

SÖKÜLEBİLİR YAPI ELEMANLARININ TEKRAR KULLANIMININ ÖNÜNDEKİ ENGELLER VE YAPILMASI GEREKENLER

BARRIERS OF THE REUSE OF DISASSEMBLY BUILDING COMPONENTS AND SUGGESTIONS

Özlem EREN*

ÖZET

Yapı sektöründe kullanılan malzemelerin üretimleri için gerekli olan ham maddelerin tükenmeye başlaması, bu malzemelerin çıkarılmaları ve üretimlerinde harcanan enerjinin CO₂ emisyonu ve iklim değişikliklerine neden olması bilim insanlarını malzemelerin verimli kullanılması yönünde araştırmalar yapmaya yönlendirmiştir. Malzemelerin daha uzun süre kullanılarak kaynakların korunmasının sağlanmasında, işlevini yitiren yapıların yıkımları nedeniyle atık oluşturmasının önlenerek yapı elemanlarının yaşam ömürlerinin uzatılması ve tekrar kullanımına yönelik çalışmaların yapılması önümüzdeki dönemde araştırılması gereken konuların başında gelmelidir.

Yapıların yapım aşamasından itibaren yaşam döngüsü süreci düşünülerek yapılan tasarımlarda, yaşam sonu durumunun ne olacağına bilinmesi hem çevresel hem de ekonomik değer yaratacaktır. Bu nedenle yapının tasarım aşamasından itibaren yapının sökülebilecek şekilde tasarlanması; yapının yaşam sonu döneminde yapı elemanlarının bir bölümünün tekrar aynı amaçlarla, bir bölümünün ise başka amaçlarla tekrar kullanımını mümkün kılacaktır. Bu çalışmada yapı elemanlarının tekrar kullanılabilirliği ve sökülebilirliğinin önündeki engellerin neler olduğu konusunda kapsamlı literatür araştırması yapılmıştır. Çalışma yapı elemanlarının sökülebilir tasarlanmasına yönlendirme ve bu konudaki engelleri ortaya koyarak çözümler oluşturulmasını amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Elemanı, Sökülebilirlik, Tekrar Kullanım

ABSTRACT

The fact that the raw materials required for the production of materials used in the construction sector are depleting, and the energy spent in the extraction and production of these materials causes CO₂ emissions and climate characteristics have led scientists to make improvements in the efficient use of materials. Research should be carried out to extend the lifespan and reuse of building elements by preventing the creation of waste due to demolition of buildings that have lost their function.

Designs made by considering the life policy process from the construction phase of the buildings will create economic value in the abundance of life outcomes and growth. For this reason, by designing the parts in a way that they can be dismantled, starting from the phases of the section design, it will be possible to refill some of the building units with the same parts and another section with other details in the end-of-life periods. A detailed literature research was conducted on the external obstacles to the reusability and disassembly of these structural elements. It provides solutions to guide the detachable design of working structural elements and to reveal the obstacles of these technologies.

Keywords: Building Components, Disassembly, Reuse

Geliş Tarihi/Received: 6 Ocak 2024
Kabul Tarihi/Accepted: 2 Temmuz 2024

İnceleme Makalesi/Review Article

*
Mimarlık Fakültesi,
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi,
İstanbul / Türkiye

Department of Architecture,
Mimar Sinan Fine Art University,
İstanbul / Turkey

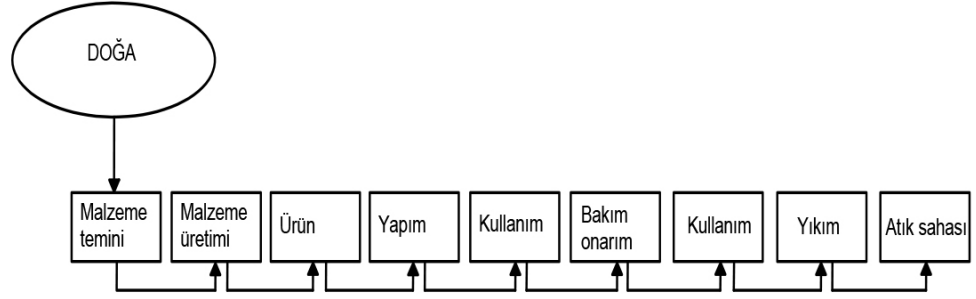
ORCID: 0000-0002-7675-6483

ozlem.eren@msgsu.edu.tr

1. GİRİŞ

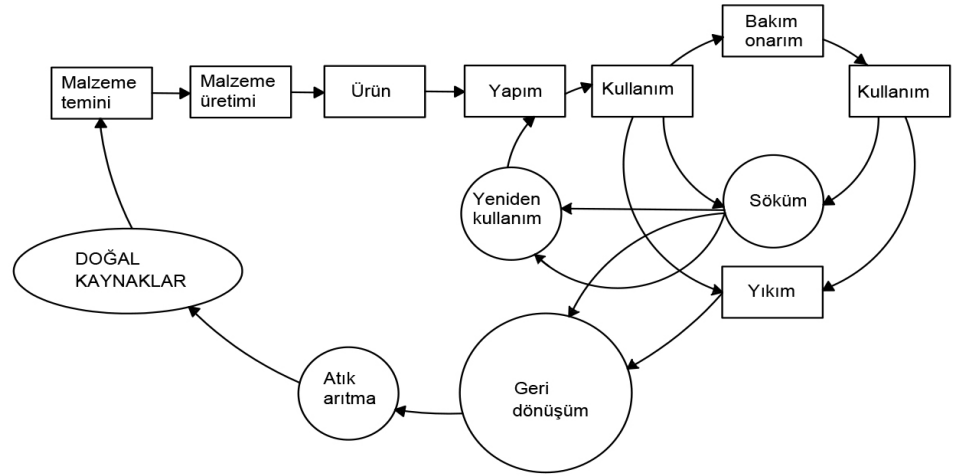
Doğal kaynakların tükenmesi ve inşaat malzemelerinin üretiminden kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılması ihtiyacı, inşaat sektöründe kaynak verimliliği yönünde çalışmaları yoğunlaştırmıştır (Al-Ghalib, A., & Ghailan, D.B., 2021, s.6-11; Braungart, M., ve diğ. 2007, s.1337-1348). Yapı bileşen ve elemanlarının sadece bir kez kullanıldığı 'doğrusal yaşam döngüsü' anlayışı ile yapılan tasarımlar çevreye zarar veren atıklar oluşturur (Şekil 1).

Doğada hiç atık oluşmaz, oluşan atık başka bir canlının yaşam kaynağı olan döngüsel bir süreç içindedir. Bu döngü içinde doğa yaşamını sürdürürken, yapılarda yaşam süresince atık oluşturmayacak şekilde 'döngüsel yaşam' anlayışını benimsemelidir (Durmisevic, E., 2006, s.17; McDonough, W., & Braungart, M., 2002, s.251-258).



Şekil 1. Doğrusal Yapı Döngüsü (Durmisevic, E., 2006, s.17; McDonough, W., & Braungart, M., 2002, s.251-258'den üretilmiştir).

Döngüsel tasarımda yapı elemanlarının da üretim, yapıda kullanım, söküm ve yıkım aşamalarından sonra doğaya atık olarak değil geri dönüşüm ile tekrar döngüye katılması esastır (Şekil 2).



Şekil 2. Döngüsel Yapı Yaşamı

Döngüsel yapı tasarımının temel konularından sökülebilir yapı tasarımı, işlevini yitiren yapıların ortadan kaldırılması sırasında yapı eleman ve bileşenlerinin kolayca sökülüp tekrar kullanımını, yeni kaynak kullanımını azaltarak kaynak döngüsünün kapatılmasını ve atık oluşumunu önleyerek atık depolamayı azaltan çevreci bir anlayıştır (Russell, P. ve diğ. 2001, s.4; Jaillon, L. ve diğ. 2009, s.316; Morgan, C., ve diğ. 2005, s.1-71; Hradil, P., ve diğ. 2014, s.1-74; Paduart, A., ve diğ. 2009, s.1-6; McDonough, W. ve diğ. 2002, s.10-30). Yapı söküm yeni malzeme üretme ihtiyacını en aza indirerek hava, su ve toprak kirliliğini azaltır, malzemelere yatırılan somut enerjiyi korur ve yeni malzemeleri işlemek için ek enerji harcama ihtiyacını ortadan kaldırarak sera gazı emisyonu gibi üretim etkilerini azaltmada önemli rol oynar (Olugbenga, O., ve diğ. 2016; Akinade, O., ve diğ., 2017, s.3-13; Guy, B., 2001, s.126).

Literatürde tekrar kullanıma yönelik yapılan araştırmalarda tekrarı içeren 38R stratejisi ile karşılaşmıştır. Bunlar içinden Tasarım, Uygulama ve Geri kazanım aşamalarında en yaygın 9R stratejisi kullanılmaktadır (Tablo 1).

