

DOI: <https://doi.org/10.38027/ICCAUA2025TR0018>

Contribution of Glass Material to the Circular Economy: Recycling and Reuse Approaches

* ¹ Assist. Prof. Dr. Emine Merve Müderrisoğlu

¹ Department of Architecture, Faculty Of Arts, Design and Architecture, Fatih Sultan Mehmet Vakıf University, Istanbul
E-mail ¹: emokumus@fsm.edu.tr

Abstract

Received: 5 January 2025
Revised: 23 May 2025
Accepted: 18 June 2025
Available online: 5 July 2025

Copyright © 2025 by the author(s).
All rights reserved.

This article is published under an open-access model and is made available in accordance with the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence (CC BY).



The publisher maintains a neutral stance concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

This article has been selected and peer-reviewed for publication in this journal as part of the 8th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism, held on 8–9 May 2025 in Alanya, Türkiye.

In the construction industry, although glass is an indispensable building material due to its structural, aesthetic, and functional properties, the material's disposal at the end of its life cycle -as well as the raw material extraction and production processes required for new materials- contributes to an increase in environmental issues. This study aims to examine the contributions of recycling and reusing glass materials to the circular economy. Within the scope of this research, the life cycle of glass-based materials has been analyzed, and sustainable projects implementing reuse and recycling applications have been investigated. The findings indicate that by reducing glass waste and enhancing resource, environmental problems can be mitigated, thereby increasing sustainability in the construction sector.

Keywords: Circular economy; Recycling; Reuse; Glass material; Sustainability.

Cam Malzemenin Döngüsel Ekonomiye Katkısı: Geri Dönüşüm ve Yeniden Kullanım Yaklaşımları

Özet

İnşaat sektöründe cam, yapısal, estetik ve fonksiyonel özellikleriyle vazgeçilmez bir yapı malzemesi olmasına karşın yaşam döngüsünün sonunda camların bertaraf edilmesi ve yeni malzeme üretimi için hammadde elde edilmesi, üretim gibi aşamalarda süreçler çevresel sorunların artmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada, cam malzemenin geri dönüşümü ve yeniden kullanım süreçlerinin döngüsel ekonomiye katkılarının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında cam esaslı malzemelerin yaşam döngüsü incelenmiş, bu malzemelerin yeniden kullanım ve geri dönüşüm uygulamalarının yapıldığı sürdürülebilir projeler incelenmiştir. Bu uygulamalar kapsamında, cam atıkların azaltarak kaynak verimliliğinin artırılması ile çevresel sorunların azaltılabileceği ve inşaat sektöründe sürdürülebilirliğin artırılacağı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel ekonomi; Geri dönüşüm; Yeniden kullanım; Cam malzeme; Sürdürülebilirlik.

1. Giriş

Cam malzeme özellikle 19. yüzyılın sonlarından itibaren yapı teknolojilerinde meydana gelen gelişmelerle birlikte mimarlık uygulamalarında öne çıkan ve günümüz koşullarında sürdürülebilirlik, işlevsellik ve estetik açıdan önemli rol oynayan bir yapı malzemesidir. Sahip olduğu yapısal çeşitlilik, ışık geçirgenliği ve şeffaflık gibi kritik özellikleri sayesinde uygulamalarda sadece cephe elemanı olarak değil, yapıya ait mimari kimliğin tanımlayıcı bir bileşeni olarak da dikkate alınmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte endüstriyel üretimin hız kazanmasıyla yalıtımlı ve düşük emisyonu sahip farklı cam türleri yapıda enerji verimliliğinin artırılmasının yanı sıra kullanıcı konforu da

sağlamaktadır. Cam malzeme doğal ışığın iç mekâna aktarımının kolaylaştırılması ve gelişmiş yalıtım özellikleri ile yapıda oluşabilecek ısı kayıplarını azaltarak özellikle günümüzde son derece önemli olan karbon ayak izinin azaltılması hususunda da büyük katkı sağlamaktadır. İlave olarak, mimari uygulamalarda sıklıkla dikkate alınan şeffaflık, açıklık ve geçirgenlik gibi özellikler dahilinde tasarım çeşitliliği sağlayan cam malzeme, farklı yapı tipleri için oldukça geniş bir perspektifte iç-dış mekân sürekliliği ve görsel bütünlük oluşturmaktadır.

