



**KENTSEL DÖNÜŞÜM NEDENİYLE ORTAYA ÇIKAN MOLOZ
ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMESİ İLE ÜRETİLEN BETONUN
YAŞAM DÖNGÜŐÜ DEĐERLENDİRMEŐİ**

Beyzanur TUHAN ABİK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜŐÜ**

ŞUBAT 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirim, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Beyzanur TUHAN ABİK

06/02/2023

KENTSEL DÖNÜŞÜM NEDENİYLE ORTAYA ÇIKAN MOLOZ ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMESİ İLE ÜRETİLEN BETONUN YAŞAM DÖNGÜSÜ

DEĞERLENDİRMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Beyzanur TUHAN ABİK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2023

ÖZET

Dünyada hızlı nüfus artışı ile birlikte çevre sorunları ve hammadde sıkıntısı ortaya çıkmıştır. Bu durumun oluşmasında inşaat sektörünün önemli bir payı bulunmaktadır. Nüfus artışının beraberinde getirdiği ihtiyaçlar ve meydana gelen afetler inşaat sektöründe çözülmesi gereken önemli sorunlardan birkaçıdır. Kentsel dönüşüm kavramı son yıllarda Türkiye de gerek afetler sonrasında meydana gelen yıkımlar ve hasarlar ile gerekse de eski yapıların yıkımı ve yeniden üretimi için oluşturulan projeler ile ortaya çıkmıştır. Bunun neticesinde uzmanlar ve yerel idareler tarafından tespit çalışmaları yapılarak binaların yıkılıp yerlerine yenilerinin yapılmaya başlanması kararı alınmaktadır. Malatya da 2020 senesinin ilk yarısında meydana gelen depremler birden fazla yapının ağır hasar almasına neden olmuştur. Bölgede bulunan birçok yapı tespit çalışmaları sayesinde yıkım kararı alınarak kentsel dönüşüme tabi tutulmuştur. Yapıların yıkımı ile katı atıklar ortaya çıkmış ve moloz yığınları geri dönüşüme tabi tutulamadığı için şehirde çevre kirliliği meydana gelmiştir. İl bazında yapılan araştırmada Malatya Büyükşehir Belediyesinin atık döküm sahalarını belirlemiş olduğu ve bu alanlara kentsel dönüşüm sonrası yapıların yıkımı sonucunda oluşan atıkların dökülmesi kararı alındığı görülmüştür. Geri dönüşüm çalışmaları kapsamında bu atıkların en önemlisi olan beton yığınlarında bulunan demirler sökülüp alınırken, kaba inşaatın kalan beton bloklar bu sahalara dökülmüştür. Yaşam döngüsü değerlendirmesi ve sürdürülebilirlik kapsamında bir malzemenin hammadde aşamasından yıkım ve tekrar kullanım aşamasına kadar ki süreç beşikten mezara olarak tanımlanmaktadır. Beton malzemesi için benzer olarak aynı aşamalardan geçerek son aşama olan yıkımdan sonra tekrar kullanım hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Bu tez kapsamında beton atıklarından elde edilen geri dönüştürülmüş agreganın %0, %20 ve %40 oranlarında betonun üretimi sırasında karışıma eklenmesi ile oluşturulan betonun yapıda kullanılmasının yaşam döngüsündeki etkileri incelenmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirmesini oluşturmak için; Revit programında kentsel dönüşüm sonucu yıkımı gerçekleşen ve yeniden inşa edilen Malatya'daki bir ilkokul yapısının tekrar projelendirilmesi yapılarak BIM tabanlı revit çizim programına entegre olarak çalışan one click LCA (Life Cycle Assessment) veritabanında CO₂ emisyonu, sera gazı salınımı, somutlaştırılmış karbon, asidifikasyon, ötrifikasyon, birincil enerji tüketimi, küresel ısınma, asitleştirme, ozon tüketimi analizleri oluşturulmuştur. Bu analizler göstermiştir ki geri dönüştürülmüş agrega kullanımının çevresel birçok faktördeki değerleri iyileştirdiği ispat edilmiştir. Özellikle havaya, suya, toprağa olan faydası bu tez kapsamında yapılan yaşam döngüsü analizi sayesinde grafiklerle gösterilmiştir. Malatya da gerçekleşen eğitim yapılarında ki kentsel dönüşüm çalışmaları sonrası oluşan bu yıkıntı atıklarının geri dönüşümü ile kente sağlayacağı faydaların tartışılması çalışmanın özgünlüğünü oluşturmaktadır. Bu tez ile hedeflenen geri dönüştürülmüş beton agregasının tekrar betonun karışımı içerisinde kullanılması ile çevre kirliliğinin önüne geçilerek, hammadde eksikliğinin giderilip ekonomik bir beton üretimi yapılması ve yaşam döngüsü açısından küresel ısınma, asidifikasyon, ötrifikasyon, enerji kullanımı, karbon salınımı gibi değerlerde azalmanın sağlanmasıdır.

Bilim Kodu : 80115

Anahtar Kelimeler : Geri dönüşüm betonu, Kentsel dönüşüm, Yaşam döngüsü değerlendirmesi, Sürdürülebilir beton kullanımı

Sayfa Adedi : 125

Danışman : Doç. Dr. Asena SOYLUK

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF CONCRETE PRODUCED WITH RECYCLING EMERGING RUBBLE WASTES IN BECAUSE OF URBAN TRANSFORMATION

(M. Sc. Thesis)

Beyzanur TUHAN ABİK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2023

ABSTRACT

With the rapid population growth in the world, environmental problems and raw material shortages have emerged. The construction industry has an important role in this situation. The needs brought by the population growth and the disasters that occur are some of the important problems that need to be solved in the construction sector. The concept of urban transformation has emerged in Turkey in recent years, both with the destruction and damage that occurred after disasters, and with the projects created for the demolition and reproduction of old buildings. As a result of this, determination studies are carried out by experts and local administrations, and it is decided to demolish the buildings and start new ones to be built in their place. Earthquakes in Malatya in the first half of 2020 caused severe damage to many buildings. Many buildings in the region have been subjected to urban transformation by taking the decision of demolition thanks to the detection works. With the destruction of the buildings, solid wastes have emerged and environmental pollution has occurred in the city as the rubble piles cannot be recycled. In the research conducted on a provincial basis, it has been seen that Malatya Metropolitan Municipality has determined the waste dumping sites and it has been decided to dump the wastes formed as a result of the demolition of the buildings after the urban transformation. Within the scope of recycling works, the most important of these wastes, the iron in the concrete piles, was removed and the concrete blocks left from the rough construction were poured into these areas. Within the scope of life cycle assessment and sustainability, the process from the raw material stage to the demolition and reuse stage of a material is defined as the cradle to the grave. Similarly, for concrete material, many studies have been carried out on reuse after demolition, which is the last stage, by going through the same stages. Within the scope of this thesis, the effects on the life cycle of the use of the concrete, which is formed by adding 0%, 20% and 40% of the recycled aggregate obtained from concrete wastes to the mixture during the production of the concrete, were investigated. To create the life cycle assessment; in the Revit program, a primary school building in Malatya, which was demolished and rebuilt as a result of urban transformation, was redesigned and integrated into the BIM-based revit drawing program, in the one click LCA (Life Cycle Assessment) database, CO₂ emissions, greenhouse gas emissions, embodied carbon, acidification, eutrophication, primary energy consumption, global warming, acidification, ozone consumption analyses were created. These analyses have shown that the use of recycled aggregates has been proven to improve values in many environmental factors. In particular, its benefits to air, water and soil are shown in graphics thanks to the life cycle analysis made within the scope of this thesis. The originality of the study is the discussion of the recycling of these rubble wastes, which are formed after the urban transformation works in the educational buildings in Malatya, and the benefits it will provide to the city. The aims of this thesis are to prevent environmental pollution by reusing recycled concrete aggregate in the mixture of concrete, and to produce economical concrete by eliminating the lack of raw materials. Another aim, in this context, is to reduce values such as global warming, acidification, eutrophication, energy use, carbon emissions in terms of life cycle.

Science Code : 80115

Key Words : Recycled concrete, urban transformation, life cycle assessment,
sustainable use of concrete

Page Number : 125

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Asena SOYLUK

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca kıymetli yardım, katkı ve tecrübeleriyle beni yönlendirip, destekleyen değerli bilgi ve birikimlerini aktaran, her konuda yapıcı eleştirileriyle tezime katkıda bulunan değerli danışmanım Sn. Doç. Dr. Asena SOYLUK'a teşekkürü bir borç bilirim. Hayatım boyunca maddi ve manevi olarak beni her zaman destekleyen, sevgisi ile büyüten kıymetli canım annem Nuray TUHAN'a, değerli canım babam Yaşar TUHAN'a ve hayatıma neşe katan canım kardeşim Burak TUHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca beni yüreklendiren hayatıma yeni bir soluk katan canımın içi değerli eşim İhsan Habib ABİK'e canı gönülden sevgilerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. EKOLOJİK TASARIM VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK.....	3
2.1. Ekolojik Tasarım.....	3
2.2. Sürdürülebilirlik.....	6
3. BETON	15
3.1. Beton Agregaları.....	21
3.2. Betonda Sürdürülebilirlik.....	26
4. KENTSEL DÖNÜŞÜM	31
4.1. Kontrollü Yıkım.....	36
4.2. Atık Çeşitleri.....	39
4.3. Atık Yönetimi	41
4.4. Beton Atıkları.....	47
4.5. Atık Yönetiminde Sürdürülebilirlik.....	49
4.6. Atık Yönetmeliği	52

	Sayfa
5. GERİ DÖNÜŞÜM	55
5.1. Betonda Geri Dönüşüm.....	59
5.2. Beton Deneyleri	66
6. YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ.....	71
6.1. One Click LCA Yazılım Programı ile Yapılmış Çalışmalar.....	80
7. ALAN ÇALIŞMASI.....	83
7.1. Metot	85
7.2. Değerlendirmeler.....	95
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	109
KAYNAKLAR	113
ÖZGEÇMİŞ	125

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Kaba Agrega sınıflandırması	67
Çizelge 7.1. EN standardına göre yaşam döngüsü aşamaları	87
Çizelge 7.2. Alternatif 1 için Yaşam döngüsü aşamasına göre somutlaşmış karbon	95
Çizelge 7.3. Alternatif 1 için Somutlaştırılmış karbon kıyaslaması	96
Çizelge 7.4. Alternatif 2 için Yaşam döngüsü aşamasına göre somutlaşmış karbon	96
Çizelge 7.5. Alternatif 2 için Somutlaştırılmış karbon kıyaslaması	97
Çizelge 7.6. Alternatif 3 için Yaşam döngüsü aşamasına göre somutlaşmış karbon	98
Çizelge 7.7. Alternatif 3 için Somutlaştırılmış karbon kıyaslaması	98
Çizelge 7.8. Bina Döngüselligi-Geri dönüştürülmüş içerik.....	99
Çizelge 7.9. Tüm etki kategorileri	100
Çizelge 7.10. Yaşam döngüsü değerlendirmesi toplam kullanım grafiği	101
Çizelge 7.11. Alternatif 1- Alternatif 2- Alternatif 3 Yaşam döngüsü değerlendirmesi toplam kullanım grafiği	102
Çizelge 7.12. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, EN-15978 - Asitleştirme kg SO ₂ e - Yaşam döngüsü aşamaları.....	103
Çizelge 7.13. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, EN-15978 - Küresel ısınma kg CO ₂ e - Yaşam döngüsü aşamaları	104
Çizelge 7.14. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, EN-15978 - Ötrofikasyon kg PO ₄ e - Yaşam döngüsü aşamaları	105
Çizelge 7.15. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, EN-15978 - Ozon Tüketimi kg CFC11e - Yaşam döngüsü aşamaları.....	106
Çizelge 7.16. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, EN-15978 – Birincil enerjinin kullanımı toplam örn. hammaddeler, MJ- Yaşam döngüsü aşamaları.....	107

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ekolojik ve Sürdürülebilir Yerleşim Modeli	12
Şekil 3.1. Beton bileşenlerinin kullanım oranlarının hacim olarak gösterimi	17
Şekil 3.2. Kimyasal katkıların yapı malzemelerinde kullanım yeri ve uygulama alanları.....	18
Şekil 3.3. Beton dayanımına etki eden faktörler	20
Şekil 3.4. İri Agreganın Özellikleri ve Bunların Betona Etkime Biçimleri.....	22
Şekil 3.5. Çimento kaynaklı CO ₂ salınımı	27
Şekil 4.1. Şehir Konsepti için Kavramsal Model	35
Şekil 4.2. Yıkıntıların Alternatif Uzaklaştırma Maliyetlerinin Karşılaştırılması	37
Şekil 4.3. Atık yönetim hiyerarşisi	46
Şekil 4.4. Binalar için ömür boyu akış şeması	47
Şekil 5.1. Beton ve duvarın yıkılması ve yeniden kullanılması.....	58
Şekil 5.2. Geri Kazanılmış Agregada Edilebilecek Kaynaklar	61
Şekil 5.3. Örnek Bir Ev için Yeniden Kullanılabilir ve Geri Kazanılabilir Malzemeler	61
Şekil 5.4. Yapı materyallerinin geri dönüşümü	63
Şekil 5.5. Geri dönüştürülmüş agreganın sınıflandırılması	64
Şekil 5.6. Kaba Agregada Sınıflandırılması	67
Şekil 6.1. Beşikten Mezara Yaklaşım	74
Şekil 6.2. Yapım malzemelerinin yaşam döngüsü	78
Şekil 6.3. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin aşamalarının birbirleriyle olan ilişkisi YDA metodolojisi	78
Şekil 6.4. YDA'nın aşamaları	79

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 7.1. Sümer İlkokulu (Yapının kontrollü yıkımı yapılırken)	84
Resim 7.2. Sümer İlkokulu (Yapının kontrollü yıkımı yapılırken)	84
Resim 7.3. Diniye Çalık İlkokulu yeniden tasarımı yapılan binanın son hali	85
Resim 7.4. Diniye Çalık İlkokulu yeniden tasarımı yapılan binanın son hali.	85
Resim 7.5. Yaşam döngüsü modellemesi	88
Resim 7.6. One Click LCA programının site ana ekranı	88
Resim 7.7. Sümer İlkokulu zemin kat mimari planı	90
Resim 7.8. Sümer İlkokulu zemin kat kalıp planı.....	91
Resim 7.9. Sümer İlkokulu revit programında modellenen 3 boyutlu render çizimi	91
Resim 7.10. Sümer İlkokulu revit programında modellenen ön görünüş çizimi.....	92
Resim 7.11. Sümer İlkokulu revit programında modellenen perspektif çizimi.....	92
Resim 7.12. One Click LCA sitesinde yer alan tasarım aşaması ve hesaplama araçları sayfası	93
Resim 7.13. One Click LCA ana sayfa bilgi kutucuğu.....	93
Resim 7.14. Malzeme tanımlama ve kategori seçme özellikleri	94

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 7.1. Sümer İlkokulu Yeşilyurt/MalatyaMalatya	83



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

CFC	Kloroflorokarbon
CO₂	Karbondioksit
HCl	Hidrojen Klorür
kg	Kilogram
m²	Metrekare
mm	Milimetre
NH₃	Amonyak
NO_x	Azot Oksitler
SO₂	Kükürt dioksit

Kısaltmalar

Açıklamalar

GDA	Geri Dönüşümlü Agrega
GKA	Geri Kazanımlı Agrega
HCFC	Hidrokloroflorokarbonlar
ICLEI	International Council of Local Environmental Initiatives
LCA	Life Cycle Assessment
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
YDA	Yaşam Döngüsü Analizi
YDD	Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesi

1. GİRİŞ

Yaşam döngüsü değerlendirmesi bir yapının ya da malzemenin hammadde aşaması ile başlayıp, üretim, tüketim ve kullanımla birlikte hizmet ömrünün sona ermesi neticesinde bütün yaşam aşamalarını kapsayan çevresel etki analizi olarak tanımlanmaktadır. Bu değerlendirme ile ürün ve hizmetlerin çevresel etkileri ve performansları değerlendirilir.

Bu tez kapsamında; “Kentsel dönüşüm sonrası kontrollü yıkımı gerçekleştiren yapılardan ortaya çıkan beton atıklarının yapılarda tekrar kullanılmasının yaşam döngüsü değerlendirmesindeki; çevresellik, sürdürülebilirlik, ekonomik boyut ve sosyal etkileri ne olmaktadır?” araştırma sorusuna cevap aranmıştır.

Betonun sürdürülebilirlik açısından geri dönüştürülmesi ile elde edilen betonun yaşam döngüsü değerlendirmesi tezin ana konusunu oluşturmaktadır.

