

Yapısal Atıkların Belgelendirilmesi Bağlamında Literatür Araştırmasına Dayalı Çalışma**

Halide BOZKURT^{1*}, Nilay COŞGUN²

Öz

Günümüzde en büyük çevre sorunlarından biri olan yapısal atıklar, yaşam alanlarını hem çevresel hem de ekonomik açıdan olumsuz bir şekilde etkilemeye devam etmektedir. Son yıllarda, yapı sektöründe sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda döngüsel ekonomi kavramı üzerine yapılan araştırmalar artış göstermiştir. Bu araştırmaların yapısal atıkların potansiyel kullanımını daha verimli hale getireceği düşünülmektedir. Çalışmanın amacı, yapısal atıkların döngüsel ekonomi kapsamında değerlendirilme potansiyelini mevcut çalışmalar üzerinden araştırmak ve atık belgeleme için kavramsal çerçeveyi belirlemektir. Bu kapsamda, konu ile ilgili çalışma sayısının fazla olduğu 2018-2024 yılları arasında yayımlanan makaleler, uygunluk kriterine göre sistematik olarak taranmış ve bu çalışmaların bibliyometrik analizi yapılmıştır. Döngüsel ekonomi ve yapısal atık yönetimi analize göre; atık yönetimi süreçleri, atık verilerinin analizi, yapı malzemelerinin kullanımı, paydaşların katkısı ile politikalar ve düzenleyici çerçeve olmak üzere beş temel kategoriye ayrılmıştır. Her bir kategoride, mevcut araştırma ve belgeleme uygulamalarını değerlendirmek için içerik analizi yapılmıştır. Çalışma, yapısal atık belgeleme çalışmalarının çoğunun tasarım ve yıkım aşamalarına yoğunlaştığını ve veri toplama ve izleme için teknolojik uygulamalara daha fazla odaklanıldığını vurgulamaktadır. Mevcut yaklaşım, yapı üretim sürecinde atık bilgilerini sağlamak için teknolojik araçları desteklemektedir. Çalışma, yapısal atıkların kaydedilmesini sağlayacak bir belgeleme yöntemini modellemek için bir veri seti geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapısal Atık, Belgelendirme, Döngüsel Ekonomi

A Study Based on Literature Research in the Context of Documentation of Construction and Demolition Waste

Abstract

Construction and demolition (C&D) waste, currently one of the biggest environmental problems, continues to negatively affect living spaces both environmentally and economically. In recent years, research on the concept of circular economy has increased in line with sustainability goals in the building sector. It is thought that these studies will make the potential use of C&D waste more efficient. The aim of the study is to investigate the potential of evaluating C&D waste within the scope of circular economy through existing studies and to determine the conceptual framework for waste documentation. In this context, articles published between 2018 and 2024, a period with

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tasarım Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID NO: 0000-0003-4023-7427)

*İlgili Yazar/Corresponding author: halidebozkurt@subu.edu.tr

² Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID NO: 0000-0001-5874-3331)

**Bu çalışma Prof. Dr. Nilay Coşgun danışmanlığında Sürdürülebilir Yapısal Atık Yönetimi İçin Belgeleme Modeli Önerisi başlıklı doktora tezi esas alınarak hazırlanmıştır (Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye).

a high number of studies on the topic, have been systematically screened based on suitability criteria, and a bibliometric analysis of these studies has been conducted. The analysis categorizes circular economy and C&D waste management into five key areas: waste management processes, analysis of waste data, use of building materials, contribution of stakeholders and policies and regulatory framework. Each category is analyzed through content analysis to assess current research and documentation practices. The study emphasizes that the majority of C&D waste documentation efforts are concentrated on the design and demolition phases, with a growing focus on technological applications for data collection and tracking. The current approach supports technological tools to provide waste information in the building production process. The study aims to develop a dataset for modeling a documentation method that will enable the recording of C&D waste.

Keywords: Construction and Demolition (C&D) Waste, Documentation, Circular Economy

1. Giriş

İnşaat sektörü dünyadaki doğal kaynakların %50'den fazlasını kullanarak sera gazı emisyonlarının %37'sini oluşturmaktadır (UNEP, 2023, s. 9). Yapılan araştırmalara göre 2025 yılına kadar kaynak kullanımına bağlı sera gazı emisyonlarının 60 milyar tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Zhu vd., 2024, s.1). Dünyada her yıl üretilen kentsel katı atık miktarı iki milyar tondan fazladır ve bu atıkların büyük bir bölümünü yapısal atıklar oluşturmaktadır (UNEP, 2024, s. 8; Chen vd., 2021, s. 2). Yapısal atık miktarının 2050 yılına kadar 12,7 milyar tondan 27 milyar tona ulaşabileceği öngörülmektedir (Wang vd., 2022, s.1). Örneğin; Çin ve Mısır'da her yıl sırasıyla 2,3 milyar ton ve 50 milyon ton yapısal atık ortaya çıkarken; ABD'de bu miktar 700 milyon tona, AB ülkelerinde ise 800 milyona ulaşmaktadır (Chen vd., 2021, s. 2; Elshaboury & AlMetwaly, 2023, s. 106533; Papamichael vd., 2023, s.1728). Bir binanın yapımında ortaya çıkan yapısal atık miktarı 0,3 ton iken, yıkımında ise bu miktar 1,3 tona kadar çıkmaktadır (Wang vd., 2022, s. 1). Bunun yanı sıra, deprem ve tsunami gibi doğal felaketler de atık oranlarını ciddi ölçüde artırmaktadır. Kentlerde en fazla atık miktarını oluşturan yıkım atıkları %90 oranında geri dönüştürülebilir atık türüdür ancak geri dönüşüm oranı potansiyel durumu karşılayamamaktadır (SKD Türkiye, 2024, s. 6). Son yıllarda, atıkların çevresel etkilerini azaltma amacı ile yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım gibi yöntemlerin yaygınlaşması, döngüsel ekonomiyi sürdürülebilir bir çözüm olarak ön plana çıkarmaktadır.

Döngüsel ekonomi, atık yönetim politikalarının etkinliğini artırabilmek için kaynak verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir kavram olarak ortaya çıkmıştır (Geissdoerfer vd., 2017, s. 765; Kirchherr vd., 2017, s. 227). Bu kavram, geri dönüşümü destekleyen, hammadde ihtiyacını azaltan ve çevreyi atık deposu anlayışından kurtaran bir model olarak 'al-yap-kullan-at' modeline dayanan doğrusal ekonominin yerini almıştır (EMF, 2013, s. 22; Bao vd., 2019, s. 13). Avrupa Komisyonu, 2015 yılında yayımladığı 'Döngüsel Ekonomi Eylem Planı' ile atık yönetimi konusunda yasal bir zemin oluşturmuş ve 2030 yılına kadar sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmayı planlamıştır (EC, 2015). Yapı sektöründe uygulanan döngüsel ekonomi politikaları; malzeme kullanımında etkinlik, yapısal atıkların yeniden değerlendirilmesi ve kaynakların korunması açısından çeşitli avantajlar sağlamaktadır (Dodamepegama vd., 2024, s. 2; Antunes vd., 2024, s. 2). AB ülkelerinden Hollanda, Almanya, Fransa, Danimarka, Portekiz ve İspanya'da döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda atık yönetimi uygulamaları yapılmaktadır (Karaçor vd., 2020, s. 156-163). Örneğin, AB ülkelerinde yapı malzemelerine yönelik döngüsel yaklaşımların benimsenmesiyle çelik, çimento, alüminyum ve plastik gibi

malzemelerden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının 2050 yılına kadar %56 oranında azaltılabileceği hesaplanmaktadır (Material Economics, 2018, s. 5). Hollanda Döngüsel Ekonomi Hükümet Programı raporuna göre, 2030 yılına kadar birincil hammaddelerin (mineraller, fosil ve metaller) kullanımını %50 azaltmayı, 2050 yılına kadar ise döngüsel bir ekonomi geliştirmeyi hedeflemektedir (URL-1). Türkiye’de ise döngüsel ekonomi uygulamalarına yönelik çalışmalar son yıllarda hızlanmıştır. Sürdürülebilir Kalkınma Derneği ve Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası arasında yapılan iş birliğiyle, 2016 yılında Türkiye’de malzemelerin endüstriyel alanda yeniden kullanımını teşvik etmek amacıyla Türkiye Döngüsel Ekonomi Platformu oluşturulmuştur. 200’den fazla üyesi bulunan platform, döngüsel ekonomiye geçişi hızlandırmayı amaçlamaktadır (URL-2). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 07.02.2022 tarihinde Türkiye’de Döngüsel Ekonomiye Geçiş Potansiyelinin Değerlendirilmesi kapsamında Teknik Destek Projesi’ni (DEEP) başlatmıştır. Proje, kaynak kullanımında ve atık yönetiminde verimliliği sağlayarak Türkiye’de döngüsel ekonomiyi destekleyecektir (URL-3). Döngüsel ekonomi uygulamaları ile atıkların geri dönüşüm ve yeniden kullanım gibi etkili yöntemlerle azaltılmasına yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Atıkların ikincil malzeme olarak kullanımı, hammadde çıkarımını ve depolama alanları gereksinimini düşürerek çevresel ve ekonomik açıdan önemli kazanımlar sağlamaktadır (Callegher vd., 2023, s. 1-19; Condotta vd., 2021, s. 1-12; Jayasinghe & Waldmann, 2020, s. 1-15). Yapı sektöründe, atık yönetiminin döngüsel ekonomi kapsamında değerlendirilebilmesi ve uygulanabilmesi konusunda daha fazla araştırma, bilimsel çalışma ve uygulamalara ihtiyaç vardır.

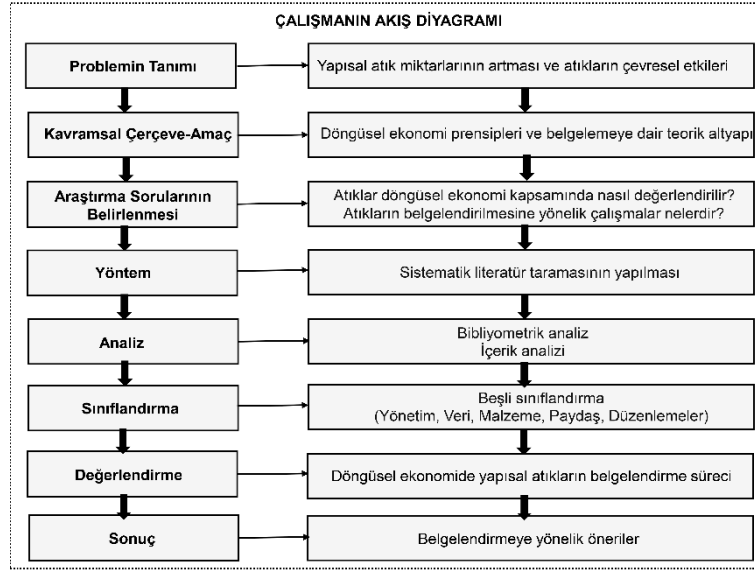
1.1. Çalışmanın Önemi

Yapısal atıkların döngüsel ekonomi çerçevesinde değerlendirilmesi, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önemlidir. Bu çalışmanın amacı, yapısal atıkların belgelemeye dayalı olarak değerlendirilmesine ilişkin literatürdeki eğilimleri ortaya koymak ve bu doğrultuda kavramsal bir çerçeve önermektir.

Bu kapsamda aşağıdaki araştırma soruları ele alınmaktadır:

- 1.Yapısal atıklar döngüsel ekonomi kapsamında nasıl değerlendirilebilir?
- 2.Yapısal atıkların belgelendirilmesine yönelik yapılan çalışmalar nelerdir?

Bu çalışmanın hedefi; yapısal atıkların belgelendirilmesine ilişkin uygulamaların mevcut durumunu değerlendirmek ve döngüsel ekonomi bağlamında sürdürülebilir bir yapıyı çevre için atık verilerinin toplanmasına yönelik bir yol haritası oluşturmaktır. Şekil 1’de çalışmanın akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın Akış Diyagramı

2. Yöntem

Yapı sektöründe çevresel sorunlardan biri olan yapısal atıkların yönetimine ilişkin, döngüsel ekonomi çerçevesinde atıkların belgelendirilmesi ve geri kazandırılmasına yönelik araştırma eğilimlerini anlamak amacıyla sistematik literatür taraması (SLT) yapılmıştır. Akademik çalışma sayılarının artması ve çalışma içeriklerinin farklılaşması göz önüne alındığında çalışmaların incelenmesi sonuçlarının sistematik bir şekilde ortaya konması önemlidir (Yıldız, 2022, s. 369). SLT, bilimsel ve şeffaf bir prosedür sunma, araştırma sorusuyla ilgili mevcut literatürü keşfetme ve araştırmadaki ilerlemelere yön veren bilgi boşluklarını belirlemek gibi çeşitli faydalar sağlamaktadır (Illankoon vd., 2023, s. 2). Bu çalışmada; yapısal atıkların belgelendirilmesi ve döngüsel ekonomi kapsamında araştırma soruları belirlenmiş, SLT ile ilgili bilimsel çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalar konu içeriklerine göre sınıflandırılarak araştırma sorularının cevapları aranmıştır. 2015 yılında Avrupa Komisyonu tarafından Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nın yayınlanması sonrasında yapı sektörü ile ilgili bilimsel çalışmalarda belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Yapısal atık ve döngüsel ekonomi konuları ile ilgili yapılan çalışmalar için içerik ve sayı bakımından kapsamlı veri elde edilebilmesi amacıyla, bu çalışmada 2018-2024 yılları arasında yayınlanmış makaleler değerlendirmeye alınmıştır. Literatür verileri ile mevcut durum tespiti yapılarak araştırma boşlukları tanımlanmıştır.

Araştırma soruları kapsamında yapılan SLT; tanımlama, tarama, uygunluk ve sonuç olmak üzere 4 aşamalı incelenmiş ve akış şeması Şekil 2'de gösterilmiştir.