Uygulamalarda tercih edilmesinin temel unsurlarından birisi olan yüksek ve çok yönlü potansiyeline rağmen cam malzemenin üretim ve kullanım sürecinde gerekli olan hammadde ihtiyacı ve ortaya çıkan atık seviyesi olumsuz çevresel etkilere sebep olabilmektedir. Benzer şekilde, camın kullanım ömrünün sona ermesinin ardından oluşan atıkların büyük oranda geri dönüştürülememesi veya tekrar kullanılmaması gibi durumlar da doğrusal bir yaşam döngüsü oluşturmakta; bu durum özellikle günümüzde birçok alanda dikkate alınan döngüsel ekonomi ilkeleri ile çelişmektedir. Bu kapsamda, cam malzemenin geri dönüşümü ve yeniden kullanımı ile ilgili literatürde mevcut/yapılacak olan çalışmalar, ortaya çıkan bu olumsuz çevresel etkilere azaltılmasında önemli olacaktır.

Mevcut kaynakların verimli bir şekilde kullanımı ve oluşan atıkların en aza indirilmesi prensiplerini esas alan bir üretim ve tüketim modeli olan *döngüsel ekonomi*, geleneksel veya doğrusal olarak nitelendirilen "al-üret-at" modeline alternatif olarak geliştirilmiştir (Boulding, 2013; Pearce ve Turner, 1989). Yaklaşımın temelinde, mevcut malzeme ve kaynak değerlerinin mümkün olduğunca uzun bir süre korunması, atık oluşumunun azaltılması ve bu doğrultuda çevresel etkilerin minimize edilmesi gibi kavramlar yer almaktadır. Bu açıdan, sahip olduğu yüksek kaynak tüketimi ve atık üretimi nedeniyle yapı sektörü için döngüsel ekonomi esaslı uygulamalar oldukça önemlidir. Burada, malzeme seçimi, tasarım ve inşaat süreci ile atık yönetimi gibi birçok farklı aşamanın bütüncül bir yaklaşım ile ele alınması, döngüsel ekonominin yapı sektörü içerisinde etkin bir şekilde uygulanabilirliğini artırıcı yönde katkı sağlayabilmektedir (Ghisellini vd., 2016). Döngüsel ekonomi bağlamında cam malzemenin dikkate alınması sürecinde, cam malzemenin geri dönüştürülmesi gerek enerji tasarrufu sağlanması gerekse doğal kaynakların kullanımı açısından oldukça önemlidir.

Bununla birlikte, literatürde mevcut olan istatistiksel çalışmalar cam atıklarının geri dönüşüm oranlarının ülkeler arasında farklılık göstermekle birlikte genel olarak hedeflenen seviyelerin altında kaldığını ortaya koymaktadır. Örnek olarak her yıl ortalama 130 milyon ton cam atığı üretilmekle birlikte bu üretimin ancak %21'i geri dönüştürülmektedir. Plastik atık ve kâğıttan farklı olarak cam, sonsuz geri dönüştürülebilirliği nedeniyle çevre dostu olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda geri dönüşüm oranı açısından yapılan araştırmalarda en yüksek geri dönüşüm oranına sahip ülkeler arasında %57 ile İngiltere ilk sırada yer alırken İngiltere'yi sırasıyla Almanya, Avustralya, Kanada ve ABD takip etmektedir (Ferdous et al., 2021). Türkiye'de cam geri dönüşümü yaklaşık %40 olup, yılda yaklaşık 6500 ton atık cam geri dönüşüm tesislerinde işlenerek ülke ekonomisine katkı sağlanmaktadır (Gökçe, 2018). Cam üretimi için bir ton atık cam kullanımı yaklaşık 1,2 ton hammadde (kum, kireç, soda ve diğer mineraller) ihtiyacını azaltırken; atık cam kullanımı üretim esnasında yaklaşık olarak 322 kWh doğalgaz tasarrufu sağlanmakta ve benzer şekilde yaklaşık 0,3 metrik ton CO₂ emisyonunu engellemektedir (UKGBC, 2018). Sağlamış olduğu benzer avantajlarının yanında, cam atıklarının yeniden kullanımı ve geri dönüşümü sürecinde farklı zorluklar ile de karşılaşabilmektedir. Bu zorluklar arasında; cam atıklarının toplanması ve ayrıklaştırılması, ekonomik ve geri dönüşüm tesislerindeki kısıtlar, teknik standart ve dokümanlardaki yetersizlikler ile farklı cam türlerinin geri dönüşüm süreçlerindeki uygulama farklılıkları öne çıkmaktadır.

