınlaştırılması gerektiği fikrine odaklanılmaktadır. Zira örnek uygulamalar ortaya konulması ve sınırlı kamu kaynaklarının verimli kullanılması için öncelikle kamu binalarının özellikle üniversite yerleşkeleri (Bungau vd., 2023), kamu hastaneleri (Ergin & Tekce, 2020) ve okullara (Kats, 2006) ait binaların yeşil güçlendirme projeleriyle yenilenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte gerek kamu binalarının gerek diğer binaların yeşil güçlendirmesi konusunda bazı zorluklar söz konusudur. Çalışmada bu zorluklar da ele alınırken bunların aşılmasında katkı sağlayacak bazı öneriler de sunulmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle yeşil bina ve yeşil güçlendirme kavramları açıklandıktan sonra en yaygın olarak kullanılan yeşil sertifikalar hakkında bilgi verilmektedir. Bunu takiben yeşil malzeme ve teknolojilerin neler olduğu avantaj ve dezavantajları gibi konulara değinilmektedir. Daha sonra en çok üzerinde durulan konulardan olan yeşil bina ve yeşil güçlendirme maliyetleri geleneksel emsalleriyle kıyaslanarak açıklandıktan sonra çalışmanın asıl odaklandığı konu olan kamu binalarında yeşil güçlendirme konusu ve bu konuda karşılaşılan zorluklar açıklanmaktadır. Bu çerçeve çalışma bu zorlukların aşılmasına katkı sağlayacak önerilerde bulunarak sonuçlanmaktadır.

2. Yeşil Bina ve Yeşil Güçlendirme

Sürdürülebilir kalkınmaya yönelik en büyük tehditlerden biri iklim değişikliği olarak görülmektedir. Sera gazı üretiminin en büyük kaynağını ise inşaat sektörü

oluşturmaktadır (Jagarajan vd., 2017). Yeşil bina, inşaat sektöründen kaynaklanan sorunlara yönelik yeni bir yanıt olarak ortaya çıkmıştır (Balaban & Puppim de Oliveira, 2017). Ancak henüz yeşil bina kavramının üzerinde anlaşmaya varılmış ortak bir tanımı bulunmamaktadır (Dwaikat & Ali, 2018, s. 449) Günümüzde sürdürülebilir, ekolojik, çevre dostu ve benzeri farklı isimlerle adlandırılan yeşil binalar, binanın yaşam döngüsü perspektifiyle tüm yönleriyle değerlendirilerek çevreye duyarlı bir yaklaşımla tasarımı yapılan binalar olarak kabul edilmektedir. Yeşil binalar, binanın arazi seçiminden iklim bilgilerine ve mekânın şartlarına uygun, enerji tüketimini asgari düzeyde tutan, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelen, doğal ve atık oluşturmaz malzeme kullanan, çevre dostu ve sürdürülebilir yapılar olarak görülmektedir (Cassidy, 2003). Yeşil binalar, enerji kullanımı ve su kullanımında azalma ve inşaat alanından kaynaklanan çevresel rahatsızlıkların en aza indirilmesi yoluyla çevreye olan etkilerin en aza indirilmesine odaklanmaktadır (Allen vd., 2015, s. 250).

Yeşil binalar enerji kullanımı minimuma indirilmiş enerji bakımından büyük ölçüde kendi kendine yetebilen binalardır. Aynı zamanda doğaya ve atmosfere zararlı olan maddelerin salınımını en aza indiren bu yapılar inşa ve yıkım aşamasında da sürdürülebilirliğin göz önünde bulundurulduğu sağlıklı yapılardır. Ayrıca yeşil binalar sadece enerji verimliliğini sağlayan ve emisyon oranlarını düşüren yapılar değildir. Aynı zamanda yeşil binaların geleneksel binalara göre insan sağlığı bakımından daha elverişli olduğu da kabul edilmektedir. Nitekim geleneksel binalarda yaşayanlara göre yeşil binalarda yaşayanların algılarının daha olumlu olduğu da ortaya konulmuştur. Bunun yanında geleneksel binalarda çalışanlara göre yeşil binalarda çalışanların performansı anlamlı şekilde farklılaşmaktadır (Allen vd., 2015, s. 257; Liang vd., 2015).

Yeşil binalarda enerji tüketiminin azaltılmasıyla ilişkili önemli çevresel ve ekonomik faydalar nedeniyle enerji verimliliği, yeşil bina hareketinin temel itici gücü olarak kabul edilmektedir (Dwaikat & Ali, 2018). Nitekim yeşil bina, çevresiyle yakından etkileşim halinde olan bir yapı olarak doğal havalandırma, gün ışığı, pasif soğutma-ısıtma ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi doğal yöntemler, enerji verimli sistemlerle birlikte ısı yalıtımlı bir cepheye entegre edilmektedir (Ardente vd., 2011, s. 469). Dwaikat & Ali'nin (2018) gerçek veri kayıtlarına dayanarak yaptığı araştırmada, inceledikleri yeşil binanın endüstri temeline göre yaklaşık %71,1 enerji tasarrufu sağladığını tespit etmişlerdir. Yaşam döngüsü perspektifinden bakıldığında bahsi geçen yeşil bina, enerji fiyatındaki yıllık ortalama %1 artışla 2.796.451 dolara karşılık gelen 5.756 kWh/m² civarında tasarruf sağlarken, enerji fiyatındaki yıllık ortalama %5 artışla dört katından fazla tasarruf ederek 12.107.060 dolar civarına ulaşmaktadır (Dwaikat & Ali, 2018).

Yeşil binalar daha fazla doğal ışık ve daha iyi hava kalitesi ile yeşil binalar sakinlerinin sağlığının, konforunun ve üretkenliğinin iyileştirilmesine de katkıda bulunmaktadır (Kats, 2003, s. 2). Nitekim yeşil binaların belki daha az bilinen bir yönü de sağlıklı iç mekân ortamları tasarlayarak insan sağlığını iyileştirmesidir. Yeşil binalarda yeşil olmayan binalara göre daha iyi ölçülen ve algılanan iç mekân çevre kalitesi daha sağlıklı yaşam ortamları sağladığı ortaya konulmuştur (Allen vd., 2015, s. 256). Bu çerçevede genel olarak yeşil sertifikalı binalarda iş memnuniyeti, müşterilere ve paydaşlara verilen değer, yönetimin değerlendirilmesi ve kurumsal katılımı ilgili konularda daha olumlu sonuçlar elde edildiği belirlenmiştir (Newsham vd., 2018).

Ancak yeşil bina, binaların bir sonraki aşamasını simgelemektedir ve son dönemde yeni yeşil bina inşaatlarındaki artış, mevcut binaların olumsuz etkisinin üstesinden gelmek için oldukça yetersiz kalmaktadır. Mevcut binaların çevresel etkilerini azaltmak için mantıklı bir çözüm yeşil güçlendirme olarak düşünülmektedir (Jagarajan vd., 2017). Nitekim çoğu gelişmiş ülkede bina stokunun %98'inden fazlası mevcut binalardan oluşmaktadır ve yeni inşaatlar herhangi bir zamanda toplam bina stokunun yalnızca %1-1,5'ünü oluşturmaktadır (McAllister & Sweett, 2007 akt. Bertone vd., 2018). Bu nedenle, mevcut binaların güçlendirilmesi sürdürülebilir bir geleceğin anahtarı olarak görülmektedir. Aslında önümüzdeki 20 yıl içinde çevresel etkiyi azaltacak en büyük potansiyel, mevcut bina stokunda yatmaktadır (Jagarajan vd., 2017, s. 1361).

Günümüzde artık binalar, kullanıcının belirli bir noktada belirlenen ihtiyaçlarını karşılamak için zamanla işlenmesi, iyileştirilmesi ve dönüştürülmesi gereken, sürekli değişen bir organizma olarak görülmektedir. Güçlendirme, mevcut bir binanın ilk inşası ve kullanımından sonra sistemlerini veya yapısını değiştirmeyi ifade ederken; yeşil güçlendirme, mevcut binanın daha çevre dostu hale getirilmesi, olumsuz etkilerin azaltılması ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla yapılan değişiklikleri ifade etmektedir (Amoah & Smith, 2024, s. 196). Yeşil güçlendirme, düşük enerji tüketimi ve düşük karbon emisyonu elde etmek amacıyla mevcut binaların performansını artırmanın etkili bir yolu olarak düşünülmektedir (Ardente vd., 2011, s. 468; Liu vd., 2020). Yeşil ve sürdürülebilir şekilde yenilenen binalar, enerji ihtiyacının ve emisyonun azaltılması yoluyla maliyet tasarrufu ve bina kullanıcıları için sağlık açısından oldukça önemli faydalar sağlayabilmektedir (Balaban & Puppim de Oliveira, 2017). Mevcut binaların uygun yeşil malzeme ve teknolojilerle güçlendirilmesi, iklim değişikliğini hafifletmeye yönelik stratejilerin önemli bir parçası olarak kabul edilmektedir (Si vd., 2016, s. 106). Yeşil bina inşa edilirken veya mevcut binalar yeşil güçlendirme projeleriyle yenilenirken kullanılan yapı malzemeleri ve teknolojileri önemlidir. Nitekim dünya genelinde çok çeşitli yeşil güçlendirme malzemeleri ve teknolojileri bulunmaktadır.