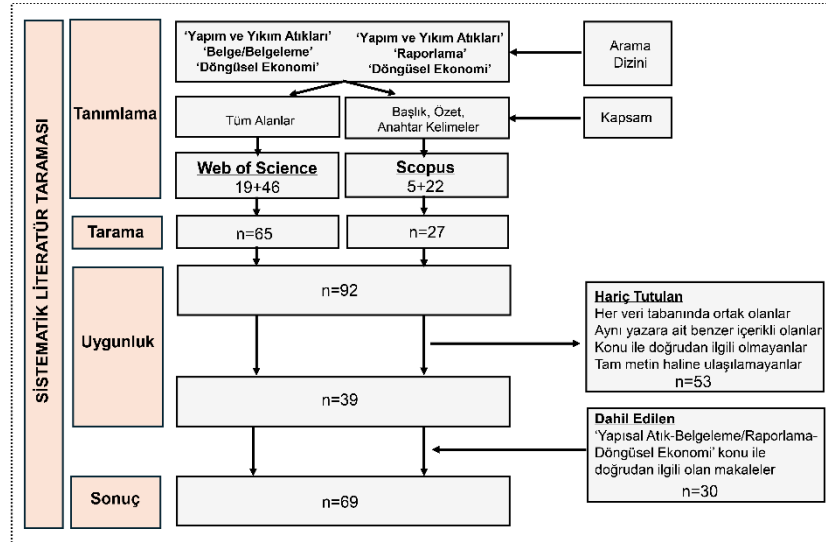
1.Tanımlama: Araştırma doğrultusunda uluslararası kapsamlı akademik içeriğe sahip olan 'Web of Science (WoS)' ve 'Scopus' olmak üzere 2 veri tabanı seçilerek 'yapım ve yıkım atıkları-belgeleme/raporlama-döngüsel ekonomi' kavramları arama terimlerinde anahtar kelimeler olarak kullanılmıştır.

2.Tarama: Veri tabanlarında arama kapsamı Web of Science (WoS)'ta tüm alanlar; Science Direct'te başlık, özet, anahtar kelimeler bilgilerini içeren bölüm olarak seçilmiş, anahtar kelimeler yazılarak tarama yapılmıştır. Web of Science (WoS)'ta 65 ve Scopus'ta 27 olmak üzere toplam 92 akademik çalışmaya ulaşılmıştır.

3.Uygunluk: Erişilen 92 makaleden konu ile doğrudan ilgili olmayan, veri tabanlarında ortak bulunan, tam haline ulaşılamayan ve aynı yazara ait benzer içerikli 53 makale hariç tutulmuştur. Hariç tutulan makaleler çıkarılınca, değerlendirilecek makale sayısı 39

olarak belirlenmiştir. Ayrıca, ‘Yapısal Atık-Belgeleme/Raporlama-Döngüsel Ekonomi’ konularını kapsayan, bu çalışma ile doğrudan ilgili olan 30 makale daha araştırmaya dahil edilmiştir.

4.Sonuç: Uygunluk kriterlerini sağlayan toplam 69 makale değerlendirme kapsamına alınmış ve her bir makale detaylı şekilde incelenerek elde edilen veriler çalışmaya dahil edilmiştir.

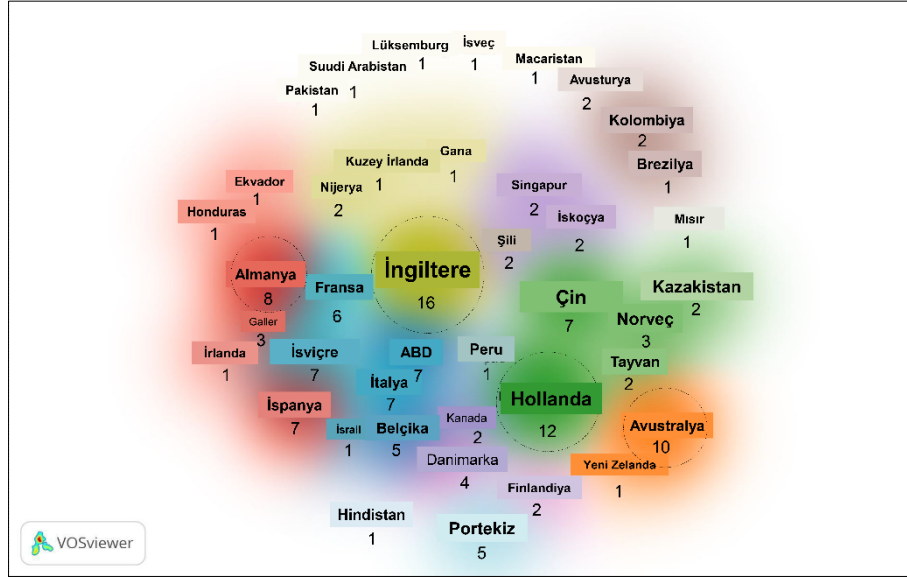


Şekil 2. SLT-Akış Şeması (URL-4'ten uyarlanmıştır.)

3. Analiz

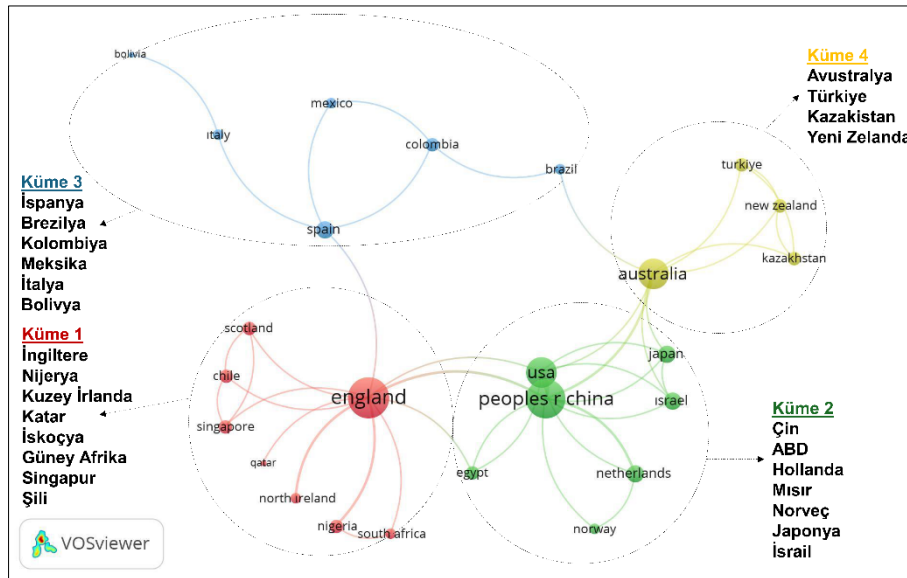
SLT kapsamında ‘Yapısal Atık-Belgeleme/Raporlama-Döngüsel Ekonomi’ konuların içeren ‘Web of Science’ ve ‘Scopus’ veri tabanlarında uygunluk kriterlerini sağlayan makalelerin içeriğini ve bölgesel durumunu belirleyebilmek için bibliyometrik analizi yapılmıştır. Analizde; bibliyometrik ağları görselleştirmek için açık kaynaklı bir yazılım aracı olan VOSviewer (sürüm 1.6.20) kullanılmıştır (URL-5). VOSviewer; ortak atıf, ortak yazarlık, ortak ülke veya ortak oluşum verilerine dayalı, anahtar kelimelerden oluşan ve bibliyografik ağları gösteren bir haritadır (Van Eck & Waltman, 2010, s. 523).

VOSviewer yazılım programında analiz için; arama kriterleri, ‘analiz türü: ortak yazarlık/ analiz birimi: ülke’ olarak belirlenmiş, bir ülke için ‘en az 1 makale / en az 1 atıf alma’ durumu seçilerek 35 ülke arasındaki yoğunluk haritası oluşturulmuştur. SLT kapsamında, ülkelere göre makale sayılarını gösteren yoğunluk haritası Şekil 3’te gösterilmiştir. Yoğunluk haritasına göre; Çin 14 makale ile en yüksek çalışmaya sahip ülke olurken, Avustralya ve İngiltere her biri 12 makale ile ikinci sırada yer almakta; Hollanda ve ABD ise 6’şar makale ile bu ülkeleri takip etmektedir.

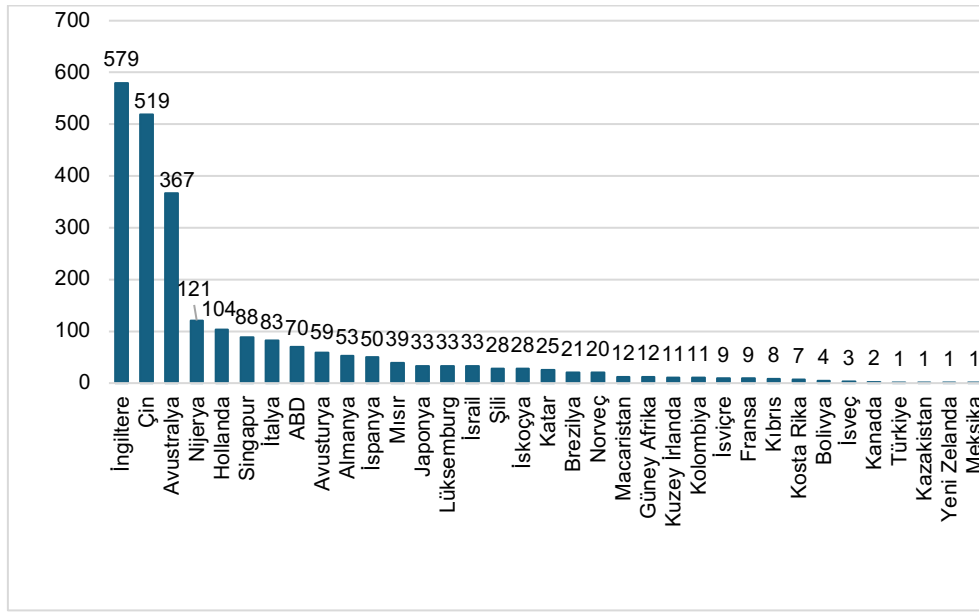


Şekil 3. Ülkelerin Makale Sayılarını Gösteren Yoğunluk Haritası (URL-5'ten alınmıştır.)

SLT ülke analizi için, bir ülke için 'en az 1 makale /en az 1 atıf alma' durumu seçilerek aralarında ilişki bulunan 25 birleşim noktası üzerinden ülkelerin bilimsel haritası çıkarılmıştır. SLT kapsamındaki makalelerin ülke ve atıf ilişkisi Şekil 4'teki ağ haritasında gösterilmiştir. Bilimsel ağ haritasına göre; makalelerin yayınlandıkları ülkeler ve aldıkları atıflar arasında birbirleri ile 4 küme 44 bağlantı ve 51 bağlantı gücü bulunmaktadır. Ülkelerin birbirine olan yakın konumu ve aralarındaki çizgi kalınlıkları ülkeler arasındaki bağlantıyı, bağlantı gücünü ve atıf yapma sıklığını ifade etmektedir. Ülkelerin birbirlerine atıf yapma sıklığına göre 4 farklı renkte küme oluşmuştur. İngiltere, Nijerya, Kuzey İrlanda, Katar, Güney Afrika, İskoçya, Singapur ve Şili kırmızı renkli küme 1'de; Çin, ABD, Hollanda, Mısır, Norveç, Japonya ve İsrail yeşil renkli küme 2'de; İtalya, İspanya, Brezilya, Kolombiya, Meksika ve Bolivya mavi renkli küme 3'te; Avustralya, Türkiye, Kazakistan ve Yeni Zelanda sarı renkli küme 4 içerisinde yer almaktadır. En fazla atıf alan ülkeler arasında İngiltere 579, Çin 519, Avustralya 367, Nijerya 121 ve Hollanda 104 atıf ile sıralandırılmış ve ülkelerin atıf sayısı Şekil 5'te gösterilmiştir.

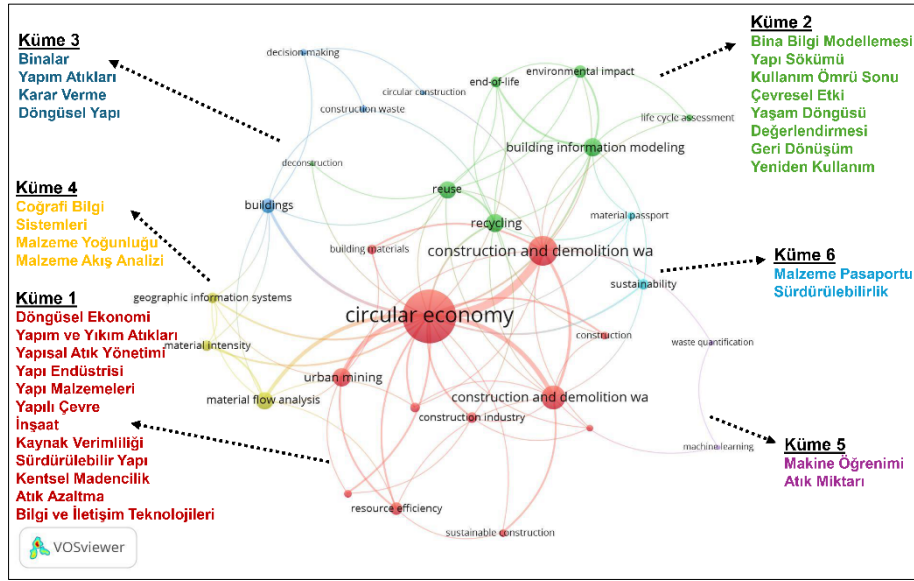


Şekil 4. SLT Kapsamındaki Makalelerin Ülkeler Arasındaki Ağ Haritalaması (URL-5'ten alınmıştır.)

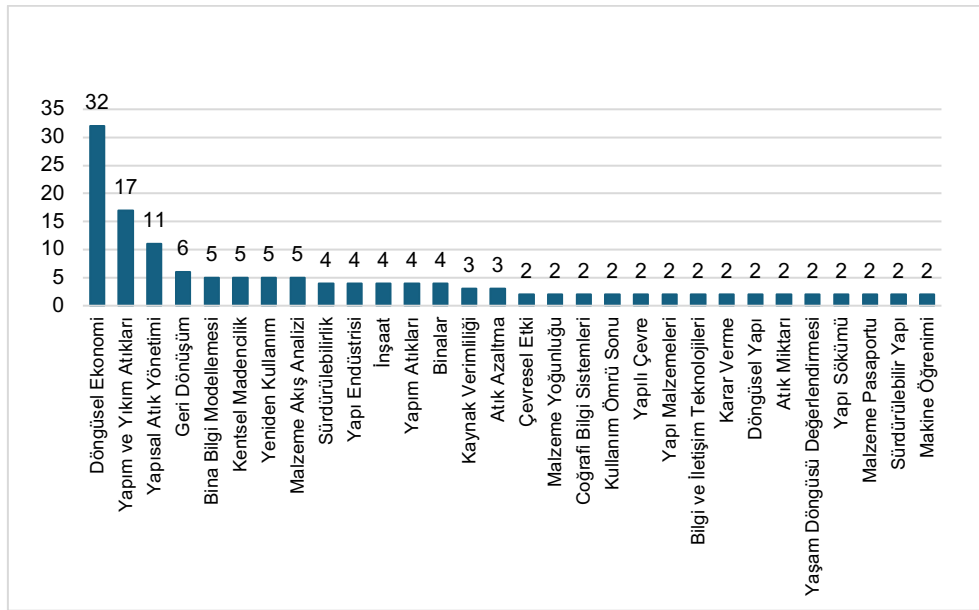


Şekil 5. SLT Kapsamındaki Makalelerin Ükelere Göre Atıf Sayısı (URL-5'ten oluşturulmuştur.)