Cam malzemenin yapı sektörü içerisindeki kullanım örnekleri ile ilgili detaylar literatür araştırması kapsamında Gowtham v.d. (2021) çalışmasında yer almaktadır. Sonuç olarak mevcut çalışmalar incelendiğinde, uygulamalarda sıklıkla kullanılan cam malzemenin geri dönüşüm ve yeniden kullanım yoluyla döngüsel ekonomiye sağlayabileceği katkının farklı uygulama örnekleri üzerinden sayısallaştırılması konusunda yapılan bu çalışmanın özellikle ilgili alanda ileride yapılması muhtemel çalışmalara katkı sağlayacağı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma ile cam malzemenin geri dönüşüm ve yeniden kullanım yoluyla döngüsel ekonomiye nasıl katkı sağladığının mevcut uygulamalar ile desteklenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, camın yaşam döngüsü analizine dayalı olarak çevresel etkileri incelenmiş, sürdürülebilir uygulamaları içeren örnek projeler değerlendirilmiş ve cam malzeme yönetimine dair sürdürülebilir stratejiler tartışılmıştır. Araştırmanın amacı, camın yapı sektöründeki sürdürülebilir dönüşümüne katkı sunmak ve karar vericiler ile uygulayıcılara yönelik bilimsel temelli öneriler geliştirmektir.

2. Yöntem

Çalışma kapsamında cam malzemenin yeniden kullanımı ve geri dönüşümünün döngüsel ekonomiye katkıları değerlendirmek amacıyla geçmiş yıllarda inşa edilmiş olan mevcut binalar üzerinde detaylı incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda seçilen UNESCO Binası V ve Verde SW1 binaları hakkında genel bilgiler verildikten sonra sürdürülebilir yaklaşım bağlamında ilgili binalarda bulunan eski ve yeni cam malzeme özellikleri binalara ait mimari raporlar ve güncel çevrimiçi kaynaklar doğrultusunda analiz edilerek konu ile ilgili çıkarım ve sayısal sonuçlara yer verilmiştir. İlave olarak, projelerde yer alan cam malzemelerin yeniden kullanımı ve/veya geri dönüşüm uygulamaları ile döngüsel ekonomi üzerinde kritik öneme sahip enerji verimliliği, malzeme döngüsü ve çevresel etkiler gibi parametreler açısından da karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen araştırma ve elde edilen sonuçların, özellikle yapı sektörü esaslı döngüsel ekonomi uygulamalarında cam malzemenin

daha etkin bir şekilde nasıl kullanılabilceği konusunda ilerleyen çalışmalar için bir referans olabileceği öngörülmektedir.

3. Örnek Yapılar Üzerinden Camın Geri Dönüşüm ve Yeniden Kullanım Uygulamalarının İncelenmesi

Bu bölümde, çalışma kapsamında seçilen referans binalarda kullanılan cam malzemenin işlevsel ve çevresel performanslarının döngüsel ekonomi üzerindeki etkisinin analiz edilmesi hedeflenmiştir. Yapıların tasarım, üretim ve kullanım aşamalarında dikkate alınan cam türü seçimlerine bağlı olarak, camın geri dönüştürülme ve yeniden kullanım uygulamalarındaki döngüsel ekonomiye katkıları değerlendirilmiştir.

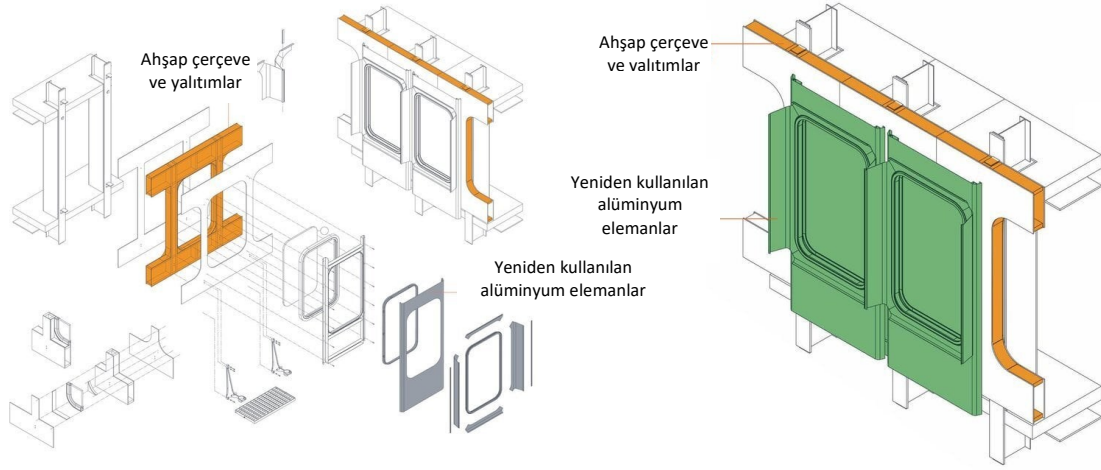
3.1. Seçilen Referans Binalara Ait Genel Mimari Özellikler