3. Yeşil Bina Sertifikaları

Günümüzde birçok ülke; binaların enerji tüketimini ve çevresel etkilerini azaltmayı amaçlayan, binaların çevresel sürdürülebilirliğini derecelendirmek amacıyla sertifikasyon prosedürleri geliştirmektedir (Mattoni vd., 2018, s. 957). Yeşil bina için küresel olarak ortak kabul edilen performans hedefleri henüz bulunmadığından (Dwaikat & Ali, 2018, s. 449) geliştirilen sertifikasyon prosedürleri de doğal olarak farklılıklara sahiptir. Zhang vd. (2019) 18 standart uzman değerlendirme sistemi de dahil olmak üzere dünya çapında 49 yeşil bina standardı ve uygulaması tespit etmiştir. Bu sertifikaların en yaygın şekilde kullanılanları, 2000'li yılların sonlarından beri kullanılan LEED ve BREEAM'dır (Doan vd., 2017, s. 243). Nitekim, Nguyen & Altan'ın (2011, s. 385) dokuz gösterge üzerinden sertifika programlarını karşılaştırdığı araştırmasında 75 puanla en yüksek puanı güçlü temelleri, büyük yatırımları ve kanıtlanmış avantajlarıyla LEED ve BREEAM almıştır.

İlk olarak 1998 yılında ABD'de ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından uygulamaya başlanan (Sánchez Cordero vd., 2020, s. 13) LEED, en çok tanınan sertifika programıdır (Espinoza vd., 2012). LEED, farklı bina aşamaları (tasarım, inşaat, bakım ve işletme) için sürdürülebilirliği değerlendirmeye yönelik en ünlü programlardan biri olarak kabul edilmektedir (Mattoni vd., 2018, s. 953). LEED puanlama sistemi; konum ve ulaşım, sürdürülebilir alanlar, su verimliliği, enerji, atmosfer, malzemeler ve kaynaklar, iç mekân çevre kalitesi, yenilikçilik ve bölgesel öncelik olmak üzere dokuz kategoriye dayanmaktadır (Sánchez Cordero vd., 2020, s. 14). Binanın tüm yaşam döngüsü, bina tasarımı ve inşaatı, iç tasarım ve inşaatı, bina işletme ve bakımı, mahalle geliştirme kılavuzlarındaki kriterlere göre değerlendirilmektedir (Doan vd., 2017, s. 246). LEED yeni inşaatlara ve büyük yenilemelere, mevcut binalara, ticari iç mekanlara, iç ve dış cepheye, okullara, perakende satışlara, sağlık hizmetlerine, evlere ve mahalle gelişimine uygulanabilmektedir (Tatari & Kucukvar, 2011, s. 1082).

LEED, yeşil binaların temel yönlerini ele alan dokuz temel kategoriye ayrılmaktadır. Bu kategoriler tüm proje türleri için aynıdır ve kredilerden/puanlardan oluşmaktadır. Elde edilebilecek maksimum puan 100 olarak belirlenmiştir ancak 'yenilikçilik' ve 'bölgesel öncelik' kategorilerinden 10 ek puan daha elde edilebilmektedir. Elde edilen puana göre, LEED Platin (80+ puan), LEED Altın (60-79 puan), LEED Gümüş (50-59 puan) ve LEED Sertifika (40-49 puan) derecelendirme seviyelerinden birini kazanmak mümkündür (Mattoni vd., 2018, s. 953). Cidell & Beata (2009, s. 1479) kriterler ve mekân genelindeki değişkenlik; tasarımcıların, mimarların ve inşaatçıların LEED sertifikasyon sürecinde izin verilen esneklikten yararlandıkları ve belirli projelerin bütçesine, kaynak

kısıtlamalarına, insan ve fiziksel ortamlarına en uygun kriterleri uyguladıkları sezgisel gerçeğinin altını çizmektedir.

İlk olarak İngiltere’de uygulanan BREEAM, farklı ülkelere yerel uyumu artırmak için çeşitli önlemleri bünyesinde barındırmaktadır. Sertifikalı bina hacminin yüksek olduğu yerlerde BRE, BREEAM INT’yi yerel koşullara, dile ve düzenlemelere uyarlamak için yerel enstitülerle iş birliğini artırmaktadır (Sánchez Cordero vd., 2020, s. 11). En eski protokol olan BREEAM programları mevcut binalara da uygulanabilmektedir (Bartlett ve Howard, 2000, s. 320). Sürdürülebilirlik temellerinin tümü BREEAM tarafından değerlendirilebilse de yönetim, enerji, ekoloji ve kirlilik, ulaşım, su, malzemeler, atık, arazi kullanımı ve yenilikçilik dahil olmak üzere dokuz ana kategoride çevresel faktörler hala baskın olarak yer almaktadır (Doan vd., 2017, s. 246). BREEAM, 9 farklı makro alanı dikkate almakta ve analiz etmektedir. Her makro alan çeşitli kredilerden oluşmaktadır. Ayrıca, nihai BREEAM puanına her bir ‘yenilikçilik’ için %1 ile %10 arasında puan eklenebilmektedir. Elde edilen nihai puana göre Sınıflandırılmamış (30 puandan düşük), Geçti (30-44 puan), İyi (45-54 puan), Çok iyi (55-69 puan), Mükemmel (70-84 puan) ve Olağanüstü (85 ve üzeri puan) derecelendirme seviyelerinden birini kazanmak mümkündür (Mattoni vd., 2018, s. 954).

Ayrıca Türkiye’de 2017 yılında temelleri atılan 2022 yılında uygulaması başlamış olan YeS-TR de hem yeni binalara hem de mevcut binalara uygulanabilmektedir. YeS-TR için yeşil sertifika uzmanlarının danışmanlığında hazırlanarak sunulan kanıtlayıcı belgeler üzerinden değerlendirme yapılmaktadır. Değerlendirmede bütünsel bina tasarım, yapım ve yönetimi, iç ortam kalitesi, yapı malzemesi ve yaşam döngüsü, enerji kullanımı ve verimliliği, su ve atık yönetimi, yenilikçilik olmak üzere 6 kategoride inceleme yapılmaktadır. YeS-TR her kategori için yeni bina ve mevcut bina için ayrı olmak üzere kredi hesaplanmaktadır. Kazanılan krediye göre Geçer (25-39 kredi), İyi (40-69 kredi), Çok İyi (70-84), Ulusal Üstünlük (85 ve üzeri) derecelerinden biri ile sertifika alınabilmektedir (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

Türkiye’de en çok yeşil bina sertifikası veren kuruluş LEED’dir. Nitekim Türkiye’de LEED sertifikalı 1620 yapı bulunmaktadır (USGBC, 2024). LEED’i 1134 sertifikalı binasıyla BREEAM takip etmektedir (BREEAM, 2024). Her iki yeşil sertifika programından sertifika alan yapıların türleri ve sertifika düzeyleri farklılıklar göstermektedir. YeS-TR ise uygulaması henüz yeni başlayan başlangıç seviyesinde bir sertifika programı olduğu için Türkiye’deki YeS-TR sertifikalı yapı sayısına açık kaynaklardan ulaşamamaktadır. Bununla birlikte YeS-TR sertifika sisteminin Türkiye’deki yeşil sertifikalı bina sayısını hızla arttırması beklenmektedir. Öte yandan herhangi bir kuruluştan yeşil bina sertifikası almak, binanın çevresel hedeflerine ulaşmada başarılı olduğu anlamına gelmemektedir. Nitekim Awadh (2017) yeşil bina sertifikasının finansal odaklı ve kuralcı uygulamasını, maskelenmiş bir sürdürülebilirliğin arkasındaki nedenler olarak görmektedir .

4. Yeşil Yapı Malzemeleri ve Teknolojiler

Yapı malzemeleri, yapı geliştirmenin temel unsurudur. Malzemelerin sentetik, fiziksel ve mekanik özellikleri, tıpkı uygun bir plan gibi, yapının mekanik kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Yeşil yapıların inşası, tercih edilen özelliklere sahip ekoyumlu malzemelerin seçimiyle başlamaktadır (Sharma, 2020). Nitekim yeşil malzemeler, çevresel açıdan sürdürülebilir bir inşaat projesinin tasarlanmasında öne çıkan unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir (Sandanayake vd., 2020). Makul yeşil yapı malzemeleri yerel olarak üretilen ve tedarik edilebilen malzemeler olarak nakliye masraflarını ve emisyon salınımını azaltan, yeniden kullanılabilen, daha düşük ekolojik etkiye sahip, termal olarak uygulanabilen, zararlı deşarjları daha düşük olan ve tükenmez varlıkları kullanan malzemeler olarak tanımlanabilmektedir (Sharma, 2020, s. 5349).

Gall vd. (2013, s. 910) oksidanlar ve birçok malzeme arasındaki kimyasal reaksiyonların önemli ve daha fazla ilgiyi hak eden ikincil emisyonlara yol açtığını tespit edilmişlerdir. Onlar, birincil ve ikincil emisyonlardaki potansiyel olarak büyük farklılıklar nedeniyle yeşil yapı malzemeleri seçilirken dikkatli olunması gerektiğini

vurgulamaktadırlar. Çoğu insanın iç mekânda geçirdiği zaman daha fazla olduğu için iç ortamlar, insanların birçok hava kirleticisine maruziyeti bakımından ön sıralarda yer almaktadır (Hoang vd., 2009, s. 1627). Yenilenemeyen kaynaklardan yapılan geleneksel yapı malzemeleri, etkisi iç mekândan dış mekâna kadar genişleyebilen iç mekân hava kirleticilerinin ana kaynağı olarak görülmektedir. Sürdürülebilir kalkınma beklentileri göz önüne alındığında, toksik olmayan, doğal ve organik bileşiklere sahip yeşil yapı malzemeleri, inşaat sektörünün çevre ve insan sağlığı üzerindeki genel etkilerini azaltma potansiyeline sahiptir. Yeşil yapı malzemeleri olarak biyokompozitler çevre dostu, güvenli ve geri dönüştürülebilir malzemelerdir. Biyokompozitlerin geleneksel yapı malzemelerinin yerine ikame edilmesi çevresel etkileri ve insan sağlığına ilişkin endişeleri azaltmaktadır (Khoshnava vd., 2020).