SLT kapsamındaki makale yazarlarının en sık kullandığı kelimeler analiz edilmiştir. Arama kriterleri; ‘analiz türü-eş dizilimli’ ve ‘analiz birimi-yazar’ anahtar kelimeleri olarak belirlenmiş, bir anahtar kelimenin en az tekrar sayısı 2 olacak şekilde seçilmiştir. Anahtar kelime analizinde benzer içeriklerin bulunmasından dolayı “VOSviewer eş anlamlılar dosyası” oluşturulmuş ve benzer kelime/ifadeler filtrelenerek birleştirilmiştir. Kaliteli ve iyi sonuç elde edebilmek için konu ile doğrudan ilgili olmayan kelimeler, Çin ve Avustralya gibi ülke isimleri analize dahil edilmemiştir. İlgili makalelerdeki toplam 234 anahtar kelime içerisinde aralarında ilişki bulunan 30 birleşim noktası üzerinden anahtar kelimelerin bilimsel haritası çıkarılmıştır. Makalelerdeki anahtar kelimelerin yoğunluk ilişkisi Şekil 6’daki ağ haritasında gösterilmiştir. Ağ haritasında, en büyük düğüm döngüsel ekonomi anahtar kelimesine aittir. Bilimsel ağ haritasında; anahtar kelimeler ve kullanım durumu arasında birbirleri ile 6 küme 86 bağlantı ve 126 bağlantı gücü bulunmaktadır. Anahtar kelimelerin aralarındaki çizgi kalınlıkları birbirleri ile bağlantı gücünü ve birlikte kullanımını ifade etmektedir. ‘Döngüsel Ekonomi’ ve ‘Yapım ve Yıkım Atıkları’ kelimeleri en güçlü bağlantıya sahip anahtar kelimelerdir. Anahtar kelime eş-görünümüne göre, kümeler 6 farklı renk ile gösterilmiştir. Yazarlar tarafından en fazla kullanılan anahtar kelimeler; döngüsel ekonomi, yapım ve yıkım atıkları, yapısal atık yönetimi, geri dönüşüm, bina bilgi modellemesi, kentsel madencilik, yeniden kullanım ve malzeme akış analizidir. Şekil 7’de analizdeki anahtar kelimelerin tekrarlanma sıklığı gösterilmiştir.

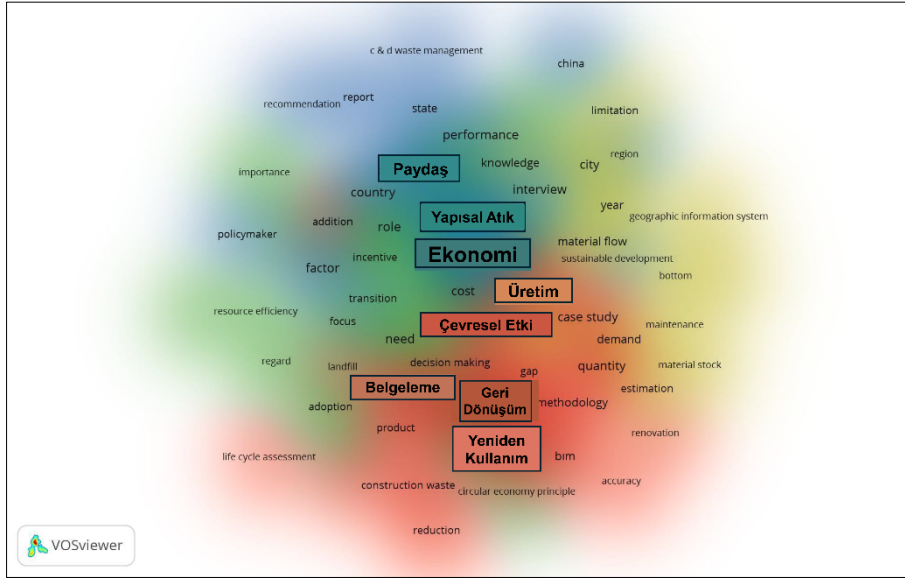


Şekil 6. SLT Kapsamındaki Makalelerin Anahtar Kelimeleri Ağ Haritalaması (URL-5'ten alınmıştır.)



Şekil 7. SLT Kapsamındaki Makalelerin Anahtar Kelime Tekrarı (URL-5'ten oluşturulmuştur.)

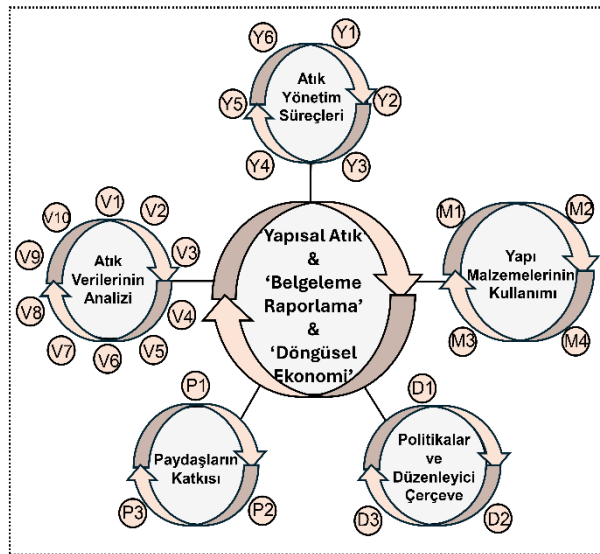
Çalışma kapsamında seçilen makalelerin özetlerindeki kelimeler analiz edilmiştir. Bir kelime için en az tekrar sayısı 4 olarak seçilmiştir. Kelimeler içerisinde bulunan benzer kelime/ifadeler için "VOSviewer eş anlamlılar dosyası" oluşturulmuş ve benzer kelime/ifadeler filtrelenerek birleştirilmiştir. Örneğin, 'c&d' ve 'cdw' ifadeleri yerine 'c&d waste'- yapım ve yıkım atıkları kullanılmıştır. İlgili makalelerdeki toplam 2301 kelime içerisinde aralarında ilişki bulunan 120 kelime belirlenmiştir. 120 kelimenin her biri için uygunluk puanı hesaplanarak varsayılan seçimin %60 oranında birbirleri ile ilişkili 72 kelime üzerinden ağ haritası oluşturulmuştur. SLT makale özetlerindeki kelimelerin yoğunluk ilişkisi Şekil 8'deki ağ haritasında gösterilmiştir. Bilimsel ağ haritasına göre; kelimeler arasındaki ilişki 4 küme 1529 bağlantı ve 2634 bağlantı gücü ile ifade edilmektedir. Bu kapsamda oluşturulan kelime kümeleri 4 farklı renkte gösterilmiştir. Özet metinleri içerisinde en fazla kullanılan kelimeler; döngüsel ekonomi, yapısal atık, geri dönüşüm, paydaş, üretim, yeniden kullanım, çevresel etki ve belgelemedir.



Şekil 8. Makale Özetlerindeki Kelimelerin Yoğunluk Haritası (URL-5'ten alınmıştır.)

4. Sınıflandırma

'Yapısal Atık-Belgeleme-Döngüsel Ekonomi' kavramlarının araştırma alanlarını belirlemek için seçilen sistematik literatür taraması kapsamındaki 69 makale çalışması incelenmiştir. Bu bağlamda, değerlendirilen makaleler içeriklerine göre; yönetim süreci, veri toplama, malzeme yaklaşımları, paydaş etkisi ve düzenlemeler olarak 5 grupta sınıflandırılmıştır. Belgelemeye yönelik mevcut eğilimlerin tespitine yönelik analizlerde, sınıflandırma konu içerikleri belirlenmiştir. Yapılan araştırmalarda konular; atık yönetim süreçlerinde 6, atık verilerinin analizinde 10, yapı malzemelerinin kullanımında 4, paydaşların katkısında 3 ve politikalar ve düzenleyici çerçevede 3 içerik üzerine yoğunlaşmıştır. Sınıflandırma konuları ve içerik kodları Şekil 9'da gösterilmiştir. Mevcut araştırmalar, inşaat sektöründe sürdürülebilirliği sağlayabilmek için doğrusal ekonomi yaklaşımından uzaklaşarak döngüsel ekonomi ile yapısal atıklara çözüm sunan farklı odak noktalarına yöneldiğini göstermektedir.



Şekil 9. Yapısal Atık Belgelemeye Yönelik Araştırma Odakları

4.1. Atık Yönetim Süreçleri

Atık yönetim süreçleri; yapı üretimi aşamalarındaki belgelemeye yönelik işlemleri kapsamaktadır. Çalışma içerikleri değerlendirildiğinde belirli odak noktalarına daha fazla yoğunlaşıldığı görülmüştür. 'Atık Yönetim Süreçleri' konu içeriklerinde; atık azaltma odaklı tasarım kararları, seçici yıkımın uygulaması ve yapı sökümü ile ilgili çalışmalar ön plandadır. Tablo 1'de atık yönetim süreçlerinin konu içerikleri kaynakları ile gösterilmiştir.

Tablo 1. Atık Yönetim Süreçlerinin Konu İçerikleri

Atık Yönetim Süreçleri		
Kod	İçerik	Kaynaklar
Y1	Atık azaltma odaklı tasarım kararları	(Eze vd., 2022; Lam vd., 2020; Mahinkanda vd., 2023)
Y2	Atıkların tasarlanması, sökmeye yönelik tasarım	(Meng vd., 2023; Minunno vd., 2020; O'Grady vd., 2021)
Y3	Yeniden kullanım için tasarım	(Condotta vd., 2021)
Y4	Seçici yıkımın uygulanması	(Iodice vd., 2021; van den Berg vd., 2020)
Y5	Binaların kullanım ömrü sonunun değerlendirilmesi	(Omer vd., 2024; Wang vd., 2022)
Y6	Yapı sökümü ile geri dönüşüm/yeniden kullanım potansiyelini arttırmak	(Gambato vd., 2023)

Yapı üretiminin her bir aşaması, doğrudan ya da dolaylı yollarla atık oluşumuna neden olmaktadır. Doğrusal ekonomi modeli ile ilerleyen üretim sürecinde yapı tüm yaşam döngüsü boyunca atık üretmeye devam edecektir. Döngüsel ekonomi modelinde ise atıklar döngü içerisinde değerlendirilerek kullanım alanlarının genişlemesi planlanmaktadır. Mevcut araştırmalar; (Wang vd.,2022, s.1-17; Antunes vd.,2024, s. 1-18; van den Berg vd.,2020, s.1-12; Gambato vd.,2023, s.1-6; Choudhary vd.,2022, s. 1-17) döngüsel ekonomi açısından özellikle geri dönüşüm ve geri kazanım gibi konulara yoğunlaşmıştır. Bu durumda atık miktarındaki artış devam ederek ürün ihtiyacını karşılamada yetersiz kalacaktır ve atıkların tasarlanması ile daha fazla döngüsellğe geçiş sağlanacaktır (Usha vd., 2023, s. 243). Atık yönetimi kapsamında planlama ve tasarım süreçlerinde, maliyet ve zaman gibi etkenlerden dolayı atık konusuna daha az dikkat edilmektedir (Fonseca vd., 2023, s.12). Bir yapı için tasarım aşaması, malzeme ve bileşenlerin özellikleri, döngüsel ekonomi uyumu ve yeniden kullanım uygulamaları açısından önemli bir aşamadır (O'Grady vd., 2021, s. 2; Condotta vd., 2021, s. 2). Tasarımcılar, yapı sistemi ve malzeme kullanımına göre ortaya çıkabilecek atık miktarlarına göre alternatifler oluşturabilirler (Lam vd., 2019, s. 1004). Çevre dostu bina tasarımı için tasarımcıların etkili tasarım stratejileri, dikkatli malzeme seçimi ve satın alma yöntemleri gibi kriterleri dikkate alması atık oluşumunu önemli ölçüde engelleyecektir (Mahinkanda vd., 2023, s. 3).

Yapım aşamasında oluşan atıklar, daha temiz içerikli ve alan içerisinde kolayca ayrıştırılabilmesi nedeniyle döngüsel ekonomi çerçevesinde daha etkin bir şekilde değerlendirilecektir (Santos vd., 2024, s. 479-509). Kullanım aşamasında, yenileme ve tadilat çalışmaları kapsamında farklı projelerdeki malzeme bileşenlerinin çeşitli teknikler ile sökülmesi yeniden kullanımına olanak sağlayacaktır (Mohammadizazi & Bilec, 2023, s. 1-11). Yıkım aşamasında yapının döngüsellğini sağlayabilmek için yıkım tercihi önemlidir. Bir binanın yıkımı geleneksel, kısmen seçici veya tamamen seçici olmak üzere 3 şekilde sınıflandırılabilir (Ramos vd., 2024, s. 2). Geleneksel bina yıkımı işleminde atık malzemelere fazla önem verilmeden, ağır makineler kullanılarak binaların hızlı bir şekilde yıkılmakta ve ortaya çıkan atıklar için genellikle düzenli depolama veya yakma işlemi uygulanmaktadır (Zaman vd., 2018, s. 2). Kullanım ömrü sona eren binaların seçici yıkım

ile yıkılması, yapısal atıkların değerlendirilme potansiyelini geleneksel yıkıma göre artırır (Antunes vd., 2024, s. 5). Seçici yıkım, döngüselliğin temel unsuru olarak kabul edilerek, yapı malzemelerinin yeniden değerlendirilmesini en yüksek seviyeye çıkarmaktadır (van den Berg vd., 2020, s. 2; Iodice vd., 2021, s. 83; Ramos vd., 2024, s. 1-12).

Yapı sektöründe döngüsel ekonomi hedeflerine ulaşmak için, tasarım ve yıkım aşamalarının birbirleri ile bağlantılı olduğu 'yapı söküm için tasarım' kavramı ön plana çıkmıştır (Meng vd., 2023, s. 10). Yapı sökümü, bir binanın tamamının ya da belirli bölümlerinin yapısal bileşenleriyle birlikte sökülerek başka bir yere taşınmasıdır (O'Grady vd., 2021, s. 2). Yapı sökümün temel amacı, bina yaşam döngüsünün sonunda kaynak geri kazanımını en üst seviyeye çıkararak, malzemenin yeniden kullanılmasına ve geri dönüştürülmesine olanak sağlamasıdır (Zaman vd., 2018, s.2). Döngüsel ekonomi stratejilerinin yönetim süreci içerisinde doğru uygulanabilmesi doğru planlama anlayışı ile bütüncül olarak düşünülmelidir.