Referans Bina #1 (RB#1), UNESCO Binası V: Paris'in 15. bölgesinde bulunan UNESCO Bina V yapısı Mimar Bernard Zehrffuss ve Mühendis Jean Prouvé tarafından tasarlanıp 1970 yılında açılışı yapılmıştır (URL-1). Bu yapıda Zehrffuss'un brüt beton kütlelere olan ilgisi ve Prouvé'nün teknoloji ve prefabrikasyon odaklı yaklaşımının birleşmesiyle kütsel ağırlık ile yapısal hafifliğin bütünlüştüğü bir yapı tasarımı ortaya çıkmıştır (Şekil 1). Binanın kullanım sürecinde güneş kontrol elemanları olarak kullanılan alüminyum bileşenler, yaz aylarında aşırı ısınma ve tek camlı pencerelerde ise kış aylarında ısı kayıpları gibi sorunlarla neden olmuştur. 2002 yılında UNESCO tarafından hazırlanan raporda binanın kapsamlı bir yenileme ihtiyacı olduğu belirtilmiştir (RIBA Journal, 2023). Patriarche ekibi tarafından yapılan yenileme projesi ile özgün tasarıma sadık kalınarak binanın güvenlik ve erişilebilirlik standartlarına uygun, konfor koşullarını sağlayan, enerji tasarruflu ve düşük karbonlu bina olması hedeflenmiştir.



Şekil 1. UNESCO Binası V'e ait cephe görünümüleri (URL-2).

Yapının cephe sistemi, Jean Prouvé tarafından geliştirilen prefabrike modüler çelik ve cam panellerden oluşmaktadır. Bu sistem hem yapım hızını artırmakta hem de sökülebilirliği sayesinde döngüsel ekonomi prensiplerine doğrudan katkı sunmaktadır. Yapılan yenileme çalışmaları kapsamında, orijinal cam panellerin mümkün olan en fazla şekilde yeniden kullanımı sağlanmış; tahrip olan paneller ya da tek tabakalı camlar fabrikada geri dönüşüm ile tekrar cam malzeme olarak kullanılmak suretiyle yeniden üretilmiştir. Yenileme sürecinde, Prouvé'nün orijinal prefabrik panel sistemine 150 mm kalınlığında ahşap bir çerçeve eklenip ısı ve su yalıtımları ile desteklendikten sonra dış alüminyum cephe elemanları temizlenip panellere montajı yapılmıştır (Şekil 2) (RIBA Journal, 2023; Giuroiu, 2024). Yenilenen cam cephe yüzeyleri, doğal aydınlatmayı sağlarken yalıtımlı cam sistemleri sayesinde ısı kayıpları en aza indirilmiştir. Yenileme proje uygulaması sayesinde yaklaşık 500 ton CO₂ eşdeğeri emisyon tasarrufu sağlanmıştır. Buna ek olarak, yaklaşık 113 tonluk mevcut cam malzemenin geri dönüştürülmesi ile 34 ton CO₂ eşdeğeri emisyon azaltımı elde edilmiştir. Binada kaynak korunumu, karbon salınım ve malzeme atık miktarlarında azalma sağlandığı görülmektedir.



Şekil 2. UNESCO Binası V'e ait yenileme projesinde yer alan cephe detayları (URL-2).