Tez konusunun araştırılmasındaki asıl amaç ise; betonun atık olarak geri dönüşümünden elde edilecek yeni malzeme ile çevresel faktörleri iyileştirerek, hammadde açısından eksikliğin giderilip daha ekonomik çözümlerin üretilmesini sağlamaktır. Bu yönden atık betonların sürdürülebilirlik açısından yaşam döngüsü değerlendirilmesinin yapılması hedeflenmiştir. Betonun üretimi yapılırken içerisine eklenen geri dönüştürülmüş agreganın %0, %20 ve %40 oranlardaki değişim ile hedeflenen sürdürülebilir bir beton elde edilmesidir. Tezin araştırma yöntemi ise; bilgisayar destekli tasarım kapsamında Revit programına entegre çalışan One Click LCA veritabanında analizlerin yapılmasıdır. Bu veritabanında atık betonların yapıda kullanılmasının yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır. Bu tezin ana hipotezi aşağıda belirtilmiştir.

Atık betonların geri dönüşümü ile yapılarda tekrar kullanılması hammadde ve çevre sorunlarına çözüm getirerek enerji kullanımında minimum düzeyde harcama ile ekonomik anlamda da daha çevreci bir ürün elde edilmesini sağlayacaktır. Bu tezin alt hipotezleri ise; Malatya şehri örneğinde olduğu gibi doğal afet riski taşıyan ve yapı stoku olarak gerekli dayanımı sağlamayan binaların yoğun olarak bulunduğu ülkemiz coğrafyasında kentsel dönüşüm ile elde edilen geri dönüştürülmüş malzemenin yaşam döngüsü analizi yapılarak ülkeye sağlayacağı ekonomik ve çevresel faydasının ortaya konulmasıdır.

Atık betonların laboratuvar aşamasından önce, One Click LCA programı ile analiz edilmesi sonucunda elde edilecek sonuçlar incelendiğinde; çevresel, ekolojik, sürdürülebilir, ekonomik ve sosyal olarak birçok faktöre olumlu etkisinin olduğu görülmektedir. Araştırmanın alan çalışması olarak; Malatyada bulunan eğitim yapılarından kentsel dönüşümle kontrollü yıkımı yapılan ilkokul yapısından açığa çıkan beton atıklarının geri dönüştürülmesi hedeflenmiştir. Yeniden projelendirilen ve inşa edilen ilkokul projesinde geri dönüşüm sonucu elde edilen beton agregalarının kullanılması durumunda yaşam döngüsü değerlendirilmesi için revit programında projenin mimari çizimleri yapılarak bu programa entegre çalışan One Click LCA veri tabanında analiz edilip çevresel, ekonomik, fizyolojik vb. birçok etmen incelenmiştir. Bu yaşam döngüsü analizlerinden elde edilen grafiklere bakılacak olursa ötrifikasyon, asidifikasyon, küresel ısınma, karbon salınımı, sera gazı salınımı, enerji tüketim miktarı gibi grafiklerde geri dönüştürülmüş agrega kullanımı sayesinde, açığa çıkan değerlerde azalma meydana geldiği görülmüştür. Bu grafikler sayesinde geri dönüştürülmüş agrega oranındaki artışla beraber hammadde eksiliğinin giderilerek, enerji tüketiminin önüne geçilmesini ve çevresel etki değerlerindeki oranlarda da azalmanın olduğunu tespit edilmiştir.

Bu çalışmayı sınırlandıran birçok etmen var olmuştur. Revit programının ve One Click LCA programının öğrenci sürümlerinin desteklediği kadarıyla analizler elde edilmiştir. Ticari bir alt yapı donanımı sağlanamadığı için yaşam döngüsü analizinde maliyet hesaplaması yapılamamıştır. Bu tez ileriki araştırmalar için emsal teşkil ederek akademik çalışmalarda One Click LCA programının ticari sürümleri üzerinden detaylı çalışmaları gerçekleştirilebilecektir.

2. EKOLOJİK TASARIM VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

2.1. Ekolojik Tasarım

Yapıyı inşa sürecinde doğaya entegre, çevreyle uyumlu geçmiş donanımları kullanan tarihe ışık tutan topluma uyumlu hizmet veren yapımında ve faaliyetinde minimum enerji harcayan, malzemeleri kendi bölgesinde elde ederek yapı ömrünü tamamlayınca da geri dönüşebilen, ekonomik olarak avantajlı ve ekosistem içinde bir döngüyü devam ettiren tasarımlar ekolojik olarak değerlendirilebilmektedir. Bu yapıların üretilmesi ilerleyen süreçlerde çevresel ve ekonomik fayda sağlamaktadır (Aytıs ve Polatkan, 2010; N. Arıoğlu, Hatipoğlu, Salmona ve Arıoğlu, 2014).

Doğal kaynakları verimli şekilde kullanabilecek şekilde inşa edilen, yeniden ele alınan ve işletilen binalara ise ekolojik bina/yeşil bina denilmektedir. Ekolojik bina içinde ve dışında bulunan etmenlerin sağlığı açısından korunaklı, enerji kullanımını minimumda tutan, su kullanımını azaltan ve diğer kaynakları daha verimli kullanan, bütün çevresel etkilere karşı önlem alan yapı türüdür. Ekolojik binalar yeni yapılan yapıların ve eski binaların belli bir kısmının ya da tamamının tekrar baştan ele alınarak inşa edilmesiyle oluşturulur (Demirel ve Şimşek, 2015).

Yeşil binaları oluşturmadaki ana hedef ekolojik olarak tasarlanıp, uygulanarak su ögesinin ve diğer kullanılan maddelerin dikkatli kullanımı ile toplumun sağlığının korunması ve çevresel kirliliğin azaltılmasıdır (Paker, 2017).

Yapıların oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken asıl amaç ise; yaşam döngüsü içinde doğaya en az hasarla gerçekleşmesidir. Ancak insanoğlu ekolojik sisteme bir şekilde müdahale etmiştir. Doğa ile insan arasındaki bu etkileşim endüstriyel gelişmelerle beraber doğanın daha çok yıpranmasına neden olmuştur. Buradaki asıl sorun, doğayı sınırsız bir kaynak olarak zannetmek ve doğanın yenilenmesinin de devam edeceğinin düşünülmesidir. Bunun neticesinde doğal çevreden, geri dönüşü yapılamayacak şekilde sistemler ve canlılar yok olup gitmişlerdir (Yüksek ve Mıhlayanlar, 2015).

İnsanoğlu yaşadığı zaman dilimi boyunca tabiatı gereği barınma beslenme ve yaşamın sürekliliği amacıyla temel ihtiyaçlarını karşılamak için doğayla başa çıkmıştır. Bu süreç başlangıçta çevreyle uyumlu halde devam ederken bir zaman sonra ihtiyaçların değişmesiyle birlikte günümüz dünyasına adapte olabilmesi için gereken bir takım kaynak kullanımlarıyla doğal çevrenin bozulması sonucunu ortaya çıkartmıştır. Doğal kaynaklar sınırsızca tüketilirken, diğer ekosistemdeki canlılara da zarar verici etkileri olmuştur. Son aşamada ise sonradan inşa edilen yapılar çevresel problemlerin kaynağı haline gelmiştir (Gökşen, Güner ve Koçhan, 2017).

Doğal çevre hızlı nüfus artışıyla beraber insanların ihtiyaçlarını karşılayamaz hale gelmiştir. Kaynaklardaki bu kıtlık insanların bazı önlemler alması gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Enerji ise bu kaynaklardan birisidir. İnşaat sektörü enerji tüketiminde büyük paya sahip sektörlerden biridir Bundan dolayı enerjinin verimli bir şekilde kullanımını sağlayan önlemlerin alınması gerekmektedir. Yapıların üretim ve kullanım aşamalarında, tükenme tehlikesi olan doğal kaynakların dikkatli bir şekilde kullanımı, çevreye verdikleri zararın azaltılması ve enerji tüketimlerinin sınırlandırılması gerekmektedir (Boduroğlu, Kariptaş ve Sarıman, 2014).

Doğal kaynaklardaki bu son yüzyılda aşırı kullanılmasının neticesinde kaynakların tükenmesinin önüne geçmek amacıyla teknik ekip uzmanlarının, yerel yönetimlerin ve toplumun bilinçli davranması gerekmektedir. Doğal kaynaklar randımanlı kullanılarak, atıklar minimize edilerek ve kaynakların yeniden kullanımı sağlanarak toplumun kaynak ihtiyaçlarına cevap verilmesi ve çevrenin daim şekilde korunması sağlanmış olacaktır (Aytıs ve Polatkan, 2010).

20. yüzyılın sonlarına doğru hem kaynaklardaki tüketim hızının artması hem de doğayı kirleten enerji kaynaklarının kullanımının artmasının çevreye zarar verdiği fark edilmiştir. Havanın suyun ve toprağın kirlenmesi, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri, ozon tabakasının incilmesi, ormansızlaşma, çölleşme ve toprak erozyonu, su kaynaklarının tükenmesi, biyoçeşitliliğin kaybolması, doğal yaşamın değişimi dünyanın geleceğini olumsuz etkilemektedir (Utkutuğ, 2002; Yüksek ve Mihlayanlar, 2015; Doğan, Seçme ve Akten, 2017).

Çevre kirliliği, üretim ve tüketim miktarındaki artış, su kaybı, karbon salınımının artması, doğal kaynakların bitmesi, küresel ısınma gibi birçok sorun yapısal olarak çevreye fayda sağlayan, ekolojik binaların yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Çevre dostu bina yapımı giderek artmış ve yeşil bina tanımını ortaya çıkarmıştır. Yeşil binalar oluşturulurken sertifikalandırma sistemi içerisinde, doğayla uyumlu, doğal kaynakları doğru kullanarak, ekolojik olarak tanımlanabilen ve enerji tüketimini azaltan yapılar olarak inşa edilmeye başlanmıştır (Erdede, Erdede ve Bektaş, 2014a; Şimşek, 2012).

Sanayi devrimi ile gelişen dünya ülkelerinde çoğalan nüfusun kentlerde meydana getirdiği etkiler, şehir bölge planlamanın sürdürülebilirlik kriterlerine uygun olarak yapılması, tasarımda birçok standardı da beraberinde getirmektedir. Ulaşımında ekolojik dönüşüm, atık suların değerlendirilmesi, yağmur sularının depolanması, çevre dostu yerel malzeme kullanımı gibi birçok yöntem sürdürülebilirlik kapsamında yapılmaktadır. Ekosistemdeki bozulmanın temel nedenlerinden biri, doğada var olmayan malzemelerin üretilmeye kullanılmaya başlanmasıyla çevreye verilen zararlardır. Yapı malzemesi seçiminde ana unsur ekolojik olarak bu döngüye hizmet etmesi gerekmektedir. Bu yapı malzemelerinden biri olan betonarmenin üretim süreciyle alakalı olarak çevresel sıkıntılar meydana gelmektedir. Betonarme malzemenin bileşenleri olan çelik ve çimentonun üretim ve tüketimiyle alakalı kaygılar oluşmaktadır (URL1).

Endüstri devrimi sonrası oluşan hızlı yapılaşma sonucunda enerji ihtiyacı fazlalaşmış, bunun akabinde fosil enerji kaynaklarının tüketimi de artmıştır. Kömür, petrol, doğal gaz vb. fosil yakıtların ekonomik ve kolay elde edilebilir olmasının bir sonucu olarak bunların fazla tüketimiyle beraber hava kirliliğine ve iklim değişikliklerine sebebiyet vermiştir (Gökşen ve diğerleri, 2017).

Dünya’da ve Türkiye’de tüketilen enerjinin genel çoğunluğu kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan sağlanmaktadır (Esin ve diğerleri, 2002). Bu tüketilen enerjinin büyük çoğunluğu ve suyun da belli bir kısmı bina üretim ve kullanım süreçlerinde kullanılmaktadır (Sayın, 2006). Küresel ısınmanın oluşumunda etkili olan sera gazının oluşumu, sulardaki kirlenme, hava kalitesinin düşmesi, CFC ve HCFC salınımlarının büyük bir oranı yapı yapım ve kullanımı nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Dikmen, 2011; Bayraktar, 2010).

Son yapılan kaynak tespit çalışmalarına göre; elektriğin yarısından fazlası, kullanılan içme suyunun az bir kısmı da binalarda tüketilmektedir. Binaların yapımından kaynaklı sera gazı oluşumu da meydana gelmektedir. Bu açıdan değerlendiren müteahhit ve doğal ortamda yaşamını devam ettirmek isteyen çevreci bireyler %30-35 oranında daha az enerji, doğal gaz ve suyun da az bir miktarını tüketen, atık maliyetlerini büyük bir oranda azaltan çevreci binaların meydana gelmesine neden olmuşlardır (Erdede ve diğerleri, 2014a), (URL 2).

Bu doğrultuda yapı malzemeleri üretilirken de çevreye verdiği zarardan dolayı ekosistem dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Yapı malzemelerinin çıkarılıp işlendikten sonra etkisi net bir şekilde yakın ve uzak alanlarda görülmektedir. Yapı malzemesi için gerekli hammadde yerel doku içerisinde çıkarılmaktadır. Bundan dolayı yeryüzü ve ekosistemin yapısında bozulmalar oluşmaktadır. Çıkarılan bu malzemeler kentin yakın yerlerinde işlendiği için toz ve gürültü kirliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun neticesinde yüksek enerji tüketimine sebebiyet vermektedir (Du Plessis, 2001; Civan, 2006; Tufan ve Özel, 2018).

2.2. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik süreklilik arz etmesi açısından daimî olma isteği olarak tanımlanabilir. Ekolojik olarak tanımı ise; doğal düzendeki türlerin üretkenliğinin ve sürekliliğinin sağlanmasıdır. 1987 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun sürdürülebilirlik için ifadesi ise; İnsanların, gelecek nesillerin ihtiyaçlarına karşılık verme kapasitesini riske atmadan, günlük gereksinimlerini tedarik ederek, kalkınmayı sürdürülebilir devam ettirme özelliği olarak nitelendirilir (Kerestecioğlu, 2001; Demirel, Toklu ve Şimşek, 2015; WCED, 2000).

Sürdürülebilirlik kavramı 1972 yılında, Stockholm'de yapılan İnsan Çevresi Konferansında ilk defa kullanılmıştır. Konferans bitiminde Stockholm Çevre Bildirgesi yayımlanmıştır. Bu bildirgenin devamında 1976'daki Barcelona Sözleşmesi de yapılmıştır. Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından 1987'de yayınlanan ortak geleceğimiz (Our Common Future) adlı Brundtland Raporu'nda sürdürülebilirlik kavramı; bugünün gereksinim ve beklentilerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılama olanaklarını tehlikeye atmaksızın karşılanması olarak nitelendirilmiştir (Hamidabad ve Begeç, 2015), (Erdede, Erdede ve Bektaş, 2014b). Bu tanıma dayanarak, yerel

yönetimlerin kapsamlı bir çevre kuruluşu özelliği barındıran ICLEI (Uluslararası Yerel Çevre Girişimleri Konseyi) sürdürülebilir kalkınma için, gelecek nesillerin yaşam standartlarını tehlikeye düşürmeden ve şimdinin problemlerini çözerken hem geleceği hem de şimdiki yaşanılır hale getirerek, toplumların refah, sağlık ve bolluk içerisinde bulunabilmesi olarak tanımlanmıştır (Emrealp, 2005; Erdede ve diğerleri, 2014b).

Sürdürülebilirlik kavramı; tabii kaynağı bitirmeden veya kaynağa daimî olarak olumsuz etkide bulunulmadan, bir maddenin ana kaynağının kullanılması şeklindeki tanımı sözlükte yer almaktadır (Kıymıllı, 2006; Aydın, 2017; Tufan ve Özel, 2018).

Sürdürülebilir yapı, mevcutta var olan malzemenin niteliğinde herhangi bir yıpranma ve onu destekleyen maddede tükenme olmadan, devamlı var olacak bir prosesin özelliklerini aktaran sisteme denilmektedir (Nicholson, 2004; Tufan ve Özel, 2018).

Yerelde inşa edilen yapıların birçoğu doğaya ve çevreye uyumlu, iklimsel verileri baz alan, enerji kullanımının minimumda olduğu malzeme seçimiyle, sağlıklı ve konforlu yaşam alanları oluşturularak sürdürülebilir binaların üretimi yapılmaktadır (Yurdugüzel, 2011).

Çevresel meselelerin asıl kaynağı, 17. Yüzyıldan başlayarak bilim ve teknolojiye meydana gelen ilerlemelere dayanarak gerekli olan ihtiyaçların giderilmesi için kaynak olan doğanın kullanılması daha sonraki aşamada ise sanayi devrimiyle beraber 19. Yüzyılda hız kazanmıştır. 20. yüzyılın son yıllarından itibaren görülen doğal felaketler, küresel ısınma, çevre kirliliği, biyoçeşitliliğin azalması ve enerjideki kaynak kıtlığı vb. çevresel sıkıntıların fazlaştığı görülmektedir (Ali ve Armstrong, 2010). Çevresel sorunların artması ve yenilenemeyen enerji kaynaklarındaki sınırlılığın da etkisiyle sürdürülebilirlik kavramı ve sürdürülebilirlik uygulanmaları çare olarak ortaya çıkmıştır (Hamidabad ve Begeç, 2015).