Khoshnava vd.nin (2020) araştırması tamamen hibrit biyo-bazlı biyokompozitin tamamen petrol bazlı kompozit ile değiştirilmesinin iç ve dış mekanlarda insan sağlığı üzerindeki etkileri %50'den fazla azaltılabileceğini göstermektedir. Bu sonuç, yeşil yapı malzemesi olarak biyokompozit kullanımının insan sağlığı üzerindeki toplam iç ve dış mekân etkilerini azaltmak için çevre dostu bir çözüm olabileceğini ortaya koymaktadır. Nitekim doğa bazlı bileşenlerin çevresel faydalarından yararlanan, aynı zamanda koruyucu matrisleri sayesinde modern inşaatın gerekli özelliklerini de karşılayan biyokompozit malzemeler, döngüsel ekonomiye geçişte önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir (Pearlmutter vd., 2019, s. 69). Uçucu kül de işlenmemiş çimentolu malzemelerin yerini alabilecek ve dolayısıyla yeşil malzeme olarak kabul edilebilecek bir atık malzeme olarak değerlendirilebilmektedir (Sandanayake vd., 2020, s. 9). Jeopolimerler, çevre dostu olmaları, üstün mekanik özellikleri ve atıkları kullanma yetenekleri sebebiyle giderek daha fazla ilgi görmeye başlamıştır. Nitekim jeopolimerik malzemeler binlerce yıl dayanma özelliğiyle öne çıkmaktadır (Shehata vd., 2022, s. 7). Geri dönüştürülmüş malzeme kullanmak, yalnızca tasarruf sağlamakla kalmayıp aynı zamanda karbon emisyonlarını da azaltan, yeşil binalar için malzeme tasarrufunun gerekliliğini tam olarak yansıtan çevre dostu bir yöntemdir (Ding vd., 2018, s. 38).

Binaların ekosistem üzerindeki çevresel etkilerini en aza indirmek ve doğal kaynak tüketimini azaltmak için hem pasif hem de aktif teknolojiler kullanılmaktadır. Tan vd. (2018, s. 91) bina güçlendirmeye yönelik 117 teknik tespit etmiştir. Pasif teknolojiler arasında daha fazla yalıtım, daha iyi performans gösteren pencereler; sızma kayıplarının azaltılması ve havalandırma havasından ve/veya atık sudan ısı geri kazanımı yer almaktadır. Aktif teknolojiler arasında hava veya yer/su ısı kaynaklarıyla birleştirilmiş ısı pompaları, güneş enerjisi termal toplayıcıları, güneş fotovoltaiik panelleri, yeşil çatı/bahçe/podyum, akıllı sayaç, düşük enerjili aydınlatma, LED aydınlatma ve biyokütle yakıcıları yer almaktadır (De Luca vd., 2017, s. 141; Sartori & Hestnes, 2007, s. 250; Tan vd., 2018, s. 91).

Yeşil malzeme ve teknolojilerin seçimi, birden fazla kriterin mevcut olduğu ve birbiriyle ilişkili olduğu zorlu bir görev olabilmektedir. Çok çeşitli bina yeşillendirme sistemleri halihazırda pazarlanmaktadır ve bunların tümü yapı çevrelerin olumsuz etkilerini azaltmayı vaat etmektedir. Ancak bunların saha içi ve saha dışı farklı çevresel, ekonomik ve sosyal maliyetleri bulunmaktadır. Yeşil malzeme zorunlu olarak sürdürülebilirlik anlamına gelmemektedir. Bu nedenle bütünsel yaşam döngüsü analizlerini kullanarak bu sistemlerin ekolojik, ekonomik ve sosyal etkilerine göre öncelik sırasına konulması gerekmektedir. Ancak kararların enerji verimliliği veya maliyet gibi tek bir kriterle dayandırılması hâlâ yaygın olarak devam etmektedir (Pearlmutter vd., 2019, s. 69; Si vd., 2016, s. 106). Bu durum ise çoğunlukla yeşil malzemelerin değerinin tam olarak takdir edilmediğini göstermektedir. Nitekim yeşil malzemeler sadece enerji verimliliği sağlamanın yanında başta sağlık ve performans olmak üzere birçok katkısı bulunmaktadır.

Binaların yaşam döngüleri boyunca yeterli izlemeye de ihtiyacı vardır. Bu nedenle yeşil binayı izleme ve değerlendirme sürecini geliştirmek için yenilikçi teknolojilerin uygulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Olanrewaju vd., 2022, s. 2). Yapı bilgi

modellemesinin ortaya çıkışı ve bunun tesis yönetimi, nesnelerin interneti, büyük veri ve diğer alanlardaki ilerlemelerle birlikte kullanılması, bu türden bir ihtiyacı karşılayacak potansiyele sahip görünmektedir (Pavón vd., 2021). Ayrıca yapay zekanın yeşil binalarda uygulanması da sektörün sürdürülebilirliğini ve verimliliğini artırmak için etkili bir yol olarak giderek daha fazla kabul görmektedir (Debrah vd., 2022). Bu teknolojiler entegre edildiğinde bina hem yeşil hem de akıllı hale gelmektedir. Akıllı yeşil bina daha verimli ve daha çevreci olarak kabul edilmektedir. Nitekim akıllı özelliğiyle yeşil özellikler daha iyi izlenerek daha çevre dostu sonuçlar elde edilebilmektedir. Kaynak kullanımını sürekli ayarlayan ve izleyen sistemler kaynakların ihtiyaçtan fazla kullanılmasının önüne geçmektedir.

Yeşil yapı malzemeleri ve teknolojileri yaşam kalitesinin iyileştirilmesi, çalışanların verimliliğinin artması, devamsızlığın azaltılması, bina sakinlerinin sağlığını ve konforunu artırması, daha yüksek kar ve yatırım getirisi sağlaması, binadan kaynaklanan sera gazı emisyonunu azaltması, iç ortamdaki toksisiteyi azaltması, düşük işletme ve bakım maliyeti gibi birçok yarar sağlamaktadır. Öte yandan yeşil yapı malzemelerinin farkındalık düzeyinin yüksek ancak benimsenme düzeyinin düşük olduğu görülmektedir (Eze vd., 2020, s. 89).

5. Yeşil Bina ve Yeşil Güçlendirme Maliyetleri

Yeşil bina veya yeşil güçlendirme projelerinin gerçekleştirilmesi, geleneksel emsalleriyle karşılaştırıldığında tipik olmayan bazı faaliyetler içermektedir. Bu tür yeni faaliyetler belirsizlikle karakterize edilmekte ve paydaşlar tarafından hemen takdir edilmeyen ve beklenmeyen gizli maliyetlere neden olabilmektedir (Qian vd., 2015, s. 3615). Nitekim, inşaat sektöründeki tasarımcılar ve müteahhitler, yeşil inşaat projelerini bütçe kısıtlamaları dahilinde teslim etme ikilemiyle karşı karşıya kalmaktadır (Sandanayake vd., 2020, s. 9). Bu ikilem yeşil binaların birçok performans alanında geleneksel (yeşil olmayan) binalardan daha iyi performans gösterebileceği ortaya konulmuş olsa da yeşil bina ve güçlendirmenin önünde engel olarak durmaktadır. Gerçekten bina sahipleri ve yatırımcılar tarafından algılanan daha yüksek ön maliyet, sıklıkla yeşil binaların yaygın şekilde benimsenmesinin önünde bir engel olarak durmaktadır (Dwaikat & Ali, 2016).

Eğer yeşil bina inşa etme ve yeşil güçlendirme uygun maliyetli ise, yeşil inşaata geniş çaplı bir geçişi hızlandırarak dünyanın karşı karşıya olduğu bir dizi çevresel sorunun ele alınmasına yardımcı olmak için umut verici bir yol sunabilecektir (Kats, 2003, s. 2). Literatürde bazı yazarlar yeşil binaların maliyetinin geleneksel (yeşil olmayan) binalardan daha yüksek olmadığını ileri sürmektedir. Bu yazarlar yeşil bina ve yeşil güçlendirme için yeşil özelliklerin çok az veya hiç ek maliyet olmadan elde edilebileceğini öne sürmektedirler. Ancak Dwaikat & Ali'nin (2016, s. 402) incelediği ampirik çalışmalarda rapor edilen sonuçların %90'ından fazlası %-0,4 ile %21 aralığında ek maliyet göstermektedir. Onlar, yeşil binanın maliyetinin geleneksel bir muadilinden daha düşük olduğunu destekleyen çok az kanıtın bulunduğunu vurgulamaktadır.

Öte yandan maliyet danışmanları ile yapılan bir anket çalışması, maliyet danışmanlarının enerji verimliliği önlemlerinin ek maliyetlerini aşırı tahmin ettiklerini ve maliyet tasarrufu potansiyelini hafife aldıklarını ortaya koymaktadır. Yaygın olarak inanılan bu efsanelerin nedenlerinden biri, mantıklı bir şekilde tasarlanmış sağlam binalardan ziyade sıra dışı 'fütüristik' binalara daha fazla yer verilmesidir (Bartlett & Howard, 2000, s. 318). Nitekim, Rehm & Ade (2013, s. 198) modellenen maliyetleri karşılaştırdığı araştırmalarında, yeşil bina inşaat maliyetlerini ortalama olarak daha yüksek tespit etmiştir ancak fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Benzer şekilde Kats'in (2003, s. 3) 33 yeşil binanın maliyetini aynı binalar için geleneksel tasarımlarla karşılaştırdığı araştırmasında, yeşil binalar için ortalama prim %2'den biraz daha az veya 3-5 dolar/m² olarak, yaygın algılanın aksine önemli ölçüde daha düşük olarak bulmuştur.