4.2. Atık Verilerinin Analizi

Atık verilerinin analizi, yapısal atıkların miktarları, nitelikleri gibi bilgileri içeren mevcut yöntemleri ve dijital uygulamaları içeren araştırmaları kapsamaktadır. Atık Verilerinin Analizi' konu içeriklerinde; bina bilgi modelleme, malzeme stok analizinin yapılması ve teknolojik araçların kullanımı gibi birçok yöntemin tercih edilmektedir. Tablo 2'de atık verilerinin analizi konu içerikleri kaynakları ile gösterilmiştir.

Tablo 2. Atık Verilerinin Analizi Konu İçerikleri

Atık Verilerinin Analizi		
Kod	İçerik	Kaynaklar
V1	Kentsel madencilik ile malzeme/bina stok analizinin yapılması	(Aldebei & Dombi, 2021; Arora vd., 2021; Callegher vd., 2023)
V2	Malzeme bileşenlerine göre sınıflandırma	(Lam vd., 2020; Rose & Stegemann, 2018)
V3	Malzeme akış/stok analizinin yapılması	(Arora vd., 2019; Ferronato vd., 2023; Guo vd., 2021; Mohammadizazi & Bilec, 2022; Ortlepp vd., 2018; Tirado vd., 2021)
V4	Atık miktarının ölçülmesi	(Berge & von Blottnitz, 2022; Colorado, vd., 2022; Fufa, vd., 2023)
V5	Teknolojik araç kullanımının araştırılması	(Illankoon vd., 2023; Jorgensen vd., 2023; Omer vd., 2024; Sivashanmugam vd., 2023; Yu vd., 2022)
V6	Bina bilgi modelleme tabanlı değerlendirme	(Akanbi vd., 2019; Akinade & Oyedele, 2019; Eze vd., 2022; Jayasinghe & Waldmann, 2020; Han vd., 2024; Wang vd., 2022; Wang vd., 2024;)
V7	Coğrafi bilgi sistemi	(Elshaboury & AlMetwaly, 2023; Liu, vd., 2022)
V8	Malzeme pasaportu	(Atta vd., 2021; Honic vd., 2021; Vahidi vd., 2024)
V9	Makine öğrenimi, Derin öğrenme kullanım sensör tabanlı izleme	(Lin vd., 2023; Maged vd., 2024; Mahpour, 2023; Wu vd., 2021)
V10	Rfid Teknolojisi, Mobil uygulama ile izlenebilirlik, Dijital ikiz	(Meng vd., 2023; Saez vd., 2023; Vahidi vd., 2024)

Yapısal atıkların döngüsel ekonomi ilkeleri bağlamında değerlendirilebilmesi için atıklarla ilgili daha ayrıntılı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yapı üretiminin uzun ve karmaşık bir süreç olması yapısal atık verilerini doğru bir şekilde elde edilebilme potansiyelini sınırlamaktadır. Atıkların kapsamı ve bileşimi hakkında yetersiz bilginin olması atık tahminini zorlaştırmakta (Mahinkanda vd., 2023, s. 3) ve atık yönetiminin uygulanabilme verimini düşürmektedir. Etkili döngüsel ekonomi stratejilerini uygulamak için binalarda

biriken malzemelerin miktarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi önemlidir (Callegher vd., 2023, s. 1). Yapısal atık üretimini doğru bir şekilde ölçmek için yerleşik çerçeve ve yöntem eksikliği vardır (Mahinkanda vd., 2023, s. 18). Bu kapsamda son yıllardaki çalışmalarda atık miktarını ölçmek, yönetmek ve raporlamaya yönelik çeşitli ölçüm modelleri üzerine araştırmalar yapılmıştır (Lam vd., 2020, s. 1003-1012; Berge & von Blottnitz, 2022, s. 14-18; Fufa vd., 2023, s. 1-10; Sivashanmugam vd., 2023, s. 1-16; Akinade & Oyedele, 2019, s. 863-873).

Wu vd., (2014, s.1686), yapmış oldukları çalışmada yapısal atık miktarını belirlemek için atık üretim faaliyetlerine, tahmin düzeyine ve belirli metodolojiye göre sınıflandırmışlardır. Atık ölçülmesine yönelik yaklaşımları; saha ziyareti yöntemi, üretim oranı hesaplama yöntemi, yaşam analiz yöntemi, sınıflandırma sistemi birikim yöntemleri ve değişken modelleme yöntemi olarak 5 gruba ayırmıştır.

- 1.Saha Ziyareti Yöntemi: Araştırmacıların inşaat veya yıkım sahasında bulunması şartı ile doğrudan veya dolaylı ölçüm olarak iki farklı şekilde yapılır (Colorado vd., 2022, s. 2; Wu vd., 2014, s. 1686). Doğrudan ölçüm yöntemi maliyet ve iş yükü bakımından önemli ölçüde zaman almaktadır (Wang vd., 2024, s. 3).
- 2.Üretim Hızı Hesaplama Yöntemi: Atık üretim oranının elde edilmesini ve alana göre finansal değer gibi bazı alternatif parametrelerin tahmin edilmesini amaçlamaktadır (Colorado vd., 2022, s. 2).
- 3.Yaşam Analiz Yöntemi: Bina, yaşam boyu analizi ve malzeme yaşam boyu analizi olmak üzere ikiye ayrılır (Wu vd., 2014, s. 1687). Bir binanın yıkım sonucunda yıkım kalıntısı miktarının inşa edilen yapının kütesine eşit olması gerektiğini varsayarak, kütle dengesine dayalı ölçme yöntemidir (Colorado vd., 2022, s. 2).
4. Sınıflandırma Biriktirme Sistemi Yöntemi (CSA): Üretim hızı hesaplama yöntemine dayanmakta olup, farklı özel malzemeler için bir miktar belirleme sistemi sunmaktadır (Colorado vd., 2022, s. 2).
- 5.Değişken Modelleme Yöntemi: Beş faktörü (belirli faaliyet, iş ve ekipman türü, malzeme ve depolama türü, saha ve hava koşulları ve şirket politikası) dikkate alarak atık oluşumunu simüle etmek için değişkenlerin kullanılmasıdır (Colorado vd., 2022, s. 2).

Malzeme akışına yönelik döngüsel ekonomi modeli, ekonomik büyümeden ödün vermeden kaynak kullanımı, üretim ve bertaraftan kaynaklanan çevresel etkiyi azaltarak kaynak verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır (URL-6). Döngüsel ekonomi modeli kapsamında tasarlanmayan mevcut yapılar halihazırda atık üretimine devam edecektir. Mevcut bina stoğunun analizi, inşaat sektöründe döngüsel ekonomi uygulamalarının planlanması ve gelecekte kullanılacak malzemelerin envanterinin korunması açısından kritik bir öneme sahiptir (Panizza & Bakht, 2024, s. 29). Kentsel madencilik; atıkların, hurdaların ve çöplerin geri dönüştürülmesine yönelik çevresel kaygılar nedeniyle binalarda biriken malzeme miktarının mevcut doğal rezervlerle karşılaştırılabilir olması düşüncesi ile ortaya çıkmıştır (Kakkos vd., 2020, s. 2). Kentsel madencilik, birincil kaynaklara olan ihtiyacı azaltarak malzemelerin yeniden kullanım ve geri dönüşüm olanaklarını artırarak şehirlerin daha sürdürülebilir olmasına yardımcı olacaktır (Aldebei & Dombi, 2021, s. 6; Kakkos vd., 2020, s. 2).

Bazı araştırmacılar atık verilerini toplayabilmek için malzeme akış analizi yöntemini kullanmışlardır (Ortlepp vd., 2018, s. 164-178; Arora vd., 2019, s. 239-248; Guo vd., 2021, s. 165-175; Tirado vd., 2021, s. 1-34; Mohammadizazi & Bilec, 2022, s. 1-26; Ferronato vd., 2023, s. 24377-24397). Yapı malzemesi stok analizi (MSA) malzeme bileşimini, miktarını ve konumunu takip etmek, döngüsel ekonominin temel stratejileri olan malzemelerin yeniden kullanımını veya başka amaçlarla kullanılmasını sağlamaktadır (Mohammadizazi & Bilec, 2022, s. 4). Bu yöntem atıkların geri kazanım

potansiyeli açısından en uygun araç olarak görülmektedir (Tirado vd., 2021, s. 2). Malzeme stok analizi yöntemi aşağıdan yukarıya, yukarıdan aşağıya ve uzaktan algılama yaklaşımları olmak üzere 3 şekilde gerçekleştirilmektedir (Mohammadizazi & Bilec, 2022, s. 8-19):

1. Aşağıdan yukarıya yaklaşımlar: Binaların fiziksel özelliklerini (taban alanı, hacim, yüzey alanı vb.) malzeme yoğunluğuyla birleştirerek malzemeleri ölçmek ve coğrafi konumlandırmak için kullanılmaktadır. Diğer yaklaşımlara göre daha fazla bilgi içermektedir.

2. Yukarıdan aşağıya yaklaşımlar: Nüfus, yaşam tarzı, gayri safi yurt içi hasıla gibi bilgiler ile inşaat malzemesi stoğunun ekonomik ve ticari veriler arasındaki ilişkiye dayalı olarak oluşturulmaktadır. Aşağıdan yukarıya yaklaşıma göre daha az bilgi içermektedir.

3. Uzaktan algılama yaklaşımları: Malzeme stoku için uydu görüntülerinin kullanılmasıdır.

Yapısal atık yönetiminde döngüsel ekonomi stratejilerinin uygulanabilmesi için teknolojik araçların kullanımı ön plana çıkmıştır. 2020 yılında Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nda bilgi ve iletişim teknoloji (BİT) tabanlı araçların döngüsel ekonomiyi destekleyeceği alanlar belirtilmiştir (URL-7):

- üretim bilgilerinin dijitalleştirilmesi potansiyelini harekete geçirerek sürdürülebilir ürünler tasarlamak,
- kaynak akışlarını takip ederek, izleyerek ve haritalandırarak döngüsel üretimi teşvik etmek,
- malzeme bilgi yönetimi kapsamında yapıların dayanıklılığını ve uyarlanabilirliğini geliştirmek,
- veri alanında yenilik yaparak akıllı uygulamalar için mimari ve yönetim sistemini sağlamak.

Li vd., (2020, s.1-17), atık yönetiminde bilgi teknolojilerinin kullanımına yönelik araştırmalarında; coğrafi bilgi sistemi, bina bilgi modellemesi, radyo frekansı tanımlama, barkod teknolojisi büyük veri, görüntü tanıma teknolojisi, görüntü analizi ve küresel konumlandırma sistemi gibi dijital uygulamaların kullanıldıklarını tespit etmişlerdir. BİT ile malzemelerin izlenebilirliğini ve erişilebilirliğini geliştirmek yapı malzemelerinin geri kazanımına ilişkin karar almayı kolaylaştırmaktadır (Yu vd., 2022, s. 2).

Atık bilgisi elde edebilmek için veri toplama yöntemlerinin bina veya bölgesel düzeyde kalması nedeniyle mevcut çalışmaların çoğunluğu bina bilgi modellemesi (BIM) ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) uygulamalarının kullanımını üzerine yoğunlaşmıştır. Akinade & Oyedele (2019, s. 863-873), inşaat tedarik zincirlerini döngüsel bir ekonomiye entegre etmek: ANFIS tabanlı bir atık analiz sistemi (A-WAS) geliştirmiş; Akanbi vd., (2019, s. 386-396), döngüsel ekonomide inşaat için sökme ve sökme analiz sistemi (D-DAS) geliştirmiş; Jayasinghe & Waldmann (2020, s. 1-15), sürdürülebilir inşaat sektörü için malzeme ve bileşen bankası olarak BIM tabanlı web aracı geliştirmiş; Wang vd., (2024, s.1-18), binaların kullanım ömrü sonundaki çevresel etkilerinin BIM tabanlı uygulama ile değerlendirmiş; Han vd., (2024, s. 1-19), sürdürülebilirlik için BIM tabanlı görsel yıkım atık yönetimi planlama sistemi üzerine çalışmışlardır. Liu vd., (2022, s. 1051-1060), CBS tabanlı malzeme stokları ve akış analizi ile kentsel kütle kazanımı ve kaybının ölçülmesi üzerine çalışma yapmışlardır. Ayrıca, Elshaboury & AlMetwaly (2023, s. 106533-106548), Aldebei & Dombi (2021, s.1-18) ve Tirado vd., (2021, s. 1-34) çalışmalarında coğrafi bilgi sistemine yönelik araştırmalar yapmışlardır.

Madaster Platformu; yapıları çevrede kullanılan malzemelerin kaydedilmesi ve belgelenmesi ile kaynakların nasıl yeniden kullanılabilmesine dair fikir sağlayarak binalara malzeme pasaportu oluşturmak için kurulmuştur. Hollanda başta olmak üzere Belçika, Almanya, Norveç, İngiltere, İsviçre ve Avusturya gibi ülkelerde faaliyet

göstermektedir (URL-8). Malzeme Pasaportları yapı malzemelerinin kullanım ömrü sonunda kurtarma olanakları hakkında bilgi sağlayan araçlardır (Atta vd., 2021, s. 1). Honic vd., (2021, s. 1-10), binaların kullanım ömrünün sonu için malzeme pasaportlarının potansiyellerini araştırmışlardır. Vahidi vd., (2024, s. 1-11), döngüsel ekonomi kapsamında geri dönüştürülmüş beton ile RFID tabanlı malzeme pasaport sistemi üzerine çalışma yapmışlardır.

Diğer bilgi ve teknolojik araç kullanımı ile yapılan çalışmalar kapsamında; Saez vd., (2023, s.1-15), atık oluşumunu tahmin edebilmek, veri toplayabilmek ve yapım süreci boyunca izlenebilir olmasına olanak sağlayan araçlar geliştirilebilmek amacıyla mobil uygulama teknolojisi geliştirmişlerdir. Bu uygulama; inşaat şirketleri, şantiye yöneticileri, atık kamyonu sürücüler ve atık imha şirketleri tarafından işbirlikçi bir çalışma yöntemiyle yapısal atıkların izlenebilirliği için kullanılabilmektedir. Meng vd., (2023, s. 1-14), dijital ikiz teknolojisinin inşaat sektöründe uygulanabilme potansiyelini araştırmışlardır.