Son yüzyılda çevre kirliliğinde görülen artışla beraber inşaat sektöründe sürdürülebilir kavramı tasarım, planlama ve uygulamada aktif olarak görülmeye başlanmıştır. Yapıların yaşam döngüsünü meydana getiren süreçleri içerisinde, doğal kaynaklardaki hızlı tüketim yapıların üretim ve tüketimi sonucu açığa çıkan atıklar, dünya üzerinde olumsuz etkiler bırakmaktadır. Yaşam döngüsü yapının toplam çevresel etki düzeyini belirlemektedir. Çevresel etkiyi oluşturan temel kriterler üretimde kullanılan yapı yöntemleri ve yapı malzemelerine bağlıdır. Yapıları oluştururken tüm süreç boyunca ekolojik özelliklere sahip

olmasıyla, çevreye duyarlı, ekolojik/sürdürülebilir yapı elde edilebilir (Aytıs ve Polatkan, 2010; URL 1).

Yeşil binalar ekolojik, çevre dostu ve sürdürülebilir vb. gibi birçok alt başlık ile karşımıza çıkmaktadır. Bu yapıların oluşumunda bina için alan belirlenmesiyle başlayarak yaşam döngüsü kapsamında ele alınarak, bütüncül bir düşünce yapısıyla, sosyal ve çevresel sorumluluk ile tasarlanan, iklim donelerine ve o yere özgü şartlara uygun, gerektiği kadar tüketen, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, yapay olmayan ve atık meydana getirmeyen malzemelerin sarf edildiği ekosistemlere hassas kendi içinde sürekliliği bulunan yapılar olarak tanımlanmaktadır (Erdede ve diğerleri, 2014a; Sur, 2012).

Sürdürülebilir mimarlık, ekolojik yapı, yeşil bina, enerji etkin tasarım gibi birçok başlık “enerji duyarlı yapı” kapsamında ortaya çıkarak; artan enerji kıtlığı krizinin önüne geçilmesi amacıyla son yüzyılda farklı ve yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılmasını mecbur hale getirmiştir (Gökşen ve diğerleri, 2017).

Sürdürülebilir binalar sayesinde kaynakların verimli değerlendirilmesi, doğaya olan zararlı salınımların minimuma indirilmesi, atıkların bertaraf edilmesi, iç mekân hava niteliğinin artırılması sağlanmaktadır. Yapı malzemelerinin çevresel mahiyetinin belirlenmesinde ise, çevresel olaylara hassas yapı malzemelerinin seçilmesi ve sürdürülebilir binaların tasarımının yapılması etkili olmaktadır (Öztaş ve Tanaçan, 2017).

Sürdürülebilir kalkınmanın ana hatlarını oluşturan, enerji ve doğal kaynak korunumu, atıkların bertaraf edilmesi gibi mevzuları içeren bazı uygulamalar güncel mimarlığın da ana konusu haline gelmektedir. Nüfus artışıyla beraber belli birtakım nedenlerden dolayı yeni yapı inşası olarak konutlar başta olmak üzere inşaatların sayısı artmaktadır. Buna ek olarak insan ve çevre sağlığı problemlerine bir çıkış kapısı olarak öne sürülen sürdürülebilirlik kavramının normal yaşam için uygulama yöntemleri birçok disiplinde değerlendirilmektedir.

Yaşadığımız dünya sürekli olarak değişim halindedir. Globalleşme ile oluşan vaziyetler sosyal ve fiziksel bakımdan bir hayli etkilenmektedir. Gelişen ülkelerde, başıboş enerji tüketimi, tüm ekosisteme kötü etki etmektedir ve dünyanın enerji kaynaklarının sonunun gelmesine neden olmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı, mimarlık dünyasında yaşadığımız

alandaki enerji kullanımını azaltacak, su ve elektrik gibi kaynakların kullanımını ise kontrol altında tutacak, yapının sosyal ve ekonomik bakımdan sürekli olmasını sağlayacak, insanların konforunu koruyacak bazı metotlar uygulamaktadır. Bu açıdan, 'sürdürülebilir tasarım' ekosistemde bulunan tüm popülasyonu birlikte entegrasyon içerisinde bulunmasını sağlayan sağlığını güvence altına alan mimari uygulamaları kullanmayı amaçlamaktadır (Hamidabad ve Begeç, 2015).

Sürdürülebilirlik bu zaman diliminde çağın getirdiği gereksinimler doğrultusunda gelecek nesiller için doğal kaynakları gerektiği kadar kullanımı ve korunması için önem arz etmektedir. Çevresel olarak kötü sonuç verebilecek ve kullanılan enerjinin büyük bir kısmının sıkıntılı olarak tüketilmesi yapı tasarımında sürdürülebilirlik kapsamında tekrardan değerlendirilmelidir. Sürdürülebilirlik, mimari olarak yapı planlaması, taslak proje üretimi, yapımı, kullanımı, yıkımı ve tekrar üretim evrelerinin hepsini barındıracak şekilde detaylı olarak bakılmalıdır. Sürdürülebilirlik konusu fonksiyonel, teknolojik ve maddi olarak mimari tasarım kriterlerinin doğal çevre de enerji tasarrufu amacıyla kullanımına sahip yapı tasarımında büyük önem içermektedir (Dikmen ve Gültekin, 2009; Dikmen, 2011).

Sürdürülebilir olarak yapı inşa edilmesi ilerleyen ve değişen mimari tasarım kriterlerine uygun olarak belirlenerek, yapılacak bölgeye ve yerel dokuya uygun olarak seçilen yapı malzemeleri o yere özgü inşaat teknikleri ile yapı üretmeyi amaçlamaktadır. İnşaat sektöründe önemli role sahip olan mimarlar sürdürülebilirlik kriterlerine uygun, yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesinde, enerji verimliliğini çoğaltmayı amaçlayan ve çevresel verilere hassas projelerin tasarlanmasına ihtimam göstermesi gerekmektedir (Dikmen, 2011).

Kentler dünyada buldukları alanlarda harcadıkları enerji, su ve yapı malzemelerine bakılacak olursa tabii kaynaklardaki kullanımın etkilerini görmek mümkündür. Sürdürülebilirlik açısından teknolojinin de yardımıyla yapılan uygulamalar kentlerde yeni yeni uygulanmaya başlanmıştır. Bu yapılanlar sayesinde yeşil dönüşümün ve ilerlemenin önü açıldığı için çevre problemlerinin ortadan kaldırılması ve yaşam standartlarının artırılması sağlanabilmektedir. Şehir bölge planlama açısından bakacak olursak, özel ve kamu kurumlarının gerçekleştirdiği icraatlar neticesinde yerleşim bölgeleri, ulaşım ağları,

yeşil yapı gibi birçok uygulama tabii alanları etkisi altına almaktadır (Erdede, Erdede ve Bektaş, 2014).

Yapıların çevresel etkilerini minimuma indirmek için, sürdürülebilirlik kapsamında imalat aşamasında bütün sürecin önemsenmesi gerekmektedir. Binanın hizmet ömrü boyunca kendi çevresine olan yansımaya bakıldığı zaman; yapıda kullanılan yapı malzemelerinin seçiminden kaynaklandığı görülmektedir. Bu yapı malzemeleri yeniden kullanılabilmesi ve geri dönüştürülebilmesi yapı sektörü için önemli bir seçim kriteridir. Bu sayede yapı sektöründeki nihai ürün elde ediniminden sonra ortaya çıkan yapısal atıkların denetimsiz bir şekilde açık alana bırakılmasının önüne geçilmiş olup, toprağın ve suyun temiz kalması sağlanabilecektir (Sev ve Görgülü, 2012).

Yapı sektöründe sürdürülebilirlik, modern yapı üretiminde şart haline gelmiştir. Bunun temel nedeni ise binaların kullanımında ortaya çıkan maliyet hesabıyla beraber yapının yaşam döngüsünün ekosistem üzerinde yarattığı etki olarak da görülmektedir. Bu etkiyi azaltmanın en temel yolu ise yapının yaşam döngüsü boyunca çevre dostu ürünlerin kullanılmasıdır (Medineckiene, Turskis ve Zavadskas, 2011).

Çevresel endişelerle sürdürülebilirlik kavramı birçok sektörde kendine yer bulmuştur. Sürdürülebilirlik kavramının inşaat sektöründe uygulanabilmesi, büyük ölçek proje alanlarıyla ve küçük ölçekte üretilecek binaların tasarımında ekolojik dengeyi ve üretkenliği önemseyecek bir planlamanın yapılması gerekmektedir (Doğan ve diğerleri, 2017).

Endüstri devrimiyle birlikte, 19. yüzyılın ilk zamanlarından itibaren kırsal kesimde yaşayanların sayısı giderek azalmış ve kentlere göç başlamıştır. Tarımsal alanda yaşayanların kente göç etmesi, düzensiz ve hızlı kentleşme, şehirlerdeki nüfusun artması ve sanayileşmeyle beraber çevresel sıkıntılar oluşmaya başlamıştır. Daimî olarak büyüyen, ilerleyen, gelişen dünyada, tabii enerji kaynaklarının tükenmesi, ekolojik istikrarın bozulması, küresel ısınma ve çevre kirliliği gibi konular önemli problemler haline gelmiştir. Bunun neticesinde gelecek jenerasyonlara yaşanılabilir sağlam, sağlıklı ve temiz doğal çevre bırakmak için sürdürülebilir çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (İnanç, 2010; Doğan ve diğerleri, 2017).

Endüstrileşme ile başlayan teknolojik gelişmelerin etkisiyle beraber ortaya çıkan çevresel, ekonomik ve sosyal sıkıntılar görülmüştür. Bu olumsuz koşullar toplumun geleceğini kötü etkileyecek seviyelere gelmiştir. Bu durumun çözümü olarak sürdürülebilirlik kavramı dünyada herkes tarafından önemi anlaşılmıştır (Paker, 2017).

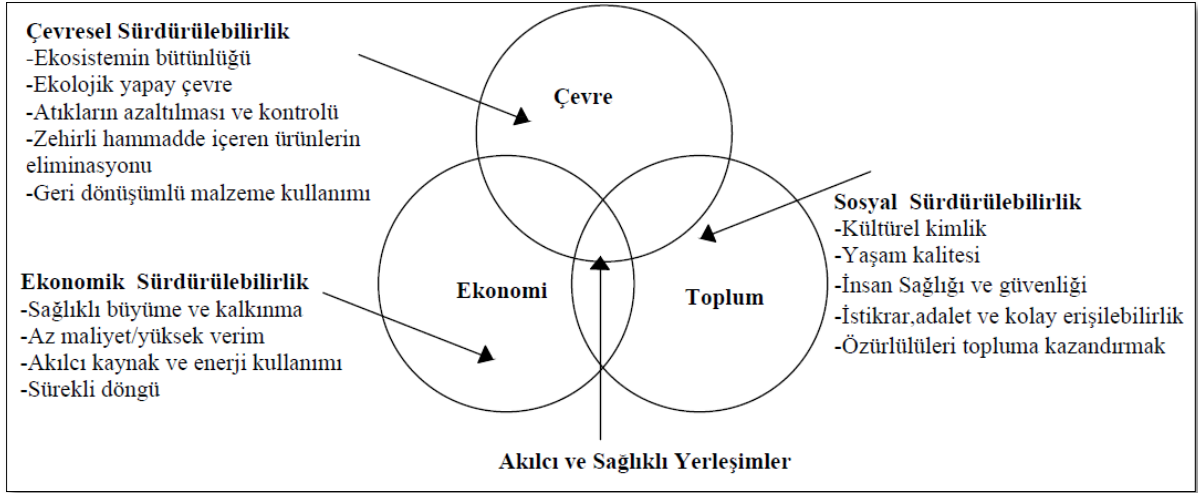
Toplumların dünyada yaşam sürdürebilmesi için; doğal kaynakların israf edilmeden kullanılması, çevre kirliliğine karşı alınan tedbirler, mimari olarak doğru politika uygulamaları ve çevre dostu çözümlerle gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamaların yaygınlaşması sonucu doğaya kazanım sağlanarak yeşil bina olarak adlandırılan çevreye fayda sağlayan yapılar inşa edilmiştir (Paker, 2017).

Sürdürülebilir kalkınma, son dönem mimarlık dünyası için aktif kullanılan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma biçiminde enerjinin etkin kullanımı ve tabii çevreyle ahenk, mimarlıkta proje üretimini etkilemektedir. Ekolojik yapı tasarımı, ekonomik açıdan ve kültürel olarak sürdürülebilirlik içinde mimarlık ortamında tekrar ele alınarak, çevresel kirliliğin önüne geçilen, tabii alana saygılı, iklim şartlarına da dikkat edilerek yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi ve enerjinin doğru kullanılmasıyla “ekolojik yaklaşımlar” gerçekleştirilmelidir (Şekil 2.1.), (Kısa Ovalı, 2009), (Gökşen ve diğerleri, 2017). Aşağıda yer alan Şekil 2.1. ile sürdürülebilirlik kavramının çevresel, ekonomik ve sosyal boyutu açıklanmıştır.

Çevre boyutu: Çevresel sürdürülebilirlik tabii kaynakların ve çevresel dokunun korunması ve yenilenmesini sağlarken çevresel niteliklerinin de değerini artırma gayretidir.

Ekonomik boyut: Ekonomik açıdan nüfusun korunması için gelir ve istihdam sağlamadır.

Sosyal boyut: Sosyal bakımdan, refah toplum, güvenilir alan, sağlık ve eğitim sistemiyle toplumsal katmanları ayırıştırılmadan eşit olarak tedarik etmedir (Tufan ve Özel, 2018).



Şekil 2.1. Ekolojik ve Sürdürülebilir Yerleşim Modeli (Edward, 2007).

Sürdürülebilir mimarlık, yaşam koşulları içerisinde, gelecek kuşakları da hesaba katarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden, çevresel olaylara hassas, enerjisi, suyu, doğal ve yapay malzemeleri tasarruflu kullanan, mevcut bölgeyi etkin biçim de değerlendiren ve insanların yaşam standartlarını koruyan binalar inşa etme işlemlerinin hepsidir. Yani insanların barınma ihtiyaçlarını, doğal düzenlerini ve geleceğini tehlikeye atmadan oluşturmayı amaçlayan mimari tasarım ve uygulamalardır (Sev, 2009; Gökşen ve diğerleri, 2017).

Sürdürülebilirlik; doğal oluşumların sağlığını ve randımanını azaltmadan insan gereksinimlerini sağlayan bir sistem sunar. İnsan nüfusunun, tabii kaynaklara olan talebinin artması ve netice itibarıyla kirliliğin oluşmasıyla beraber sürdürülebilirlik konusu aktif olarak ele alınmıştır. Sürdürülebilirlik kapsamı çevresel, sosyal, ekonomik olarak elemanların kesişimi oluşturur (Bayraktar, 2010).

Sürdürülebilir kalkınma (sustainable development), daimî ve istikrarlı kalkınma olarak nitelendirilebilir ve “Çevresel etmenleri ve doğal kaynakları israf etmeden akılcı metotlarla, şimdinin ve gelecek nesillerin gereksinimleri de göz önünde tutularak ekonomik kalkınmanın olmasını hedefleyen çevreci anlayış” şeklinde tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma (sustainable development), daimî ve istikrarlı kalkınma olarak tanımlanır (Altınışık, 2013). Sürdürülebilir kalkınma kavramının köken olarak kelime anlamına bakılacak olursa, sürdürülebilirlik (sustainability) ve kalkınma (development) kavramlarını açıklamak gerekmektedir. Sürdürülebilirlik, bir şeyin daimî olmasını; kalkınma ise, gelişmeden farklı olarak, miktarındaki değişimin ve ilerlemeyle beraber

niteliksel olarak da iyileşmesi anlamına gelmektedir. Sürdürülebilir kalkınma anlayışının temelinde, bugünkü toplum ile gelecek kuşaklar arasındaki iletişim ve süreklilik yer almaktadır (Mengi ve Algan, 2003; N. Arıoğlu ve diğerleri, 2014).

Sürdürülebilir kalkınmanın ana ilkesi; bütün maddelerin üretim metodu olarak, atık madde açığa çıkarmayacak ve geri dönüştürülerek tekrar doğaya kazanımın da yapılması gerekmektedir (Altınışık, 2013).

Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını sağlayabilmek ve bugünün gereksinimlerini karşılamak olarak adlandırılan “sürdürülebilir kalkınma” kapsamında CO₂ salınımının belirli bir seviyede tutulması için ülkeler kendi aralarında sözleşme yapmıştır. Ekonomik kalkınmayı sağlayacak temel etken; doğal çevrenin korunması ve kontrollü kullanımla tüketimi azaltarak sağlanmaktadır (N. Arıoğlu ve diğerleri, 2002).



3. BETON

İnsanlık tarihinde barınma ihtiyacını gidermeye yönelik yapılan ilk yapı olumsuz çevre koşullarından korunmak amacıyla, kendi yaşadıkları alanda bulunan malzemeleri kullanarak üretilmiştir. Yere özgü kullanılan malzeme ve insan gücüyle ile yapılan yaşam alanları gelişen teknoloji ile beraber ilerleme görülmüştür. Yapı sektörü, bireysel veya toplumsal olarak yaşanılacak yer ihtiyacını gidermek, sosyal ve kültürel gereksinimlere cevap vermek için oluşturulan bir sektör haline gelmiştir (Paker, 2017). Bu kapsamda betonarme yapılar inşa edilmiştir.

Betonun tarih serüveni bakılacak olursa; 5000 yıl önce Mısır ve Roma dönemlerine dayandığı ve farklı biçimlerde kullanıldığı bilinmektedir. Buna örnek olarak Roma dönemi yapılarında volkanik külün kullanılması verilmektedir. Romalılar betonun sertleştiğinde kırılmasını önlemek amacıyla at kılını karışımın içerisine eklemişlerdir. Hatta donmaya karşı sağlam olması için kan da karışıma eklenmiştir. Joseph Aspdin 1824 yılında Portland çimentosunu üretilip patentini alarak beton malzemesi için büyük bir atılım gerçekleştirmiştir (Aytis ve Polatkan, 2010).

Ekonomik olması, içerisinde bulunan elemanların doğada geniş çapta yer alması, sağlam ve dayanıklılık açısından güçlü olması, maliyetinin az olması, işlenebilirliği, yangına karşı mukavemeti, üretilirken az enerji tüketmesi, çevre dostu, görsel açıdan estetik binaların yapımına elverişli olması ve mühendislik bakımından kolaylık sağlaması gibi birçok özelliği sayesinde önemli bir yapı malzemesidir. İlk uygulama alanları olarak 5000 yıl öncesinde Mısır Piramitlerinin üretiminde, Çin Seddi'nin uygulamasında ve Romalılar tarafından birçok yapıda (kolezyum, anıt ve yollarda) kullanıldığı bilinmektedir (URL 3). Betonun günümüzdeki gibi kullanımı 1824 yılında portland çimentonun aktif olarak kullanımına dayanmaktadır. İlk çimento fabrikasının 1848 yılında İngilterede kurulmasıyla üretimi yaygınlaşmıştır. Almanyada 1903 yılında hazır betonun aktif olarak kullanımı ve 1916 yılında da transmikserlerin betonun taşınması için kullanımı görülmüştür (Ünsal ve Şen, 2008).

Beton yapı malzemesi; grobeton, hafif beton, brüt beton, betonarme, şap betonu, özel olarak üretilmiş beton (çelik elyafı, dokulu, renkli, şeffaf, su geçirimsiz, kendiliğinden

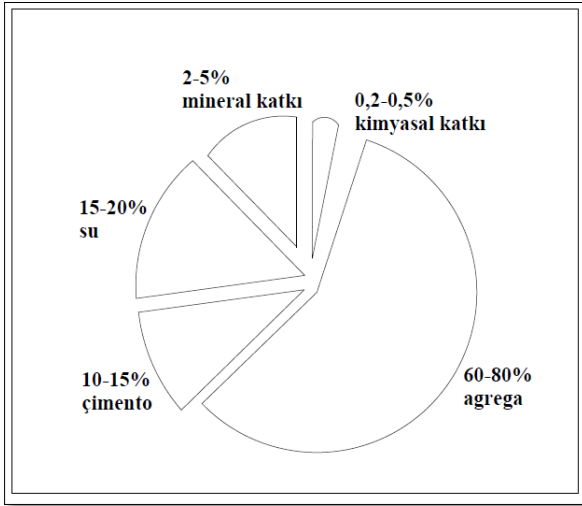
yerleşen vb.) gibi farklı biçim ve özelliklerde üretilebilmektedir (Savaş, 2002). Son yıllarda betonun dayanıklı olmasını artırarak suyu uzaklaştıran katkı maddeleri yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Bu sayede çeşitli kuvvet ve dirençlerde, kimyasal ve ısı dayanımı yüksek betonlar üretilmektedir (Aytıs ve Polatkan, 2010; Erdoğan, 2003).

Betonu oluşturan temel yapı taşları çimento, agrega, su ve belli oranlarda eklenen katkı maddelerinin homojen bir şekilde birleştirilmesiyle oluşan, ilk yapıldığında akışkan bir kıvamda olup belli bir zaman çimentonun hidratasyonu ile sonradan sertleşerek mukavemet kazanan, bırakıldığı kalıbın şeklini alarak katılaştıran kompozit bir yapı malzemesidir (Uysal ve Yılmaz, 2012). Betonun içerisine eklenen donatı elemanlar ile oluşturulan yapı elemanına betonarme denilmektedir. Betonarme içerisinde bulunan donatı elemanları sayesinde çekmeye ve darbeye karşı betona göre daha dayanıklıdır (Boduroğlu ve diğerleri, 2014; Sümer ve Sarıbıyık, 2013).

Betonun kendi bünyesinde %70 oranında mineral içerikli küçük parçacıklardan oluşan agrega bulunmaktadır. Betonun ana malzemesini oluşturan agrega betonu birçok noktada etkilemektedir. Bunlara örnek olarak betonun kolay işlenebilirliği, direnç ve geçirgenlik gibi özellikleri etkili olmaktadır (Bayazıt, 1988; Savaş, 2002).

İnşaat sektörünü nicelik ve nitelik olarak etkileyen beton malzemesi ülkemizde ve diğer yabancı ülkelerde en çok kullanılan yapı malzemesi haline gelmiştir (URL4). Beton imalatına ve beton sınıfına dayanarak kullanılan çimento ve diğer katkı maddelerinin her geçen gün kullanım miktarı artmaktadır (Çankayalı, 2017).

Betonu oluşturan malzemelerin yüzdeler olarak oranları Şekil 3.1' de yer verilmiştir. Buna göre en fazla miktara sahip olan %60-80 oranında betonun içerisinde kullanılan agregadır.



Şekil 3.1. Beton bileşenlerinin kullanım oranlarının hacim olarak gösterimi (Çankayalı ve diğerleri, 2010).

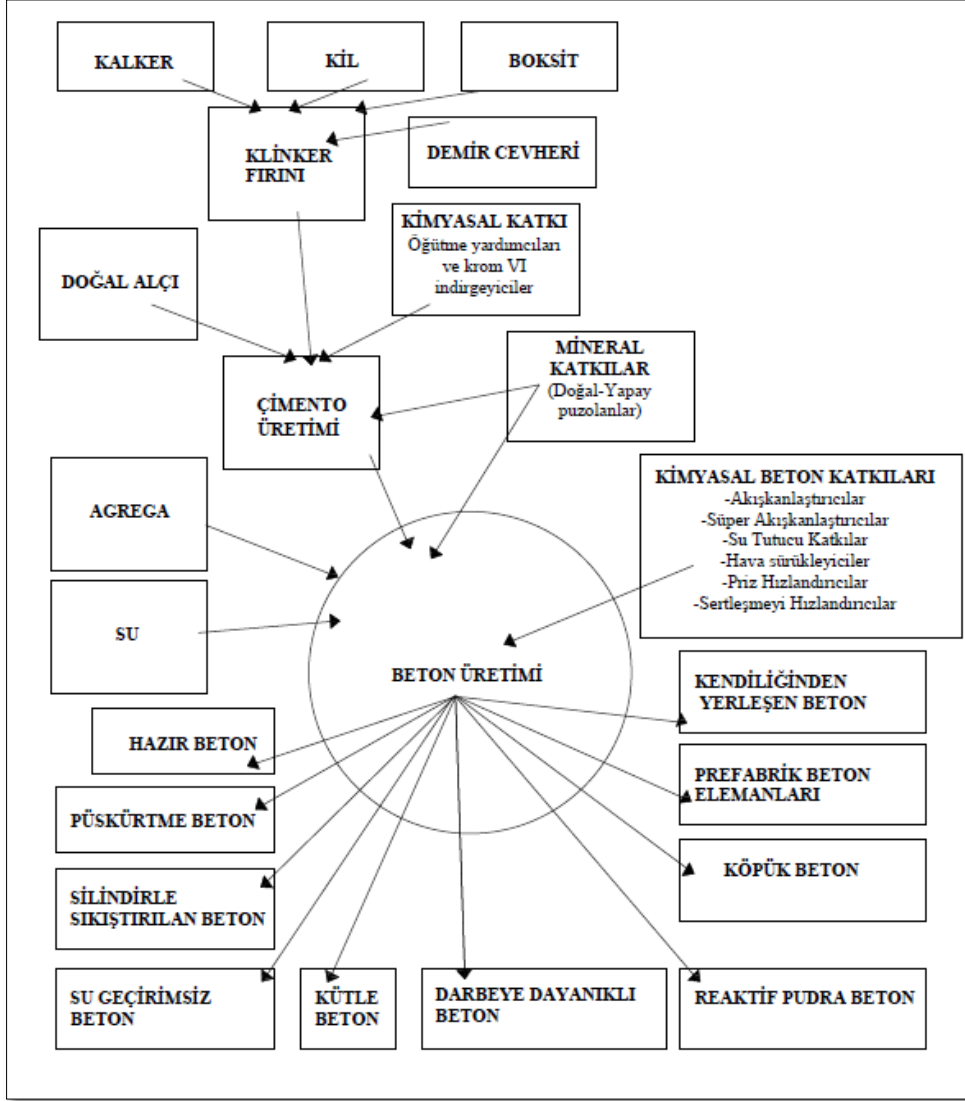
Beton, son yüzyılın başlarından beridir yapı sektörünün de en fazla kullanılan malzemelerden biridir. Beton endüstrisi mühendislik açısından ele alındığında sağlamlık ve sürdürülebilirlik kapsamında sorunların süregeldiği görülmektedir. Bu sorunların oluşmasındaki temel neden; hammadde ve enerji kaynaklarındaki savurgan kullanım sonucu küresel ısınma meydana gelmektedir (N. Arıoğlu ve diğerleri, 2014).

Betonun dünyada birçok materyalden daha fazla kullanıldığı görülmüştür. Buna örnek olarak su verilebilir. Su kullanımından sonra beton en çok kişi başına düşen malzemedir (Gönen, Onat, Cemalgil, Yılmaz ve Altuncu, 2012).

Ülkemizin sıklıkla görülen doğal afetlerden depremle beraber can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Bundan dolayı yapı emniyetinin sağlanması için betonun kalitesine dikkat edilmesi gerekmektedir (Uysal ve Yılmaz, 2012).

Betonun içeriğine ekolojik açıdan bakıldığında, yerelde rahat bulunabilmesi, uzun ömürlü olması, tekrar kullanılabilmesi, üretimi sırasında fazla enerji tüketimi gerektirmemesi yönünden verimli bir malzemedir (URL 1). Betonun içerisine eklenen katkı maddelerinin ekolojik olarak farklı seçeneklerle geliştirmek için çalışmalar yapılmakta ve doğaya karşı olumsuz yönleri giderilmek istenilmektedir. Beton malzemesi, yapı sektöründe başta taşıyıcı elemanlar olmak üzere, döşeme alanında ve cephe sistemlerinde, farklı kent mobilyalarında kullanılmakta; elverdiği ölçüde alternatif uygulamalarla mekânlarda renk ve doku çalışmalarının yapılmasını sağlamaktadır (Aytis ve Polatkan, 2010).

Şekil 3.2. ile ifade edilen şekilde ise; betonun üretimi için gerekli kimyasal katkıların yapı malzemelerinde kullanım yeri ve uygulama alanları gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kimyasal katkıların yapı malzemelerinde kullanım yeri ve uygulama alanları (Çankayalı ve diğerleri, 2010).

Kaliteli beton; üzerine yüklenen ağırlıklara ve çevresel olaylara karşı kullanıldığı zaman diliminde, fiziksel ve kimyasal birliğini koruyabilen, yüksek dayanımlı, geçirimsiz olan betondur. Betonda iyi olmanın kıstası, basınç altındaki gösterdiği direnç değil, betonun kullanım ömrü boyunca çevresel olaylara ve yüklere karşı olan reaksiyonuyla alakalıdır (Ünsal ve Şen, 2008).

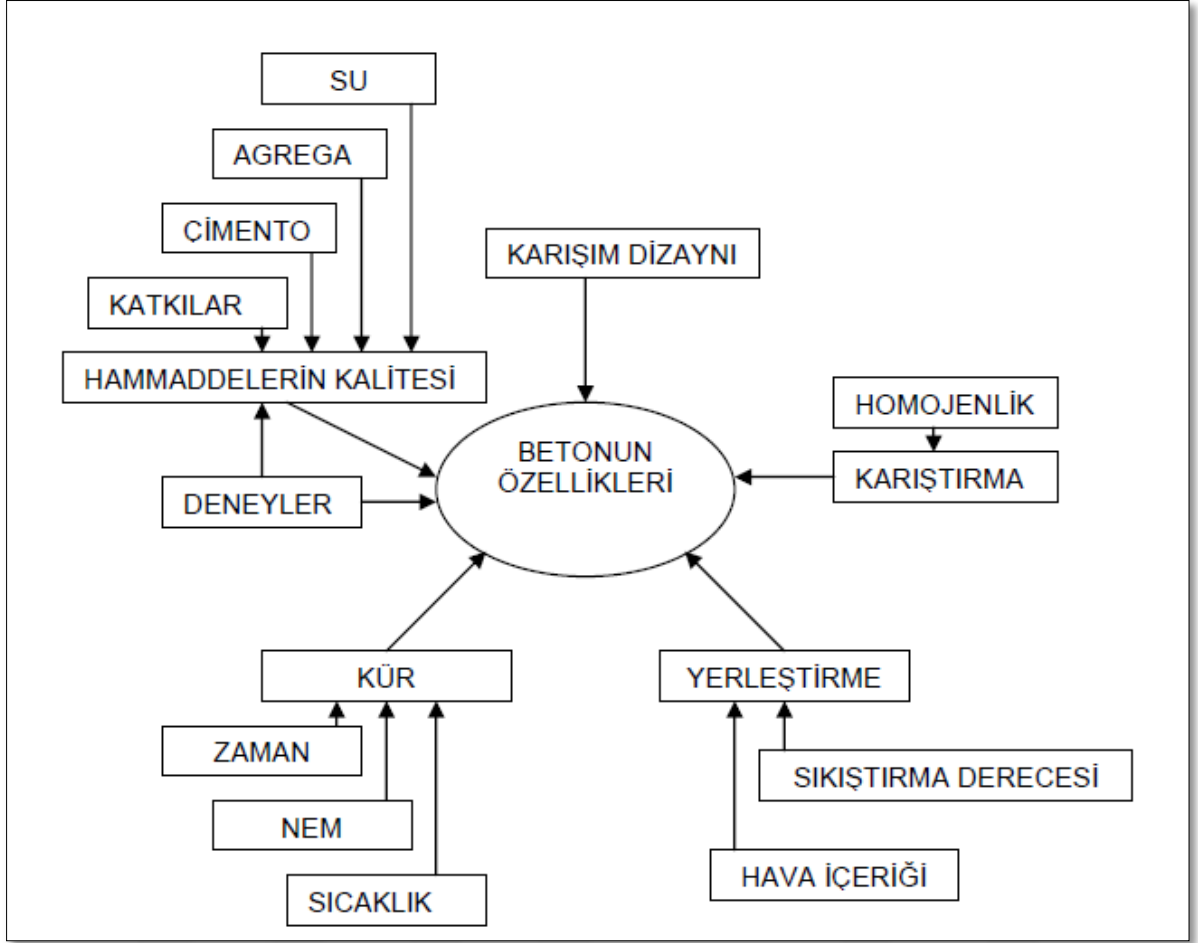
Günümüzde özellikle betona eklenen kimyasal ve mineral malzemeler ile dayanıklılığı yüksek betonlar elde edilmektedir. Betonun teknik ve ucuz olması açısından elverişli olması geçmiş dönemlerde kullanıldığı gibi gelecekte yapı sektörü için üstünlük arz etmektedir (Ünsal ve Şen, 2008).

Beton sağlam, stabil, uygun fiyatlı ve kolay oluşturulabilmesi gibi özellikleriyle yapı sektörünün önemli ve yaygın kullanılan ana malzemelerinden biri haline gelmiştir (Candemir, Beyhan ve Karaata, 2012).