Proje maliyetleri saha konumu, tasarım özellikleri, inşaat durumu, malzeme ve ekipman seçimi ve seçilen sertifika programı gibi ek faktörlere de bağlı olarak farklılaşmaktadır (Taemthong & Chaisaard, 2019, s. 53). İnşaat maliyet unsurları da binaların 'yeşil olma seviyesine' göre önemli ölçüde değişiklik göstermektedir (Chegut vd., 2014, s. 2). Örneğin Uğur ve Leblebici'nin (2018, s. 1482) LEED sertifikasyon sistemine göre altın ve platin kategorisindeki iki bina üzerinde yeşillendirmeden kaynaklanan gerçek harcamaların ortaya konulması amacıyla yaptıkları araştırmada sırasıyla; ek inşaat maliyeti %7,43 ve %9,43, yumuşak maliyetin toplam inşaat maliyeti içindeki payı %0,84 ve %1,31, yıllık enerji tüketim maliyetindeki azalma %31 ve %40 olarak belirlenmiştir. Ayrıca aynı araştırmada ek inşaat maliyetinin geri ödeme süresi sırasıyla 0,41 ve 2,56 olarak hesaplanmıştır. Chegut vd.nin (2019) araştırması da yeşil etiketli inşaat projelerinin ortalama marjinal maliyetinin, literatürde belgelenen değer primlerinden daha küçük olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, geliştirme maliyetlerinin sadece küçük bir kısmını (genel maliyetlerin %3'ü) temsil eden ancak büyük oranda peşin olarak ödenen tasarım ücretleri, yeşil inşaat projeleri için önemli ölçüde daha yüksek olduğu da bir gerçektir. Kats (2003, s. 8) yeşil tasarımın mali faydalarının LEED binalarında metrekaşe başına 50 ila 70 dolar arasında olduğu sonucuna varmıştır. Bu ise yeşil bina inşa etmenin getirdiği ek maliyetin 10 katından fazladır.

Yeşil güçlendirme maliyetlerini diğer projelerle karşılaştırmak neredeyse imkânsızdır. Çünkü her proje, binanın türüne ve boyutlarına göre ihtiyaç duyulan yeşil güçlendirme kapsamına göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, Kore Kamu Alımları Hizmeti tarafından sağlanan 18 kamu binası için yeniden modelleme yatırımları 200 dolar/m² ila 1.000 dolar/m² arasında değişmektedir. Bu rakamlar metrekaşe başına yeni inşaat maliyetinin yaklaşık %10 ila %70'i arasında değişmektedir (Lee vd., 2019, s. 6). Fan & Xia (2018) bir ofis binasının güçlendirilmesini ele aldığı araştırmalarında, 761,6 MWh enerji tasarrufu sağlandığı ve projenin maliyetini 70 aylık bir sürede karşıladığını belirlemişlerdir. Nitekim güçlendirmeden kaynaklanan toplam enerji yatırımı ve çevresel etki, elde edilen faydalarla kısa sürede tamamen geri ödenmektedir (Ardente vd., 2011, s. 468). Görüldüğü gibi yeşil bina inşa etme veya yeşil güçlendirme çalışması yapmak zannedildiği kadar yüksek ek maliyet getirmemekte ve projeler bu maliyetleri kısa sürede ödeyerek sahiplerinin hem tasarruflu hem sağlıklı hem çevre dostu bir mekânda yaşamasını sağlamaktadır.

6. Kamu Binalarında Yeşil Güçlendirme

Gelişmekte olan birçok ülkede kamu binaları ulusal bina stokunun önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu kamu binalarının (okullar, kütüphaneler, hastaneler, ofisler) çoğunluğu, enerji ve su verimliliği yeterince dikkate alınmadan tasarlanmış ve inşa edilmiş mevcut stoklardan oluşmaktadır (Bertone vd., 2018, s. 1065). Bu kamu binalarının giderek yaşlanması, enerji tüketimlerinin her geçen gün artması kamu binaları için yeşil güçlendirmeyi gündeme getirmektedir (Li vd., 2017, s. 3340). Nitekim bu binaların yıkılıp yeniden inşa edilmesi yalnızca ekolojik çevreye zarar vermekle kalmamakta, aynı zamanda büyük bir enerji kaynağı israfına da neden olmaktadır. Bu nedenle, kamu binalarının yeşil olarak güçlendirilmesi, yıkım ve yeniden inşaya kıyasla daha uygun bir seçenek olarak gözükmektedir (Huo vd., 2023, s. 1). Ayrıca kamu binaları, yıllık su ve enerji maliyetleri yüksek olan bina stokunun önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Kamu binalarının güçlendirilmesinin hızlı geri ödeme süreleri ile su ve enerji tüketiminde ciddi azalmalara yol açabileceği kanıtlanmış olmasına rağmen çoğu ülkede güçlendirme oranının hala oldukça düşük olduğu görülmektedir. Buna ek olarak, güçlendirme projelerinin odağı genellikle yalnızca enerji üzerine yoğunlaşırken, su tasarrufu başta olmak üzere diğer konular genellikle ihmal edilmektedir (Bertone vd., 2018, s. 1064).

Kamu sektörünün kurumsal hedefler, karar alma, finansman, satın alma süreci ve hesap verebilirlik açısından benzersizliği, kamu bina güçlendirme projeleri üzerinde benzersiz engeller oluşturabilmektedir. Bir departmanın bütçe kısıtlamaları nedeniyle enerji verimliliği projesini üstlenmesi oldukça zordur. Bakanlık veya kurum maliyeti

karşılama kapasitesine sahip olsa bile, genel olarak projenin uzun vadeli yapısı (yani peşin sermaye artı devam eden küçük izleme maliyeti) kısa vadeli hükümet bütçeleme döngülerine uymamaktadır. Bu durumu güçlendirme girişimlerinin çoğu zaman bütçe öncelik listelerinin en alt sıralarına itilmesi göstermektedir (Alam vd., 2019, s. 68). Hükümetlerin bir güçlendirme programı ve ilgili destek mekanizmalarını uygulamaya koyma konusundaki isteksizliğinin de kamu binalarının güçlendirilmesinin önünde önemli bir engel olduğu ortaya koyulmaktadır (Bertone vd., 2018, s. 1064).

Ayrıca, hükümet bütçelerinin ve sorumluluklarının belirlenme şekli, bunların enerji verimliliği iyileştirmelerine öncelik verilmesi konusunda çok az teşvik sağladığı anlamına gelmektedir. Departmanlar ve kurumlar, binalarını işletmek için gereken enerji maliyetlerinin azalması nedeniyle bir sonraki mali yılda bütçelerinin hazine tarafından düşürülmesi yoluyla enerji verimliliği tasarrufu elde ettikleri için sıklıkla cezalandırılmaktadır (Alam vd., 2019, s. 68). Nitekim kapsamlı incelemeler, finansman ve satın alma sorunlarının güçlendirme projelerinin en büyük engelini teşkil ettiğini ortaya koymaktadır (Bertone vd., 2018, s. 1064). Yenileme projelerinde mevcut binalar için tasarım bilgilerinin bulunmaması, uygun bir yeşil yenileme pazarının bulunmaması ve yeşil güçlendirmede birleşik standartların bulunmaması gibi bir dizi engel nedeniyle, kamu binaları için yeşil güçlendirme projelerinin riskleri daha da artmaktadır (Huo vd., 2023).

Başarılı bir hükümet binası güçlendirme programı geliştirmek için yukarıdan aşağıya bir yaklaşım önerilmektedir. En üst düzeyde, hükümetlerin uygulanabilir güçlendirme projelerini finanse etmek için kararlılık göstermeleri ve ileri tahmin döneminin ötesinde borç almaya istekli olmaları gerekmektedir. Diğer önemli etkinleştirme stratejileri arasında zorunlu güçlendirme politikaları, özel finansman mekanizması, esnek satın alma modeli, bir kolaylaştırma ekibi ve ön yeterlilik sahibi profesyonellerin sayısının artırılması yer almaktadır (Alam vd., 2019, s. 68). Bunun yanında ABD, İngiltere ve Kore gibi çeşitli ülkelerde yeşil güçlendirme merkezleri bulunmaktadır. Yeşil güçlendirme merkezleri bina iç ve dış cephesini iyileştirerek ve yenilenebilir enerji sistemleri kurarak mevcut kamu binalarında enerji verimliliğini artırmayı, aynı zamanda enerji ve işletme maliyetlerini düşürmeyi ve konforlu bina ortamları sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca bu merkez, kamu binalarına yönelik enerji iyileştirmeleri ve yenilenebilir sistemlerin maliyetlerini karşılamak için de hibe de vermektedir (Lee vd., 2019, s. 3).

Kats (2006, s. 20), 30 yeşil okulun maliyet ve faydalarını analiz ettiği araştırmasında günümüzde okulları yeşillendirmenin son derece uygun maliyetli olduğu ve mali açıdan çok daha iyi bir tasarım tercihinin temsil ettiği konusunda açık ve ikna edici kanıtlar ortaya koymaktadır. Bertone vd. (2018, s. 1064) ise Avustralya hastane binası enerji ve su iyileştirme programı beş kat sermaye yatırımı getirisi olduğunu ortaya koymaktadırlar. Bu sonuçlar, karar vericileri ve kilit paydaşları yeşil güçlendirme konusunda teşvik etmektedir. Türkiye’de de başta şehir hastaneleri olmak üzere kamu tarafından yeni inşa edilen büyük projeler çoğunlukla yeşil sertifikalıdır. Örneğin İstanbul Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Adana Şehir Hastanesi, Yozgat Şehir Hastanesi LEED GOLD sertifikasına sahiptir. İstanbul Havalimanı kompleksinde bulunan birçok yapı çeşitli düzeylerde LEED sertifikalarına sahiptir (ERKE, 2024). Bu tarz örnek projeler umut verici olmasına rağmen Türkiye’deki toplam kamu bina stokuna kıyasla hala çok küçük bir kısmı temsil etmektedir. Ayrıca genellikle yeşil bina olarak inşa edilen bu tür projeler, büyük ve marka projeler olduğu için genel olarak tüm kamu binaları hakkında fikir vermemektedir.