YAYGIN KULLANILAN 'R' STRATEJİLERİ	DİĞER 'R' STRATEJİLERİ	
TASARIM AŞAMASI Reddetme (refuse) Tekrar düşünme (rethink) Azaltma (reduce)		Tekrar dağıtma (redistribute) Tekrar tasarlama (re-envision) Tersine çevirme (reverse) Tekrar canlandırma (revitalize) Restorasyon (restoration) Yenileme (renovate)
UYGULAMA AŞAMASI Tekrar kullanma (reuse) Onarım (repair) Yenileme (refurbish)		Tekrar kullanım (reutilize) Gelir elde etme (revenue) Tekrar pazarlama (remarket) İade (return) Tekrar sahip olma (Remine) Tekrar toplama (recollect) Tekrar oluşturma (recreate) Düzeltilme (rectify) Kurtarma (recover)
GERİKAZANIM AŞAMASI Geri dönüştürme (recycle) Tekrar üretim (remanufacture) Tekrar kullanma (repurpose)		Tekrar tasarlama (redesign) Değiştirme (replacement) Tekrar işleme (reprocess) Tekrar üretme (reproduce) Tekrar satma (resale) Tekrar satma (resell) Geri yükleme (re-service) Tekrar sentezleme (resynthesize) Geri alma (retrieve) İyileştirme (retro fit) Geri gitmek (retrograde) Tekrar montaj (re-assembly) Tekrar yakalama (recapture) Yenileme (reconditioning) Tekrar düzenleme (re fit)

Tablo 1: Literatürde tespit edilen 38 farklı 'R' stratejisi (Gehin ve diğ., 2008; Reikea ve diğ., 2018; Morseletto, P., 2020, s.8; Potting ve diğ. 2017)

2. ÇALIŞMANIN METODOLOJİSİ

Bu çalışmada yapıların sökülebilirliği ve yapı elemanlarının tekrar kullanımının önündeki engeller ve yapılması gerekenlerin belirlenmesine yönelik kapsamlı literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında döngüsel tasarım ve tekrar kullanım kavramlarına ilişkin akademik anlayışın mevcut durumunu belirlemek için araştırma makalelerinin sistematik bir incelemesi yapılmıştır. Yapı elemanlarının tekrar kullanımı konusunda son yirmi yılda yapılan çalışmaların hızlanması nedeni ile Web of Science, Science Direct ve Scopus veritabalarında, 2000 yılı yılından itibaren “döngüsel ekonomi, sökülebilirlik, yapı elemanlarının tekrar kullanımı” anahtar kelimeleri kullanılarak makaleler araştırılmıştır. Yapılan arama sonucunda binden fazla makale bulunmuş, içerikleri incelendikten sonra bu sayı dört yüze düşürülmüştür. Yapı elemanlarının tekrar kullanımındaki engeller ve yapılması gerekenler konuları ile ilgili bilimsel açıdan birbirini tekrar etmeyen seksen makale okunarak çalışmada kullanılmıştır.

2.1. Yapı Elemanlarının Tekrar Kullanımının Önündeki Engeller ve Yapılması Gerekenler

2.1.1. Yapı Elemanlarının Tekrar Kullanımının Önündeki Engeller

Mevcut binaların %1'inden daha azı tamamen sökülebilir niteliktedir (Akinade, O.O. ve diğ. 2017, s.3-13). Bir binanın sökümünün, yerel ve küresel çevre koruma bakış açılarından geleneksel yıkıma göre birçok avantajı olduğu açık olsa da çok yaygın uygulanmamaktadır. Bunun birçok nedeni bulunmaktadır. Yapı sökümünün önündeki engeller teknik, tasarım, pazar, ekonomik, sosyal nedenler olmak üzere beş ana başlıkta toplanmaktadır (Tablo 2). Tablo 3'te yapı sökümünün önündeki engeller alt nedenleri ile açıklanarak listelenmiştir.

YAPI SÖKÜMÜNÜN ÖNÜNDEKİ ENGELLER	
Teknik Nedenler	Standartların olmayışı
	Kalite derecelendirme eksikliği
	Garanti belgesi verilmemesi
Tasarım ile ilgili nedenler	Bilgilendirici doküman yetersizliği
	Kimyasal bağlantılar
	Malzeme seçimindeki hatalar
Pazar	Ürün miktarında yetersizlik
Ekonomi ile ilgili nedenler	Maliyet
	Nakliye
	Depolama
	İşgücü
	Zaman
Sosyal nedenler	Estetik
	Eğitim
	Sağlık ve güvenlik

Tablo 2. Yapı sökümünün önündeki beş ana engel

Ana Nedenler	Alt nedenler	Açıklama	Referanslar
TEKNİK NEDETLER	Söküme yönelik yönetmelik ve standartların olmayışı	-Tekrar kullanılan veya geri dönüştürülmüş elemanlar ile ilgili standart özelliklerinin geliştirilmesi -Malzemelerin tekrar kullanımına yönelik rehberlerin olmayışı	Liu, Chunlu, Pun, S., Itoh, Y. 2004, s.97-102;Gorgolewski, M., 2017, s.10-292; Lo CWH, Fryxell GE, Won, 2006, s.388-410; Giorgi, S., Lavagna, M., Campioli, A., 2019,s.1-11;Laefer, D. & Manke, J.,2008, s.217-227, Lo CWH, Fryxell GE, Wong WWH, 2006, s.388-410).
	Tekrar kullanılan malzemelerin kalite derecelendirme eksikliği	-Yeni inşaatlarda uygulanacak kullanılmış ürünlerin kalite kontrolünün olmaması, yeni binaların performansı üzerinde risk oluşturması -Derecelendirme sistemi geliştirilmesi	İcibacı I., 2019; Rocha C.G., Sattler M.A., 2009,s.104-112; Hradil P., Fülöp L., Ungureanu V., 2019,s.1-11; Akinade O., Oyedele L.,Oyedele A., Delgado J.M.D., Bilal M., Akanbi L., Ajayi A., Owolabi,H., 2019, s.1-11
	Garanti belgesi verilmemesi	Sökülen ürünlerin kalitesinin tutarsızlığı	Rocha C.G., Sattler M.A., 2009, 104-112; Couto J.P., Mendonça P., 2011,S.301-320; Liu, Chunlu, Pun, S., Itoh, Y. 2004,s.97-102; Gorgolewski, M., 2017
TASARIM İLE İLGİLİ NEDETLER	Bilgilendirici döküman yetersizliği	Yapımda kullanılan malzemelerin kayıt altına alınmaması	Riosa F.C., Chonga W.K., Graua D., 2015,s.1296-1304; Chini A.R., Nguyen H.T., 2003,s.312
	Kimyasal bağlantılar	Kimyasal bağlantılar (yapıştırıcılar) ve sabit bağlantılar (kaynak ve perçinleme) yerine mekanik bağlantıların (cıvata, somun ve dübel gibi) kullanılmaması	Glukhova E., Cividini M., Erimasita S., 2015, s.1;Crowther, 2005; Akinade, OO, Oyedele, LO, Ajayi, SO, Bilal, M, Alaka, HA, Owolabi, HA, Bello, SA, Jaiyeoba, BE & Kadiri, KO, 2017,s.3-13
	Malzeme seçimindeki hatalar	Düşük kaliteli malzeme seçimi	Hradil P., Talja A., Wahlström M., Huuhka S., Lahdensivu J., Pikkuvirta, J., 2014, s.1-74; Glukhova E., Cividini M., Erimasita s., 2015, s.1-65
PAZAR	Ürün miktarında yetersizlik	Aynı ürünün yetersiz sayıda olması, talebi karşılayamaması	Rocha C.G., Sattler M.A., 2009, s.104-112).
EKONOMİ İLE İLGİLİ NEDETLER	Maliyet	-Bazı yeni malzemelerin hammaddesinin daha ucuz olması -Geri dönüştürülmüş bileşenlerin kullanıldığı yapıların tasarımının, tasarımcılar için her zaman daha yüksek tasarım maliyetleri ve ek işlerle karşı karşıya kalması	Gorgolewski 2008; Schultmann, F.,Renz, O., 2002, 391-401; Earle J., Ergun D., Gorgolewski M.
	Nakliye	Çift nakliye ürünün maliyetini artırmaktadır	Morgan C., Stevenson F., 2005, s.8 Chini A., Bruening S.F., 2003; Riosa F.C., Chonga W.K., Graua D., 2015
	Depolama	Ürünlerin şantiyeden doğrudan satılması	
	İş gücü		
Zaman	Yapı sökümü yıkıma göre daha uzun sürer		
SOSYAL NEDETLER	Estetik	-Tekrar kullanılan ürünlerin yıpranmış, kirlenmiş olması nedeni ile estetik yetersizlik	Tingley D.D., Davison B., 2011, s.197; Rios F.C., Chonga W.K., Graua D., 2015, s.1296 – 1304; Icibaci L., 2019, s.198-202.
	Eğitim	-Tasarımcının sökülebilirlik konusunda bilgi eksikliği -Söküm işlemini gerçekleştirecek kalifiye eleman olmaması -Halkın ve paydaşların yapı sökümü ve geri dönüşüm konusunda farkındalıklarının olmaması	Saleh T., Chini A., 2009 s.30-33; Aidonis ve ark. 2008,s.211-216; Laefer, D. & Manke, J., 2008, s.217-227; Guy, B., Ciarimboli, N., 2005, s.1-69; Liu C., Pun S.K., Itoh Y.,s.188
	Sağlık ve güvenlik	İşçi güvenliği ve zehirli maddeler nedeni ile sağlık tehlikeleri	Tingley D.D., Davison B., 2011 s.197;Jackson R.G.T., 2004, s.69-70

Tablo 3. Yapı sökümünün önündeki engeller

2.1.1.1. Teknik Nedenler

Söküme Yönelik Yönetmelik ve Standartların Olmayışı

Yapı sökümünün faydalarının iyi bilinmesine rağmen, sökülebilir yapılar inşa etme konusunda bir mevzuat ve politika bulunmamaktadır. Tekrar kullanılacak yapı elemanlarının performanslarının standartlara uygun olup olmadığının belirlenmesi gereklidir. Yapısı bozulmuş elemanları değerlendirmek, test etmek ve sertifikalandırmak için metodolojilerin (Couto J.P., & Mendonça P., 2011, s.301-320), uluslararası standartların geliştirilmesi ve bu standartlara uyulması devlet politikası haline getirilirse yapı sökümü anlayışı yaygınlaşacaktır. Yapı sökümüne yönelik standartlar her yapı elemanının yaşam ömrü, yaşam ömrünü azaltan malzeme birlikteliği, uygulama şekli, dış etkenlere karşı korunma esasları, sökümde yapılması gerekenler gibi hususların belirtilmesi gereklidir. Ayrıca standartlarda/yönetmeliklerde sökülen ürünlerin tekrar kullanılabilmesi için hangi testlerden geçirilmesi gerektiği, özelliklerine göre nerelerde nasıl kullanılabileceği hakkında bilgilerde yer almalıdır (Gorgolewski, M., 2017, s.10-292; Lo, C. W. H., & Fryxell, G.E., & Wong, W. W. H., 2006, s.388-410).