Referans Bina #2 (RB#2), Verde SW1: Londra'nın Victoria bölgesinde yer alan Verde SW1 (eski adı Eland House), 1990'lı yıllarda inşa edilmiş olup 2016 yılındaki yenileme projesiyle birlikte modern ofis yapılarının sürdürülebilirlik yaklaşımıyla dönüştürülmesinde örnek projelerden olmuştur (Şekil 3). Projede enerji verimliliği ve çevresel etkileri



Şekil 3. Verde SW1 binasının cephe sistemi (URL-4).

en aza indirgenmesi ilkeleri doğrultusunda hareket edilmiştir (URL-3). Yenileme sürecinin başlangıcında mevcut binadaki malzemeleri ve yenileme sürecini analiz eden bir karbon yaşam döngüsü değerlendirmesi olmuş ve mevcut cam cephenin karbon hesaplamasında önemli bir katkı sağladığını görülmüştür. Birleşik Krallık'ta, atık camın çoğu, yol yapımında agrega olarak kullanılmaktadır. Camın agrega olarak kullanılması "geri dönüşüm" olarak kabul edilse de çevresel faydaları sınırlıdır. Proje kapsamında, mevcut cam elemanlar yerinde korunmuş ya da yeniden değerlendirilmiş, bunun mümkün olmadığı durumlarda ise yüksek performanslı yalıtımlı cam sistemleri ile yenilenmiştir. Bu sayede hem malzeme oranını sağlarken üretim kaynaklı karbon emisyonlarının azaltılmıştır (UKGBC, 2018).

Cephe tasarımında, iç mekânlara maksimum gün ışığı sağlamak amacıyla, kat yüksekliğine kadar yüksek performanslı cam paneller kullanılmıştır. Görsel mahremiyet ve güneş kontrolü sağlamak için cam katmanları içerisine özel seramik kaplamalar uygulanmıştır (URL-4). Orijinal yapının kullanımı ve malzeme seçim kriterleriyle gömülü karbonunu yaklaşık 215000 metrik ton karbondioksit eşdeğeri (tCO_{2e}) azaltmıştır. Bu değer, Londra ile Hong Kong arasında yapılan 4.600 gidiş-dönüş uçuşundaki emisyon miktarına eşdeğerdir. Ayrıca, 340 metrik ton cephe camı geri dönüştürülerek, camı üretiminde 100 tCO_{2e} azaltılması sağlanmıştır. Verde SW1 yenileme projesi ile **BREEAM Excellent** sertifikası almıştır (UKGBC, 2018). Verde SW1 binasında camın yeniden üretime katılarak cam malzeme olarak kullanılması döngüsel ekonomi için uygun bir yapı modeli oluşturmuştur.

3.2. Enerji Verimliliği Üzerinde Etkili olan Parametrelere Bağlı Değerlendirmeler

Çalışma kapsamında incelenen UNESCO Binası V ve Verde SW1 projeleri ile cam malzemenin sürdürülebilir mimarlık kapsamında nasıl daha etkin bir biçimde ele alınabileceği hususu dikkate alınmıştır. Burada her iki projede de genel anlamda yapısal bazda geri dönüşüm, malzemenin etkin bir şekilde yeniden kullanımı ve enerji verimliliği ilkeleri benimsenmiş olmakla birlikte, uygulamada gözlemlenen değişkenlikler projeler arası temel farkı ortaya çıkarmaktadır.

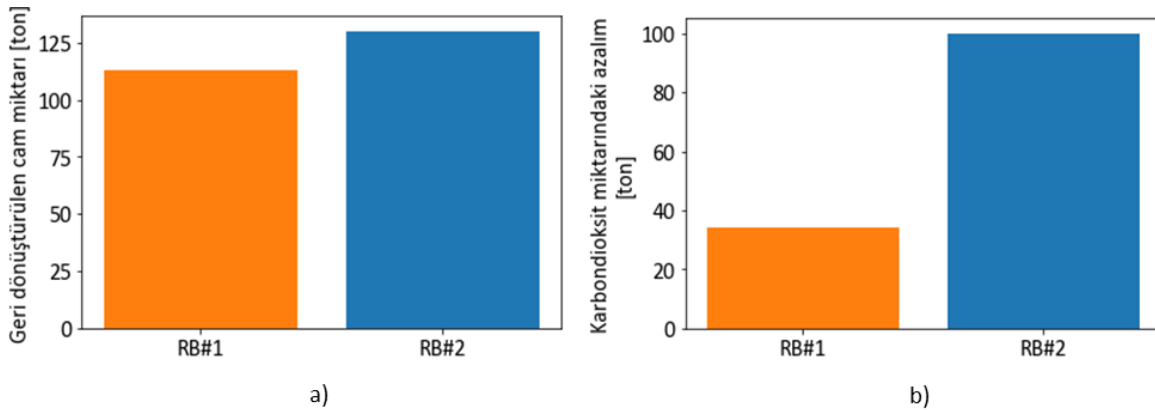
Yapılan incelemeler sonucunda, UNESCO Binası V için gerçekleştirilen renovasyon sürecine yapının sahip olduğu tarihsel değer ve kültürel miras özeliği de göz önüne alınarak orijinal tasarımın korunması esas alınmıştır. Burada, döngüsel ekonomiye sağladığı katkılar açısından, uygulama sürecinde dikkate alınan iki kavram öne çıkmaktadır: 1) cam panellerin büyük oranda yeniden kullanımı ve zamana bağlı bozulma gösteren panellerin yerine geri dönüştürülmüş cam panellerin yerleştirilmesi ile malzeme döngüsellliği, 2) kullanılan cam yüzeylerin sahip olduğu doğal ışık geçirgenliğine bağlı olarak ortaya çıkan enerji performansındaki artış seviyesi.