7. Zorluklar ve Çözüm Önerileri

Yeşil binaların ve yeşil güçlendirmenin yaygınlaşmasını engelleyen önemli zorluklar bulunmaktadır (Balaban & Puppim de Oliveira, 2017). Başarılı bir yeşil bina güçlendirme işlemini gerçekleştirmek için, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, engelleri iyi anlamak sorunun çözümünde önemli bir rol oynamaktadır. Mevcut şehirleri sürdürülebilirlik

ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde dönüştürmek, teknolojik olmaktan çok sosyal, kültürel ve politik bir zorluktur. Kurumsal atalet, çıkar çevrelerinin muhalefeti, liderlik eksikliği, zayıf idari koordinasyon, değişimin önündeki zorlu engellerin bir kısmını temsil etmektedir (Theaker & Cole, 2001, s. 408). Her bina projesinin karşı karşıya olduğu başlıca kısıtlamalardan bir başkasını da yer ve konum oluşturmaktadır. Nitekim coğrafya, bir binayı çevresine dahil etme açısından neyin mümkün olup neyin mümkün olmadığını belirlemede merkezi bir rol oynamaktadır (Cidell & Beata, 2009, s. 147). Gerçekten binalar bulunduğu yerin koşullarına göre tasarlanmakta ve inşa edilmektedir. Bu nedenle yer ve konum projenin maliyetinden kullanılacak yapı malzemelerine kadar birçok konuda alınacak kararları etkilemektedir.

Yeşil bina ve yeşil güçlendirmede ortaya çıkan hükümetle ilgili en sık karşılaşılan engeller, yeşil inşaatla odaklanan hükümet programlarının eksikliği ve/veya etkisizliği, yeşil inşaatla ilgili hükümet politikalarının eksikliği ve/veya etkisizliği, kamuya yönelik yeşil inşaat için mevcut hükümet vergi teşviklerinin eksikliği ve uluslararası sürdürülebilir tasarım politikaları ve standartlarının yerel ihtiyaçlara uyacak şekilde uyarlanmaması olarak belirtilebilir (Nikyema & Blouin, 2020, s. 6). Genellikle tek bir politika türüne fazla odaklanıldığı için belirli bir bağlamda çeşitli engellerin üstesinden gelmek için birden fazla politikanın entegrasyonunu sağlayan çok az uygulama bulunmaktadır (Liu vd., 2020, s. 2). Bu durum birbirine entegre bütüncül politika tasarımıyla aşılabılır.

Ayrıca binaların işletme aşamalarında yeşil bina sertifikasyonunun kullanımını teşvik etmek için standartların ve politikaların geliştirilmesinde düzenleyici kurumlara ve hükümetlere önemli roller düşmektedir (Ding vd., 2018, s. 40). Nitekim Norveç'te bir dizi mevzuat değişikliği ve yenilikçi tanıtım projeleri yeşil binalara yönelik tutumlardaki değişime yol açmış ve yeşil binalara geçişin itici güçleri olmuştur (Nykamp, 2017, s. 83). Bu çerçevede birbirini destekleyen yeşil bina ve yeşil güçlendirmeyi daha fazla teşvik eden mevzuat değişiklikleri ivedilikle yapılarak uygulamanın titizlikle takip edilmesi gerekmektedir.

Yeşil bina ve yeşil güçlendirmede ortaya çıkan insan kaynaklı engellerin başında, halkın sürdürülebilir inşaatın faydaları konusunda farkındalığının düşük olması ve sürdürülebilir inşaat konusunda halka yönelik bilgi yayma ağlarının olmaması ya da etkisiz olması gelmektedir (Nikyema & Blouin, 2020, s. 7). Nitekim insanların yanlış algılarının, yeşil iyileştirme ilkelerini benimseme konusunda bilinçli karar verme yeteneklerini etkilediği ve dolayısıyla ilgili faydalardan yararlanma fırsatlarını engellediği bilinmektedir. Bu nedenle, inşaat sektörü paydaşlarının ve hükümetin, mülk sahiplerine yeşil güçlendirmenin önemi konusunda eğitim fırsatlarını artırması acil bir ihtiyaç olarak görünmektedir (Amoah & Smith, 2024, s. 154). Zira sürdürülebilir binaların sağladığı çoklu faydaların paydaşların da anlayabileceği şekilde ortaya konulması, bu zorlukların bazılarının üstesinden gelinmesi için destek sağlayabilecektir (Balaban & Puppim de Oliveira, 2017). Zira paydaşlar yeşil projelerin sağladığı faydaları tam olarak bilmediği için ek maliyete katlanmak istemeyebilmektedirler.

Öte yandan mülk yönetimi personeli (apartman, site yönetimi ve personeli gibi) de yeşil binaların gerçek anlamını tam olarak kavrayamadığı için yeşil binaların işletme aşamasında sağlanabilecek faydalarını büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle mülk yönetimi personelinin kültürel kalitesinin ve mesleki bilgi düzeyinin güçlendirilmesine, dolayısıyla yeşil bina farkındalığının geliştirilmesine daha fazla önem verilmesi gerekmektedir (Ding vd., 2018, s. 39). Ayrıca yeşil bina sakinlerine bina kullanımı konusunda eğitim sağlanması, bina performansını önemli ölçüde etkileyebilmekte ve bina kullanım davranışlarının düzenlenmesine yardımcı olmaktadır (Zuo & Zhao, 2014, s. 278). Mülk yönetim personelinin ve bina sakinlerinin ayrı ayrı eğitilmesi yeşil binanın sağladığı faydalardan maksimum düzeyde yararlanabilmeyi mümkün hale getirmektedir. Yeşil bina teknolojisini doğru anlamak ve kullanmak için çalışanların ve akredite danışmanların profesyonel kalitesinin ve teknik yeteneklerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Zhang vd., 2019). Nitekim hem yerel kültür ve bağlam hakkında bilgi

sahibi olan hem de gelişmekte olan yeşil tasarım malzemeleri ve teknolojileri hakkında bilgi sahibi olan profesyonellere ihtiyaç artmaktadır (Nikyema & Blouin, 2020, s. 8). Özellikle yerel koşullara hkim olmak oldukça önemlidir. Zira yerel koşullara uyarlanmamış standartların veya yerel koşullara yabancı teknik elemanların işleri daha kötüye götürdüğü bir gerçektir.

Daha iyi yarımlar için yol gösterici olan daha sürdürülebilir, evre dostu ve yerel olarak temin edilebilen malzemeler kullanmak gerekmektedir (Mokal vd., 2015). Nitekim oldukça büyük bir çevresel yükten sorumlu olan hammadde taşımacılığının en aza indirilmesi önemsenmelidir. Yerel olarak mevcut kaynakların kullanımını teşvik etmek, nakliye emisyonlarını ve unutmamak gerekir ki maliyetleri azaltmak için etkili önlemlerden biri olarak kabul edilmektedir (Giama & Papadopoulos, 2016, s. 94). Ancak yeşil bina ve yeşil güçlendirmede pazarla ilgili en yaygın engel, piyasada yeşil malzeme ve teknolojilerin az bulunması ve çoğunlukla yerel olarak temin edilememesidir (Nikyema & Blouin, 2020, s. 8). Ayrıca dünyada benimsenen mevcut ekonomi yaklaşımı da ürünlerin küresel olarak üretilmesi ve küresel olarak tüketilmesini benimsemektedir. Bu durum da ürünlerin yerel olarak üretilerek yerel olarak tüketilmesi önerileriyle paradoks oluşturmaktadır. Aslında bu durum çevreye duyarlılık ve uygun maliyet arasında süregelen bir çelişkinin bu alana da yansıdığını göstermektedir.

Bu ortak zorlukların yanında kamu binalarının yeşil güçlendirmesi bakımından Türkiye'nin de kendine özgü zorlukları bulunmaktadır. Türkiye'de kamu binalarının tamamından sorumlu bir merkezi idarenin olmaması uygulamaların eşgüdümlü yapılmasına olanak tanımamaktadır. Yeşil güçlendirme merkezlerinin Türkiye'de de kurularak kamu binaların dönüştürülmesi tek bir merkezi idare tarafından yürütülecek şekilde örgütlenmesi önerilmektedir. Ayrıca Türkiye'de btleme kısa vadede sonuç alınacak yatırımlara daha fazla odaklandığından yeşil bina veya yeşil güçlendirme bt önceliklerinde yer edinememektedir. Nitekim hkmetler ilk bakıldığında değeri hemen herkes tarafından anlaşılmayan alanlara yatırım yapma konusunda isteksiz davranmaktadırlar. Bu bağlamda siyasi sahiplenmenin zayıf olduğu söylenebilir. Bununla birlikte Türkiye'de genellikle kamu yöneticilerinin böyle bir gündeminin olmadığı da görülmektedir. Nitekim kamu yöneticileri binalarının yenilenmesini isteseler bile yeşil bir yenileme talep etmemektedirler. Halkın kullandığı kamu binalarında yeşil güçlendirme yapılması ile ilgili talepleri zaten yoktur. Bu ervede halkın, kamu yöneticilerin ve siyasilerin yeşil binalarla ilgili bilinç düzeylerinin zayıf olduğu sylenabilir. Ayrıca Türkiye'de yeşil inşaat sektörünün istenen düzeyde olmaması da kamu binalarının yeşil güçlendirme çalışmalarını hem maliyet hem proje süresi bakımından etkilemektedir.