Betonun üretimi ve şekil vermedeki kolaylığı, yüksek dayanıma sahip olması, ısı kütlesi ile ısı korunumu için inşa süresindeki kısalığı, yerel olarak kolay bulunabilirlik, yeniden kullanılabilirlik gibi birçok özelliği bünyesinde barındırdığı için en çok tercih edilen taşıyıcı yapı malzemesidir (Aytıs ve Polatkan, 2010).

Beton tabii kaynakların tüketimi sebebiyle yıkıcı etkiye sahiptir. Bu yönüyle doğaya ve çevreye etkisi büyüktür. Böyle olmasına rağmen dünyada inşaat malzemesi olarak en çok kullanılan yapı malzemesi olmaya devam etmektedir (Tu, Chen ve Hwang, 2006).

Şekil 3.3. ile betonun özelliklerine etki eden bütün bileşenler gösterilmiş olup betonun üretim aşamasında katkı sağlayan malzemeler ve çevresel durumlar gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Beton dayanımına etki eden faktörler (Ünsal ve Şen, 2008).

Yapı sektörünü oluşturan temel malzemelerden olan çimentonun oluşumunda enerji fazlasıyla tüketilmektedir. Çimentonun yapımı aşamasında malzemelerin 1400-1500 santigrat derecede ısıtılması lazımdır. Buna bağlı olarak çimento toplam CO₂ salınımında ki etkisi çok yüksek düzeydedir. Dünyada toplam olarak insanların kendi elleriyle oluşturduğu CO₂ üretiminin yaklaşık %5'i çimento imalatıyla ortaya çıkmaktadır. Çimento üretiminde enerji randımanının artırılması ve CO₂ salınımının düşürülmesi amaçlanmaktadır. Çimento imalatında enerji verimliliğini yükseltmek için yeniliklerin getirilmesi, yakıt maliyetinin yüksek ve belirsizliğin olduğu bir zamanda toplam üretim masrafını azaltabilecek ve imalatının çevreye verdiği zarar etkisini de ortadan kaldıracaktır (Candemir ve diğerleri, 2012).

Betonu içeriğini oluşturan çimento, agrega ve su gibi ana malzemelerin tabii kaynaklardan elde edimi sırasında kullanılan metotlara bağlı olarak ekosistemde bozulmalar meydana gelmektedir. Bu olumsuz durumlara örnek olarak; canlıların yaşam alanlarındaki tahribat, toprakların topografik özelliklerinin bozulması, erozyon, zararlı gaz salınımları, ses ve ışık

kirliliğinin oluşması, fazla su tüketimi ve sulardaki kirlilik gibi birçok çevresel yan etki görülmektedir (Çankayalı, Levent ve Gökçe, 2010). Betonun yaygın olarak kullanımı nedeniyle hammadde kaynaklarının tükenmesi ve enerji ihtiyacının fazlalaşması, zararlı gaz salınımlarının çoğalması gibi nedenler çimento ve beton imalatında gerekli olan içerisine katılan minerallerin ve kimyasalların, endüstride açığa çıkan atık malzemelerin ve yakıt kullanımındaki alternatif çözüm yollarının üretilmesine dikkat edilmesinin sağlanmasını gerektirmektedir (Çankayalı, 2017).

Beton malzemeyi oluşturan çimentonun imalatı sırasında açığa çıkan CO₂ emisyonu, çevresel olarak dikkat edilmesi gereken hususlardan birisidir. Çimento sektörü, dünya genelinde insan eliyle üretilen CO₂ emisyonunun yaklaşık %5-8'ini kapsamaktadır. İmalatı sırasında yakıt seçiminde fosil yakıt tercih edilmişse ve iyileştirici bir usul kullanılmadıysa 1 ton klinker imalatı sonucu 1 ton CO₂ emisyonu meydana geldiği görülmüştür. Çimento endüstrisinin insan eliyle CO₂ emisyonunu açığa çıkarımında 3. sırada bulunması çimentonun çevresel bakımdan zararlı bir malzeme olarak değerlendirilmez. Bu sırada bulunmasının ana sebebi dünyada alt ve üst yapı inşaatlarında betonun yaygın olarak tercih edilmesi ve büyük ölçekli alanlarda üretimin yapılmasıdır. Beton normalde çevre dostu yapı malzemeleri kategorisinde bulunmaktadır. İçeriğinde genel olarak belli oranlarda çimento, su, ince ve iri agregadan meydana gelmektedir (Justnes ve Hammer, 2016).

Dünyada kişi başına CO₂ salınımının yüksek oranlarda olduğu düşünülürse küresel ölçekte faydalı önlemler alınmadığı takdirde 2050 yılına kadar CO₂ salınımında %70 artış olacağı öngörülmektedir. Beton sektöründeki büyük ebatlı malzeme tüketimleri ve giderek artan CO₂ salınımları var olan ekosistemleri ve küresel iklim düzeni için çok ciddi bir tehdit barındırmaktadır (N. Arıoğlu ve diğerleri, 2014).

3.1. Beton Agregaları

Dünya genelinde nüfus miktarındaki artış ve kırsal kesimden kente olan göçler, büyük yerleşim alanlarında ki yapı sektörünün aktif üretim yapmasına neden olmuştur. Bununla beraber kullanım ömrünü tamamlamış binaların yıkılmasıyla tekrar yenilerinin yapılması gerekliliği meydana gelmiştir. Yıkımı gerçekleşen bu eski binalarından açığa çıkan atıkların dökülmesi için gerekli alanların kentin merkezine uzak olması nedeniyle kendi

araya getirilmesi neticesinde sertleşmesi sonucu katı bir kütle haline gelmektedir Agregaya eklenen su ve çimento ile beraber birleştirilen katkı maddelerinin oluşturduğu karışıma beton denilmektedir (Savaş, 2002).

Beton agregaları, harçtan maliyeti en düşük şekilde faydalanılacak granülometride olmalı, suya karşı dayanıklı, yumuşamadan dağılmamalı, çimentonun komponentleri ile zararlı etkileşimler olmamalı, stabil ve dayanıklı olmalı, su ile birleşerek kimyasal ürün oluşturmamalı, çimentonun döküleceği alandaki birleşme etkisini olumsuzluk vermemeli, donatının aşınmaya karşı korunmasını tehlikeye atmamalıdır. Agregası, kullanılacak alanda ve hedefine göre; tanecik oranı, şekil olarak ebatları, içerik dayanımı, aşınma direnci, dona karşı sağlamlık ve zararlı materyaller açısından TSE'nin ortaya koyduğu standartlara uygun olmalıdır (Köken, Köroğlu ve Yonar, 2008).

Betonun içeriğini oluşturan malzemelerden 4'te üç kısmını oluşturan agregaların miktar ve kalite olarak, betonun niteliğini ve maddiyatını önemli ölçüde etkilemektedir. Agregası betonun ana oluşum kısmını etkilediği için betona katılmadan önce belli deneyler ile testlere tabi tutulmaktadır. Beton agregalarında olması gereken standartlar TS 706 EN 12620 standardında açıklanmıştır (Ünsal ve Şen, 2008).

Betonun imalatı için gereken agreganın üretimi taş ocaklarından sağlanmaktadır. Taş malzeme olarak doğadan elde edildiği için yenilenebilir bir hammadde değildir. Bunun neticesinde agregası kullanımının artışı ile beraber taş miktarındaki tüketim artmıştır (Aytıs ve Polatkan, 2010).

Agregasının üretimi bu taş ocaklarında kayaçların kullanılması amacıyla, kırma işlemi için enerji çok fazla kullanılmaktadır. Agregasının elde edilmesi aşamasında akarsu yataklarından faydalanılır. Bundan dolayı yaşam alanlarının olumsuz etkilendiği görülmektedir. Yapı malzemelerindeki kullanımının artışı ile beraber doğadan elde edilen tabii kaynakların miktarında azalma meydana gelmektedir. Çimentonun üretim sürecinde enerjinin kullanımı fazla olduğu için, betonun enerji tüketimindeki miktarını imalat aşamasından itibaren olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Araştırmalar beton üretimi için gerekli enerjinin %94'ü çimento üretiminde kullanılmaktadır (Aytıs ve Polatkan, 2010).

Beton inşaat sektöründe en çok tercih edilen bir yapı malzemesidir. Betonun içeriğinin büyük bir kısmında agreganın bulunmasından dolayı betonun içerisinde geri dönüştürülmüş agreganın kullanımı için çalışmalar yapılmaktadır. GDA kullanımı hammadde açısından enerjide ve doğal kaynak kullanımını azaltmaktadır. Bu kapsamda sürdürülebilir kalkınmanın ana prensibini yerine getirmiş olmaktadır (Chandra, 2004), (Sefidehkhan ve Şimşek, 2018).

Atık betonun kullanımı atık agreganın da dolaylı olarak betonun içerisinde kullanılmasını sağlamaktadır. Bu durumda ise çevresel olaylar ve iktisadi durumlara olumlu etki etmesine ek olarak enerji kullanımlarının ve tabii kaynakların kullanımını da azaltmaktadır (Sefidehkhan ve Şimşek, 2018).

Deprem, yangın gibi afetler, ömrünü tamamlayan yapıların yıkımı ve restorasyon yapılan yapılardan arta kalan atıklar gibi birçok sebeple oluşan yıkıntı atıklarının her geçen gün artması sonucunda çevresel, ekolojik ve ekonomik açıdan olumsuz etkileri görülmektedir (Sefidehkhan ve Şimşek, 2018).

Yapı sektöründe agrega yapı malzemesi olarak ehemmiyeti bulunan bir hammaddedir. Bunun asıl nedeni ise betonu oluştururken eklenen agreganın kullanım miktarının fazla olması denilebilir. Agreganın tüketiminin fazla olması, tabii kaynaklardaki kullanım miktarının da artmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı malzemenin tekrar kullanımı da araştırılmaya başlanmıştır. Bilhassa beton, yol vb. alt ve üst yapılarda kullanılan agregalar, geri dönüşüm yöntemleri sayesinde ayrıştırılmış ve yeniden kullanılarak temin edilmiştir. Son zaman diliminde yapılan deneysel çalışmalar ile başarılı bir şekilde geri dönüştürülerek elde edilen agregaların kullanım miktarında büyük bir artışın olduğu görülmektedir (Çimen, 2018).

Yapı sektöründeki ilerlemeler ile var olan binalardan beklenti artmış ve kaliteli hammaddeye olan gereksinim önemi de artmıştır. Geri dönüştürülmüş beton agregası kullanılarak sınırlandırılmış hammadde kaynaklarının etkin bir şekilde sarf edilerek ekonomiye büyük fayda sağlanacağı öngörülmektedir. Böylelikle ülke ekonomisinde de büyük rol oynayacağı, buna ek olarak çevresel bakımdan da atıkların meydana getirdiği kirliliğin önüne geçilmesi açısından etkili olacağı düşünülmektedir (Çimen, 2018).

Dünya ortalaması olarak tüm maden çıkarımları içinde büyük bir paya sahip olarak birinci sırada yer alan agreganın kişi başı kullanım miktarı hem ülkemizde hem de yabancı ülkelerde büyük oranlara sahiptir. Bu açıdan agrega teminin de gerekli miktarın sağlanabilmesi için kaynak kullanımında idareli olunması ve sürdürülebilirlik kapsamında yapısal atıkların zararlı etkileri bertaraf etmek amaçlı geri dönüşüm sonucu elde edilen agreganın tekrar kazanımı söz konusudur.

Kent içi yerleşim alanlarının büyümesi, çevresel olarak bazı faktörler ve güçlükler nedeniyle beton sanayisi agreganın elde ediniminde şehrin uzak noktalarından getirmek yerine farklı yollar bulmaya çalışmaktadır. Yapı sektörü; hammaddesinin yarısını doğal kaynaklardan elde etmektedir. Toplamda harcanan enerjisinin de %40 'ını kullanır ve atık oluşumunda da büyük oranda etki etmektedir. Yapıların yıkımı ile ortaya çıkan moloz yığınlarından elde edilebilecek öncelikle agrega olmak üzere, geri dönüştürülerek kullanıma tabi tutulan malzemeler, çevresel sorunların çözülmesi ve bertaraf edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu yapılar agrega imalatı aşamasında kırma, eleme, depolama, taşıma işlemleri için ihtiyaç duyulan enerjinin azalmasına da fayda sağlamaktadır (Çağrıcı, 2016).

Betonun içerisinde yoğun biçimde var olan agregalar hacimsel olarak fazla yer kaplamaktadır. Elverişli olmayacak şekilde günümüzde ve yakın tarihlerde kullanılan agregaların beton sanayisini global ölçekte etkileyeceği düşünülmektedir (Tu ve diğerleri, 2006). Aşırı tüketim sonucu doğal kaynakların sonunun gelmesi problem oluşturmaktadır. Bu nedenle, uygun olanı tedarik etmek ve agregaya eklemek önemli bir durum haline gelmiştir. Yeni yapılan çalışmalarla bunun önlemi alınmaya çalışılmış ve alternatif çözüm yolları bulunmak istenmiştir (Tu ve diğerleri, 2006).

Agrega için alternatif olarak temin edilebilecek kaynaklar; yıkıntı alanlardan elde edilen beton (eski yapılar, doğal afet sonucu tahribatlı yapılar, yangın ile zarar görmüş binalar), yanlış beton imalatı, beton santrallerinde kalite amaçlı kullanılan kontrol örnekleri, prefabrikasyon imalat atıkları ve farklı noktalarda uygun görülmeyen elemanlar olabilir.

Geri dönüşüm sonucu elde edilmiş agregaların kullanım yerleri aşağıda belirtilmiştir;

- 80-200 mm beton agregaları: Hidrolik çalışmalarında dolgu malzemesi olarak,
- 0-80 mm beton agregaları: Beton için gerekli oranları sağlamak koşuluyla beton üretiminde, alt ve üst şantiye inşaatlarında, zemin kaplama malzemesi olarak, toprak dolguda ve sertleşmemiş döşeme yapmak için park alanlarında,
- Geri kazanılmış kum: Az miktarda olmasına rağmen genellikle yol üst katmanın altında veya yol alt temel kaplaması olarak,
- 0-56 mm geri kazanılmış kargir: Zemin dolgusu yapmak ve sertleşmemiş zemin döşemeleri için park alanlarında,
- Asfalt agregaları: Yollar ve park sahaları kaplamalarında (N. Arıoğlu ve diğerleri, 2002).

Günümüz dünyasında, özgün olarak orta veya yüksek özellikte beton elde edinimi; yıkılmış betonarme veya öngerilmeli beton binadan, kaliteli yapılar oluşturulmaktadır (Ajdukiewicz ve Kliszczewicz, 2002; Altınışık, 2013).

3.2. Betonda Sürdürülebilirlik

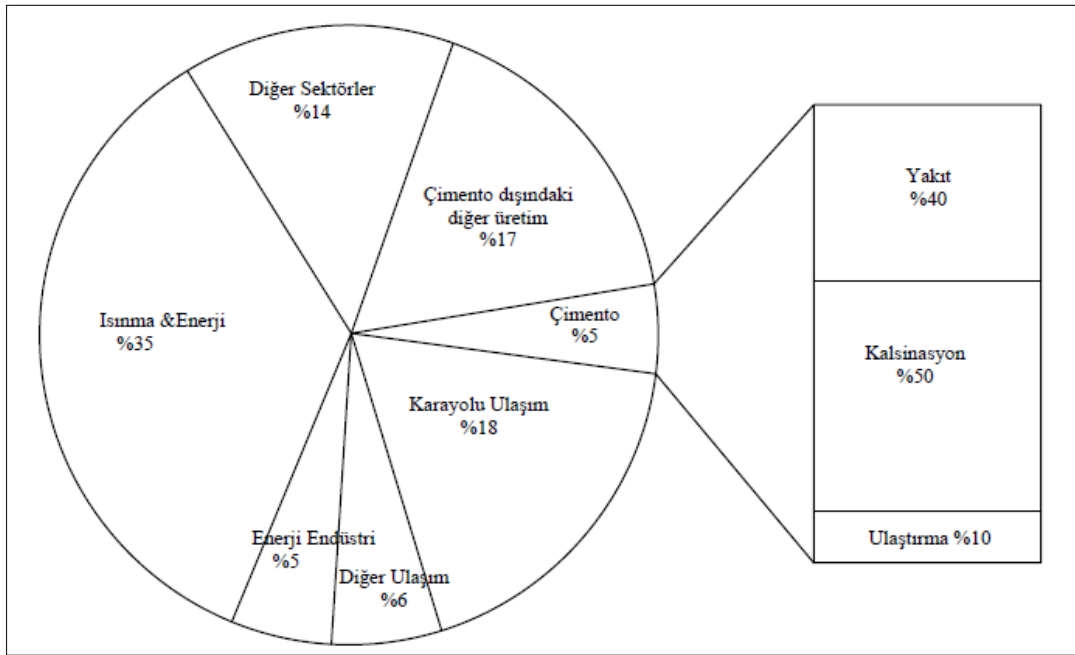
Yapı sektöründe çevre dostu, minimum düzeyde enerji tüketen, CO₂ salınımına dikkat eden, atık üretimini kontrol altına tutmaya çalışan yapıların projelendirilmesi sürdürülebilirlik kapsamında ele alınmaktadır. Bununla beraber yapı sektöründe tercih edilen yapı malzemelerinin üretiminde sürdürülebilir olmasına dikkat edilmelidir. Buna örnek olarak çimento üretimi CO₂ salınımına etki eden yapı malzemelerinden birisidir (Candemir ve diğerleri, 2012).