Tasarım amacındaki farklılık ile birlikte (çağdaş bir ofis yapısı), Verde SW1 binası için sürdürülebilirlik hedefleri doğrudan tasarım aşamasında dikkate alınmıştır. Bina servis ömrü boyunca ortaya çıkan enerji seviyesini düşürmek ve ısı yalıtımını arttırmak amacıyla yüksek performanslı cam cephe sistemlerinin kullanımı tercih edilmiştir. İlave olarak yapım sürecinde kullanılan geri dönüştürülmüş cam malzeme ile proje nedeniyle oluşan karbon ayak izi seviyesini azaltılması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen referans binalara ait diğer detaylar ve temel özelliklerin karşılaştırılması Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Çalışma kapsamında seçilen binalara için cam malzemenin kullanımı esaslı karşılaştırma.

Bina özellikleri	RB#1	RB#2
Proje Yılı	1970	1990
Yenileme durumu	Devam ediyor	Tamamlandı (2016)
Konum	Paris, Fransa	Victoria, Londra
Cam malzemenin kullanım şekli	Geniş yüzeyli doğal aydınlatma elemanları ve modüler prefabrikte paneller	Yüksek performanslı cephe camları
Cam malzemenin yeniden kullanım biçimi	Hasarlı olan cam panellerin geri dönüştürülmesi	Tasarım sürecinde geri dönüştürülmüş cam kullanımı
Döngüsel ekonomiye katkı ve çevresel etki	Malzemelerin geri dönüştürülmesi ya da yeniden kullanımları ile atık miktarında azalma, enerji ve malzeme korunumu, CO ₂ emisyonunda azalma	
Uygulama kısıtları	Tarihi ve kültürel koruma	Modern malzemelerin seçimi

Cam malzemenin yapı sektörü uygulamalarında kullanılması ile birlikte döngüsel ekonomi üzerinde oluşturacağı olumlu etki, seçilen referans binalar özelinde ortaya çıkan karbondioksit miktarındaki azalım ve geri dönüştürülen cam miktarı gibi parametreler açısından da incelenebilmektedir (Şekil 4). Şekil 4’te sunulan değişimler doğrultusunda, her iki referans bina için tasarım ve/veya uygulama süreçlerinde dikkate alınan yaklaşımların döngüsel ekonomi ve çevresel etkiler açısından oldukça olumlu sonuçlar meydana getirdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4. Seçilen referans binalar için cam malzeme kullanımının etkileri: a) karbondioksit miktarı b) geri dönüştürülen cam miktarı.