8. Sonuç

Günümüzde dünyanın farklı yerlerinde birçok farklı evre sorunuyla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu evre sorunlarının oluşmasında önemli bir paya sahip olan sektörlerden biri ise hiç şüphesiz inşaat sektörüdür. İnşaat sektörü gerek inşa gerek işletme gerekse yıkım faaliyetleriyle ciddi bir enerji sarfiyatına ve karbondioksit emisyonuna sebep olmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için bu duruma bir yanıt olarak yeşil bina ve yeşil güçlendirme konusu giderek daha fazla ülkelerin gündeminde yer etmektedir. Gerçekten daha sürdürülebilir, daha az enerji kullanan, daha az emisyonu yolaçan, daha sağlıklı ve kaliteli bir yaşam alanı sunan yeşil bina evre dostu bir seçenek olarak giderek yaygınlaşmaktadır. Ancak gelişmekte olan ülkelerde geleneksel binalar toplam yapı stokunun %98'inden fazlasını oluşturmakta iken yeni yapılar sadece %1-1,5'luk bir kısmı oluşturmaktadır (McAllister & Sweett, 2007 akt. Bertone vd., 2018). Bu bağlamda yakın gelecekte sürdürülebilir kalkınma, mevcut yapıların yeşil güçlendirmesiyle sağlanabilecektir. Nitekim yeşil bina, yeşil güçlendirmenin sonraki aşaması olarak görülmektedir.

Yeşil farkındalığı her ne kadar artmış olsa da yeşil bina ve güçlendirme uygulamaları hala az sayıdadır. Yeşil bina ve güçlendirme projelerinin az sayıda olmasının birçok sebebi

bulunmaktadır. Yeşil bina ve yeşil güçlendirmede en sık karşılaşılan zorluk hiç şüphesiz maliyettir. Ancak çalışmada incelenen araştırmalar göz önünde bulundurulduğunda zannedilenin aksine yeşil bina veya yeşil güçlendirme maliyetleri geleneksel emsaline göre yüksek bir maliyet farkına sahip değildir. Maliyet farkı bulunduğu doğrudur ancak yüksek olduğu tamamen algıdan ibarettir. Bu maliyetleri de yeşil projeler kısa sürede karşılayarak daha az enerji sarfiyatlı ve daha sağlıklı bir binada yaşama fırsatı sunmaktadır. Algılanan maliyetin yüksek olmasının sebebi ise genellikle paydaşların zihnindeki fütüristik yapılardan kaynaklanmaktadır. Gerçekten acil çevre sorunlarının en azından bir kısmına çözüm üretebilecek yeşil güçlendirme seçeneği ve daha uygun sertifika düzeyleri bulunmakta iken tasarımcılar sadece elit projeler olan büyük marka projeleri yeşil olarak algılamaktadır.

Yeşil bina ve güçlendirmenin önündeki bu engel ise insanların bu konudaki bilgi ve farkındalık eksikliğiyle ilgilidir. Gerek yeşil bina profesyonelleri gerek mülk yönetim personelleri gerekse bina sakinleri veya halk yeşil binayı tam olarak anlamış değildir. Bu nedenle yaygın bir şekilde yeşil bina ve güçlendirme tanıtılmalıdır. Ayrıca tüm paydaşlara ilgisine göre yeşil bina eğitimleri düzenlenerek eğitime katılımın sağlanması için gerekli tedbirler alınmalıdır. Nitekim bina sakinlerinin veya mülk yönetim personellerinin bilgisizlik sebebiyle yeşil binayı verimsiz bir şekilde kullandığı ve yeşil binadan beklenen faydaların bu yüzden elde edilemediği de bir gerçek olarak karşımızda durmaktadır. Benzer şekilde yeşil bina profesyonellerinin bile yeşil bina konseptini tam olarak anlayamadığı da bilinmektedir. Paydaşlara verilecek eğitimler hem paydaşların bilgi düzeyini hem de farkındalık düzeylerini arttırabilecektir.

Ayrıca yeşil binanın önündeki önemli engellerden biri de hükümetle ilgili konuları kapsamaktadır. Nitekim bir politikaya fazla odaklanma, hükümet politikalarının eksikliği ve etkisizliği, hükümet programlarının eksikliği ve etkisizliği ve daha birçok sebep yeşil bina ve yeşil güçlendirme projelerinin istenen düzeye ulaşmasını engellemektedir. Hükümetlerin yeşil bina ve güçlendirmeyi teşvik edecek bir dizi mevzuat düzenlemesini ivedilikle yapması gerekmektedir. Ayrıca tutarlı, politikacılar tarafından tam olarak sahiplenilmiş, diğer politikalarla entegre, bütüncül bir hükümet politikası ve buna paralel şekilde oluşturulmuş bir hükümet programıyla yeşil bina ve yeşil güçlendirme teşvik edilebilir.

Kamu kurumlarına özgü engeller incelendiğinde orada da en önemli engelin finansman ve bütçe olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. Nitekim çoğunlukla bir departmanın kendi başına yeşil bina veya yeşil güçlendirme projesi üstlenebilecek kadar bütçesi bulunmamaktadır. Bakanlıklar veya kurumlar ise genellikle bu tarz projeleri listenin sonuna iterek sürekli ertelemektedir. Nitekim kamu kurumlarının yeşil bina veya yeşil güçlendirme projeleri yapabilmeleri bu projelere siyasilere inanarak sahip çıkmasını gerektirmektedir. Siyasi isteksizlik kamu binalarının yeşil bina ve güçlendirme projelerinin önündeki en önemli engellerden biri olarak görülmektedir. Ayrıca kamu kurumlarının tamamı için yapı projelerinin sorumluluklarını üstlenen tek bir merkezi kamu idaresinin olmaması da uygulamayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle kamu binalarının tamamının envanterinin tutulduğu, izlendiği, değerlendirildiği, durumuna uygun şekilde projelendirildiği tek bir merkezi kuruluş olarak yeşil güçlendirme ile ilgili idari ve mali açıdan özerk bir kamu kurumu kurularak taşrada yeterli şekilde örgütlenmesi sağlanmalıdır.

Türkiye’de yeni inşa edilen büyük projelerin genellikle yeşil bina sertifikası aldığı görülmektedir. Ancak bu binaların çoğunlukla büyük projeler olduğu ve mevcut projelerin küçük bir kısmını kapsadığı bilinmektedir. Bu çerçevede kamu binalarında özellikle üniversite yerleşkeleri, hastane ve okul binalarından başlayarak yeşil güçlendirme çalışmalarına hız kazandırılmalıdır. Nitekim yakın zamanda Türkiye’de yaşanan depremin de gösterdiği gibi Türkiye’de gerek özel gerek kamu bina stokunda deprem dayanıklılığı bakımından çok fazla riskli bina bulunmaktadır. Bu durum ise kentsel dönüşümü Türkiye’nin gündemine oturtmaktadır. Kamu yönetimi bu gündemi fırsat bilerek kamu binalarının yeniden inşa edilmesi gerekenleri yeşil bina olarak yeniden

inşa etmeli, güçlendirilmesi gerekenleri ise mevcut yapının durumuna uygun şekilde yeşil güçlendirme çalışmalarıyla yenilemelidir. Bu çalışmaları özellikle halka örnek teşkil etme ve öncülük etme rolü bulunan üniversite yerleşkelerindeki binalardan başlatmak uygun olacağı düşünülmektedir. Yine devasa enerji maliyetleriyle hastaneler hem daha sağlıklı bir ortam hastaların sağlığına katkıda bulunabileceği için hem de enerji tüketimini minimuma indirmek için öncelikle dönüştürülmesi gereken binalar olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte okullar da öğrencilerin öğrenme performansını artırma ve enerji sarfiyatını en aza düşürülmesi bakımından yeşil güçlendirme projeleriyle öncelikle güçlendirilmesi gereken kamu binaları olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda kurulan merkezi yeşil güçlendirme idaresi öncelik sıralaması yaparak kamu binalarının tamamını yeşil güçlendirmeyle yenilerken özel kişilerin binalarının güçlendirilmesi konusunda da teşvik edici ve destekleyici faaliyetlerde bulunmalıdır. Öte yandan yapılan literatür taramasında geleneksel bina ve yeşil bina maliyetlerini karşılaştıran çalışmaların az sayıda olduğu dikkat çekmektedir. Bu nedenle alan yazında geleneksel bina ve yeşil bina maliyetlerini karşılaştıran ampirik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Kaynakça