Teknolojik uygulamalar arasında, BIM ve CBS gibi çalışmaların daha fazla yapıldığı görülmektedir. Özellikle BIM, yapı üretiminde tasarımdan yıkıma kadar kullanılabilmek olması açısından günümüz araştırmalarına kaynak olmaya devam edecektir.

4.3. Yapı Malzemelerinin Kullanımı

Malzeme kullanımı, döngüsel ekonomi bağlamında yapı üretim sürecinde oluşan atıkların yapı malzemesi olarak değerlendirilmesini kapsamaktadır. Çalışma içerikleri, özellikle atıkların yeniden kullanım ve geri dönüşüm olanakları sürece dahil edilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Tablo 3'te yapı malzemelerinin kullanımı konu içerikleri kaynakları ile gösterilmiştir.

Tablo 3. Yapı Malzemelerinin Kullanımı Konu İçerikleri

Yapı Malzemelerinin Kullanımı		
Kod	İçerik	Kaynaklar
M1	Geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı	(Bendix vd., 2022; Hahladakis vd., 2020; Pitti vd., 2020; Vahidi vd., 2024)
M2	Malzeme geri dönüşümünü/yeniden kullanımını sağlama	(Bao vd., 2021; Callegher vd., 2023; Papamichael vd., 2023; Wu vd., 2020)
M3	Yapı bileşenlerinin yeniden kullanımı	(Jayasinghe & Waldmann, 2020; van den Berg vd., 2020)
M4	Bina tipolojisine göre malzeme ve yoğunluğunun değişimi	(Fufa vd., 2023; Mohammadizazi & Bilec, 2023)

Yapı sektörü 3 milyar tondan fazla hammaddeyi kullanan dünyanın en büyük malzeme tüketicisidir (URL-9). Malzeme ve ürün çeşitliliğinin artması ile yapı sektörü daha fazla kaynak tüketmeye devam edecektir. Yapısal atıklar genellikle yapım, yenileme ve yıkım atıkları olarak sınıflandırılmaktadır (Bao vd., 2021, s. 2). Yapım atıkları içerik bakımından daha az kirlenmiş atıklar olmasına rağmen, yıkım atıkları karışık, kirlenmiş ve ayrıştırılması zor atıklardır (Santos vd., 2024, s. 479-480). Yapısal atık bileşimi her ülkede kullanılan yapı sistemine bağlı olarak değişmekte olup, genellikle beton, seramik, cam, plastik, çelik ve ahşap gibi yapı malzemelerinden oluşmaktadır. Beton ve seramik atıklar yapısal atık bileşiminin %80'inden fazlasını oluşturmaktadır (Zito vd., 2023, s. 1). Beton; yapıda birçok alanda kullanımı ve dayanıklılık gibi özellikleri nedeniyle tercih edilen yapı malzemesidir. Bu kapsamda; malzeme üzerine yapılan araştırmalar geri dönüşüm konusu üzerine yoğunlaşmıştır. Hahladakis vd., (2020, s. 460-471), geri dönüştürülmüş agrega konusunda stratejiler geliştirmiştir; Vahidi vd., (2024, s. 1-11), geri dönüştürülmüş betonun kullanımını; Pitti vd., (2020, s. 5226-5245), geri kazanılmış

ahşabın kullanımını ve Bendix vd., (2022, s. 1432-1443), plastik yapı ürünlerinin geri dönüşümünü araştırmışlardır.

AB ülkelerinde yapısal atıkların geri kazanım oranı %89 olmasına rağmen, yüksek değerli malzeme kazanımı değil, zayıf döngüsellik seviyesi olarak görülmektedir. Beton, tuğla, alçı ve seramik gibi malzemelerin geri dönüşümü çevresel etki bakımından en iyi uygulama olarak nitelendirilirken, ekonomik olarak pahalıdır. Geri kazanılan yıkım malzemesi yol yapımında dolgu malzemesi olarak yeniden kullanılmakta olup, teknik açıdan yeni malzeme niteliklerine sahip değildir (Caro vd., 2024, s. 11). Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü boyunca yeniden kullanımı ve geri dönüşümü, döngüsel ekonomi sistemi çerçevesinde gerçekleştirilebilir. Döngüsel ekonomi modeli, verimli ve akıllı yeniden kullanım stratejileri yoluyla ürün ve malzemelerin dolaşımını sürdürmeyi, böylece işlenmemiş malzemelere olan bağımlılığı ve olumsuz çevresel etkileri azaltmayı amaçlamaktadır (Ghaffar vd., 2020, s. 1).

Bölgesel farklılıklar göz önünde bulundurularak malzeme verilerin dikkate alınması, yapısal atıkların haritalandırılması ile atık bilgisi elde etmeye olanak sağlayacaktır (Wu vd., 2020, s. 1-12). Bao vd., (2021, s. 1-12), yenileme atıkları için veri haritası oluşturabilmek için araştırma yapmışlardır. Malzemenin yeniden kullanımını ve geri dönüşümünü sağlamak için temel ölçüm araçlarının geliştirilmesi önemlidir (Papamichael vd., 2023, s. 1728-1740). Bina bileşen ve malzemelerinin sökülmesi ve yeniden kullanılması için yeniden kullanılabilir olarak tasarlamak teşvik edilmeli ve malzeme döngüsünde kalabilmesi için yönergeler oluşturulmalıdır (Minunno vd., 2020, s. 12). Callegher vd., (2023, s. 1-19), farklı konut türlerinde kullanılan yapı malzemelerini araştırmış ve duvar, döşeme, çatı gibi yapı elemanlarında kullanılan malzeme çeşidi ve miktarının farklı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Mohammadizazi & Bilec (2023, s. 1-11), yapmış oldukları çalışmada malzeme yoğunluğunun fazla olduğu kısımların dış duvar ve döşemeler olduğunu tespit etmişlerdir. Bir binanın kullanım aşamasında bakım ve onarımı yapılan kısımları dış duvar, pencere, çatı ve döşemelerdir. Malzeme ihtiyacını ve atık oluşumunu azaltmak için binanın tasarım aşamasında malzeme yoğunluğunun fazla olduğu bileşenlerin sökülmesi ve kullanım sonunda yeni binalarda kullanılmasının planlanması daha uygun olacaktır. Yapı malzemelerinin yeniden kullanımı, geri dönüşümü veya geri kazanımı atık üretimini azaltarak, malzemenin döngüsel ekonomi ilkeleri ile değerlendirilmesine çevresel ve ekonomik yönlerden katkı sağlayacaktır.

4.4. Paydaşların Katkısı

Paydaşların katkısı, yapı üretim sürecinde yer alan ve sürece katkı sağlayan aktörlerin davranışlarını kapsamaktadır. Konu içerikleri; paydaşların bilgisi ve farkındalığının olması, paydaşlar arasındaki iş birliğinin sağlanması ve paydaşların sorumluluğunun tespitine yönelik çalışmalardır. Tablo 4'te paydaşların katkısı konu içerikleri kaynakları ile gösterilmiştir.

Tablo 4. Paydaşların Katkısı Konu İçerikleri

Paydaşların Katkısı		
Kod	İçerik	Kaynaklar
P1	Paydaşların bilgisi ve farkındalığının olması	(Giustiniani vd., 2023; Li vd., 2020)
P2	Paydaşlar arasında iş birliğinin sağlanması	(Bao vd., 2019; Fonseca vd., 2023; Ghaffar vd., 2020; Saez vd., 2023)
P3	Paydaşların sorumluluğunun tespit edilmesi	(Gerding vd., 2021; Saka vd., 2019; Shooshtarian vd., 2021)

Yapı üretiminde pek çok farklı paydaş yer alır. Bir binanın yaşam döngüsü süresince atık yönetiminde döngüsellüğün sağlanabilmesi, paydaşların görev ve sorumluluklarını etkin bir şekilde yerine getirmesiyle gerçekleştirilebilir. Mevcut araştırmalar, inşaat sektöründe ve döngüsel ekonomi ile atıkların belgelendirilmesi için paydaşların tutum ve davranışlarını anket, görüşme gibi yöntemler ile tespit etmeye çalışmıştır. Paydaşların bilgisi ve farkındalık düzeyine yönelik araştırmalar kapsamında Li vd., (2020, s. 1-17), halkın geri dönüştürülmüş agregaya yönelik tutumlarını; Giustiniani vd., (2023, s. 25113-25131), geri dönüşüm merkezleri hakkında çevre sakinlerinin farkındalığını araştırmışlardır. Araştırmacılar; (Fonseca vd.,2023, s. 1-16; Saez vd.,2023, s. 1-15; Ghaffar vd.,2020, s. 1-9; Bao vd.,2019, s. 12-21) yapısal atıkların ekonomik potansiyeli, tespiti ve geri dönüşümü için paydaşlar arasında iş birliğinin sağlanması gerektiğini tespit etmişlerdir. Paydaşların görev ve sorumluluklarına yönelik araştırmalar kapsamında; Saka vd., (2019, s. 793-807), malzeme ve atık yönetimi konusunda araştırmacıların farkındalığını; Shooshtarian vd., (2021, s. 1-20), genişletilmiş üretici sorumluluğu ile politikaların düzenlemelerini; Gerding vd., (2021, s. 617-635), yapı uygulamalarında yer alan paydaşların karar alma sürecinde döngüsel ekonomi stratejilerini araştırmışlardır.

Yapısal atık yönetimi konusunda tüm paydaşların sorumluluğu vardır. Konu hakkında farkındalık ve bilgi eksikliğinin daha fazla eğitim ile giderilmesi gerekmektedir. Tasarımcılar başta olmak üzere, mühendisler, yapımcılar, yükleniciler, denetleyiciler, yerel yönetimler ve politikacılar gibi yapı üretim sürecine katkı sağlayan paydaşların atık yönetimi konusunda bilgi sahibi olarak görev ve sorumluluklarını yerine getirmesi önemlidir.

4.5. Politikalar ve Düzenleyici Çerçeve

Politika ve düzenleyici çerçeve, yapı üretim sürecinde döngüsel ekonominin uygulanabilmesi ve belgeleme işlemine kaynak olabilecek yasal çalışmaları kapsamaktadır. Araştırmalar sonucunda tespit edilen engeller, uygun yasal düzenlemeler ile yeniden değerlendirilebilir. Tablo 5'te politikalar ve düzenleyici çerçeve konu içerikleri kaynakları ile gösterilmiştir.

Tablo 5. Politikalar ve Düzenleyici Çerçeve Konu İçerikleri

Politikalar ve Düzenleyici Çerçeve		
Kod	İçerik	Kaynaklar
D1	Politika ve düzenlemeye yönelik engellerin tespit edilmesi	(Abarca-Guerrero vd., 2022; Ratnasabapathy vd., 2021; Shooshtarian vd., 2022)
D2	Döngüsel ekonominin benimsenmesine yönelik politikaların uygulanması	(Bao & Lu, 2020; Koc, vd., 2023)
D3	Yasal düzenlemelerin belirlenmesi ve genişletilmesi	(Cheng vd., 2023; Moschen-Schimek vd., 2023)

Yapı sektöründe döngüsel ekonominin uygulanabilmesi için politika ve düzenlemeleri kapsayan farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar, atık yönetimi konusunda politikaların uygulanabilmesi açısından engellerin tespiti, yasaların iyileştirilmesi veya genişletilmesi gibi konuları içermektedir.

Ratnasabapathy vd., (2021, s. 559-576), atık verisi ve raporlama sisteminin olmamasından dolayı atık ticaretinin uygulanması konusunda engellerden biri olarak belirtmişlerdir. Abarca-Guerrero vd., (2022, s. 1-16), yapısal atıkların geri dönüşümünün önündeki engelleri teknik, finansal, çevresel, sosyal ve yasal açılardan araştırmışlardır. Araştırmaya göre; bina tasarımında kullanım ömrü sonunun dikkate alınmasını teknik, geri dönüştürülmüş malzeme pazarının gelişmemiş olmasını finansal, genişletilmiş üretici sorumluluğunun uygulanmamasını çevresel, kullanıcıların sürdürülebilir yapıyı

tercih etmemesini sosyal ve düzenlemelerin yeterli olmamasını yasal olarak değerlendirmişlerdir. Shooshtarian vd., (2022, s. 56-68), inşaat sektöründe döngüsel ekonomiye yönelik engellerin teşvik, düzenleme ve bilgi eksikliği olduğu sonucuna varmışlardır. Koç vd., (2023, s. 1-35), gelişmekte olan ülkelerde yapı sektöründe döngüsel ekonomiye geçişteki kritik başarı faktörlerini; mevzuat ve belgelendirme, finansal, tasarım, dış/paydaş, teknolojik, dahili ve atık yönetimi olarak belirlemişlerdir. Yasal düzenlemelerdeki eksiklikler geri kazanılmış yapı elemanlarının kullanımını etkilemektedir ve yeniden kullanımı teşvik eden iyileştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir (Condotta vd., 2021, s. 11). Huang vd., (2018, s. 36-44)'e göre azaltmaya, yeniden kullanıma ve geri dönüşüme yönelik engeller;

-Azaltma için; bina tasarım standardının eksikliği, atıkları yok etmek için maliyet, kentsel planlama hataları.

-Yeniden kullanım için; atık toplama ve sınıflandırmaya yönelik rehberlik eksikliği, yeniden kullanılabilen atıklar için gelişmiş bir pazar olmaması, bilgi ve standart eksikliği.

-Geri dönüşüm için; etkisiz yönetim sistemi, olgunlaşmamış geri dönüşüm teknolojisinin gelişmemiş olması, geri dönüştürülmüş atıklar için gelişmiş bir pazar olmaması.

Yapısal atık verileri için atık kodlarında ve veri toplama yöntemlerinde belirli standartları uygulayabilecek düzenlemelerin yapılması atık bilgilerini karşılaştırmada kolaylık sağlayacaktır (Moschen-Schimek vd., 2023, s.150-164). Döngüsel ekonomi bağlamında yapısal atık yönetimi için atık bilgilerini elde etmeye yönelik yapılacak yasal düzenlemeler atıkların kullanım potansiyelini artırarak ekonomik ve çevresel açılardan fayda sağlayacaktır.