Genel olarak her iki proje cam malzemenin değerlendirilmesi kapsamında ele alındığında, camın sadece görsel ya da yapısal bir bileşen olarak değil, aynı zamanda çevresel performansa olumlu bir şekilde katkı sağlayan aktif bir bileşen olarak da yapı sektörü içerisinde yer alan uygulamalarda dikkate alınabileceği bu çalışmanın temel sonuçlarından birisi olarak öne sürülebilmektedir. Ayrıca çalışma kapsamında incelenen referans binalar, hem yeni inşa edilecek olan binalara ileri sürdürülebilirlik tekniklerinin proje aşamasında hangi seviyede dikkate alınabilirliği; hem de tarihi ve kültürel öneme sahip binalar için daha sınırlı fakat benzer şekilde etkin uygulamaların da yapılabileceği konularındaki farkındalık seviyesinin artırılması açısından önemli detaylar sunmaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışma kapsamında, cam malzemenin mimari uygulamalarda döngüsel ekonomi ilkeleri çerçevesinde değerlendirilmesine yönelik iki farklı yapı örneği incelenmiştir. Bu bağlamda incelenen UNESCO Binası V ve Verde SW1 projeleri, camın geri dönüşümü, yeniden kullanımı ve enerji verimliliği üzerindeki etkisi açısından önemli yaklaşımlar ortaya koymaktadır. Yapılan incelemeler sonucunda gözlemlenen temel bulgular aşağıda özetlenmiştir:

- Cam malzemenin yeniden kullanımı ile tarihi ve kültürel yapıların sürekliliği korunmaktadır.
- Yapılar için önemli olan enerji tüketim ve özellikle çevresel etkiler üzerinde kritik rol oynayan karbon ayak izi seviyesi, yapılarda yüksek performanslı cam sistemlerinin entegrasyonu ile azaltılabilmektedir.
- Yapılarda cam malzemenin etkin bir şekilde kullanımı farklı yaklaşımlar dahilinde gerçekleştirilebilmektedir. Örnek olarak incelenen UNESCO binası için bu durum koruma ve dönüşüm stratejisi üzerine oluşturulmakla birlikte Verde SW1 binasında ise teknolojik yenilikler ön plana çıkmaktadır.

Yapılan çalışma ile, cam malzemenin atık malzeme olarak bertaraf edilmesi yerine yeniden kullanımı ve geri dönüşümü gibi farklı yapı sektörü uygulamaları ile birlikte malzeme yaşam döngüsüne tekrar dahil edilmesi konusundaki farkındalığın artırılması hedeflenmektedir.

Teşekkürler

Bu araştırma, kamusal, ticari veya kâr amacı gütmeyen sektörlerdeki fonlama ajanslarından herhangi spesifik bir hibe almamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olduğunu beyan etmemektedir.

Kaynaklar

- Boulding, K. E. (2013). The economics of the coming "earth". In *Environmental quality in a growing economy*. RFF Press.
- Ferdous, W., Manalo, A., Siddique, R., Mendis, P., Zhuge, Y., Wong, H. S., ... & Schubel, P. (2021). Recycling of landfill wastes (tyres, plastics and glass) in construction: A review on global waste generation, performance, application and future opportunities. *Resources, Conservation and Recycling*, 173, 105745. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105745>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Giuroiu, A. (2024). How reusing and recycling glass lowers carbon footprints in construction. *Architecture Lab*. Retrieved from <https://www.architecturelab.net/sustainability-reusing-and-recycling-glass-to-lower-building-carbon-emissions/>
- Gowtham, R., Prabhu, S. M., Gowtham, M., & Ramasubramani, R. (2021, April). A review on utilisation of waste glass in construction field. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1130, No. 1, p. 012010). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1130/1/012010>
- Gökçe, S. (2018). Atık camların geri dönüşüm serüveni nasıldır? [How is the recycling journey of waste glass?]. Retrieved from <https://sifiratik.co/2018/10/12/atik-camlarin-geri-donusum-sureci-nasildir/>
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1989). *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press.
- RIBA Journal. (2023). UNESCO's 21st century refit stays true to Prouvé. Retrieved from <https://www.ribaj.com/products/unesco-rue-miollis-paris-france-retrofit-patriarche-jean-prouve-bernard-zehrfuss>
- UK Green Building Council (UKGBC). (2018). *Verde SW1 case study*. Retrieved from https://ukgbc.org/wp-content/uploads/2018/09/VerdeSW1CaseStudy_FINALISSUE1.pdf
- Patriarche. (n.d.). UNESCO. Retrieved 13 May 2025, from <https://www.patriarche.fr/en/projets/unesco/>
- Eckersley O'Callaghan Engineers. (n.d.). UNESCO. Retrieved 13 May 2025, from <https://www.eocengineers.com/projects/unesco-430/>
- Aukett Swanke. (n.d.). Verde SW1. Retrieved 10 May 2025, from <https://www.aukettswanke.com/projects/verde-sw1/>
- MdeAS Architects. (n.d.). Verde SW1. Retrieved 10 May 2025, from <https://www.mdeas.com/verde-sw1>