Tekrar Kullanılan Malzemelere Yönelik Standart Eksikliği

Tekrar kullanılan malzemelere yönelik mevcut algı, toplumda ikinci el malzemelerin kalitesiz olabileceği ve daha yüksek bir risk oluşturabileceğidir. Bu ürünlerin malzeme, maliyet ve kalite açısından doğal kaynaklarla rekabetçi olabilmesi için şartname gereksinimlerini karşılaması gereklidir (Rios, F.C., & Chonga, W.K., & Graua, D., 2015, s.1296-1304). Standart ve garanti belgesi birbirinden ayrı değerlendirilmelidir. Standartlar tekrar kullanılacak ürünlerin özelliklerini, garanti belgesi ise tekrar kullanılan ürünün öngörülen ömrü içerisindeki alınacak servis hizmetinin içeriğini belirler.

Garanti Belgesi Verilmemesi

Geri dönüştürülmüş malzemelerin ve tekrar kullanılan tüm bileşenlerin kalitesini garanti etmek için etkili nicel değerlendirme yöntemlerinin olmaması (Yuan, H., 2013, s.476-484) bu elemanların tekrar kullanılmasında güven duygusunun oluşmamasına neden olmaktadır (Hradil, P., & Fülöp, L., & Ungureanu, V., 2019, s.1-7; Laefer, D., & Manke, J., 2008, s.217-227).

2.1.1.2. Tasarım ile İlgili Faktörler

Bilgilendirici Doküman Yetersizliği

Yapı sökümüne yönelik yeterli basılı dokümanın olmaması, tasarımcı ve yapı söküm müteahhitlerinin uyguladıkları yöntemler nedeni ile yapı elemanlarına zarar verilmekte ve tekrar kullanım oranını azaltmaktadır. Bu nedenle yapı elemanlarının zarar görmeden sökülüp tekrar kullanılabilmesinde yönlendirici olan esasların anlatıldığı dokümanların hazırlanması gereklidir.

Kimyasal Bağlantılar

Kimyasal bağlantılar ile bir araya getirilen yapı elemanlarının sökümü mümkün olmamakta, birbirlerinden ayrılırken elemanlara yapısal zarar vererek söküm gerçekleştirilemediği için bu tür birleşimlerin yerine sökülebilir birleşimler tercih edilmelidir. Yapı elemanlarının tekrar kullanılabilmesi için yüzeylerinde sökülemez kaplamaların olmaması dışında zehirli içeriklerin de olmaması büyük önem taşımaktadır. Sökülecek yapılarda asbest içeren malzemelerin ve kurşun bazlı boyaların uygun şekilde çıkarılması, özel eğitim, taşıma ve ekipman gerektirir (Couto, J.P., & Mendonça, P., 2011, s.301-320).

Malzeme Seçimindeki Hatalar

Yenilenebilir ve fiber bazlı malzemelerden inorganik ve organik minerallere (petrol) doğru eğilimler ve kimyasal karmaşıklıkları nedeniyle geri dönüşümü zor olan kompozitlerin ve mühendislik ürünlerinin artan kullanımı (Deller, K., ve diğ. 2005, s.1-69; Vares, S., ve diğ. 2019, s.750-761), yapı elemanlarının tekrar kullanımını engellemektedir.

2.1.1.3. Pazardaki Engeller

Ürün Miktarında Yetersizlik

Tekrar kullanılacak ürünlerin siparişe göre istenilen miktarda olmaması, ürünlerin birbirleri ile uyumluluğunun tutarsızlığı büyük projelerde tekrar kullanım için kısıtlama olabilecek bir husustur. Bileşenlerin boyutsal koordinasyonu ve ara yüzlerinin uyumluluğu, tekrar kullanım sürecini kolay ve basit hale getirmek için çok önemlidir (Rocha, C.G., & Sattler, M.A., 2009, s.104-112).

2.1.1.4. Ekonomik Nedenler

Maliyet

Yapıların sökümü söküm planlamasının yapılması, uzman söküm ekibinin gerekliliği, sınırlı süre gibi kriterlerden dolayı pahalıdır. Buna karşılık atık oluşumunun %75 azalması ile çöp boşaltma ücretlerinden tasarruf, çıkarılan ürünlerin satışından elde edilen gelir ile bu durum dengelenebilir (Laefer, D., & Manke, J., 2008, s.217-227). Ürünlerin kalite kontrollerinin

yapılması ve sertifika alınması için yapılan testler (Giorgi, S., & Lavagna, M., & Campioli, A., 2019, s.1-7), geri kazanılan malzemeler için depolama alanı gerekliliği maliyeti artıran nedenlerdir (Iacovidou, E., & Purnell, P., 2016, s.791-807).

Nakliye

İnşaat malzemelerinin ve ürünlerinin ıslahı bazı yıkım şirketlerinin gelirlerinin %40'ına kadar çıkabilse de sökülen elemanların söküldükleri yerden depolama alanına ve oradan tekrar kullanılacağı alana nakliyelerinde yakıt giderlerini artırmaktadır. Geri kazanılmış malzemelerin ideal kullanımı, aşırı nakliye maliyetlerinden kaçınmak için ya aynı şantiyede ya da çok yakın bir yerde olması ile çözülebilir (Morgan, C., & Stevenson, F., 2005, s.8; Vares, S., & Hradil, P., & Sansom, M., & Ungureanu V., 2019, s.750-761).

Depolama

Sökülen yapılardan elde edilen yapı elemanlarının depolanması maliyet oluşturur. Depolama alanı yetersizliği ve ihtiyaç olduğunda istenilen miktarda ürün temin edilememesi nedeni ile arz-talep dengesi desteklenememektedir. Farklı tedarikçiler arasında çok sayıda benzer ürün arayışı, süreci giderek daha maliyetli hale getirmektedir (Icibaci, L., 2019, s.198-202; Chini, A.R., & Nguyen H.T., 2003, s.319).

İş gücü

Yapı sökümü, çoğu durumda standart el aletlerinin kullanıldığı, emek yoğun bir süreçtir. Yapı sökümünü kolaylaştıracak özel araçların (Counto, J.P., & Mendonça, P., 2011, s. 301-320) mevcut olmaması süreci zorlaştırmaktadır. Özellikle pnömomatik olarak çakılan çiviler, zimbalar ve yapııştırıcılar vb.nin sökülmesi oldukça zordur. Bazı durumlarda yapı bileşenine zarar vererek ayrıştırma yapılmaktadır. Yapı sökümü genellikle vasıflı bir iş gücü ve daha uzun süreçler gerektirir ve bu da geri kazanılan ürün fiyatlarını artırır (Rios, F.C., & Chonga, W.K., & Grau D., 2015, s. 1296-1304).

Zaman

Söküm veya kaldırma izni almadaki gecikmelerden kaynaklanan zaman kaybı nedeniyle, sahayı hızlı bir şekilde temizlemek için gerekli zaman, maliyeti artırır (Kibert, C.J., & Chini, A.R., & Languell J., 2001, s.1-11). Yapının hızlı sökülüp sahanın boşaltılması için kolay sökülebilir birleşimler uygulanmalıdır.

2.1.1.5. Sosyal Nedenler

Estetik

Tekrar kullanılacak yapı elemanlarının hem estetik hem de güvenlik nedeniyle yeni malzemelere kıyasla daha düşük kaliteli olduğu konusunda bir algı mevcuttur. Tekrar kullanılan malzemelerin gözle görülür estetik bozulması, kirlenmesi (Tingley, D.D., & Davison B., 2011, s.197) bu ürünlerin kullanımının önündeki en büyük engellerdir.

Eğitim

Sökülebilir yapı tasarımındaki en büyük engellerden biri tasarımcıların yeterli bilgiye sahip olmamalarıdır (Aidonis ve diğ. 2008, s.211-216). Mimarlar ve mühendisler, bir binanın yapı sökümünü veya uyarlanabilirliğini kolaylaştıran elemanlar, bileşenler, alt bileşenler ve malzemeler için kullanım sonu seçeneklerinin hiyerarşisini kullanarak bir plan oluşturmalarıdır. Mimar ve inşaat mühendisleri yapı sökümü ve adaptasyon süreçlerini kolaylaştıracak inşaat stratejilerini benimseyerek, tasarım sürecinde inşaat sürecini bu yönde destekleyecek malzeme ve bileşen türleri seçmelidir (Saleh, T., & Chini A., 2009, s.30-33).

Sağlık ve Güvenlik

Söküm işleminin yaygınlaşmasındaki engeller arasında işçi güvenliği (Tingley, D.D., & Davison, B., 2011, s.197) ve sağlık tehlikeleri (Jackson, R.G.T., 2004, s.69-70) önlem alınması gereken bir konudur.

2.1.2. Yapı Elemanlarının Tekrar Kullanılabilmesi İçin Yapılması Gerekenler

Yapılan detaylı literatür taraması sonucu yapı elemanlarının tekrar kullanılabilmesinde tasarım, ekonomik, sosyal, çevresel ve teknik olmak üzere beş ana gereklilik (Tablo 4) ve bu gerekliliklerinin alt açılımları, açıklamaları ile Tablo 5’te gösterilmiştir.