5. Değerlendirme

Yapı sektöründe sürdürülebilir yaklaşım için, yapısal atıkların döngüsel ekonomi anlayışıyla değer kazanması önemlidir. Bu kapsamda incelenen mevcut araştırmalar, yapısal atıkların döngüsel ekonomi çerçevesinde yüksek derecede değerlendirilebilir olduğunu göstermektedir. Yapısal atıklar, yapı üretim sürecinin yapım, kullanım ve yıkım aşamalarında farklı çeşitte, nitelikte ve miktarlarda oluşan ürünlerdir. Bu ürünlerin tespitinin yapılabilmesi ve doğru bir şekilde kullanılabilmesi için özellikle atık bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan çalışmalarda, atık verilerine yönelik yapı üretiminin her aşaması için çeşitli yaklaşımlar uygulanmıştır. Elde edilen veriler, yapısal atıkların hangi yapı malzemelerinin geri dönüşümüne katkı sağlayabileceği ve bu malzemelerin hangi yöntemlerle kullanılabilmesi hakkında bilgi vermektedir. Yapısal atıkların döngüsel ekonomi bağlamında etkin bir şekilde değerlendirilebilmesi için malzeme bazlı yapılan çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Mevcut çalışmalarda, özellikle beton, ahşap, metal, cam ve plastik gibi yapı malzemelerinin farklı şekillerde yeniden kullanım veya geri dönüşüm potansiyellerine sahip olduğu görülmüştür. Analizler, yapı üretim sürecinde yapısal atıkların döngü içerisinde kalması için özellikle yeniden kullanım ve geri dönüşüm gibi uygulamalar açısından değerlendirilebilir olduğunu göstermektedir. Tablo 6'da literatür kapsamında incelenen çalışmalardaki yapısal atıkların malzeme bazlı değerlendirilmesi gösterilmiştir.

Tablo 6. Yapısal Atıkların Malzeme Bazlı Değerlendirilmesi

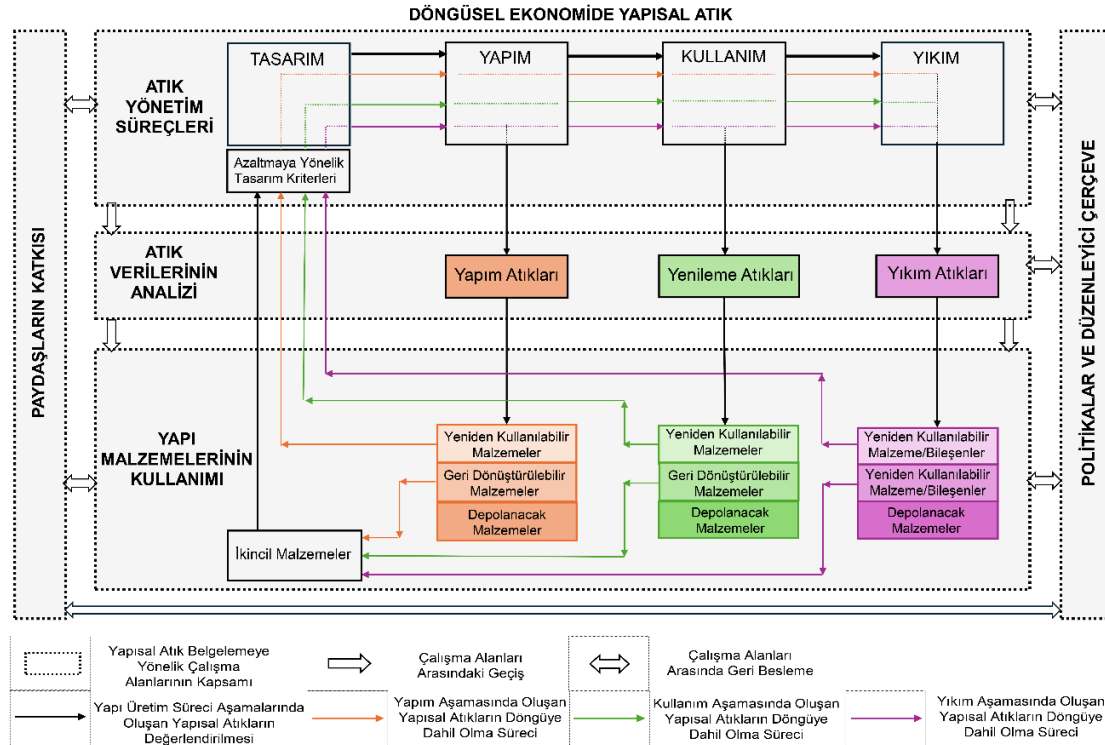
Yapısal Atıkların Malzeme Bazlı Değerlendirilmesi			
Malzeme Türü	Kullanım/Değerlendirme	Ülke	Kaynak
Ahşap	Geri kazanılmış mobilya üretimi	Almanya	(Pitti vd., 2020)
Çelik	Yeniden kullanım yeni ürün	Çin	(Wu vd., 2020)

Tablo 6. Yapısal Atıkların Malzeme Bazlı Değerlendirilmesi (Devam)

Plastik	Geri dönüştürülerek yapı malzemesi üretimi	Danimarka	(Bendix vd., 2022)
Beton	Geri dönüştürülmüş beton, dolgu malzemesi	Çin Hollanda	(Wang vd., 2022; Vahidi vd., 2024)
Cam	İzolasyon malzemesi üretimi	ABD	(Mohammadizazi & Bilec, 2023)

Türkiye’de ise, kentsel dönüşüm uygulamaları ve depremler sonucunda ortaya çıkan yapısal atık miktarları ciddi boyutlara ulaşmıştır (SKD Türkiye, 2024, s. 7). 2023 yılında gerçekleşen Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında oluşan atıkların değerlendirilmesine yönelik akademik çalışmalar artmaktadır (Doğdu & Alkan, 2023, s. 38-50; Temelli vd., 2023, s. 225-232; Şahmaran & Özçelik, 2023, s. 335-364). Yıkıntı atıklarının büyük bir kısmını beton, tuğla, çelik ve ahşap gibi yapı malzemeleri oluşturmaktadır (SKD Türkiye, 2024, s. 6). Koçak vd., (2024, s. 1042-1054), deprem atıklarından elde edilen geri kazanılmış agregaların beton üretiminde kullanılmasını araştırmışlardır. Afetler sonrasında oluşan atıkların değerlendirilmesi ve çevresel etkilerinin araştırılması geri kazanılabilir malzeme miktarını önemli ölçüde etkileyecektir.

Döngüsel ekonomi çerçevesinde yapısal atıkların verimli bir şekilde kullanılması; tasarım aşamasında atık azaltmaya yönelik kriterlerin uygulanması, veri toplama yöntemlerine göre atıkların değerlendirilmesi, yapı üretim süreci paydaşlarının destek vermesi ve her aşamada uygun yasal düzenlemeler ile sağlanacaktır. Döngüsel ekonomide yapısal atıkların değerlendirme süreci şeması Şekil 10’da gösterilmiştir.

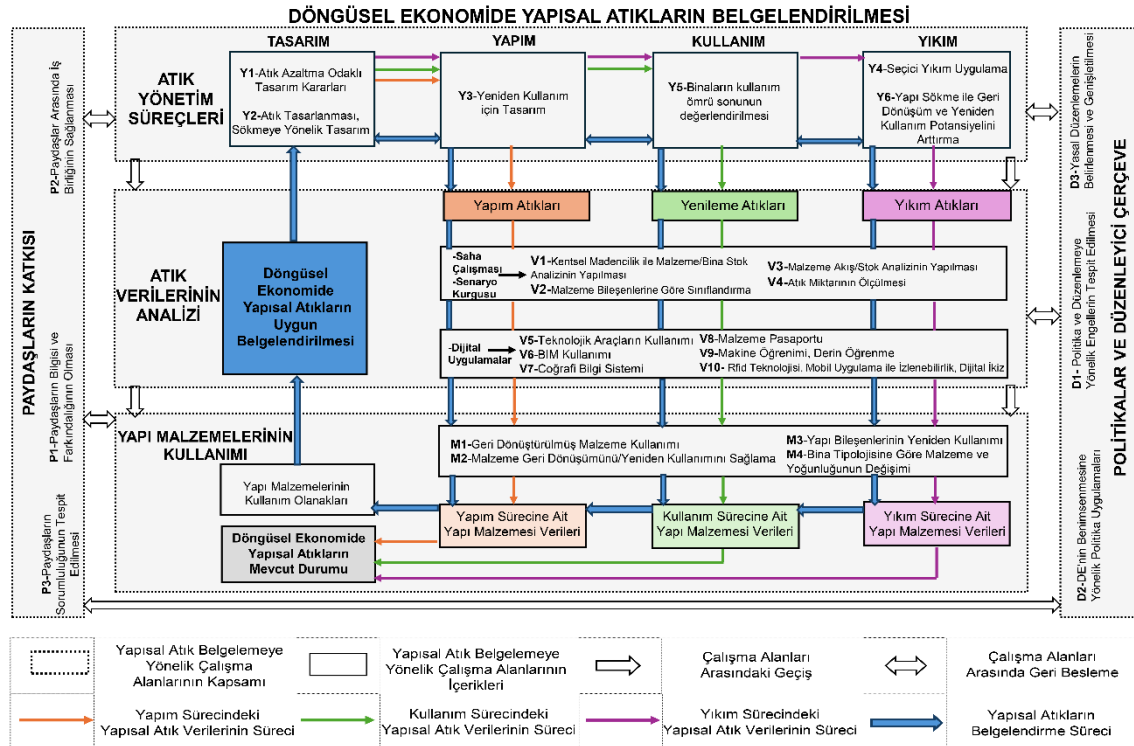


Şekil 10. Döngüsel Ekonomide Yapısal Atıkların Değerlendirme Süreci

Döngüsel ekonomi kapsamında yapısal atıkları belgelendirebilmek için, tasarım aşamasında atık azaltma odaklı kararlar ile yapının yıkım aşamasındaki durumunun dikkate alınması gerekmektedir. Sökmeye yönelik tasarım kararları, yıkım aşamasında seçici yıkımın uygulanması ve yapı sökümü ile malzemenin geri dönüşüm/yeniden kullanım potansiyelini artıracak faaliyetlerdir. Binaların kullanım ömrü sonunda yapı

malzemelerinin değerlendirilmesine olanak sağlayacak çalışmalar yapılmalıdır. Atık verilerini elde etmeye yönelik üretim sürecinin her aşamasında çeşitli veri toplama yöntemleri tercih edilmiştir. Atık miktarının ölçümü için saha çalışmaları, yıkım senaryosu üzerinden malzeme akış analizinin yapılması gibi işlemlerin yanı sıra dijital uygulamalardan faydalanılmıştır. Özellikle bina bilgi modelleme kullanımı, atık tasarımına olanak sağlayarak atık verilerinin tespit edilmesini daha etkin hale getirmektedir. Yönetim sürecinin aşamasına göre ortaya çıkan atıkların yapı malzemesi kapsamında değerlendirilebilir olması yapı sektöründe döngüsel ekonominin uygulanabilmesine katkı sağlayacaktır. Yapılarda en yaygın kullanılan malzemelerin yeniden kullanım veya geri dönüşüm yoluyla döngüsel süreçte yer alması hedeflenmektedir. Mevcut şartlara yapılarda kullanılan betonun geri dönüşümüyle ilgili çalışmalar devam etmektedir. Döngüsel ekonominin atık yönetimi uygulamalarına pozitif etkisi politika ve yasal düzenlemelerin belirlenmesi ve mevcut çalışma alanlarının iyileştirilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu kapsamda, paydaşların sorumluluklarının farkında olarak yüksek bilinç ile hareket etmeleri ve iş birliği içinde olmaları büyük önem taşımaktadır.

Belgelendirmeye yönelik mevcut çalışmalar, üretim sürecinin her aşaması için farklı, bölgesel duruma veya bina niteliğine göre değişen verileri içermektedir. Uygun belgelendirme ile atık verilerini tespit etmek için sürecin her aşamasında elde edilen veriler yapı malzemelerinin kullanım olanakları göz önüne alınarak oluşturulmalıdır. Şekil 11'de döngüsel ekonomide yapısal atıkların belgelendirilmesine yönelik çalışmalar şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 11. Döngüsel Ekonomide Yapısal Atıkların Belgelendirilmesi

6. Sonuç

Yapı sektöründe döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanması yapısal atıkların sürdürülebilir bir şekilde yönetimini sağlamak açısından önemli bir adımdır. Son yıllarda konu kapsamında yapılan araştırmalar, yapısal atıkların ekonomik durumunu anlamak

ve atık miktarları konusunda veri sağlayabilecek bir belgeleme veya raporlama gibi benzer faaliyetler çerçevesinde gelişmektedir.

Çalışmada yapılan analizlerde, döngüsel ekonomi çerçevesinde yapısal atıkların etkin bir şekilde yönetilmesine dair önemli sonuçlar ortaya konmuştur. Elde edilen verilere göre, araştırmaların farklı alanlarda çeşitli içeriklere yönelik olduğu görülmüştür. Literatürdeki genel eğilim, yapısal atıkların özellikle yıkım sürecinde yoğunlaştığına ve bu sürecin, çevresel ve ekonomik faydaların artırılması için belirleyici bir aşama olduğuna işaret etmektedir. Yıkım sürecinin ön plana çıkmasında; kentsel alanlardaki binaların mevcut durumu, yıkım aşamasında oluşan yüksek atık miktarı ve verimli atık yönetiminin sağlanması gibi faktörler etkili olmuştur. Seçici yıkımın tercih edilmesi yapısal atıkların değerlendirilebilme potansiyelini artırarak döngüsel ekonomi strateji uygulamalarını kolaylaştıracaktır. Literatürdeki bir diğer yaklaşım ise, yapı üretiminin döngüsel ekonomi bağlamında yönetilebilmesi için odak noktasının tasarım aşaması olduğudur. Tasarım aşamasında atık azaltmaya yönelik stratejilerin benimsenmesinin önemi vurgulanmıştır. Bu kapsamda döngüsel ekonomi hedeflerine ulaşmak için, tasarım sürecindeki kararların yıkım sürecine olan etkileri üzerine durulmuş, yapı söküm için tasarım ve yıkım için tasarım gibi kavramlar üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Atıkların verimli bir şekilde değerlendirilememesinin en önemli nedenlerinden biri atık içerik ve miktarlarına ait doğru verilerin olmamasıdır. Mevcut çalışmalarda, atık verilerinin toplanabilmesi için özellikle dijital araçların kullanılması üzerine araştırmalar yapılmıştır. Yapı üretim sürecinde doğru atık verisi elde edebilmek için özellikle BIM'in kullanımı ön plana çıkmıştır. Ayrıca, CBS, malzeme pasaportları, bilgi ve teknolojik araçların kullanımı ile atık verilerinin tespitine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu araçların yapısal atıkların verimli bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi konusunda önemli bir potansiyeli vardır. Sürdürülebilir yapı yaklaşımı ile bina bileşenlerinin ve malzemelerinin yeniden kullanımının ve geri dönüşümünün sağlanması malzemenin kullanımını artıracaktır. Literatürde, malzeme içerikleri bölgesel ölçekte değişmekte olup, özellikle betonun geri dönüşümü üzerine yapılan çalışmalar daha fazladır. İkincil malzeme kullanımı ile ilgili yasal düzenlemelerin genişletilmesi ve paydaşların çevresel sorumluluk bilincine sahip olması gerekmektedir.