Beton endüstrisi doğal kaynakları tükettiği için sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilmek için büyük bir potansiyele sahiptir. CO₂ emisyonunun %8'inin beton imalatından kaynaklandığı bilindiği için, betonu kullanırken dikkatli olunması gerekmektedir. Farklı sektörlerde açığa çıkan atıklardan silika fume, uçucu küller, ince öğütülmüş yüksek fırın cürufu, betonun içerisinde yoğun olarak kullanılması, ekolojik açıdan ve emisyonların azalması yönünden çimento oranını azaltacak, sera gazları emisyonlarını küresel bakımdan azaltmanın önü açılacak; betonun iç mikro özelliğine sağlamlık açısından önemli kazanımlar sağlayacaktır. Bu mineral katkılar ile maliyeti düşük öneriler getirilmiş ve binanın tamamında toplam olarak harcanan para da azaltılmış olacaktır. Geri dönüşüm

sonucu elde edilen agregalar ile de bu ekonomik durum günümüzde bu gelişime destek verecek bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır (N. Arıoğlu ve diğerleri, 2014).

Çimento imalatındaki CO₂ salınımını bertaraf etmeye yönelik araştırmalar ve uygulamalar yapılmaktadır. Buna ek olarak betonu üretirken kullanılan endüstriyel olan ve olmayan atıkları kullanmak amacıyla pek çok çalışma yapılmaktadır. Farklı bir endüstrinin açığa çıkardığı atık malzemeyi beton endüstrisinin kendi bünyesinde değerlendirilebildiği görülmüştür. Buna örnek olarak silis dumanı ve uçucu küller verilebilir (Gönen, Onat, Cemalgil, Yılmaz ve Altuncu, 2012).

Beton dünya çapında en çok kullanılan yapı malzemesi olmasının en temel nedeni ekonomik olmasından kaynaklıdır. Betonu oluşturan malzemelerden çimento imalatı doğaya zarar verecek boyuttadır. Çimento dışındaki betona eklenen malzemelerden agrega, direkt doğadan alındığı gibi kullanılır ya da belli bir miktar öğütüldükten sonra katılmaktadır. Çimento endüstriyel olarak nitelendirilebilecek bir malzeme olup imalatı aşamasında CO₂ salınımı gerçekleştirmektedir (Şekil 3.5.). Dünya genelindeki CO₂ salınımının %5'i çimento esaslıdır. İnşaat sektörü dışındaki sektörlerde kullanım miktarına ve çevresel anlamda olumsuz yansıma durumuna bakılacak olursa çok fazla bir zarar vermediği görülmüştür (Gönen ve diğerleri, 2012).



Şekil 3.5. Çimento kaynaklı CO₂ salınımı (Gönen ve diğerleri, 2012).

Beton malzemesinin sürdürülebilir olarak değerlendirilebilmesi için, daha az enerji ile betonun imalatını gerçekleştirmek, kullanım ömrünün uzun olacağı şekilde tasarlamak ve geri dönüşüme imkân tanıyacak şekilde yardımcı olmaktır. Yüksek dayanımlı, vakti uzun hizmet vermesi mümkündür. Yıllar boyunca hizmet edebilecek sağlam yapılar yapmak çevrenin daha az etkilenmesine sağlayacaktır. Çevredeki problemlerden kaynaklı son dönemde geri kazanılmış maddelerin betonun içine katılması yaygınlaşmaktadır. Yeşil beton konseptiyle üretilen, minimumda klinker kullanımı, organik olmayan atıklar ve “yeşil” olarak adlandırılan çimento ve bağlayıcı malzemeler ile, çevreye daha az zarar verecek beton imalatının yapılması amaçlanmaktadır. Sürdürülebilir betonu elde etmek için tekrar kullanılabilirlik ve geri kazanım gibi yöntemler arasında aşağıda yer alan uygulamalar vardır;

- Çimento miktarının azaltılması,
- Karışım suyu içerisinde temizlenmiş atık suyun tercih edilmesi,
- Geri dönüşüm sonucu elde edilmiş agreganın sarf edilmesi olarak tanımlanabilir, (Aytıs ve Polatkan, 2010).

Yapı sektörü genel olarak hammadde tüketiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Yapı malzemelerinin üretimi sırasında tabii kaynaklardan elde edilmesi, aktarılması ve yapıya uygulaması aşamasında büyük miktarda su ve enerji tüketilmektedir (Bribian, Capilla, Uson, 2011; Yüksek ve Mıhlayanlar, 2015).

Karbon ayak izini azaltmak için çimento imalatçıları fosil yakıtlardan daha ziyade yanması için gerekli ısı değeri yakın ya da denk farklı yakıt çeşitlerini ve atıkları tercih ederek klinker kullanımını azaltıp, diğer bağlayıcı malzemeleri (mineral katkıları) sarf ederek katkı çimento meydana gelmektedir. Bunun sonucunda standart haline getirilecek şekilde arz talebi karşılayacak şekilde ürünü elde edilmelidir.

Betonun performans ölçütleri belirli olduğu için son aşamada olan bir üründür kullanılan yöntemler sayesinde sürdürülebilir bir malzeme haline getirilebilir (Justnes ve Hammer, 2016).

Çimento üretimi sırasında açığa çıkan zararlı gazlar neticesinde toksik maddelerin emisyonuna bağlı olarak hava kalitesi, suların temizliği, toprağın zarar görmesi

kaçınılmazdır. Bu da sonuç olarak flora, fauna gibi canlı yaşamını etkileyerek sağlık ve yaşam standardı açısından insana da zarar vermektedir (Safiuddin, Jumaat, Salam, Islam ve Hashim, 2010)

Agreganın yüksek kalitede, yeterli oranlarda ve ekonomik olarak uygun bir şekilde yakın gelecekte bulunması güçleşecektir. Çevresel standartların getirileri ile beton imalatı yapılan alanlarda atık agregaların geri dönüştürülmesi önümüzdeki dönem içerisinde kullanılması mecbur hale gelecektir (Altınışik, 2013).

İnşaat sektörünün enerji harcanması ve sera gazı yayılımı gibi birçok çevresel etkisine bakılmalıdır. İklim üzerinde etkili olan yapı malzemelerinden birisi betondur. Betonun ana malzemelerinden çimento imalatı için harcanan enerji zararlı yakıtlar kullanılarak oluşturulduğu takdirde sera gazı ortaya çıkmaktadır. Çimento üretim alanları olan fırınlarda salınan azot oksidin açığa çıkmasının ana kaynağı olarak görülmektedir (Du Plessis, 2001). Çimento betonun içerisine minimum düzeyde eklenen bir malzeme olmasına rağmen enerjinin tüketiminin çoğunluğu agregaların üretimi sırasında kullanılmaktadır (Civan, 2006), (Tufan ve Özel, 2018).



4. KENTSEL DÖNÜŞÜM

Kentsel dönüşüm kavramına dair birçok tanımlayıcı açıklama bulunmaktadır. Bu tanımlardaki ayırım; üzerinde durdukları gösterim, hedef, izlem ve metotlara göre değişiklik göstermektedir. Kentsel dönüşüm, kentin zarar görmüş alanlarını daha iyi kavrama gereksiniminden doğan ve uygulanacak dönüşüm ile beraber çıkan sonuçlar üzerinde bir mutabakat getirilmesidir. İkinci olarak açıklanan tanım ise; kentsel bozulma ve yıpranma görülen bölgelerde görülen sıkıntıların koordinasyonlu bir şekilde çözmek amacıyla belirlenen yeni metotlardır. Diğer bir tanımda ise kapsamlı ve entegre bir gösterim ile hareket edilerek, bir bölgenin maddi boyutunun, fiziki durumunun, topluma dair özelliklerinin ve çevresel şartlarının daimî bir şekilde düzenlenmesini sağlamaktır. Yani kaybolan iktisatlı bir faaliyetin tekrar geliştirilmesi ve gayretlendirilmesi, çalışmayan bir topluma dair özelliğin çalışır duruma getirilmesi; toplumda kabul görmeyen bölgelerin topluma kaynaştırılarak entegre hale getirilmesi; çevresel niteliğin bozulduğu alanlarda ekolojik dengenin olmasını sağlamaktır (Akkar, 2006).

Kentsel dönüşüm kavramını Türk Dil Kurumu sözlüğündeki tanımı; “Şehrin imar planına uygun olmayan, ruhsatı bulunmayan binaların yıkılıp, planlara elverişli olarak kentin yerleşim bölgelerinin oluşturulmasıdır.” anlamına gelmektedir (URL 5).

İmar terimleri sözlüğünde kentsel dönüşüm kavramı ise aşağıdaki gibi tanımlanmıştır: Kentsel Dönüşüm; “Kamu teşebbüsü etkisiyle, kentin dokusuna zarar veren yoksul alanların düzenlenmesi, yapıların iyileştirilmesi, korunması, yaşanılabilir, çalışma ve dinlenme şartlarının, kamu yapıları oluşturulması amacıyla, yerel programlar uyarınca, kentlerin tamamını veya bir kısmını dönemin değişiklik gösteren koşullarına göre iyi bir çevre haline getirmektir” (Erdede ve diğerleri, 2014a).

Kentsel dönüşüm uygulamaları, farklı disiplinlerden meslek gruplarının bir arada çalışmasını gerektiren; mühendisler, şehir plancıları, mimarlar ve sosyologlar gibi birçok iş alanına sahip, kentsel yaşam standartlarının yükseltilmesi amacıyla, kentsel dönüşüme tabi tutulmuş bir bölgenin ekonomik, fiziksel, sosyal, çevresel ve kültürel şartlarına kalıcı çareler sağlamayı hedefleyen çok geniş çaplı eylemlerdir. Kentsel dönüşüm sadece konut alanlarının yenilenmesi olarak bakmak doğru olmayan bir yaklaşımdır. Kentsel dönüşüm

ifadesi; konut ihtiyacına cevap vermesi ile birlikte kaçak olarak oluşan yapıların değiştirilmesi ve düzenlenmesi, afet tehlikesi içeren bölgelerin nakledilmesi, özelliğini yitirmiş tarihi alanlar da düzeltme yapılması gibi pek çok konu içermektedir (Erdede ve diğerleri, 2014a).

Ülkemizde kentsel dönüşümün aktif olarak kullanımı 1950'lerde çarpık kentleşme ve kalitesiz konut yapımı nedeniyle kentlerdeki kontrolsüz gelişim ve gecekondulaşma problemine çözüm getirmek amacıyla ortaya çıkmıştır. Kentsel dönüşümü olumlu bir şekilde yapabilmek için farklı yönleriyle değerlendirilmesi gerekmektedir. Son dönem mimarlık dünyası için konut üretiminde çevre dostu yapı inşa etme prensibi uygulanmaya başlanmış, yeşil bina olarak tanımlanan çevreye duyarlı hassas yapılara olan uygulamalar artmıştır. Yeşil binalar sağlam, doğaya karşı hassas, ekolojik, tekrar kullanılabilen enerjileri tüketen yapılara denilmektedir (Erdede ve diğerleri, 2014a).

Kentsel dönüşüm, kırsal alandan kente olan göçler ile oluşan çarpık kentleşme ile oluşturulan gecekondulu mahallelerin düzenlenmesi ve iyileştirilmesi amacıyla fiziksel ve topluma dair durumları değerlendirerek olumsuzlukların giderilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Kentsel dönüşüm uygulamaları çevreyi düzenlemek ve iyileştirmek amacıyla başlamış olsa bile yıkımı gerçekleşen binaların atıklarıyla çevre kirliliği de artmıştır (Salgın ve Coşkun, 2018).

Kentsel dönüşümün bileşenlerinden en önemlisi ise ekolojik bileşendir. Ekolojik eleman, dönüşüm yapılan alanlarda hem maddi olarak somut etmenlerde hem de sosyokültürel, ekonomik ve tarihi özelliklerde, alanın doğal özelliklerini de kapsayan bir planlama yoluyla sürdürülebilir mekânlar oluşturmaktır. Bunu oluşturmadaki temel amaç yeşil doku özelliğini sağlamaktır (Erdede ve diğerleri, 2014a).

Ülkemizde yapılan betonarme binaların ömrü ise en fazla 50-75 yıl kadardır. Yeni oluşturulacak binaların yeşil binalar olarak inşa edilmesi için bu olay bir elverişli olarak görülebilir. Devlet aracılığıyla kentsel dönüşüm kapsamında eski binaların yıkılıp yerine yeşil bina olarak yapı oluşturacak insanlara fazladan vergi indirimi ya da destekleyici yönelimler gerçekleştirilirse bundan yarı yüzyıl sonra yapıların büyük bir kısmı yeşil bina konseptine sahip olacaktır. Kentsel dönüşüm planlamalarında uygulayıcı ve yatırımcıları yeşil konseptli bina yapmaya özendirmek için ise vergi muafiyeti, harç muafiyeti vb. gibi

uygulamalar olmalıdır. İnsanların sosyolojik ve fiziksel sağlığı için yeşil konseptli binaların önemli olduğu konusunda toplumu bilinçlendirecek şekilde yeşil yapılara olan farkındalığı artırmak gerekmektedir. Böylece gelecek kuşaklara daha yaşanılabilir alanlar bırakılabilir (Erdede, Erdede ve Bektaş, 2014b).

Günümüzde inşaat sektöründeki büyüme ve kentsel dönüşüm ile birlikte yapısal atıklar meydana gelmektedir. Atık yönetimi stratejileri kapsamında yapısal atıkların çıkarıldığı alanda bertaraf edilmesi gerekmektedir. Atıksız bir dünya elde etmek amacıyla en başta yeniden kullanılarak kazanım sağlanmalı sonra geri dönüşüm ile malzemenin atık olarak kalmasının önüne geçilmeli ve bu edinimler ile tekrar üretim yapılarak enerji harcanmasının önüne geçilmesi ehemmiyetlidir (İpekçi, Coşkun ve Esin, 2015).

Türkiye genelinde ise önümüzdeki süreçte çok sayıda konut stokunun kentsel dönüşüme tabi tutulacağı öngörüsü ile birlikte, meydana gelecek olan inşaat ve yıkıntı atıklarının çevresel olarak sıkıntıya sebep olmaması için; bu atıkların geri dönüştürülerek ve hammadde ihtiyacının giderilmesi amacıyla yeniden kullanımı söz konusudur. Köprüler, metrolar, yollar, tüneller ve binalar gibi her türlü inşaat faaliyetlerinden ortaya çıkan atıklar, geri kazanılabilen ve ikincil hammadde olarak daha sonra tekrardan kullanılabilir olan yapı malzemeleridir. İnşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüştürülmesi süreci içinde yer alan ahşap, plastik, demir, kablo, tahta, vb. gibi malzemeler ayrıştırılıp kırma-eleme-ayıklama prosedürüne maruz kaldıktan sonra, performansı yüksek özellikte inşaat malzemesi elde edilerek bu sayede hem çevreye hem de ülke ekonomisine katkı sağlanmaktadır (Çağrııcı, 2016).

Kent için revizyon yapılması, reformların getirilmesi, bakım ve onarımın olması gibi metotlar ile kentsel dönüşüm projeleri çevremizde hızla gelişmektedir. Bu yapılan işlemler ile saygınlık kazanan kent parçası çevresel olarak olumsuzluklarda karşılaşabilmektedir. Kentsel dönüşüm çalışmaları kapsamında binaların yıkılması ile meydana gelen yapısal atıkların birikerek şehirlere büyük zarar verebilecek boyuta ulaşmasına neden olacaktır (Salgın ve Coşkun, 2018).

Kent için yapılması düşünülen uygulamalar ile hava ve su kalitesinin artırılması, çevreye zarar vermeyecek şekilde yapı inşasının yapılması gibi faaliyetler yapılarak ekolojik denge oluşturulmak düşünülmektedir. Buna ek olarak atık yönetiminin aktif olarak devrede

olması yeşil alanların meydana getirilmesinde etkilidir (Erdede ve diğerleri, 2014a). Endüstri devriminden sonra düzen içermeyen bir şehirleşme nedeniyle oluşan sorunlu çevrelerin ve savaşılar nedeniyle ağır etkilenen kentlerin tekrar canlandırılabilmesi için kentsel revizyon, iyileştirme, düzeltme ve onarım gibi uygulamalar gerçekleştirilmiştir (Salgın ve Coşkun, 2018).