YAPI ELEMANLARININ TEKRAR KULLANILABİLMESİ İÇİN YAPILMASI GEREKENLER	
Tasarım Gereklilikleri	Tasarımcının yapması gerekenler Yatırımcının yapması gerekenler Basit form seçimi Malzeme seçim kararları Yapı elemanlarının düzenlenmesi Tesisat sistemi düzenlenmesi BIM kullanımı Söküm planı hazırlama
Ekonomik Gereklilikler	Uygun Pazar seçimi
Sosyal Gereklilikler	Tasarımcı ve müşterinin farkındalığının sağlanması
Çevresel Gereklilikler	Toksik ürünlerden kaçınmak
Teknik Gereklilikler	Malzeme veri bankası Malzeme pasaportu Teşvik ve sözleşme Mevzuat politika ve yönetmelikler Tekrar kullanılacak ürünlerin sertifikalanması Eğitim Depolama Güvenli yapı sökümü

Tablo 4. Yapı elemanlarının tekrar kullanılabilmesinde beş ana gereklilik

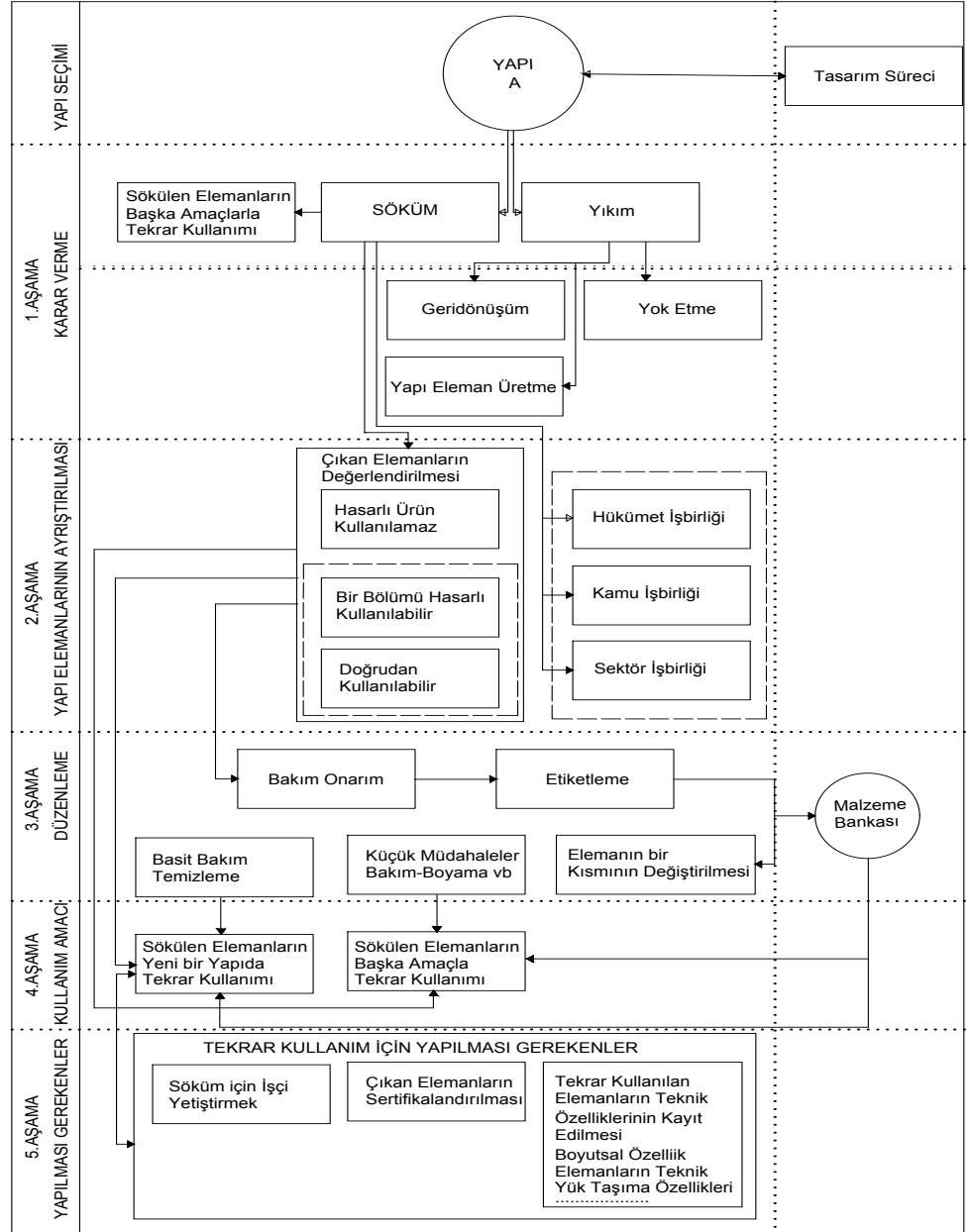
Gereklilikler		Açıklama	Referanslar	
TASARIM GEREKLİLİKLERİ	Tasarımcının rolü	Etkili iletişim kurmak, söküm haritası (söküm planı) oluşturmak, işvereni yönlendirmek Paralel söküm yöntemi kullanmak	Hradil P., Talja A., Wahlström M., ve diğ. 2014, s.1-74; Williams T.J., 2003.s.364, Akinadea O. O., Oyedele L.O. diğ. 2019, s.6	
	Yatırımcının rolü	Yatırımcıyı söküm sonrasında hem gelir elde edebileceğini hem de çevreye katkı sağlayacağı konusunda bilinçlendirilmek	Hradil P., Talja A., Wahlström M., ve diğ. 2014,s.1-74	
	Yapı formunun sadeliği	Basit formlar ve standart boyutlu ızgara kullanımı ile yıkım kolaylığı sağlamak	Deller K.,diğ.,2005, s.6	
	Malzeme seçimi kararları	Standart ve yönetmeliklere göre malzeme seçmek Modüler ve standart ürünler kullanmak Yaşlanma ilkesine göre malzeme seçmek Kompozit malzeme kullanmamak Dayanıklı ürün kullanmak Hafif malzemeler kullanmak Geri dönüştürülebilir malzeme kullanmak Malzemeleri incinil kaplamalarla kaplamamak	Deller K. Diğ.,2005, s.6; Håkkinen, Belloni 2011, 239–255; Crowther P., 2005,s.2-4, Rocha C.G., Sattler M.A., 2009, 104–112; Osmani, M., Glass, ve diğ., 2008, s.1147–1158; Hradil P., Talja A.,diğ. 2014, s.64; Long W.P., 2014,S.4, Chini , Balachandran, 2002,s.178; Debacker, W., diğ.2007,s.268 Håkkinen, T., Belloni, K., 2011, 239–255; Long W.P., 2014, s.4; Tingley, D.D. 2012, S.1-205, Akinade, OO, Oyedele, LO,ve diğ. 2017, s.6, Sassi P., 2009, s.1-550.	
	Yapı elemanlarının düzenlenmesi	Yaşam sürelerine göre elemanları gruplamak Cıvatalı, vidalı ve çivili bağlantılar kullanmak Az tip sayısı kullanmak Bağlantı sayısını azaltmak Erişilebilir bağlantılar tasarlamak Kimyasal bağlantıları en aza indirmek veya ortadan kaldırmak	Akinade, OO, Oyedele, LO., ve diğ. 2017, s.6, Deller K. diğ., 2005, s.6; Chini , Balachandran, 2002, s.178; Webster, Costello, 2005; Guy,B., 2002,s.177; Long W.P., 2014, s.4 Håkkinen, T., Belloni, K., 2011, 239–255; Guy B., Shell S., 2006 Crowther P., 2014,s.6-7; Guy,B., 2002,s.177, Long W.P., 2014, s.4 Deller K. Diğ.,2005, s.6; Debacker, W., diğ.2007,s.268; Tinolev D.D., Cooper S., Cullen J., 2017 s.646;	
	Tesisat sistemi	Ayrı mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat sistemleri düzenlemek	Deller K. Diğ.,2005, s.6; Long W.P. (2014),S.4	
	BIM kullanımı	Bina sökme sürecini ve sırasını simüle etmek, malzemelerin kullanım ömrü sonu özelliklerini tahmin etmek için BIM kullanmak	Akinade, OO, Oyedele, LO., ve diğ. 2017, s.6; Akinade, O.O., L.O. Oyedele, M. Bilal, ve diğ. 2015,s.161-176; Obi, L., Awuzie B., Obi C., ve diğ., 2021, s.1-26	
	Söküm planı	Tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir elemanları projede göstermek	Håkkinen, T., Belloni, K., 2011, s.239–255; Long W.P., 2014, s.4	
	EKONOMİK GEREKLİLİK	Uygun pazar	Tekrar kullanılacak ürünler için uygun pazar oluşturmak	Tingley, D.D., B. Davison, 2011,s.195-204; Akinade O.,Oyedele L., diğ.2019,s.1-11
	SOSYAL GEREKLİLİK	Tasarımcı ve müşteri farkındalığı	Tasarımcılar ve müşterilere teknolojinin sosyal, ekonomik, çevresel faydalarını anlatmak	Sassi, P., 2009, s.1-550
ÇEVRESEL GEREKLİLİK	Toksik ürünlerden kaçınma	Potansiyel insan ve çevre sağlığı etkilerini artıran toksik ve tehlikeli maddelerin kullanımından kaçınmak	Håkkinen, T., Belloni, K., 2011, s.239–255; Cooper D.R., Gutowski T.G., 2015, s.1-19; Guy B., Shell S., 2006; Guy,B., 2002, s.177	
TEKNİK GEREKLİLİKLER	Malzeme veri bankası	Malzeme veri bankası oluşturularak, tekrar kullanılabilir eleman türleri ve miktarı belirlemek		
	Malzeme pasaportu			
	Teşvik ve sözleşme	Yapıların ruhsat alım süreçlerini hızlandırmak Sökülebilirlik derecesine göre vergi oranları düzenlemek Yüksek düzeyde sökülebilir yapıardan vergi almamak Sözleşmelere sökülebilirlik maddesine yer vermek	Akinade, OO, Oyedele, LO. ve diğ. 2017, s.6Håkkinen, T., Belloni, K., 2011, s.239–255; Hradil P., Talja A.,diğ. 2014, s.64; Sassi, P., 2009, s.1-550; Gundes, S., Yıldırım, S.U. 2015,s.45-59; Oxford Business G., 2012, Cooper D.R., Gutowski T.G., 2015, s.1-19	
	Mevzuat politika yönetmelikler	İmar izni aşamasında söküm planının zorunlu hale getirilmesine ilişkin mevzuat hazırlamak	Gorgolewski, M., 2017, s.10-292; Akinade, OO, Oyedele, LO, Ajayi, SO, Bilal, ve diğ. 2017, s.6	
	Tekrar kullanılacak ürünlerin sertifikalanması	Çıkarılmış-kurtarılmış ürünleri derecelendirmek Setifikalama	Rocha C.G., Sattler M.A.,(2009) 104–112; Gorgolewski, M., 2017, s.10-292,Bradly G. & Shell S.,2002,S.189-209, Guy G.B., Williams T.J., 2003, s.386	
	Eğitim	Profesyonellerin eğitimini planlamak, yapı söküm tekniklerinin uzun vadede faydalarını anlatmak	Counto J.P., Mendonça P., 2011, s.319-324; Cooper D.R., Gutowski T.G.,2015,s.1-15	
	Depolama	Sökülen elemanların satış için depolanması için alan düzenlenmesi konusunu dikkate almak	Gaochuang C., Danièle Waldmann,2019,s.1-18	
Güvenli yapı söküm	İşçilerin güvenliğini, ekipman, saha erişimini sağlamak	Deller K. Diğ., 2005, s.6		