- Alam, M., Zou, P. X. W., Stewart, R. A., Bertone, E., Sahin, O., Buntine, C. & Marshall, C. (2019). Government championed strategies to overcome the barriers to public building energy efficiency retrofit projects. *Sustainable Cities and Society*, 44, 56-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.022>
- Allen, J. G., MacNaughton, P., Laurent, J. G. C., Flanigan, S. S., Eitland, E. S. & Spengler, J. D. (2015). Green buildings and health. *Current Environmental Health Reports*, 2(3), 250-258. <https://doi.org/10.1007/s40572-015-0063-y>
- Amoah, C. & Smith, J. (2024). Barriers to the green retrofitting of existing residential buildings. *Journal of Facilities Management*, 22(2), 194-209. <https://doi.org/10.1108/JFM-12-2021-0155>
- Ardente, F., Beccali, M., Cellura, M. & Mistretta, M. (2011). Energy and environmental benefits in public buildings as a result of retrofit actions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 460-470. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.022>
- Awadh, O. (2017). Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. *Journal of Building Engineering*, 11, 25-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.03.010>
- Balaban, O. & Puppim de Oliveira, J. A. (2017). Sustainable buildings for healthier cities: Assessing the co-benefits of green buildings in Japan. *Journal of Cleaner Production*, 163, S68-S78. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.086>
- Bartlett, E. & Howard, N. (2000). Informing the decision makers on the cost and value of green building. *Building Research & Information*, 28(5-6), 315-324. <https://doi.org/10.1080/096132100418474>
- Bertone, E., Stewart, R. A., Sahin, O., Alam, M., Zou, P. X. W., Buntine, C. & Marshall, C. (2018). Guidelines, barriers and strategies for energy and water retrofits of public buildings. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1064-1078. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.065>
- BREEAM. (2024). *Türkiye’de BREEAM Sertifikalı Yapı Sayısı*. Retrieved 11.07.2024 from <https://tools.breeam.com/projects/explore/map.jsp>
- Bungau, C. C., Bungau, C., Toadere, M. T., Prada-Hanga, I. F., Bungau, T., Popescu, D. E. & Prada, M. F. (2023). Solutions for an ecological and healthy retrofitting of buildings on the campus of the University of Oradea, Romania, built starting from 1911 to 1913. *Sustainability*, 15(8), 6541. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/8/6541>
- Cassidy, R. (2003). *White paper on sustainability* (Building Design and Construction, Issue. <https://archive.epa.gov/greenbu3/greenbuilding/web/pdf/bdcwhitepaper2.pdf>
- Chegut, A., Eichholtz, P. & Kok, N. (2014). Supply, demand and the value of green buildings. *Urban Studies*, 51(1), 22-43. <https://doi.org/10.1177/0042098013484526>
- Chegut, A., Eichholtz, P. & Kok, N. (2019). The price of innovation: An analysis of the marginal cost of green buildings. *Journal of Environmental Economics and Management*, 98, 102248. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.07.003>
- Cidell, J. & Beata, A. (2009). Spatial variation among green building certification categories: Does place matter? *Landscape and Urban Planning*, 91(3), 142-151. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.12.001>

- Yeşil Sertifika Bina Değerlendirme Kılavuzu. (2022). 12.06.2022. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=39565&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Darko, A. & Chan, A. P. C. (2016). Critical analysis of green building research trend in construction journals. *Habitat International*, 57, 53-63. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.07.001>
- De Luca, P., Carbone, I. & Nagy, J. B. (2017). Green building materials: A review of state of the art studies of innovative materials. *Journal of Green Building*, 12(4), 141-161. <https://doi.org/10.3992/1943-4618.12.4.141>
- Debrah, C., Chan, A. P. C. & Darko, A. (2022). Artificial intelligence in green building. *Automation in Construction*, 137, 104192. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104192>
- Ding, Z., Fan, Z., Tam, V. W. Y., Bian, Y., Li, S., Illankoon, I. M. C. S. & Moon, S. (2018). Green building evaluation system implementation. *Building and Environment*, 133, 32-40. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.012>
- Doan, D. T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Ghaffarianhoseini, A. & Tookey, J. (2017). A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*, 123, 243-260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.007>
- Dwaikat, L. N. & Ali, K. N. (2016). Green buildings cost premium: A review of empirical evidence. *Energy and Buildings*, 110, 396-403. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.021>
- Dwaikat, L. N. & Ali, K. N. (2018). The economic benefits of a green building – Evidence from Malaysia. *Journal of Building Engineering*, 18, 448-453. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.job.2018.04.017>
- Ergin, A. & Tekce, I. (2020). Enhancing sustainability benefits through green retrofitting of healthcare buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 960(3), 032066. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/960/3/032066>
- ERKE. (2024). Türkiye’de yeşil bina sertifikası sahibi bazı kamu binaları. Retrieved 11.07.2024 from <https://erketasarim.com/projelerimiz/>
- Espinoza, O., Buehlmann, U. & Smith, B. (2012). Forest certification and green building standards: overview and use in the U.S. hardwood industry. *Journal of Cleaner Production*, 33, 30-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.004>
- Eze, C. E., Ugulu, R. A., Egwunatum, S. I. & Awodele, I. A. (2020). Green building materials products and service market in the construction industry. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 11, 89 - 101.
- Fan, Y. & Xia, X. (2018). Energy-efficiency building retrofit planning for green building compliance. *Building and Environment*, 136, 312-321. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.044>
- Gall, E., Darling, E., Siegel, J. A., Morrison, G. C. & Corsi, R. L. (2013). Evaluation of three common green building materials for ozone removal, and primary and secondary emissions of aldehydes. *Atmospheric Environment*, 77, 910-918. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.06.014>
- Giam, E. & Papadopoulos, A. M. (2016). Construction Materials and Green Building Certification. *Key Engineering Materials*, 666, 89-96. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.666.89>
- Hoang, C. P., Kinney, K. A. & Corsi, R. L. (2009). Ozone removal by green building materials. *Building and Environment*, 44(8), 1627-1633. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.10.007>
- Huo, X., Hao, T. & Jiao, L. (2023). Critical risk factors of public building green retrofit projects- an empirical study in Chongqing, China. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2278886>
- Jagarajan, R., Abdullah Mohd Asmoni, M. N., Mohammed, A. H., Jaafar, M. N., Lee Yim Mei, J. & Baba, M. (2017). Green retrofitting – A review of current status, implementations and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 1360-1368. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.091>
- Kats, G. (2003). *Green building costs and financial benefits*. Massachusetts technology collaborative Boston, MA.
- Kats, G. (2006). *Greening America’s schools: Costs and benefits*. A Capital E Report. <https://usd116.org/files/facilitiesreport/rptgreening.pdf>
- Khoshnava, S. M., Rostami, R., Mohamad Zin, R., Štreimikienė, D., Mardani, A. & Ismail, M. (2020). The role of green building materials in reducing environmental and human health impacts. *Int J Environ Res Public Health*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph17072589>
- Lee, J., McCuskey Shepley, M. & Choi, J. (2019). Exploring the effects of a building retrofit to improve energy performance and sustainability: A case study of Korean public buildings. *Journal of Building Engineering*, 25, 100822. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.job.2019.100822>
- Li, H., Chen, B. & Feng, G. (2017). Investigation and analysis on present situation of existing building green retrofitting in public institution. *Procedia Engineering*, 205, 3340-3345. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.366>

- Liang, X., Shen, G. Q. & Guo, L. (2015). Improving management of green retrofits from a stakeholder perspective: A case study in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(11), 13823-13842. <https://www.mdpi.com/1660-4601/12/11/13823>
- Liu, G., Li, X., Tan, Y. & Zhang, G. (2020). Building green retrofit in China: Policies, barriers and recommendations. *Energy Policy*, 139, 111356. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111356>
- Mattoni, B., Guattari, C., Evangelisti, L., Bisegna, F., Gori, P. & Asdrubali, F. (2018). Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 950-960. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.105>
- Mokal, A. B., Shaikh, A. I., Raundal, S. S., Prajapati, S. & Phatak, U. J. (2015). Green building materials – A way towards sustainable construction.
- Newsham, G. R., Veitch, J. A. & Hu, Y. (2018). Effect of green building certification on organizational productivity metrics. *Building Research & Information*, 46(7), 755-766. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1358032>
- Nguyen, B. K. & Altan, H. (2011). Comparative Review of five sustainable rating systems. *Procedia Engineering*, 21, 376-386. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2029>
- Nikyema, G. A. & Blouin, V. Y. (2020). Barriers to the adoption of green building materials and technologies in developing countries: The case of Burkina Faso. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 410(1), 012079. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/410/1/012079>
- Nykamp, H. (2017). A transition to green buildings in Norway. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 24, 83-93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.10.006>
- Olanrewaju, O. I., Enegbuma, W. I., Donn, M. & Chileshe, N. (2022). Building information modelling and green building certification systems: A systematic literature review and gap spotting. *Sustainable Cities and Society*, 81, 103865. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103865>
- Pavón, R. M., Alberti, M. G., Álvarez, A. A. A. & del Rosario Chiyón Carrasco, I. (2021). Use of BIM-FM to transform large conventional public buildings into efficient and smart sustainable buildings. *Energies*, 14(11), 3127. <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/11/3127>
- Pearlmutter, D., Theochari, D., Nehls, T., Pinho, P., Piro, P., Korolova, A., Papaefthimiou, S., Mateo, M. C. G., Calheiros, C., Zluwa, I., Pitha, U., Schosseler, P., Florentin, Y., Ouannou, S., Gal, E., Aicher, A., Arnold, K., Igondová, E. & Pucher, B. (2019). Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: Green building materials, systems and sites. *Blue-Green Systems*, 2(1), 46-72. <https://doi.org/10.2166/bgs.2019.928>
- Qian, Q. K., Chan, E. H. W. & Khalid, A. G. (2015). Challenges in delivering green building projects: Unearthing the transaction costs (TCs). *Sustainability*, 7(4), 3615-3636. <https://www.mdpi.com/2071-1050/7/4/3615>
- Rehm, M. & Ade, R. (2013). Construction costs comparison between 'green' and conventional office buildings. *Building Research & Information*, 41(2), 198-208. <https://doi.org/10.1080/09613218.2013.769145>
- Sánchez Cordero, A., Gómez Melgar, S. & Andújar Márquez, J. M. (2020). Green building rating systems and the new framework level(s): A critical review of sustainability certification within Europe. *Energies*, 13(1), 66. <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/1/66>
- Sandanayake, M., Gunasekara, C., Law, D., Zhang, G., Setunge, S. & Wanijuru, D. (2020). Sustainable criterion selection framework for green building materials – An optimisation based study of fly-ash Geopolymer concrete. *Sustainable Materials and Technologies*, 25, e00178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00178>
- Sartori, I. & Hestnes, A. G. (2007). Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and Buildings*, 39(3), 249-257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.001>
- Sharma, N. K. (2020). Sustainable building material for green building construction, conservation and refurbishing. *Int. J. Adv. Sci. Technol*, 29(10S), 5343-5350.
- Shehata, N., Mohamed, O. A., Sayed, E. T., Abdelkareem, M. A. & Olabi, A. G. (2022). Geopolymer concrete as green building materials: Recent applications, sustainable development and circular economy potentials. *Science of The Total Environment*, 836, 155577. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155577>
- Si, J., Marjanovic-Halburd, L., Nasiri, F. & Bell, S. (2016). Assessment of building-integrated green technologies: A review and case study on applications of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method. *Sustainable Cities and Society*, 27, 106-115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.013>
- Taemthong, W. & Chaisaard, N. (2019). An analysis of green building costs using a minimum cost concept. *Journal of Green Building*, 14(1), 53-78. <https://doi.org/10.3992/1943-4618.14.1.53>