Sonuç olarak, döngüsel ekonomi çerçevesinde yapısal atıkları verimli bir şekilde değerlendirebilmek, kullanım potansiyelini artırmak ve etkili bir denetim sağlamak için atık verilerine erişim sağlamak kritik öneme sahiptir. İngiltere, Çin, Avustralya ve Hollanda gibi ülkelerde konu ile ilgili bilimsel çalışma ve uygulamaların daha fazla olduğu görülmektedir. Türkiye'de yapısal atık yönetimi ve döngüsel ekonomi uygulamalarına yönelik çalışmalara son yıllarda ağırlık verilmesine rağmen yapısal atıkların belgelenmesi ve izlenmesi konularında hala eksiklikler bulunmaktadır. SKD Türkiye tarafından 2024 yılında yayımlanan "Kentsel Dönüşüm ve Afet Sonrası Yıkıntı Atıkları Yönetimi Rehberi" yıkıntı atıklarının sınıflandırılması, taşınması, geçici depolanması ve geri kazanılması süreçlerini sistematik hale getirmeyi amaçlayan bir kaynak niteliğindedir. Bu bağlamda, Türkiye'deki atık yönetimi uygulamalarını daha verimli hale getirebilmek için atık verilerini sağlayacak 'Belgeleme' sürecinin hayata geçirilmesi, döngüsel ekonomi faaliyetlerinin güçlenmesine katkı sağlayacaktır. Halihazırda; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 2021 yılında başlatılan ve bina bilgilerine dijital erişim sağlayan 'Bina Kimlik Sistemi', yapısal atıkları belgelendirmek amacı ile kullanılabilir. Yapı üretim sürecine ait bilgileri içeren bu sisteme yapısal atık verilerinin entegre edilmesi, atık bilgilerinin kayıt altına alınmasına ve döngüsel ekonomi çerçevesinde verimli atık yönetimi uygulamalarına yönelik bir yol haritası oluşturabilir. Belgeleme işlemi; atıkların ekonomik değerini artırmak, çevresel etkilerini azaltmak ve kullanımı konusunda farkındalık oluşturmak açısından ekonomik,

çevresel ve sosyal boyutta kazanımlara olanak sağlayacaktır. Gelecekteki çalışmalarda döngüsel ekonomi stratejilerini uygulayabilmek için; atık yönetimi konusu tasarım aşamasından yıkıma kadar bütüncül bir yaklaşım ile ele alınmalı, yapı üretim sürecinde atık verisi toplamaya yönelik araçlar geliştirilmeli, atık yönetim politikalarını güçlendirebilmek için sektördeki profesyonellere eğitimler verilmeli ve akademik iş birlikleri ile iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.

Katkı Oranı

Yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunduklarını beyan etmektedirler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışmanın tüm yazarları bu çalışmada, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur, Etik Kurul izni gerekmemiştir.

Kaynaklar

Abarca-Guerrero, L., Lobo-Ugalde, S., Mendez-Carpio, N., Rodriguez-Leandro, R., & Rudin-Vega, V. (2022). Zero Waste Systems: Barriers and Measures to Recycling of Construction and Demolition Waste. *Sustainability*, 14(22), 15265. doi: 10.3390/su142215265

Akanbi, L. A., Oyedele, L. O., Oyedele, L. O., Omoteso, K., Bilal, M., Akinade, O. O., Ajayi, A.O., Delgado, J.M.D., & Owolabi, H.A. (2019). Disassembly and Deconstruction Analytics System (D-Das) for Construction in A Circular Economy. *Journal of Cleaner Production*, 223, 386-396. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.03.172

Akinade, O., & Oyedele, L.O. (2019). Integrating Construction Supply Chains Within a Circular Economy: An Anfis-Based Waste Analytics System (A-Was). *Journal of Cleaner Production*, 229, 863-873. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.232

Aldebei, F., & Dombi, M. (2021). Mining the Built Environment: Telling the Story of Urban Mining. *Buildings*, 11(9), 388. doi:10.3390/buildings11090388

Antunes, A., Silvestre, J., Costa, H., do Carmo, R., & Julio, E. (2024). Reducing the Environmental Impact of the End-of-Life of Buildings Depending on Interrelated Demolition Strategies, Transport Distances and Disposal Scenarios. *Journal of Building Engineering*, 82, 108197. doi: 10.1016/j.jobbe.2023.108197

Arora, M., Raspall, F., Cheah, L., & Silva, A. (2019). Residential Building Material Stocks and Component-Level Circularity: the Case of Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 216, 239-248. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.199

Arora, M., Raspall, F., Fearnley, L., & Silva, A. (2021). Urban Mining in Buildings for a Circular Economy: Planning, Process and Feasibility Prospects. *Resources Conservation and Recycling*, 174, 105754. doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105754

Atta, I., Bakhoun, E.S., & Marzouk, M.M. (2021). Digitizing Material Passport For Sustainable Construction Projects Using Bim. *Journal of Building Engineering*, 43, 103233. doi: 10.1016/j.jobbe.2021.103233

Bao, Z., Lu, W., Chi, B., Yuan, H., & Hao, J. (2019). Procurement Innovation for a Circular Economy of Construction and Demolition Waste: Lessons Learnt From Suzhou, China. *Waste Management*, 99, 12-21. doi: 10.1016/j.wasman.2019.08.031

Bao, Z., & Lu, W. (2020). Developing Efficient Circularity for Construction and Demolition Waste Management in Fast Emerging Economies: Lessons Learned From Shenzhen, China. *Science of the Total Environment*, 724, 138264. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138264

Bao, Z., Lu, W., & Hao, J. (2021). Tackling the "Last Mile" Problem in Renovation Waste Management: A Case Study in China. *Science of the Total Environment*, 790, 148261. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148261

Bendix, P., Achenbach, H., Weisshaupt, P., Eckert, D., Oehme, I., & Berg, H. (2022). Circular Economy For Durable Products and Materials: The Recycling of Plastic Building Products in Germany-Status Quo, Potentials and Recommendations. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24(4), 1432-1443. doi:10.1007/s10163-022-01406-9

Berge, S., & von Blottnitz, H. (2022). An Estimate of Construction and Demolition Waste Quantities and Composition Expected in South Africa. *South African Journal of Science*, 118, 14-18. doi: 10.17159/sajs.2022/12485

Callegher, C.Z., Grazieschi, G., Wilczynski, E., Oberegger, U.F., & Pezzutto, S. (2023). Assessment of Building Materials in the European Residential Building Stock: An Analysis at EU27 Level. *Sustainability*, 15(11), 8840. doi:10.3390/su15118840

Caro, D., Lodato, C., Damgaard, A., Cristóbal, J., Foster, G., Flachenecker, F., & Tonini, D. (2024). Environmental and Socio-Economic Effects of Construction and Demolition Waste Recycling in the European Union. *Science of the Total Environment*, 908, 168295. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.168295

Chen, K., Wang, J., Yu, B., Wu, H., & Zhang, J. (2021). Critical Evaluation of Construction and Demolition Waste and Associated Environmental Impacts: A Scientometric Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125071. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125071

Cheng, B., Huang, J., Guo, Z., Li J., & Chen, H. (2023). Towards Sustainable Construction Through Better Construction and Demolition Waste Management Practices: A Swot Analysis of Suzhou, China. *International Journal of Construction Management*, 23(15), 2614-2624. doi:10.1080/15623599.2022.2081406

Choudhary, S., Kaur, H., Tripathi, B., & Chandra, T. (2022). Strategies For Efficient Handling and Economic Circularity for Construction and Demolition Waste in India. *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium*, Prague, Czech Republic, 2928(1), 130011, 5-9 September. doi:10.1063/5.0170603

Colorado, H.A., Muñoz, A., & Monteiro, S.N. (2022). Circular Economy of Construction and Demolition Waste: a Case Study of Colombia. *Sustainability*, 14(12), 7225. doi:10.3390/su14127225

Condotta, M., & Zatta, E. (2021). Reuse of Building Elements in the Architectural Practice and the European Regulatory Context: Inconsistencies and Possible Improvements. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128413. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128413

Dodamegama, S., Hou, L., Asadi, E., Zhang, G., & Setunge, S. (2024). Revolutionizing Construction and Demolition Waste Sorting: Insights from Artificial Intelligence and Robotic Applications. *Resources Conservation and Recycling*, 202, 107375. doi: 10.1016/j.resconrec.2023.107375

Doğdu, G., & Alkan, S. N. (2023). Deprem Sonrası Oluşan İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Değerlendirilmesi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 38-50. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3139935>

EC, (2015). Closing the Loop- An EU Action Plan for the Circular Economy. Brussels: European Commission. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF

Elshaboury, N., & AlMetwaly, W. M. (2023). Modeling Construction and Demolition Waste Quantities in Tanta City, Egypt: A Synergistic Approach of Remote Sensing, Geographic Information System, and Hybrid Fuzzy Neural Networks. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(48), 106533-106548. doi:10.1007/s11356-023-29735-8

EMF, (2013). Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Ellen MacArthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>

Eze, E. C., Aghimien, D.O., Aigbavboa, C.O., & Sofolahan, O. (2022). Building Information Modelling Adoption for Construction Waste Reduction in the Construction Industry of a Developing Country. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 31(6), 2205-2223. doi:10.1108/ECAM-03-2022-0241

Ferronato, N., Fuentes, S., Rocio, C., Guisbert, L., Edith, G., Conti, F., & Torretta, V. (2023). Construction and Demolition Waste Recycling in Developing Cities: Management and Cost Analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(9), 24377-24397. doi: 10.1007/s11356-022-23502-x

Fonseca, F. C., Carcel-Carrasco, J., Martinez-Corral, A., Kaur, J., & Millan, J. L. (2023). Diagnosis of the Economic Potential within the Building and Construction Field and its Waste in Spain. *Buildings*, 13(3), 685. doi:10.3390/buildings13030685

Fufa, S. M., Fjellheim, K., Venås, C., Vevatne, J. T., Kummen, T. M., & Henke, L. (2023). Waste Free Construction Site—a Buzzword, Nice to Have or More. *Resources Conservation & Recycling Advances*, 18, 200149. doi: 10.1016/j.rcradv.2023.200149

Gambato C., Guante Henriquez L., Zerbi S., Frontini F., & Mosca, C. (2023). DeCO-Guidelines for the Deconstruction of Recent Buildings. *Journal of Physics Conference Series*, 2600(19), 192012. doi:10.1088/1742-6596/2600/19/192012

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P., & Hultink, E.J. (2017). The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048

Gerding, D.P., Wamelink, H., & Leclercq, E.M. (2021). Implementing Circularity in the Construction Process: A Case Study Examining the Reorganization of Multi-Actor Environment and the Decision-Making Process. *Construction Management and Economics*, 39(7), 617–635. doi:10.1080/01446193.2021.1934885

Ghaffar, S.H., Burman, M., & Braimah, N. (2020). Pathways to Circular Construction: An Integrated Management of Construction and Demolition Waste for Resource Recovery. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118710. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118710

Giustiniani, E., Gimenez, L., & Semmartin, M. (2023). Residents' Perception and Environmental Assessment of a Waste Recycling Centre: A Case Study of Buenos Aires City (Argentina). *Environment, Development and Sustainability*, 26, 25113-25131. doi: 10.1007/s10668-023-03672-5

Guo, J., Fishman, T., Wang, Y., Miatto, A., Wuyts, W., Zheng, L., Wang, H., & Tanikawa, H. (2021). Urban Development and Sustainability Challenges Chronicled by a Century of Construction Material Flows and Stocks in Tiexi, China. *Journal of Industrial Ecology*, 25(1), 162-175. doi: 10.1111/jiec.13054

Hahladakis, J. N., John, N., Purnell, P., & Aljabri, H.M.S.J. (2020). Assessing the Role and Use of Recycled Aggregates in the Sustainable Management of Construction and Demolition Waste Via a Mini-Review and a Case Study. *Waste Management & Research*, 38(4), 460-471. doi:10.1177/0734242X19897816

Han, D.C., Kalantari, M., & Rajabifard, A. (2024). The Development of An Integrated Bim-Based Visual Demolition Waste Management Planning System for Sustainability-Oriented Decision-Making. *Journal of Environmental Management*, 351, 119856. doi: 10.1016/j.jenvman.2023.119856

Honic, M., Kovacic, I., Aschenbrenner, P., & Ragossnig, A. (2021). Material Passports For the End-of-Life Stage of Buildings: Challenges and Potentials. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128702. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128702

Huang, B., Wang, X., Kua, H., Geng, Y., Bleischwitz, R., & Ren, J. (2018). Construction And Demolition Waste Management in China Through the 3r Principle. *Resources Conservation and Recycling*, 129, 36-44. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.029

Illankoon, C., & Vithanage, S.C. (2023). Closing The Loop in the Construction Industry: A Systematic Literature Review on The Development of Circular Economy. *Journal of Building Engineering*, 76, 107362. doi: 10.1016/j.job.2023.107362

Iodice, S., Garbarino, E., Cerreta, M., & Tonini, D. (2021). Sustainability Assessment of Construction and Demolition Waste Management Applied to an Italian Case. *Waste Management*, 128, 83-98. doi: 10.1016/j.wasman.2021.04.03

Jayasinghe, L.B., & Waldmann, D. (2020). Development of a Bim-Based Web Tool as a Material and Component Bank for a Sustainable Construction Industry. *Sustainability*, 12(5), 1766. doi: 10.3390/su12051766

Jorgensen, S., Pedersen, L.J.T., & Skard, S. (2023). Resource Accounting For A Circular Economy: Evidence From A Digitalised Waste Management System. *Accounting Forum*, 47(4), 553-582. doi:10.1080/01559982.2023.2166001

Kakkos, E., Heisel, F., Hebel, D.E., & Hischier, R. (2020). Towards Urban Mining- Estimating the Potential Environmental Benefits by Applying an Alternative Construction Practice. A Case Study from Switzerland. *Sustainability*, 12(12), 5041. doi:10.3390/su12125041

Karaçor, Z., Küçüksucu, M., & Konya, S. (2020). Türkiye’de Çevre Ekonomisi, Atık Yönetimi ve Döngüsel Ekonominin Analizi. Doç. Dr. F. Sayın (Ed.), *Döngüsel Ekonomi Makro ve Mikro İncelemeler içinde* (s.143-180). Ankara: Nobel