Tablo 5. Yapı elemanlarının tekrar kullanılabilmesi için yapılması gerekenler

2.1.2.1. Tasarım Gereklilikleri

Tasarımcının Rolü

Mimarlar ve mühendisler, binanın sadece kullanım aşamasına göre değil tüm yaşam döngüsü sürecinde tekrar kullanım veya geri dönüşüm kapasitelerine göre inşaat malzemelerini seçmelidir (Webster, M., & Costello, 2005, s.1-14). Tasarım aşamasında, bir binanın yapı sökümünü veya uyarlanabilirliğini kolaylaştıran, elemanlar, bileşenler, alt bileşenler ve malzemeler için kullanım sonu seçeneklerinin hiyerarşisi ile söküm stratejisinin genel ekonomik ve çevresel etkisini göz önünde bulundurarak bir binadaki her bileşenle ilgili çeşitli seçenekler değerlendirilebilmelidir (Saleh, T., & Chini, A., 2009, s.30-33). Tasarımcı ihtiyaç duyulan tüm belgeleri, çizimleri, bina sökümünde ihtiyaç duyulan her türlü bilginin akışını ve belgelerin saklanması sağlar. Sökülebilir yapının yaşam döngüsü süreci Tablo 6'da gösterilmiştir.



Tablo 6. Yapının söküm süreci

Yatırımcının Rolü

Yapı elemanlarının tekrar kullanım projesi, ancak bina sahibi veya yatırımcısı tarafından tam olarak desteklendiğinde başarılı olabilir. Bu nedenle tasarımcılar kadar yapı sahipleri ve yatırımcılar da bu süreçte önemli aktörlerdir. Başarılı uygulamaların tanıtılması, bina sahiplerinin ve yatırımcıların motivasyonunu artırmada önemli rol oynayacaktır (Hradil, P. ve diğ., 2014, s.1-74).

Yapı Formunun Sadeliği

Tasarımda basit form seçimi, karmaşık formlardan kaçınılması; yapı elemanlarının birleşimlerinin basitleşmesini hem söküm kolaylığı hem de aynı üründen çok sayıda elde edilmesini sağlar.

Malzemeler Seçimine Yönelik Kararlar

Modülerlik, bağımsızlık ve standardizasyon ilkeleri sergileyen malzeme ve sistemlerin kullanılması tekrar kullanımı kolaylaştıracaktır. Bu yaklaşım aynı üründen çok sayıda elde edilebilmesi dolayısıyla yeteri düzeyde tekrar kullanılabilir ürün elde etmek bu ürünlerin değerlendirilebilme oranını artıracaktır. Kompozit malzemelerin geri dönüşümü zor olduğu

için bu tür malzemelerin sistemde kullanılmasından kaçınılmalıdır. Bağlantı noktalarının bulunmasını zorlaştıracak ikincil kaplamalardan kaçınılmalıdır. Malzemelerin ikincil cilalı olmasının dahi geri dönüşümü etkilediğinin göz önünde bulundurulması gereklidir. Yaşam ömrü uzun malzeme kullanımı diğer bir ifade ile dayanıklı ürünler kullanmak, yapının yaşam sonunda sökülen elemanlarının tekrar kullanım düzeyini artıracaktır (Tingley, D.D., & Davison, B., 2011, s.197). Hafif malzemeler yapıya gelecek yükleri azalttığı gibi kolay taşınabileceği, kolay sökülebileceği, sökümler sonrasında da nakliye sürecini kolaylaştıracağı için malzeme seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapı Elemanlarının Düzenlenmesi

Tasarım aşamasında yapı elemanları standartlara uygun olarak seçilmelidir. Seçilen yapı elemanları ait oldukları yerlerde uzun ömürlü bileşenler ile kısa ömürlü bileşenler olarak mümkün olduğunca gruplara ayrılmalıdır. Sökme hızını artırmak için bağlantı elemanları ve bağlantı sayısı en aza indirilmelidir. Ayırma işlemlerinin karmaşıklığını ve sayısını azaltan farklı malzeme türleri en aza indirilmeli, benzer kurtarılabilir bileşenlerin miktarı artırılarak sektöre aynı üründen çok sayıda ürün akışı sağlanmalıdır (Häkkinen, T., Belloni K., & 2011, s.239-255; Chini, B., 2002, s.178; Webster, C., 2005; Guy, B., 2002, s.177).

Tesisat Sisteminin Düzenlenmesi

Tesisat sistemlerini taşıyıcıdan ayırmak ve bağımsız düzenlemek; bileşenlerin ve malzemelerin onarım, değiştirme, tekrar kullanım ve geri dönüşüm için ayrılmasını kolaylaştırır.

BIM (Building Information Modeling-Yapı Bilgi Modellemesi) Platformu

Yapı tasarım ve yapım sürecinde kullanılan, farklı disiplinler arasında entegrasyonu sağlayan dijital bir platform olan BIM; yapıların sökülümünde kullanılan etkili bir araçtır. Yapı sökülümünde tekrar kullanılacak, geri dönüşüme gönderilecek elemanlar ayrıştırılarak bir veri tabanı oluşturulur. Veri tabanında tasarım aşamasından başlayarak, süreç içerisinde de yapılan tüm değişiklikler arşivlenir. Bu arşiv, yapı içindeki tüm yapı elemanları hakkında bilgi sahibi olmamızı sağladığı için yapı eleman ve bileşenlerinin tekrar kullanımı ile çevreye verilecek zarar azaltılacaktır. BIM platformunda yapıda ihtiyaç duyulan malzeme ve bileşenlerin özellikleri ile kullanım için hangi malzemelerin ve bileşenlerin mevcut olduğunu, (Gaochuang, C., & Danièle, W., 2019, s.1-18) bileşenlerin geri dönüştürülebilirlik özellikleri, tekrar kullanılabilirlik özellikleri, beklenen ömrü, toksisitesi, montaj özelliği, üzerinde yapılan son bakım-onarım işlemi ve bağlantı/bağlayıcı özellikleri incelendiğinde (Olugbenga, O., ve diğ. 2015, s.170-171) sökülüm aşamasında o ürünü nasıl, nerede ve ne süre ile kullanılacağı bilinebilir.

Söküm Planı

Yapı elemanlarının tekrar kullanılabilmesi için tasarım aşamasında sökülüm planı hazırlanması gereklidir. Söküm planı hazırlamadaki en büyük zorluk, hangi bileşenlerin tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir olduğunu bilmenin zor olmasıdır. Ancak, bu malzemelerin bina tasarımı ve kılavuzlarında iyi bir şekilde belgelenmesi durumunda, tehlikeli malzemelerin ve tekrar kullanılabilir bileşenlerin belirleme süreci daha kolay olabilir (Akinade, O. O., ve diğ. 2017, s.3-13).

2.1.2.2. Ekonomik Gereklilikler

Pazar

Tekrar kullanılabilir malzemelerin pazarlanmasında dağıtım noktasının yeri, kalite güvencesi, ürün standardizasyonu ve spesifikasyonu, ürün sertifikası, malzeme taşıma kolaylığı, depolama tesislerinin kullanılabilirliği, pazara erişim vb. önemli konulardır. Bu ürünlerin satılabilmesine yönelik olarak yapı sökülüm yüklenicileri, müşterileri ve yapı sahipleri için tek duraklı bir satış yeri kurulmalıdır (Akinade, O. O., ve diğ., 2019, s.1-11).

2.1.2.3. Sosyal Gereklilikler

Yapı sökümünden elde edilen elemanların tekrar kullanılabilmesi tasnif edilmesi, temizlenmesi, depolanması ve pazarlanması için ayrı ayrı iş kollarının açılması, sosyal istihdama katkı sağlayacaktır.

2.1.2.4. Çevresel Gereklilikler

Elemanların tekrar kullanılabilmesi için potansiyel insan ve çevre sağlığı etkilerini artıran toksik ürünlerden, kimyasal madde kullanımından kaçınılmalıdır. Eski bir binadan çıkarılan geri dönüştürülmüş malzemelerin ve kullanılan bileşenlerin tekrar kullanılmasının, bertaraf edilmesi gereken atıkların azaltılmasına, kullanılan birincil kaynakların azaltılmasına ve sera gazı emisyonlarından tasarruf edilmesine yol açabileceği giderek daha fazla kabul görmektedir (Häkkinen, T., & Belloni, K., 2011, s.239-255; Gorgolewski, M., 2008, s.178).

2.1.2.5. Teknik Gereklilikler

Malzeme Veri Bankası

Yapıların yaşam süresi yirmi-yüz yıl arasında olduğu düşünülürken; bugün inşa ettiğimiz yapılardan oluşturulan bir Malzeme Bankası, önümüzdeki yüz yıl boyunca etkili kalacaktır. Yapılara ait tüm bilgiler oluşturulan veri tabanına eklenirse, çok sayıda tekrar kullanım ögesini daha sonra yapılacak yapılara entegre etmek daha kolay olacaktır (Bertin, I., ve diğ., 2020).