Kentsel dönüşüm kalitesiz alanlara onarım ve bakım yapılması, fonksiyonunun yitirildiği mekânlara yeni görev tanınması, doğal afetlerin zararlarını yaşayan binaların dönüştürülmesi, alt ve üst yapı sistemlerinin düzeltilmesi gibi mevzularda fayda sağlamaktadır (Salgın ve Coşkun, 2018).

Kentlerdeki dönüşümün etkisiyle açığa çıkan yapı atıkları çevresel ve iktisadi açıdan sorun oluşturmaktadır. Var olan yapıların emniyetsizliği, şehir bölge planlamadaki uygun olmayan ve artan nüfusa göre yeterli olmayan durumlar nedeniyle dönüşüme olan ihtiyacı göstermektedir. Atıklardaki geri kazanım sonucunda var olan atıkların oluşturduğu problemlerin azaltılmasında, bunun yanında yeni üretilen malzemelerinde tüketiminde tabii kaynak ihtiyacını sağlamak önemlidir (Tokel, 2021).

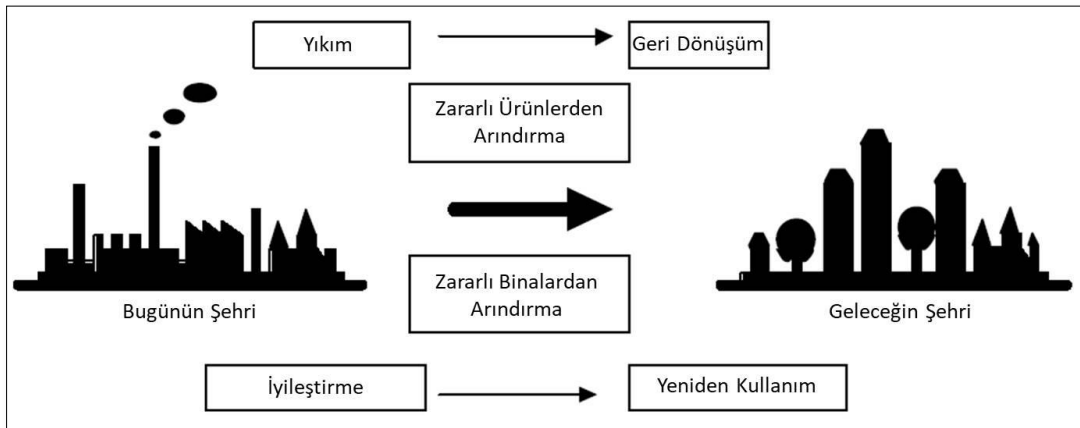
Çevresel sorunların giderilebilmesi için geçici olmayan çözüm yöntemleri sağlanmaya çalışılmıştır. Sürdürülebilir kalkınma bu doğrultuda etkin hale getirilmeye çalışılmıştır. Tabii kaynakların korunması, enerji tüketimini azaltmaya yönelik çalışmalar, fabrikada üretilen ürünlerinin yapımı aşamasında ortaya çıkan atıkların azaltılması gibi mevzuları içeren sürdürülebilir mimarlık modern dünyadaki etkisi artmıştır. Ülkemizde meydana gelen depremlerin kentler üzerinde fiziksel ve ekonomik olarak olumsuz etkileri değerlendirildiğinde büyük şehirler başta olmak üzere kentsel dönüşümün bu konuda büyük bir faydasının olacağı aşikârdır. Kentsel dönüşüm çalışmasıyla birlikte daha kaliteli ve gereksinimleri karşılayabilecek adette farklı yapı türlerinin inşasının yapılması gerekmektedir (Tokel, 2021).

Kentsel dönüşüm yapılacak alanların yapısal atık yönetimi açısından kazançlı olabilmesi için yapı elemanlarının parçalarının çıkarılıp imha süresinde düzenli bir şekilde idare edilmesine bağlıdır (Salgın ve Coşkun, 2018).

Kentsel Dönüşüm; eskimiş ve yıpranmaya başlamış sorunlu kent parçalarının iktisadi açıdan, toplumun dinamikleri bakımından, fiziksel ve çevresel şartlarının düzeltilmesine yönelik oluşturulan strateji ve faaliyetlerin bütünü denilebilir. Yerleşim bölgelerinin asıl fonksiyonunu kaybetmiş veya düzensiz yerleşim yapan alanlarda kentin hasar görmesi kaçınılmaz sonudur. Bu alanlarda yapılacak işlemler olarak yeniden canlandırma, reform açısından düzenleme ve sağlıkla amacıyla yapılan eylemleri kapsar (Fırat ve Akbaş, 2015).

Kentsel dönüşüm sonucu meydana gelen olumsuzlukları gidermek amacıyla yapı atıklarının idaresine yönelik konular pek çok ülkede kendi şartlarına göre farklı uygulamalar yapılmaktadır. Atık yönetimi için önlem alınması, azaltmaya yönelik çaba gösterilmesi, yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi, geri edinim ve ortadan kaldırmak gibi kriterler vardır. Başlangıçtaki hedef atık oluştuğu anda bulunduğu alanda önlenmesi sağlanmalı, önüne geçilemiyorsa atık miktarında azaltma yoluna gidilmelidir. Bu işlemlerden sonra atığın yeniden ele alınarak tekrar kullanımı, geri dönüşümü ve geri edinimi yapılmalıdır. Eğer ki bu işlemlerde fayda etmezse arta kalanların hepsi sistemli biriktirilecek alanlarda depolanması veya yakılarak imha edilmesi gerekmektedir (Salgın ve Coşkun, 2018).

Aşağıda yer alan Şekil 4.1. ile ifade edilen şekle göre bugün mevcutta sahip olduğumuz şehir görünümünün değiştirilmesi amacıyla yapılması gereken işlemlerden yıkım ile geri dönüşüme gidilerek zararlı ürünlerden arındırılması yapılmalıdır. Yeniden kullanımın önü açılarak gelecekte oluşacak kent görünümünün iyileştirilmesi yapılmalıdır.



Şekil 4.1. Şehir Konsepti için Kavramsal Model (Sanchez, Lauritzen, 2004; Salgın ve Coşkun, 2018).

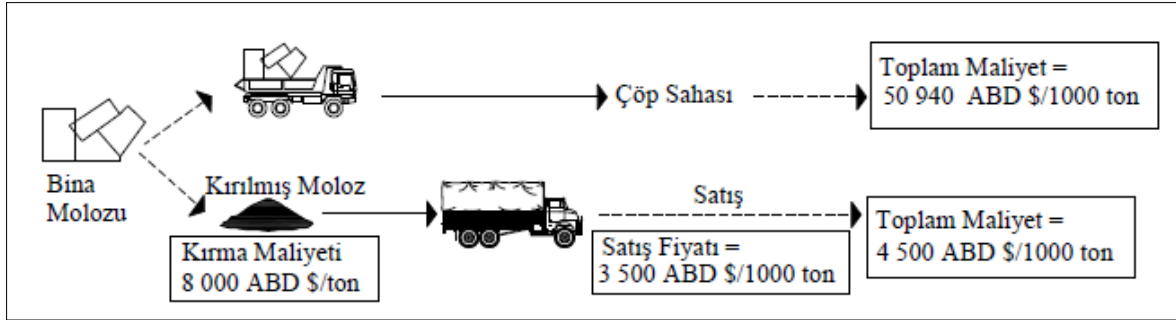
Tarih boyunca dünyada barınan canlıların sayısı gün geçtikçe artarak kentsel yaşam alanlarında daimî bir şekilde değişime ve dönüşüme gereksinim duyulmaktadır. İhtiyaç hissedilen kentsel bölgelerdeki değişim ile, kent işlevlerine, dünya nüfusundaki artışa, toprak kullanım seçimine ve ekonomik koşullara göre şekil almaktadır. Nüfusun her geçen gün daha fazla artmasıyla beraber konuta olan arz artmış ve ekonomik ihtiyaçlarla beraber toplumu kent hayatına doğru evirildiği görülmektedir. Buna dayanarak şehirlerde birtakım problemlerle karşılaşmaktadır (Tokel, 2021).

Yapısal olarak karşılaşılan sorunlara örnek olarak; düzen teşkil etmeyen alanlar, kent merkezlerinin yetebilirliği ve çarpık kentleşme sonucu ortaya çıkan gecekondulaşma gibi bazı sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu tür durumlar karşısında konut gereksiniminin sağlanamaması çevresel olarak sıkıntı oluşturduğu için planlamada yenilenmeye ihtiyaç vardır. Bunu sağlamak için belirli kurumlar tarafından belirlenen kurallara dayanarak kentsel yenileme projeleri ile yaşam standardı yüksek kentlerin meydana getirilmesi hedeflenmektedir (Tokel, 2021).

4.1. Kontrollü Yıkım

Bina yıkımı gerçekleşmeden önce yıkım ruhsatının olması atık yönetimi açısından önemlidir. Uzmanlar aracılığıyla yıkım işlemi için bütün süreç tasarlanmalıdır. Yıkım ruhsatı, atık yönetimi açısından sayım defterini kapsamaktadır. Bu envanter defterinde olması gerekenler; yapının tarihi ve kullanılan malzemeler, atığın nicelik ve nitelik olarak özellikleri, birbirinden ayrıştırılma yöntemleri ile ilgili malumat vermelidir. Zararlı olarak nitelendirilen maddelerin yıkımı gerçekleşen alanda ayrıştırılması gerekmektedir. Boru tesisat malzemesi olarak kurşunun, çatıda kullanılan maddelerin, hidrokarbonların, ağır metal içeren ürünlerin, boya malzemesinin, ahşap koruyucu ürünlerin, yapıştırıcı özelliğe sahip maddelerin, asbest, kirlenmiş toprak içeren farklı metaller gibi malzemelere dikkat edilmelidir. Yıkım ruhsatlarının içeriğinde ana konu olarak şartnameye özen göstererek, yıkım işlemini gerçekleştirecek olanı belirleme ve bu hizmetlerden faydalanmayı önermelidir. Atık yönetimi, yapı ruhsatı içinde olması gerekmektedir. Atıkların uygun bir şekilde bertaraf etmek amacıyla işinde yetkin olan insanların nakliye ederken denetlemesi gerekmektedir. Bu sayede atığın ortaya çıkmasından itibaren yok edilmesine kadar geçen sürede kontrol altına tutulabilmektedir (URL 6).

Şekil 4.2. ile binalardan açığa çıkan moloz yığınlarının alternatif uzaklaştırma maliyetleri kıyaslaması gösterilmiştir. Burada belirtilen molozun yıkımı ile başlayıp satışı ve işlenmesi süreci ile devam eden alternatifteki maliyetin daha az olduğu ispat edilmiştir. Çöp sahalarına taşınması alternatifini ise maliyet açısından daha fazla maddiyata ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Bu da molozların sahada ayıklama ve kırma işlemleri sonucunda satışının yapılmasının daha avantajlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.2. Yıkıntıların Alternatif Uzaklaştırma Maliyetlerinin Karşılaştırılması (E. Arıoğlu ve diğerleri, 1996).

Binaların yıkımı gerçekleştirildikten sonra açığa çıkan atığın geri dönüşümünün yapılabilmesi için yıkım yapılmadan önce tehlikeli ve zararlı olan maddelerin ayıklanması gerekmektedir. Diğer yapı malzemelerinin tekrar dahil edilebilmesi ve yıkım sonucu açığa çıkan atıkları yerinde yani ana kaynağında ayırt edilerek geri dönüşümünün sağlanması için denetimli ve kademeli olarak Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğine esas alınarak titizlikle yıkım işlemleri uygulanır (“T.C. Resmi Gazete”, 2021).

Seçici yıkımın ana hedefi, asbest ve buna benzer tehlikeli maddelerin; ıslak hacim ögeleri olan sıhhi tesisat elemanlarından lavabo, küvet ve bunun gibi ürünlerin, kapı ve pencerelerin, kiremit gibi çatı malzemesinin, cinslerine göre metal kökenli bütün donanımların, ahşap nitelikli materyallerin, alçı özlü malzemenin, taşıyıcılığı olmayan duvar (gazbeton, tuğla, beton vb.) malzemesinin, cam parçaların, polivinilklorür/poliüretan malzemelerin, taşıyıcı, camyünü, genleştirilmiş polistiren, ısı yalıtım malzemelerinden ekstrüde polistiren, poliüretan gibi materyallerin, su yalıtım malzemelerinden sökülebilecek olanların, taş kaplama alanların ayırt edilmesi, proje alan içerisinde yer alan yolun parke, beton ve asfalt kaplama katmanları altında bulunan parçalanmış tanecikli malzemelerin ayrıştırılması; bitüm ve türevi materyaller ile üzeri örtülü döşemelerde bu

katmanın kaldırılması veya ayırt edilmesi süreçlerini kapsamaktadır (“T.C.Resmi Gazete”, 2021).

Seçici yıkım sayesinde yeniden değerlendirilebilecek malzemeler ayırt edilir, atık oluşumunun önüne geçilerek önlenir. Yıkım işlemleri aşamasında çıkan atıklar ayrı olarak toplanır, birleştirilir ve depolanarak geri dönüşüme hazır hale getirilir. Tekrar kazanıma imkân tanımayan atık malzemenin belli kurallar ve yönetmelikler kapsamında ortadan kaldırılması gerekmektedir. 29115 sayılı resmî gazetede 10/9/2014 tarihinde yayımlanan Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği doğrultusunda lisans belgesi olan tesislere geri dönüştürülmesi ya da ortadan kaldırılması amacıyla nakliyesi sağlanır (“T.C. Resmi Gazete”, 2021).

Belirli mevzuatlar kapsamında betonun üretimi için denetimli yıkımı sağlanan malzemelerden kalitesi yüksek hammaddenin kullanılmasına destek vermektedir (Savaş, 2002).

Yapı ve yıkım atıkları, alt ve üst yapı (köprü, yol, mesken vb.) imalatı, onarımı, değişiklikler, tekrar kullanılması, elden geçirilmesi, çökmesi veya doğal afetler ile meydana gelmektedir. Bu atıklar kullanım alanlarının farklı olmasından kaynaklı teorik ve pratik bakımdan çok çeşitlidir. Geri dönüşümün faydalı olması için sağlam bir geri kazanım yönteminin belirlenmesi gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmek için belirli aşamalardan geçirilmesi lazımdır. Bu yapıların yıkılmadan önce ve yıkım aşamasında içerisindeki zararlı maddelerin ve geri dönüşüm işlemlerine tabi tutulamayan malzemelerin çıkarılması gerekmektedir. Bu ayıklama işlemi sayesinde geri dönüşümü yapılacak maddelerin daha kolay kazanımı yapılabilmektedir. Yıkımı gerçekleşen binaların enkazı içerisinde kontrollü bir şekilde seçimin yapılmasıyla, bu atıklar ile hafriyat toprağının birbiri içerisinde karıştırılması önlenmiş olmaktadır. Kullanıma müsait olmayan geri dönüştürülemeyecek maddelerin depolama alanlarına gönderilerek bertaraf edilmesi lazımdır. (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2012).

Ülkemizde çevre düzenleme olarak son dönemde birçok yasa ve kurallar devreye girmiştir. (URL 7). Bu yapılan işlemler yeni uygulanmaya başladığı için yetersiz kalmaktadır. En çok kullanılan yöntem ise “sahada ayıklamadır”. İnşaat atıklarının nakliyesi, biriktirilmesi için gerekli alan ücretleri ve geri dönüşüm fiyatlandırılması yüksek olduğu için yıkım

alanında ayırt edilmesi avantajlıdır. Kentsel dönüşüm uygulamalarıyla birlikte bu ayırımın yapılması hız kazanmıştır. Bunun neticesinde de geri dönüştürülebilir malzeme miktarı artırılmıştır (URL 8; İpekçi ve diğerleri, 2015).

İnşaat ve yıkıntı atıklardan açığa çıkanların tekrar kullanıma dahil edilmesi ve geri kazanıma tabi tutulması için çıkarıldıkları alanda ayrı ayrı biriktirilmesi esastır (URL6). Programlı bir şekilde yıkımı yapılacak yapıların, tekrar üretime katılması istenilen malzemelerin sağlam olarak elde edilmesi için bir plan ve proje kapsamında yıkım işleminin yapılması lazımdır. Bu ayırım işlemini elle veya otomatik olarak makineler ve belli yöntemler ile olmaktadır (Lennon, 2005; Demir, 2010).