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005

Koc, K., Durdyev, S., Tleuken, A., Ekmekcioglu, O., Mbachu, J., & Karaca, F. (2023). Critical Success Factors For Construction Industry Transition to Circular Economy: Developing Countries’ Perspectives. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 31(12), 4955-4974. doi:10.1108/ECAM-02-2023-0129

Kocak, A.B., Soyluk, A., & Ayçam, I. (2024). The Environmental Impact of Reusing Post-Earthquake Demolition Waste: İskenderun Case Study. *Gazi University Journal of Science*, 37(3), 1042-1054. doi:10.35378/gujs.1363134

Lam, P.T.I., Yu, A. T. W., Wu, Z.Z., & Poon, C. S. (2019). Methodology For Upstream Estimation of Construction Waste For New Building Projects. *Journal of Cleaner Production*, 230(2019), 1003-1012. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.183

Li, C.Z., Zhao, Y., Xiao, B., Yu, B., Tam, V.W.Y., Chen, Z., & Ya, Y. (2020). Research Trend of the Application of Information Technologies in Construction and Demolition Waste Management. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121458. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121458

Lin, K., Zhao, Y., Zhou, T., Gao, X., Zhang, C., Huang, B., & Shi, Q. (2023). Applying Machine Learning to Fine Classify Construction and Demolition Waste Based on Deep Residual Network and Knowledge Transfer. *Environment Development and Sustainability*, 25(8), 8819-8836. doi: 10.1007/s10668-022-02740-6

Liu, Y., Li, J., Chen, W.Q., Song, L., & Dai, S. (2022). Quantifying Urban Mass Gain and Loss by a Gis-Based Material Stocks and Flows Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 26(3), 1051-1060. doi:10.1111/jiec.13252

Maged, A., Elshaboury, N., & Akanbi, L. (2024). Data-Driven Prediction of Construction and Demolition Waste Generation Using Limited Datasets in Developing Countries: An Optimized Extreme Gradient Boosting Approach. *Environment Development and Sustainability*. doi: 10.1007/s10668-024-04814-z

Mahinkanda, M. M. M.P., Paniagua, J. J. O., Rameezdeen, R., Chileshe, N., & Gu, N. (2023). Design Decision-Making For Construction Waste Minimisation: A Systematic Literature Review. *Buildings*, 13(11), 2763. doi:10.3390/buildings13112763

Mahpour, A. (2023). Building Maintenance Cost Estimation and Circular Economy: The Role of Machine-Learning. *Sustainable Materials and Technologies*, 37, e00679. doi: 10.1016/j.susmat. 2023.e00679

Material Economics, (2018). The Circular Economy a Powerful Force for Climate Mitigation. <https://www.sitra.fi/app/uploads/2018/06/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation.pdf>

Meng, X. H., Das, S., & Meng, J. Y. (2023). Integration of Digital Twin and Circular Economy in the Construction Industry. *Sustainability*, 15(17), 13186. doi:10.3390/su151713186

Minunno, R., O'Grady, T., Morrison, G.M., & Gruner, R.L. (2020). Exploring Environmental Benefits of Reuse And Recycle Practices: A Circular Economy Case Study of A Modular Building. *Resources Conservation and Recycling*, 160, 104855. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104855

Mohammadizazi, R., & Bilec, M.M. (2022). Building Material Stock Analysis is Critical for Effective Circular Economy Strategies: A Comprehensive Review. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2(3), 032001. doi:10.1088/2634-4505/ac6d08

Mohammadizazi, R., & Bilec, M.M. (2023). Quantifying and Spatializing Building Material Stock and Renovation Flow for Circular Economy. *Journal of Cleaner Production*, 389,135765. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.135765

Moschen-Schimek, J., Kasper, T., & Huber-Humer, M. (2023). Critical Review of the Recovery Rates of Construction and Demolition Waste in the European Union – An Analysis of Influencing Factors in Selected EU Countries. *Waste Management*, 167(2023), 150-164. doi: 10.1016/j.wasman.2023.05.020

O'Grady, T., Minunno, R., Chong, H.Y., & Morrison, G.M. (2021). Design For Disassembly, Deconstruction and Resilience: A Circular Economy Index For the Built Environment. *Resources Conservation and Recycling*, 175, 105847. doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105847

Omer, M., Wang, Y.C., Roma, M.Q., Bedrich, S., Nezerka, V., Ferriz-Papi, J., Moros Montanes, J.J., & Ortiz, I. D. (2024). Development of a 3D Digital Model of End-of-Service-Life Buildings for Improved Demolition Waste Management Through Automated Demolition Waste Audit. *Environments*, 11(7), 138. doi: 10.3390/environments11070138

Ortlepp, R., Gruhler, K., & Schiller, G. (2018). Materials in Germany's Domestic Building Stock: Calculation Model and Uncertainties. *Building Research and Information*, 46(2), 164-178. doi: 10.1080/09613218.2016.1264121

Panizza, R.O., & Bakht, M.N. (2024). Building Stock as a Future Supply of Second-Use Material – A Review of Urban Mining Methods. *Waste Management Bulletin*, 2(2), 19-31. doi: 10.1016/j.wmb.2024.03.001

Papamichael, I., Voukkali I., Loizia, P., & Zorpas, A. A. (2023). Construction and Demolition Waste Framework of Circular Economy: A Mini Review. *Waste Management & Research*, 41(12),1728-1740. doi:10.1177/0734242X231190804

Pitti, A.R., Espinoza, O., & Smith, R. (2020). The Case For Urban and Reclaimed Wood in the Circular Economy. *Bioresources*, 15(3), 5226-5245. doi:10.15376/biores.15.3.5226-5245

Ramos, M., Paiva, A., & Martinho, G. (2024). Understanding the Perceptions of Stakeholders on Selective Demolition. *Journal of Building Engineering*, 82, 108353. doi:10.1016/j.jobbe.2023.108353

Ratnasabapathy, S., Alashwal, A., & Perera, S. (2021). Exploring the Barriers for Implementing Waste Trading Practices in the Construction Industry in Australia. *Built Environment Project and Asset Management*, 11(4), 559-576. doi:10.1108/BEPAM-04-2020-0077

Rose, C.M., & Stegemann, J.A. (2018). From Waste Management to Component Management in the Construction Industry. *Sustainability*, 10(1), 229. doi:10.3390/su10010229

Saez, P.V., Barbero-Alvarez, M.A., Porras-Amores, C., Alonso, M.A., & Torres, A.G. (2023). Design and Validation of a Mobile Application for Construction and Demolition Waste Traceability. *Buildings*, 13(8), 1908. doi:10.3390/buildings13081908

Saka, A.B., Olaore, F.O., & Olawumi T.O. (2019). Post-Contract Material Management and Waste Minimization: An Analysis of the Roles of Quantity Surveyors. *Journal of Engineering Design and Technology*, 17(4), 793-807. doi:10.1108/JEDT-10-2018-0193

Santos, G., Esmizadeh, E., & Riahinezhad, M. (2024). Recycling Construction, Renovation, and Demolition Plastic Waste: Review of the Status Quo, Challenges and Opportunities. *Journal of Polymers and the Environment*, 32(2), 479-509. doi:10.1007/s10924-023-02982-z

Shooshtarian, S., Maqsood, T., Wong, P.S.P., Khalfan, M., & Yang R.J. (2021). Extended Producer Responsibility in the Australian Construction Industry. *Sustainability*, 13(2), 620. doi:10.3390/su13020620

Shooshtarian, S., Hosseini, M.R., Kocaturk, T., Arnel, T., & Garofano, N.T. (2022). Circular Economy in the Australian AEC Industry: Investigation of Barriers and Enablers. *Building Research and Information*, 51(1), 56-68. doi: 10.1080/09613218.2022.2099788

Sivashanmugam, S., Rodriguez, S., Rahimian, F.P., Elghaish, F., & Dawood, N. (2023). Enhancing Information Standards for Automated Construction Waste Quantification and Classification. *Automation in Construction*, 152, 104898. doi:10.1016/j.autcon.2023.104898

SKD, (2024). Kentsel Dönüşüm, Deprem ve Olası Diğer Afetler Sonucunda Oluşacak Yıkıntı Atıklarının Yönetimi Rehberi. <https://www.skdturkiye.org/files/yayin/yikinti-atiklari-yo-netimi-rehberi-10-mayis-2024-low.pdf>

Şahmaran, M., & Özçelik, E. (2023). Deprem Atıklarının Yönetimi Kapsamında Ülkemizden Mevcut En İyi Çevresel Uygulamalar. *Türkiye Bilimler Akademisi*, 335-364. doi: 10.53478/TUBA.978-625-8352-57-3.ch17

Temelli, U.E., Sezgin, N., Cumalı B.Ö. (2023). Afet Zamanlarında İnşaat Yıkıntı Atıklarının Belirlenmesi ve Atıkların Değerlendirilmesi: Kahramanmaraş Depremi Örneği.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 8(2), 225-232. doi: <https://doi.org/10.35229/jaes.1286631>

Tirado, R., Aublet, A., Laurenceau, S.M., Louerat, M., & Habert, G. (2021). Component-Based Model for Building Material Stock and Waste-Flow Characterization: A Case in the ile-de-France Region. *Sustainability*, 13(23), 13159. doi:10.3390/su132313159

UNEP, (2023). Global Status Report Buildings and Construction, Beyond Foundations Mainstreaming Sustainable Solutions to Cut Emissions from the Buildings Sector. https://globalabc.org/sites/default/files/2024-11/global_status_report_buildings_construction_2023.pdf

UNEP, (2024). Global Waste Management Outlook 2024, Beyond an Age of Waste. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/44939/global_waste_management_outlook_2024.pdf?sequence=3

Usha, I.R., Akvan, G., & Ho, O.T. (2023). The Transition to a Circular Built Environment in Australia: An Analysis of the Jurisdictional Policy Framework. *Environmental Policy and Law*, 53(4), 233-246. doi:10.3233/EPL-220073

Wang, J.J., Wei, J.J., Liu, Z.S., Huang, C., & Du, X.L. (2022). Life Cycle Assessment of Building Demolition Waste Based on Building Information Modeling. *Resources, Conservation and Recycling*, 178, 106095. doi: 10.1016/j.resconrec.2021.106095

Wang, S.Q., Wu, Q.Q., & Yu, J.P. (2024). Bim-Based Assessment of the Environmental Effects of Various End-of-Life Scenarios for Buildings. *Sustainability*, 16(7), 2980. doi: 10.3390/su16072980

Wu, H., Zuo, J., Yuan, H.P., Zillante, G., & Wang, J.Y. (2020). Cross-Regional Mobility of Construction and Demolition Waste in Australia: An Exploratory Study. *Resources Conservation and Recycling*, 156, 104710. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104710

Wu, P.Y., Mjornell, K., Mangold, M., Sandels, C., & Johansson, T. (2021). A Data-Driven Approach to Assess the Risk of Encountering Hazardous Materials in the Building Stock Based on Environmental Inventories. *Sustainability*, 13(14), 7836. doi: 10.3390/su13147836

Wu, Z., Yu, A.T. W., Shen, L., & Liu, G. (2014). Quantifying Construction and Demolition Waste: An Analytical Review. *Waste Management*, 34(9), 1683-1692. doi: 10.1016/j.wasman.2014.05.010

Vahidi, A., Gebremariam, A.T., Di Maio, F., Meister, K., Koulaeian, T., & Rem, P. (2024). Rfid-Based Material Passport System in a Recycled Concrete Circular Chain. *Journal of Cleaner Production*, 442, 140973. doi: 10.1016/j.jclepro.2024.140973

Van den Berg, M., Voordijk, H., & Adriaanse, A. (2020). Recovering Building Elements for Reuse (or not)-Ethnographic Insights into Selective Demolition Practices. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120322. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120322

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software Survey: VOSviewer, A Computer Program For Bibliometric Mapping. *Scientometrics*, 84 (2), 523-538. doi:10.1007/s11192-009-0146-3

Yıldız, A. (2022). Bir Araştırma Metodolojisi Olarak Sistemik Literatür Taramasına Genel Bakış. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 22(Özel Sayı 2), 367-386. doi:10.18037/ausbd.1227366

Yu, Y., Yazan, D.M., Junjan, V., & Lacob, M.E. (2022). Circular Economy in the Construction Industry: A Review of Decision Support Tools Based on Information & Communication Technologies. Journal of Cleaner Production, 349,131335. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131335

Zaman, A.U., Arnott, J., McIntyre, K., & Hannon, J. (2018). Resource Harvesting Through a Systematic Deconstruction of the Residential House: a Case Study of the 'Whole House Reuse' Project in Christchurch, New Zealand. Sustainability, 10(10), 3430. doi: 10.3390/su10103430

Zhu, H., Liou, S.R., Chen, P.C., He, X.Y., & Sui, M.L. (2024). Carbon Emissions Reduction of A Circular Architectural Practice: A Study on A Reversible Design Pavilion Using Recycled Materials. Sustainability,16(5), 1729. doi:10.3390/su16051729

Zito, S.V., Irassar, E.E., Rahhal, V.F., & Chini, A.R. (2023). Recycled Construction and Demolition Waste as Supplementary Cementing Materials in Eco-Friendly Concrete. Recycling, 8(4), 54. doi:10.3390/recycling8040054

İnternet Kaynakları

URL-1:

https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/17037circulaireeconomie_en.pdf Erişim tarihi: 23/01/2023, saat:01:46.

URL-2: <https://donguseleekonomiplatformu.com/hakkimizda.html> Erişim tarihi: 30/12/2022, saat 21:38.

URL-3: <https://dongusel.csb.gov.tr/> Erişim tarihi: 15/01/2023, saat:01:41.

URL-4: <https://www.prisma-statement.org/prisma-2020-flow-diagram> Erişim tarihi: 17/08/2024, saat 18:00.

URL-5: <https://www.vosviewer.com/> Erişim tarihi: 22/06/2024, saat 16:20.

URL-6:

https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/emf_completing_the_picture.pdf Erişim tarihi: 18/06/2024, saat:21:46.

URL-7:

<https://www.eu2020.de/blob/2429166/156d2d98b66b2ff28b6990161eed91e9/12-17-kreislaufwirtschaftsaktionsplan-bericht-de-data.pdf> Erişim tarihi: 17/07/2024, saat:01:34.

URL-8: <https://madaster.com/our-purpose/> Erişim tarihi: 23/06/2024, saat:15:28.

URL-9:

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf Erişim tarihi: 25/06/2024, saat:00:40.