Malzeme Pasaportu

Ürünlerin teknik özellikleri malzeme kimlikleri olarak adlandırılan etiketlere kodlanabilir. Bunlar, bir ürünün içerdikleri maddeleri, yük taşıma kapasiteleri, kullanım geçmişi, yaşlanma ve bozulma durumları, orijinal konumu/fonksiyonu, bağlantı detayları, özellikleri ile üretim yeri, tarihi ve adı gibi üretim bilgileri hakkında ayrıntılı bilgileri içerir. Bu uygulama, bir ürünün ilk ömrünün sonuna ulaştıktan sonra tekrar kullanıma veya geri dönüşüme mi gönderileceği konusunda yardımcı olur (Gorgolewski, M., 2017; Liu, C., ve diğ. 2003, s.188).

Teşvik ve Sözleşme

Yapı sökümünün yaygınlaşmasında devlet teşvikinin olması, tasarımcı ve işverenin yapı tasarımlarını bu yönde geliştirmelerini sağlayacak en önemli itici güç olacaktır. Bahsedilen teşvik, projenin sökülebilir olması durumunda; resmî kurumlardan projenin onaylanması, ruhsat alınması süreçlerinin hızlı ilerlemesi, vergi indirimlerinin uygulanması, ödüller verilmesi olarak sıralanabilir. İş veren için de bu teşvikler yapının erken sürede hizmete açılması ile daha hızlı gelir elde etmesi, projenin ödül alması ile yapısının prestij kazanması anlamına gelecektir.

Vergi indirimleri, ödüller vb. ile birlikte yerel yönetimlerde projenin plan incelemeleri ve inşaat izinleri için talep ettiği ücretlerde indirimler veya muafiyetler, vergi indirimleri (emlak ve çevre temizlik vergisi vb.) ve kredi indirimleri, yoğunluk / yükseklik bonuslarının verilmesi de sistemin yaygınlaşmasına katkı sağlar (Gündeş, S., & Yıldırım, S. U., 2015, s.45-59).

Mevzuat Politika Yönetmelikler

Yapı elemanlarının tekrar kullanılabilmesine yönelik her yapının belli oranda sökülebilir eleman içermesi ve bunların yapı yaşamı sonunda sektöre gönderilmesi zorunluluğu, tekrar kullanılacak ürünlerin tekrar kullanım özelliklerine yönelik yönetmeliklerin hazırlanması gereklidir. Ayrıca İmar izni aşamasında söküm planının zorunlu hale getirilmesine yönelik mevzuat düzenlenmelidir.

Tekrar Kullanılacak Ürünlerin Sertifikalanması

Tekrar kullanılacak bileşen ve elemanların tekrar kullanılabilirlikleri yük taşıma kapasitesi, montaj kapasitesi vb. açısından değerlendirilerek sertifikalandırıldığında kurtarılan eleman ve bileşenlerin tekrar kullanılabilirlikleri yaygınlaşabilecektir (Gaochuang, C., & Waldmann, D., 2019, s.1-18).

Eğitim

Mimarlar ve sökümden sorumlu teknik uzmanlar, yapıların yaşamının sonunda yapı ile ilgili bilgilere ulaşmada zorluk çekmektedirler. Tasarımcı, yüksek yaşam sonu değerine sahip uygun malzemelerin belirlenmesi konusunda tavsiyelerde bulunabilmeli, yapı sökümünü iyileştirebilecek bina metodolojileri önermeli ve yapı malzemelerinin yaşam sonu performansları hakkında bilgi sağlayabilmelidir. Yapı söküm sırasında yanlış yapı söküm yöntemlerinin uygulanması nedeni ile malzeme kayıpları olmaktadır. Söküm işlemini kolaylaştıran birleştirme yöntemlerinin seçilmesi, kayıpları azaltacaktır. Bu amaçla, mevcut söküm araçlarından mekanik, termal, optik ve hatta sonik ayırma araçlarını kullanabilecek işçilerin yetiştirilmesi gereklidir (Guy, B., & Ciarimboli, N., 2005, s.1-69; Liu, C., & Pun, S.K., & Itoh, Y., s.188). Tasarımcının bu süreci yönetebilmesi teknik açıdan yeterli eğitime sahip olması gereklidir.

Depolama

Malzeme depolama ve taşıma ihtiyacının toplam proje maliyetlerini arttırması, yapı sökümünün önündeki engellerdendir. Bunun önlenmesi için sökülen yapının elemanlarının aynı alanda satışı yönlendirilerek, nakliye ve depolama maliyetleri düşürülmelidir (Kibert, C. J., & Chini, A. R., & Languell, J., 2001, s.1-11).

Güvenli Yapı Söküm

İşçilerin güvenliğinin sağlanması; ekipman, saha erişiminin ve malzeme akışının kolaylaştırılması, sökme işlemlerini daha ekonomik hale getirecek ve riski azaltacaktır.

3. SONUÇ

Yapıların işlevlerini yitirdikten veya kullanılamaz hale geldikten sonra ortadan kaldırılmaları için yıkılmaları veya sökülmeleri gerekmektedir. Yıkım, yapının büyük oranda geri dönüşme veya atık oluşturması anlamına gelirken; söküm işlemi, yapı elemanlarının büyük oranda kullanılabilmesi fırsatını vermektedir. Sökme, monte edilmiş bir ürünün bileşenlerine tahribatsız veya az tahribat ile ayrılmasıdır. Söküm için tasarım, ürünün kullanım ömrünün sonunda bileşenlerinin ve parçalarının tekrar kullanılmasına, geri dönüştürülmesine, enerji için geri kazanılmasına imkân tanıyan ürün tasarımının bir özelliği olarak tanımlanır. İnşaat sektörü tasarım, yapım, kullanım aşamalarından yaşam sonu dönem de dahil olmak üzere mimarlar, mühendisler, müteahhitler gibi çok sayıda aktörün yer aldığı karmaşık süreçlere sahiptir. Döngüsel tasarımın verimli işleyebilmesi için bu aktörlerin iş birliği içinde olması önem taşımaktadır.

Yapılan literatür taraması sonucu bir yapının sökülebilirliğini artırarak yapı elemanlarının tekrar kullanılabilmesini sağlamak için yapılması gerekler aşağıda sıralanmıştır.

1. Yapı elemanlarının dış etkilerden korunmasında yüzeyden kolayca ayrılabilen kaplamalar kullanılması hem tekrar kullanım için hem de geri dönüştürülebilirlik açısından önem taşımaktadır.
2. Sökümden elde edilen malzemelerin tekrar kullanılabilirlik düzeyinin artırılmasında tasarım aşamasında söküm planı hazırlanması, kullanım aşamasında her türlü müdahalenin kayıt altına alınması, ikinci el piyasası için veri bankası oluşturulması gerekmektedir.
3. Yapının kolay sökülebilmesi için katmanlara ayrılması, bu katmanların birbirinden bağımsız olması, yaşam sürelerine göre mümkünse katmanlaşması önemlidir. Her katmanın zamana bağlı olarak hızlı veya yavaş yıpranan elemanlar olarak farklı zaman seviyelerine göre de ayrılması gereklidir.
4. Her projenin fonksiyonuna, yapım yerine vb. gibi farklı koşullara sahip olması nedeni ile uygun yaşam sonu alternatiflerinin belirlenmesi için söküm uzmanlarının da tasarım aşamasında tasarımcı ile çalışması, birbirlerini yönlendirmeleri gereklidir.
5. Atık oluşumunu önlemek ve tekrar kullanım düzeyini arttırmak için elemanların dayanıklılık, sökülebilirlik, sürdürülebilirlik gibi belirli kriterleri sağlaması gerekliliği üzerinde durulmalıdır.

6. Yapı sökümünden elde edilen elemanların stoklanmasında listeleme yöntemi için dijital ortamda veri bankasının oluşturulması gereklidir.
7. Yapı sektöründe yapı elemanlarını tekrar kullanarak atık oluşumunu önlemek ve tekrar kullanım düzeyini artırmak için elemanların dayanıklılık, sökülebilirlik, sürdürülebilirlik vb. kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır.
8. Harç kullanımı gibi ıslak birleşimler sökümü olumsuz etkileyecek uygulamalar olduğu için mümkün olduğunca bu tür birleşimlerden kaçınmak gereklidir.
9. Tasarım aşamasında yapı eleman ve birleşimlerinin seçimi yapı söküm haritası göz önünde bulundurularak yapıldığında, yapının yaşam ömrü sonunda yapı elemanları söküldüğünde tekrar kullanılacak eleman miktarının tahmin edilebilmesini sağlayacaktır.

Her yapı sisteminin yaşam ömrü sonunda çevreye atık oluşturmayacak veya oluşturacağı atık miktarının en az düzeyde olacak şekilde tasarlanması gerçeği, yapı tasarımcılarının misyonu olmalıdır. Yapı sektöründeki tüm paydaşlar gezegenimizin tükenmekte olan kaynaklarından gelecek nesillerin de faydalanabilmesi, gezegenimizin yaşanabilir çevresel koşullarını sürdürebilmesi için yapı elemanlarının tekrar kullanılabilirliği sökülebilir çözümleri desteklemelidirler.