- Tan, Y., Liu, G., Zhang, Y., Shuai, C. & Shen, G. Q. (2018). Green retrofit of aged residential buildings in Hong Kong: A preliminary study. *Building and Environment*, 143, 89-98. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.058>
- Tatari, O. & Kucukvar, M. (2011). Cost premium prediction of certified green buildings: A neural network approach. *Building and Environment*, 46(5), 1081-1086. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.11.009>
- Theaker, I. G. & Cole, R. J. (2001). The role of local governments in fostering 'green' buildings: a case study. *Building Research & Information*, 29(5), 394-408. <https://doi.org/10.1080/09613210110064295>
- Uğur, L. O. & Leblebici, N. (2018). An examination of the LEED green building certification system in terms of construction costs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1476-1483. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.210>
- United Nations. (2015). *Paris Agreement*. Retrieved 18.06.2024 from https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- USGBC. (2024). *Türkiye'de LEED Sertifikalı Yeşil Yapı Sayısı*. Retrieved 11.07.2024 from <https://www.usgbc.org/projects?Country=%5B%22Turkey%22%5D>
- Zhang, Y., Wang, H., Gao, W., Wang, F., Zhou, N., Kammen, D. M. & Ying, X. (2019). A survey of the status and challenges of green building development in various countries. *Sustainability*, 11(19), 5385. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/19/5385>
- Zuo, J. & Zhao, Z.-Y. (2014). Green building research—current status and future agenda: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 271-281. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.021>

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Yoktur.

Etik Onay: Yoktur.

Yazar Katkısı: Mehmet POLAT (%100)

Conflict of Interest: None.

Funding: None.

Ethical Approval: None.

Author Contributions: Mehmet POLAT (100%)

Green Building and Green Retrofitting in the Context of Sustainability: Green Retrofitting of Public Buildings

Mehmet POLAT

Extended Abstract

Climate change and global warming are two environmental issues that have caused a number of disasters in recent years. It is known that one of the most important causes of these environmental problems is the excessive use of natural resources, especially energy resources, and the release of high amounts of harmful gases into nature and the atmosphere. The areas where natural resources are intensively used, and harmful gases are intensively released into the atmosphere are undoubtedly cities. As a matter of fact, rapid urbanization due to industrialization, which accelerated after World War II, has led to the continuous growth of cities. Ever-growing cities, on the other hand, are being built in an unsustainable manner in order to meet building demand. This situation further deepens the already severe environmental crisis. In fact, conventional buildings consume high amounts of natural resources and energy and produce high amounts of harmful emissions during both the production of building materials, the construction of the building, and the use of the building. For this reason, green buildings, known as environmentally friendly buildings, are increasingly being promoted. The green (or sustainable) building concept has emerged as a new response to address the environmental and health problems caused by buildings and to reduce the impact of the construction industry on both the natural environment and people. Therefore, the concept of green building needs to be well understood. While there is no agreed-upon common definition of the concept of green building, the definitions are not unique, and different definitions have a lot in common. In this context, the study first discusses the concept of green (sustainable) building.

On the other hand, the existing housing stock constitutes a large share of the total housing stock in Turkey and the world. Since the demolition and reconstruction of the existing housing stock can pose serious environmental and financial problems, green retrofitting seems to be a more appropriate option at this stage. As a matter of fact, retrofitting existing buildings can solve some of the environmental problems that urgently need to be addressed. This is because green buildings are seen as the next stage of green retrofitting. For this reason, the concept of green retrofitting is also emphasized in this study. Green retrofitting is the process of modifying an existing building's systems or structure to make it more ecologically friendly, lessen its negative effects, and save operating expenses. Retrofitting is the process of making changes to a building after it has been constructed and put to use.

Green buildings are buildings that are largely self-sufficient in terms of energy and minimize energy use. At the same time, these buildings, which minimize the release of substances harmful to nature and the atmosphere, are healthy buildings where sustainability is taken into consideration during the construction and demolition phases. In addition, green buildings are not only buildings that provide energy efficiency and reduce emission rates. It is also accepted that green buildings are more favorable for human health than traditional buildings. As a matter of fact, it has been revealed that the perceptions of those living in green buildings are more positive than those living in traditional buildings. In addition, the performance of employees working in green buildings differs significantly compared to those working in traditional buildings. As the positive effects of green buildings on human health, employee performance, and the environment are understood, green building and green retrofitting practices are increasing. In this context, various green building certificates have been introduced in Turkey and around the world, and the requirements for those who will construct green buildings or renovate their existing buildings with green retrofit projects have been determined in order to obtain these certificates. In this study, LEED and BREEAM, the two most recognized green certification programs in the world, are briefly explained. It also focuses on the conditions that must be met in order to obtain the "YeS-TR" green building certificate, which was introduced by the Ministry of Environment, Urbanization, and Climate

Change in Turkey in 2017. All three certification programs provide standards and certificates not only for the construction of green buildings but also for the green retrofitting of existing buildings.

Another dimension of green building and green retrofit projects, which have a positive impact on human health, employee performance, and the perception of space users compared to traditional buildings, is cost. In fact, the first thing that comes to the minds of those who will construct a green building or renovate their buildings with a green retrofit project is the cost, which is generally accepted as the most important evaluation dimension in the project idea. It is a fact that it costs slightly more to construct a green building or carry out a green retrofit project than to construct a conventional building or carry out a conventional retrofit project. However, the costs of green building or green retrofit projects are considerably lower than commonly perceived. In addition, green building or green retrofit projects pay back these costs in a short period of time through energy savings and other benefits. However, when calculating the cost recovery period of green buildings and green retrofitting, the calculation is usually based only on the amount of energy saved by the building. However, in addition to energy efficiency, green buildings also provide benefits such as air pollution prevention, healthy living, employee performance, and comfort, which cannot be fully calculated. Therefore, the study also compares green building and green retrofitting costs with conventional building costs. It is revealed that green buildings recover their initial costs in a short time.

Another important point to be emphasized in green building and green retrofitting is green building materials and technologies. As a matter of fact, the selected green materials and technologies affect many aspects of the building, from energy savings to durability and from cost to operation. Therefore, the choice of materials and technologies to be used in green building and retrofitting is very important. In particular, locally available materials that do not require transportation, are environmentally friendly, sustainable, do not produce secondary emissions, and are cost-effective should be preferred. On the other hand, active technologies can be used, including biomass burners, smart meters, low-energy lighting, LED lighting, green roofs, gardens, and podiums; heat pumps in conjunction with air, ground, or water heat sources; solar thermal collectors; solar photovoltaic panels; and green roofs, gardens, and podiums. Buildings also need adequate monitoring throughout their life cycle. The emergence of building 'Information Modeling' and its use in combination with other advances in facility management, the Internet of Things, big data, and other fields seems to have the potential to address such a need.

The number of green building-certified buildings is increasing both in Turkey and around the world. Turkey ranks at the forefront both in Europe and in the world in terms of the number of green building-certified buildings. In fact, this study focuses on the idea that green building certificates should be disseminated primarily in the buildings of public institutions through green retrofitting. This is because, in order to create exemplary practices and to use limited public resources efficiently, public buildings, especially those belonging to public hospitals and schools, should be renovated with green retrofitting projects. In Turkey, where urban transformation has been on the agenda in recent years, this agenda offers some opportunities to transform public buildings into green buildings. Indeed, the collapsed public buildings in the recent earthquakes have revealed the fact that there are risky buildings in the building reserve of the public sector that need to be transformed. In this framework, risky public buildings can be demolished and reconstructed as green buildings, or public buildings that need retrofitting can be transformed through green retrofitting.

However, there are some challenges in the green retrofitting of both public buildings and other buildings. In this context, green retrofitting of public buildings faces unique challenges in addition to the challenges faced in green retrofitting of other buildings. These particular obstacles to public building retrofit projects may arise from the public sector's distinct organizational goals, decision-making, financing, procurement procedures, and accountability. For instance, budgetary restrictions make it extremely difficult for a department to implement an energy efficiency initiative on its own. Budget

constraints are seen as the most important barrier to the transformation of public buildings into green buildings. As a matter of fact, green building projects with high initial investment costs are not embraced by the spending authorities of public institutions. In general, the challenges that hinder green retrofits include costs, a lack of professionals and a lack of understanding of green retrofitting, difficulty in sourcing green materials and technologies locally, a lack of awareness of green building and green retrofitting, and inadequate incentives and policies. In order to overcome these obstacles, a series of legislative changes are seen as an urgent need. Indeed, a set of regulations that further encourage and facilitate green building and retrofitting can easily change attitudes towards green building and retrofitting. Again, the multiple benefits of green building and retrofitting need to be widely promoted through innovative promotional projects. In addition, there seems to be an urgent need to increase both the awareness and knowledge levels of stakeholders by organizing training on green building and retrofitting for all stakeholders, from property management personnel to building occupants, according to the interests of the stakeholders. This is because research shows that stakeholders' misperceptions and low awareness hinder green building and retrofitting or reduce the expected benefits of misuse. In addition, environmentally friendly, recycled, and locally available materials can be preferred to reduce costs and emissions.