DESTEKLEYEN KURUM

Bu makale, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi tarafından desteklenen 2021/05 numaralı 'Hafif Çelik Konstrüksiyon Sistem Atık Yönetimi Planlama Haritası' başlıklı projeden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Ajayi, S. O., & Oyedele, L. O., & Bilal, M., & Akinade O. O., Alaka, H. A., & Owolabi, H. A., & Kadiri, K. O. (2015). Waste Effectiveness Of The Construction Industry: Understanding The Impediments and Requisites for Improvements. *Resources, Conservation and Recycling* 102, Doi:10.1016/J. s.101–112.
- Akinade O. O., & Oyedele, L., & Oyedele, A., & Delgado J. M. D., & Bilal, M., & Akanbi, L., & Ajayi, A. & Owolabi, H. (2019). Design For Deconstruction Using A Circular Economy Approach: Barriers And Strategies For Improvement, *Ge: Https://Www.Tandfonline.Com/Loi/Tppc20, Production Planning&Control, Taylor& Francis, s.1-11*
- Akinade, O. O., & Oyedele, L. O., & Ajayi, S. O., & Bilal, M., & Alaka, H.A., & Owolabi, H. A., & Bello, S. A., & Jaiyeoba, B. E., & Kadiri, K. O. (2017). Design For Deconstruction (Dfd): Critical Success Factors for Diverting End-of-Life Waste From Landfills, *Waste Management Volume 60, Elsevier, s.3-13*
- Akinade, O. O., & Lukumon, O. O., & Muhammad, B., & Saheed, O. A., & Hakeem, A. O., & Hafiz, A. A., & Sururah, A. B. (2015). Waste Minimisation Through Deconstruction: A BIM Based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS), *Resources, Conservation And Recycling* 105 (2015), s.167–176.
- Akinade, A. A., & Lukumon, O., & Oyedele, A., & Saheed, O. A., & Muhammad, B., & Hafiz A. A., & Hakeem A. O., & Sururah A. B., & Babatunde E. J., & Kabir O. K. (2016). Design For Deconstruction (Dfd): Critical Success Factors For Diverting End-Of-Life Waste From Landfills, *Waste Management, Waste Management, Elseveir, s.1-11.*
- Al-Ghalib, A., & Ghailan, D.B. (2021). Design For Deconstruction: Futuristic Sustainable Solution For Structural Design, *Civil Engineering Beyond Limits, (Erişim 12.07.2021), s.6-11.*
- Aidonis, D., & Xanthopoulos, A., & Vlachos, D., & Iakovou, E. (2008). On The Optimal Deconstruction And Recovery Processes Of End-Of-Life Buildings. In *Proceedings Of The 2nd WSEAS/IASME International Conference On Waste Management, Water Pollution, Air Pollution, And Indoor Climate (WWAI'08), Corfu, Greece. s.211-216.*
- Balodis, T. M. H. (2017). Deconstruction And Design For Disassembly: Analyzing Building Material Salvage And Reuse, *Master Of Architecture, Carleton University, Ottawa, Ontario, s.1-141*
- Bertin, I., & Lebrun, F., & Braham, N., & Le Roy, R. (2020). Construction, Deconstruction, Reuse Of The Structural Elements: The Circular Economy To Reach Zero Carbon, *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science, Iop Publishing, Iop Conf. Series: Earth And Environmental Science* 323, s.1-9.

- Bilal, M., & Oyedele, L. O., & Qadir, J., & Munir, K., & Akinade, O. O., & Ajayi, S. O., & Alaka, H. A., Owolabi, H. A. (2016). Analysis Of Critical Features And Evaluation Of BIM Software: Towards A Plug-In For Construction Waste Minimization Using Big Data. *Int. J. Sustain. Build. Technol. Urban Dev.* s.1–18.
- Bradly, G., & Shell, S. (2002). Design For Deconstruction And Material Reuse, *Proceedings Of The CIB Task Group 39-Deconstruction Meeting*, CIB Publication No. 272, s.189-209
- Braungart, M., & Mcdonough, W., & Bollinger, A. (2007). Cradle-to-Cradle Design: Creating Healthy Emissions E A Strategy For Eco-Effective Product And System Design, *Journal Of Cleaner Production* 15, s.1337-1348.
- Cheng, J.C.P., & Won, J., & Das, M. (2015). Construction And Demolition Waste Management Using BIM Technology. In: *Proc. 23rd Ann. Conf. Of The Intel. Group For Lean Construction*. Australia, s. 381-390, www.iglc.net
- Chini, A., & Balachandran, S. (2002). Anticipating And Responding To Deconstruction Through Building Design, Ed By Abdol R. Chini, University of Florida Frank Schultmann, University of Karlsruhe, Design For Deconstruction And Materials Reuse, CIB Publication 272, *Proceedings of The CIB Task Group 39 – Deconstruction Meeting*, Germany, s.175-188
- Chini, A. R., & Nguyen, H. T. (2003). Optimizing Deconstruction of Lightwood Framed Construction, *CIN Report Publication 287*, Florida, USA, s.312
- Chini, A., & Bruening, S. (2003). Deconstruction And Materials Reuse In The United States, *International E-Journal of Construction*, Special Issue Article In: *The Future of Sustainable Construction*, ISBN 1-886431-09-4, s.1-22
- Cooper, D. R., & Gutowski T.G. (2015). The Environmental Impacts of Reuse, *Journal of Industrial Ecology*, By Yale University Doi: 10.1111/Jiec.12388, s.1-19
- Counto, J.P., & Mendonça, P. (2011). Deconstruction Roles In The Construction And Demolition Waste Management In Portugal, s.301-320, <https://www.intechopen.com/Predownload/17442> (Erişim 09.07.21)
- Crowter, P. (2014). Investigating Design For Disassembly Through Creative Practice, *INTERSECTIONS: Expertise, Academic Research And Design-International Symposium Florence*, June 30, s.1-9
- Crowther, P. (2005). Design For Disassembly - Themes And Principles. *RAIA/BDP Environ. Des. Guid.* <http://dx.doi.org/10.1115/1.2991134>, s.s.2-4
- Debacker W., Henrotay C., Paduart A., Elsens., De Wilde W.P., Hendrickx H. (2007). 4 Dimensional Design: From Strategies To Cases – Generation Of Fractal Grammar For Reusing Building Elements, *International Journal Of Ecodynamics* 2007, s.s.258 – 277.
- Debacker, W., & Manshoven S. (2016). D1 Synthesis Of The State Of The Art: Key Barriers And Opportunities For Materials Passports And Reversible Building Design In The Current System, *BAMB Horizon 2020*, http://www.bamb2020.eu/Wp-Content/uploads/2016/03/D1_Synthesis-Report-On-State-Of-The-Art_20161129_FINAL.Pdf, s.1-102.
- Durmisevic, E. (2006). Transformable Building Structures, Design For Disassembly As A Way To Introduce Sustainable Engineering To Building Design & Construction, Netherlands, ISBN-10: 90-9020341-9, s.17-190
- Earle, J., & Ergun, D., & Gorgolewski, M., & Barriers For Deconstruction And Reuse/Recycling Of Construction Materials In Canada, https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC_29789.Pdf
- Gaochuang, C., & Waldmann, D. (2019). A Material And Component Bank to Facilitate Material Recycling And Component Reuse For A Sustainable Construction: Concept And Preliminary Study, *Clean Technologies And Environmental Policy*, Springer-Verlag GmbH Germany, <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01758-1>, s.1-18.
- Gehin, A., & Zwolinski, P., & Brissaud, D. (2008). A Tool To Implement Sustainable End-Of-Life Strategies In The Product Development Phase. *Journal Of Cleaner Production*, 16(5), s.566-576. Doi: 10.1016/j.jclepro
- Giorgi, S., & Lavagna, M., & Campioli, A. (2019). Circular Economy And Regeneration Of Building Stock In The Italian Context: Policies, Partnership And Tools, 2019 IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 225, 012065, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/225/1/012065/pdf> (Erişim 14.07.21), s.1-7.
- Glukhova, E., & Cividini, M., & Erimasita, S. (2015). Closed Loop Building Approach To Address Sustainability Challenge Into The Future Of Urban Areas, Master's Degree Thesis, Blekinge Institute Of

- Technology Karlskrona, Sweden, [Http://Www.Diva-Portal.Org/Smash/Get/Diva2:824211/FULLTEXT02.Pdf](http://www.Diva-Portal.Org/Smash/Get/Diva2:824211/FULLTEXT02.Pdf) (Erişim 10.06.21), s.1-65.
- Gorgolewski, M. (2017). *Resource Salvation: The Architecture Of Reuse*, John Wiley & Sons Ltd., s.10-292.
- Gorgolewski, M. (2008). 'Designing With Reused Building Components: Some Challenges, *Building Research & Information*, 36:2, s.175-188
- Guy, G.B., & Williams, T.J. (2003). "Green" Demolition Certification, *Deconstruction And Materials Reuse*, CIB Publication 287, Proceedings of The 11th Rinker International Conference May 7-10, 2003 Gainesville, Florida, USA, Edited By Abdol R. Chini, University of Florida, s.395-411
- Guy, B., & Ciarimboli, N. (2005). *Dfd: Design For Disassembly In The Built Environment: A Guide To Closed-Loop Design And Building*. Hamer Center, Pennsylvania State University.; The Scottish Ecological Design Association (SEDA) For Extensive Use of: Morgan, C., And Stevenson, F., "Design And Detailing For Deconstruction-SEDA Design Guides For Scotland: No. 1, No. 1, Edinburgh, s.1-69.
- Guy, B. (2001). *Building Deconstruction Assessment Tool*. *Deconstruction And Materials Reuse: Technology, Economic, And Policy*. CIB Publication 266. 6 April 2001. s. 125-136. *Deconstruction And Materials Reuse In The United States* By A. R. Chini And S. F. Bruening
- Guy, B. (2002). *Design For Deconstruction And Materials Reuse*, Ed By Abdol R. Chini, University of Florida Frank Schultmann, University of Karlsruhe, *Design For Deconstruction And Materials Reuse*, CIB Publication 272, Proceedings of The CIB Task Group 39-Germany, s.175-188.
- Gundes, S., & Yıldırım, S. U. (2015). The Use of Incentives in Fostering Green Buildings, *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, 32 (2), s.45-59.
- Häkkinen, T., & Belloni, K. (2019). Barriers And Drivers For Sustainable Building. *Build. Res. Inf.*39, s.239–255.
- Hood, T., & Priselac, A., & Gendt, S. (2015). *Design for Deconstruction*, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/designfordeconstrmanual.pdf> (Erişim 04.04.2021), s.1-44.
- Hosseini, M. R., & Rameezdeen, R., & Chileshe, N., & Lehmann, S. (2015). Reverse Logistics in The Construction Industry. *Waste Management. Res.* 33, s.499-514.
- Hradil, P., & Fülöp, L., & Ungureanu V. (2019). Reusability of Components From Single-Storey Steel-Framed Buildings, *Steel Construction* 12(2), Ernst & Sohn, s.1-7
- Hradil, P., & Talja, A., & Wahlström, M., & Huuhka, S., & Lahdensivu, J., & Pikkuvirta, J. (2014). Re-Use Of Structural Elements: Environmentally Efficient Recovery of Building Components, VTT Technical Research Centre Of Finland, [Https://Publications.Vtt.Fi/Pdf/Technology/2014/T200.Pdf](https://Publications.Vtt.Fi/Pdf/Technology/2014/T200.Pdf), s.1-74.
- Hurley, J. W. (2002). *Design For Deconstruction - Tools And Practices*, Ed By Abdol R. Chini, University Of Florida Frank Schultmann, University of Karlsruhe, *Design For Deconstruction And Materials Reuse*, CIB Publication 272, Proceedings of The CIB Task Group 39-Germany, s.139-174.
- Jackson, R. G. T. (2004). *California Review Management, Supply Loops And Their Constraints: The Industrial Ecology Of Recycling And Reuse*, VOL. 46, NO. 2, s.69-70
- Iacovidou, E., & Purnell, P. (2016). Mining the physical infrastructure: Opportunities, Barriers And Interventions In Promoting Structural Components Reuse, *Science of The Total Environment*, Volumes 557–558, s.791-807.
- Icibaci, L. (2019). *Architecture And The Built Environment, Re Use Of Building Products in The Netherlands, The Development of A Metabolism Based Assessment Approach*, Delft University of Technology, Faculty of Architecture And The Built Environment, Department of Urbanism Faculty of Industrial Design Engineering, s.198-202
- Jaillon, L., & Poon, C. S., & Chiang, Y. H. (2009). Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong, *Waste Management*, Volume 29, Issue 1, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.015>, s. 309-320.
- Kibert, C. J., & Chini, A. R., & Languell, J. (2001). *Deconstruction As An Essential Component Of Sustainable Construction*, CIB World Building Congress, New Zealand Paper: NOV 54, s.1-11.
- Laefer, D., & Manke, J. (2008). *Building Reuse Assessment For Sustainable Urban Reconstruction*. *J. Construct. Eng. Manag.*, Vol. 134, No. 3, s.217-227.
- Liu, C., & Pun, S. K., & Itoh, Y. (2003). *Technical Development For Deconstruction Management*, Ed. Abdol R. Chini, *Deconstruction And Materials Reuse*, Cib Publication 287, Cib, International Council For Research And Innovation In Building Construction Task Group 39: Deconstruction, s.188.

- Liu, C., & Pun, S., & Itoh, Y. (2004). Information Technology Applications For Planning In Deconstruction, In Designing, Managing And Supporting Construction Projects Through Innovation And IT Solutions: Proceedings Of The World IT Conference For Design And Construction, (INCITE 2004), 2004, Proceedings, Construction Industry Development Board Malaysia, Malaysia, s. 97-102.
- Lo, C. W. H., & Fryxell, G. E., & Wong, W. W. H. (2006). Effective Regulations With Little Effect? The Antecedents Of The Perceptions Of Environmental Officials On Enforcement Effectiveness In China. *Environ Manag* 38(3), s.388-410
- Long, W. P. (2014). Architectural Design for Adaptability and Disassembly; https://www.academia.edu/35804830/Architectural_Design_for_Adaptability_and_Disassembly, s.1-10.
- Lopez Ruiz, L. A., & Roca Ramon, X., & Gass´O Domingo, S. (2020). The Circular Economy In The Construction And Demolition Waste Sector. A Review And An Integrative Model Approach, 2020, *J. Clean. Prod.* 248, 119238. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238>.
- Luscuere, L. M. (2017). Materials Passports: Optimising Value Recovery From Materials, Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers Waste And Resource Management 170, Issue WR1, <http://dx.doi.org/10.1680/jwarm.16.00016>, s.25-28.
- Mcdonough, W., & M. Braungart. (2002). *Cradle To Cradle: Remaking The Way We Make Things*. New York: North Point, s.3-187.
- Morgan, C., & Stevenson, F. (2005). Design for Deconstruction, SEDA Design Guides for Scotland No. 1, https://www.researchgate.net/publication/303231874_Design_for_Deconstruction, s.1-71.
- Morseletto, P. (2020). Targets for a Circular economy, *Resources, Conservation & Recycling*, Volume 153, 2020, 104553, s.1-13.
- Ness, D., & Field, M., & Pullen, S. (2005). Making Better Use Of What We Have Got: Stewardship Of Existing Buildings And Infra Structure, Conference: 'Fabricating Sustainability': Conference Of Architectural Science Association Wellington, New Zealand, s.1-8.
- Ness D., & John S., & Damith, C., & Ranasinghe, K. X., & Veronica, S. (2015). "Smart Steel: New Paradigms for the Reuse of Steel Enabled by Digital Tracking and Modelling." *Journal of Cleaner Production* 98: 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.055>.
- Obi, L., & Awuzie, B., & Obi, C., & Omotayo, T., & Adekunle, O., & Osobajo, O. (2021). BIM for Deconstruction: An Interpretive Structural Model of Factors Influencing Implementation, *Buildings*, 11(6), 227; <https://doi.org/10.3390/buildings11060227>, s.1-26.
- Osmani, M., & Glass, J., & Price, A. D. F. (2008). Architects' Perspectives On Construction Waste Reduction By Design. *Waste Manage.* 28 (7), s.1147-1158.
- Oxford Business Group. (2012). Planned Development: Urban Renewal Programmes Plus Major Infrastructure Projects Equal Significant Opportunities for Investment. [<http://www.oxfordbusinessgroup.com>]
- Paduart, A., & Debacker, W., & Henrotay, C., & De Temmerman, N., & De Wilde, W. P., & Hendrick, H. (2009). Transforming Cities: Introducing Adaptability In Existing Residential Buildings Through Reuse And Disassembly Strategies For Retrofitting Lifecycle Design of Buildings, Edited By Elma Durmisevic, Conference Proceedings Of CIB W115 Construction Material Stewardship, <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB14274.pdf>, s.1-6.
- Potting, J., & Hekkert, M., & Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). Circular Economy: Measuring Innovation In The Product Chain. Available At. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/Pbl-2016circular-Economy-Measuring-Innovation-In-Product-Chains-2544.Pdf>, s.1-46.
- Reikea, D., & Vermeulena, W., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options, *Resources, Conservation & Recycling*, s.246-264.
- Rios, F. C. (2018). Beyond Recycling: Design For Disassembly, Reuse, And Circular Economy In The Built Environment, A Dissertation Presented In Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Doctor Of Philosophy, Arizona State University, s.1-161.
- Rocha, C. G., & Sattler, M. A. (2009). A Discussion on The Reuse of Building Components In Brazil: An Analysis of Major Social, Economical And Legal Factors, *Resources, Conservation And Recycling*, s.104-112.

- Ruiz, L. A. L., & Ramon, X. R., & Domingo, S. G. (2020). The Circular Economy In The Construction And Demolition Waste Sector. A Review And An Integrative Model Approach, 2020 J. Clean. Prod. 248, 119238. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238>, s.3-34.
- Russell, P., & Moffatt, S. (2001). Assessing Buildings For Adaptability, Annex 31, Energy-Related Environmental Impact of Buildings, https://www.iea-ebc.org/Data/publications/EBC_Annex_31_Assessing_Building.pdf, s.1-13. (Erişim 11.02.2021)
- Rios, F. C., & Chonga, W. K., & Graua, D. (2015). Design For Disassembly And Deconstruction - Challenges And Opportunities , International Conference On Sustainable Design, Engineering And Construction Procedia Engineering 118, s.1296-1304.
- Saleh, T., & Chini, A. (2009). Building Green Via Design For Deconstruction and Adaptive Reuse, s.30-33.
- Sassi, P. (2009). Closed Loop Material Cycle Construction, Defining And Assessing Closed Loop Material Cycle Construction As A Component of A Comprehensive Approach To Sustainable Material Design In The Context of Sustainable Building, Doktora Tezi, s.1-550.
- Schut, E., & Crielaard, M., & Mesman, M., & Schut, E., & Crielaard, M., & Mesman, M. (2015). Circular Economy In The Dutch Construction Sector, A Perspective For The Market And Government, National Institute For Public Health And The Environment (Rivm), s.1-58.
- Schultmann, F., & Rentz. (2002). Scheduling of Deconstruction Projects Under Resource Constraints, Construction Management And Economics, 20(5), s. 391-401.
- Tingley, D. D., & Cooper, S., & Cullen, J. (2017). Understanding And Overcoming The Barriers To Structural Steel Reuse, A UK Perspective, Journal of Cleaner Production 148, s.642-652.
- Tingley, D. D., & Davison, B. (2011). Design For Deconstruction And Material Reuse, Proceedings of The Institution of Civil Engineers Energy 164 November 2011 Issue EN4, <http://dx.doi.org/10.1680/Ener>, s.195-204.
- Tingley, D. D. (2012). Design for Deconstruction: An Appraisal. Phd Thesis, The University of Sheffield, s.1-205.
- Vares S., & Hradil, P., & Sansom, M., & Ungureanu, V. (2019). Economic Potential And Environmental Impacts of Reused Steel Structures, Structure And Infrastructure Engineering Maintenance, <https://www.bamb2020.eu/library/overview-reports-and-publications/>, s.750-761.
- Webster, M., & Costello, D. (2005). Designing Structural Systems For Deconstruction: How To Extend A New Building's Useful Life And Prevent It From Going To Waste When The End finally Comes. Greenbuild Conference, Atlanta, s.1-14.
- Williams, T. J. (2003). Deconstruction And Design For Reuse: Choose To Reuse, Ed. Abdol R. Chini, 2003, Deconstruction And Materials Reuse, CIB Publication 287, CIB, International Council For Research And Innovation In Building Construction Task Group 39: Deconstruction, s.362-371.
- Yuan, H. (2013). Key Indicators For Assessing The Effectiveness of Waste Management In Construction Projects. Ecol Indic 24: s.476-484.