Yıkım işlemleri esnasında oluşacak çevresel sıkıntıları yok etmek amacıyla Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2004) yayımlanmıştır. Bu mevzuata bağlı olarak hedeflenen atıkların ortadan kaldırılıp yetkili kurum ve kuruluşlar aracılığıyla toplanarak depolanmasını sağlamaktır. Yapıların yıkımı yapılmadan önce sökümü yapılabilecek olan yapı elemanlarından çalışır durumdaki olan ahşap, PVC malzemeler, doğramalar, sıhhi tesisat sistemi içerisindeki boru ekipmanları, elektrik alt yapısını oluşturan kablolar alınarak geriye kalanlar alan bırakılarak yıkımı gerçekleştirecek ekipler tarafından geri dönüşüm de kullanılmak üzere alınır. En son aşamada karkas yapının beton ve demirden oluşan betonarme sistemin yapı atıkları kalır. Burada ise maddi değeri nedeniyle demiri içerisinde alınarak beton tek başına kalmaktadır. Moloz atıkları şehrin uygun görülen alanlarına taşınarak boşaltılır ve bu alanda biriktirilir (Tokel, 2021). Bina inşasından önce inşaat ruhsatı alınması şartıyla yıkımdan önce belediyelerce uygun görülmesi halinde yıkım izni alınmalıdır. Yasalar bunu gerektirdiği halde genellikle mal sahiplerinin veya müteahhitlerin izin almadan binaların yıkımına gittiği yapılan araştırmalar sonucunda anlaşılmıştır (Kozak, 2010).

4.2. Atık Çeşitleri

Atık kavramı; âtil durumda olan, değeri bulunmayan ve sonuç olarak dışarı boşaltımı yapılan bütün malzeme ve maddeler olarak tanımlanmaktadır (Şahin ve Hatunoğlu, 2016). Atıklar; katı, sıvı, gaz olarak ayırma gidilmektedir (Gündüzalp ve Güven, 2016). Akışkan forma sahip olmayan, sıvı bir ürünü barındırmayan, çevresel sağlığı bozmayacak şekilde

imha edilmesi gereken maddeler katı atığın özelliğini ifade etmektedir (Bayram, 2017; Tandoğan, 2018).

Atık; Yaşam döngüsünün tüm süreci içerisinde, malzemenin üretimi, tüketimi ve kullanımından kaynaklı canlı sağlığına etki eden çıktıya denilmektedir. Atık; gaz, sıvı ya da katı olarak bulunabilir ve hava, su ya da toprağa aksedebilir, denetimli bertaraf edilebilir, tekrar kullanıma tabi tutulabilir (Calkins, 2009; Bayraktar, 2010).

Katı atıklar sınıflandırılırken hizmet ömrü dolmuş ve yaşam alanlarımıza zarar veren ve bir an önce uzaklaştırılması gereken her türlü katı maddeye denilmektedir. Evlerde oluşan katı atıklar, sanayi alanlarının boşalttığı katı atıklar, tıbbi olarak sağlık alanından çıkan katı atıklar, riskli katı atıklar, özel atıklar, tarımda zirai olarak oluşan bahçe atıkları ve inşaat atıkları (hafriyat toprağı, yapım ve yıkım atıkları) şeklinde türlerine ayrılmaktadır (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

Katı atıkların kazanımı için birçok geri dönüşüm ve bertaraf metodu bulunmaktadır. Bunlar yeniden kullanım, geri kazanım, geri dönüşüm, yakarak imha etme, sıkıştırma(presleme), biriktirilmesi (düzenli/düzensiz) olarak belirtilmektedir.

İnşaattan çıkan atık ile yapı yıkımından elde edilen atık birbirinden farklı özellikler barındırmaktadır. Yapı atıkları temiz ve küçük parçalar halinde, yıkım sonucu ortaya çıkanlar ise karışık, kirlenmiş ve büyük yapı unsurları olarak değerlendirilmektedir. Yapıdan açığa çıkan atık ürünler zararlı olmayan tehlike içermeyen atık grubuna dâhildir. Yapı yıkımların sonra açığa çıkan katı atıklar inşaatın türüne göre miktarında ve tipolojisinde değişim görülmektedir (Başar, 2017; Yüksek ve Esin, 2013).

Atık malzemenin değerlendirilmesi, uzun süredir hem maliyet açısından hem de çevre kirliliği açısından önem verilmektedir. Tabii kaynakların kullanımının azaltılması, çevresel sıkıntıların önüne geçilmesi ve mali açıdan değerlendirilmesi amacıyla, uçucu kül ve silis dumani, atık lastik, atık cam gibi atık ürünler beton imalatına katılmıştır. Bu açıdan, yıkılan yapının molozlarının katı atık olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun dışındaki atık ürünler gibi, beton moloz atığı agrega olarak betonun imalatında kullanımı gün geçtikçe artmıştır (Henrichsen, 2000; Altınışık, 2013).

Ülkemizde nüfusun hızlı bir şekilde artması, kentlerin yoğunlaşması ve maddi konulardan kaynaklı atık oluşumu da hızlanmıştır. Atıkların idare etmedeki yöntemine bakılacak olursa belediyelerin açık alanlara bıraktığı çöp ve atık toplama alanlarından bunlar toplatılmaktadır.

Yapısal atıklar; hafriyat, üretim, bakım, onarım, revize ve restorasyon, söküm, yıkım gibi faaliyetler neticesinde yapıya dair eylemlerin meydana getirdiği yapı malzemeleri veya elemanlarına denilmektedir. Şantiye sahasında bu atıkların ortaya çıkmasının nedeni tasarımdan kaynaklı yanlışlar, toplamadaki kusurlar ve uygulamadaki kusurlar olarak görülmektedir (Balaban, 2014).

4.3. Atık Yönetimi

Geri dönüşümlerin ve israfın önlenmesi için özenli çalışmaların başladığı bu günlerde, katı atıkların kontrolü ve yönetimi, ülkemizde ve dünyada önemli bir konu haline gelmektedir. Katı atıkların miktarı da ülkelerin ve şehirlerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermektedir. Bu atıkların dönüştürülerek kullanılması ve geri kazanımı çevresel ve ekonomik olarak sürdürülebilirlik sağlamaktadır (Tokel, 2021).

Atık maddeler, çevre için tehdit barındırmaktadır. Bundan dolayı temiz bir alan oluşturmak amacıyla oluşturulan atık yönetimi; enerji tüketimindeki kontrolü, hammadde gibi tabii kaynakların tasarruflu kullanımını ve yüksek verimle üretimin sağlanmasını destekleyerek, fiziki, sosyal ve ekonomik yönüyle önemli bir işlemler birlikteliği olarak tanımlanabilir. Atık miktarını kontrol altına almak, atığı minimuma indirmek, atık maddeleri tekrar ele alarak kullanılması (parçalarını yeniden kullanarak), geri dönüşümü yapılarak (yapı malzemelerinin imalatında dahil edilen hammaddelere atıkların işlenmesi) ve atıkların yok edilmesiyle çevresel atık oluşumunun önüne geçilmiş olmaktadır (Safiuddin ve diğerleri, 2010; Yüksek ve Esin, 2013).

Afet tehlikesi bulunan bölgelerdeki kentsel dönüşüm çalışmalarıyla birlikte dönüşüm kararı verilen binaların yıkımı sonucu büyük oranlarda atık açığa çıkmaktadır. Son on yıl içerisinde ülkemiz genelinde hedeflenen afet riskli bölgelerin kentsel dönüşüm çalışmasıyla ağır hasarlı binalarla beraber orta hasarlı binalarında yıkımının yapılacağı ve bu yapıların yıkımıyla beraber yapısal atıkların miktarının artacağı varsayılmaktadır.

Ülkemizde atık yönetimi konusu gelişmiş bir metoda sahip olmadığı için açığa çıkan atıkların yönetilebilmesi ve değerlendirilmesi oldukça zordur. Atık yönetiminde belirli bir yöntemin olmaması ürün atıklarının doğal çevreye zarar vermesine ve çevresel olarak olumsuz etki yaratacağı düşünülmektedir (Limoncu ve Ustaoglu, 2013; Paker, 2017).

Tabii kaynaklardaki azalma, çevre kirliliği ortadan kaldırmak amacıyla atıkların toplanması için gerekli alanın yeterli gelmemesi vb. nedenlerle yetkili kurum ve kuruluşlar tarafından yapı atıklarının tekrar kullanımı ve kazanımı ile ilgili önlemlerin alınması desteklenmektedir. Bu doğrultuda alınan önlemler ile atıkların azaltılması için projeler tasarlanır, atıkların toplanması için gerekli alanlara teslim ücretleri ve vergileri yükseltilmektedir (Samton, 2003; Demir, 2010).

Doğal kaynaklardaki kullanımın önüne geçilmek için atıkların geri dönüştürülmesiyle tüketimin azaltılması sağlanabilir. Çevreye bırakılan atıkların büyük çoğunluğunun yapı atığı olduğu görülmektedir. Bu atıklardan moloz yığınlarının geri dönüştürülmesiyle beton imalatında kullanılarak agrega eksikliğinin giderilmesi ve doğal çevreye olan zararın önlenmesi sağlanır (Tu ve diğerleri, 2006;, Köken ve diğerleri, 2008).

Çevre korunumun da atık yönetimi kapsamında aşağıdaki maddeler bakılmaktadır;

- Yapı elemanlarının yenilenebilir enerji kaynaklarından ve geri kazanımlı malzemelerden elde edinimi,
- Atıkların açığa çıkmasının önüne geçilerek tekrar kullanılmasını,
- Atıkların, insan sağlığına olan negatif reaksiyonun ortadan kaldırılması,
- Enerjinin muhafaza edilmesi ve depolanmasını,
- Üretilirken zehirli madde içerisine katılmaması ve çevre kirliliğinin engellenmesi öngörmektedir (Sev, 2009; Çakır, 2012).

Hizmet ömürlerini tamamlayan binaların yıkılması ve deprem gibi doğal afetlerden kaynaklı meydana gelen moloz ve yapı atıklarını kentlerin dışına nakliyesi için büyük oranlarda taşınma masrafı olur. Bu aktarım işi sırasında yakıt tüketimi ile, taşıyan vasıtalarından çıkan egzoz gibi zararlı gaz salınımı neticesinde çevresel kirlilik artmış, atıklarla doldurulan araçların çevreye vereceği negatif etkilerden kaynaklı, süre ve iş kaybı olmaktadır. Bundan dolayı hammadde bulunmasında ki sıkıntılar, nakliye masraflarındaki

yükseklik ve olumsuz çevresel durumlardan kaynaklı malzemedeki geri kazanımı ve tekrar kullanılmayı mecbur hale getirmiştir. Agregaya kaynaklarının büyük şehirlerde inşaat ve asfalt çalışması bakımından merkezi alanlara uzaklığı fazla olduğu için hammadde açısından erişilebilirlikte olumsuzluk söz konusudur (Koroğlu ve Köken, 2008).

Yapılan çalışmalara göre her sene 1 milyar tonun üzerinde yapım ve yıkım atığı açığa çıkmaktadır. Bu atıkların çoğunluğu beton üretimi sırasında büyük tanecikli agrega olarak kullanıma tabi tutulmaktadır. Bu sayede agrega temini için gerekli doğal taş ürünün tüketimini tasarruflu yapan teknolojiler kullanılmaktadır. Yakıt olarak kömürü kullanan elektrik santrallerinde üretilen uçucu kül ve demir sanayisi kullanılarak yüksek fırın cürufu barındıran karıştırılmış portland çimentosu, sanayideki ekolojik üretimi iyileştiren uygulamalar olarak nitelendirilmektedir (Aytıs ve Polatkan, 2010).

Sanayide açığa çıkan ürünler veya sanayi ürünü olmayan malzemelerin, atık veya âtil ürünlerin toplanması ve bertaraf edilmesi dünyamız için gelecek öngörülü sorunlardan biri olarak görülmektedir. En temel çözüm yolu olarak âtil ya da atık ürünlerin tekrar değerlendirilmesinin sağlanmasıdır. Atıkların geri dönüşümü için şantiye sahasında önemli çalışmalar yürütülmektedir. Atık halinde değerlendirilen silis dumanı ve uçucu kül gibi maddelerin betonun içerisine eklendiğinde betonu iyileştirdiği görülmüştür (Gönen ve diğerleri, 2012).

Tarihte birçok medeniyet tarafından yapı yıkıntılarından tekrar malzemenin üretilmesinin yapıldığı görülmüştür. Roma İmparatorluğuna bakılacak olunursa parçalanmış tuğla malzemesi ile imal edilen harcın inşa edilen yapılarda (su kanalları, su kemerleri, köprüler vb.) kullanıldığı görülmüştür (Sarıbaş, Göksu ve İlki, 2016).

Atık yönetimi, atık ürünlerin açığa çıktığı kaynakta teşekkül edilmesinin önüne geçilmesi, eğer önlenemezse atıkları minimize etmek, biriktirilmesi, çeşidine göre ayırt edilmesi, toplanan bu atıkların belirli alanlara nakliye edilmesi, tekrar kullanımın sağlanması, geri dönüşümün sağlanması, bertaraf edilmesi, imha edildikten sonra kontrol edilmesi gibi görevleri kapsamaktadır (Fırat ve Akbaş, 2015).

Dünya son yüzyılda açığa çıkan atıkların büyük çoğunluğu binaların yıkımı ve inşaat sahasından elde edilmektedir. İleri düzey teknolojiye sahip ülkelerde son elli seneden beri

uygulanan yasalar ve mevzuatlar sayesinde atıkların canlı yaşamına olan olumsuz etkisinin azaltmak için tedbirler alınmaya başlanmıştır ve atık yönetimi için yöntemler geliştirilmiştir. Geri dönüşüm ile alakalı çalışmalar ise son çeyrek yüzyıldır hız kazanmıştır (İpekçi, Coşkun ve Karadayı, 2017).

Binaların yıkımı sonucu açığa çıkan bütün yapı elemanlarından dolayı çevreye yayılan inşaat atıklarının oranı gün geçtikçe arttığı için atıkları biriktirileceği bölgelere ihtiyaç duyulmaktadır. Atıkların açık alanlara rastgele bırakılması, yapısal atık yönetiminin elverişli sistemlerle devam ettirilmemesi, riskli atıkların kontrol altına alınmaması, atıkların doğru şekillerde değerlendirilememesi, ekosistemdeki bozulma ve maddi kayıplar gibi olumsuzluklar nedeniyle ülkenin ekonomisine ve ekolojik döngüsüne negatif etkide bulunmaktadır (Salgın ve Coşkun, 2018).

Bu atıklardan toplanarak depolanan betonun taşındığı alana hava, su, toprak ve görüntü kirliliğine neden olmaktadır. Atıkların daimî olarak açığa çıkması sonucu depolanacak olan alana gereksinimin artmasıyla beraber doğayla olan temasın gerçekleşmesi neticesinde arazideki kirliliğinde artışına neden olmaktadır (Tokel, 2021).

Atık hiyerarşisi, inşaat atıklarının nicelik ve nitelik yönünden iyileştirme amacıyla; geri kazanım, tekrar yaralanma ve bertaraf etme gibi rasyonel metotları kullanmaktadır. Yapısal işlemlerin hepsinde, atık yönetiminde önceden tecrübe edilmiş, kazançlı kullanımı sağlayan, bütüncül olarak ele alınan sistemlere lüzum duyulmaktadır. Atık yönetim modeli uygulanırken bütün sürecin plan dâhilin de uygulanması ve gereken koşulların edinilmesi lazımdır. Bu sayede yapısal atıkların oluşturacağı sorunlar çözülerek bu atıkların potansiyelleri açığa çıkarılmış olunur (Çakır, 2012).

Atık hiyerarşisinde genel olarak sıralama aşağıdaki gibidir;

- Atık miktarındaki küçülme
- Tekrar kullanım
- Geri kazanım
- Enerjinin yenilenebilir olarak tüketimi
- Düzenli olarak bir alanda toplamak

Atık miktarının minimuma indirilmesi için atıklar meydana gelmeden önce önlem alınması ve “sıfır atık” ilkesinin edinilmesi önemlidir (Esenlikci Yıldız, 2016).

Yapısal atıklar diğer atık gruplarından evsel atıklara göre daha geniş depolama alanlarına ihtiyaç duymaktadır. Yeterli alan sağlanmadığı takdirde denetimsiz bir şekilde yeşil alanlara, su ögelerine, boş âtıl halde olan alanlara bırakıldığında bertaraf edilmeye çalışıldığında ekosisteme zarar verdiği (yer altı ve üstü su ögelerinin kirlenmesi, atmosfere zararlı gazların salınması, erozyon vb.) görülmektedir. Burada görülen hammadde kayıplarının yanı sıra, atıkların nakliyesi ve bertaraf edilmesinde harcamaların artmasından kaynaklı, atıkların yok edilmesinde veya kullanılmasında doğru yöntemlerin kullanılması gerekmektedir (Limoncu ve Özkun, 2012).

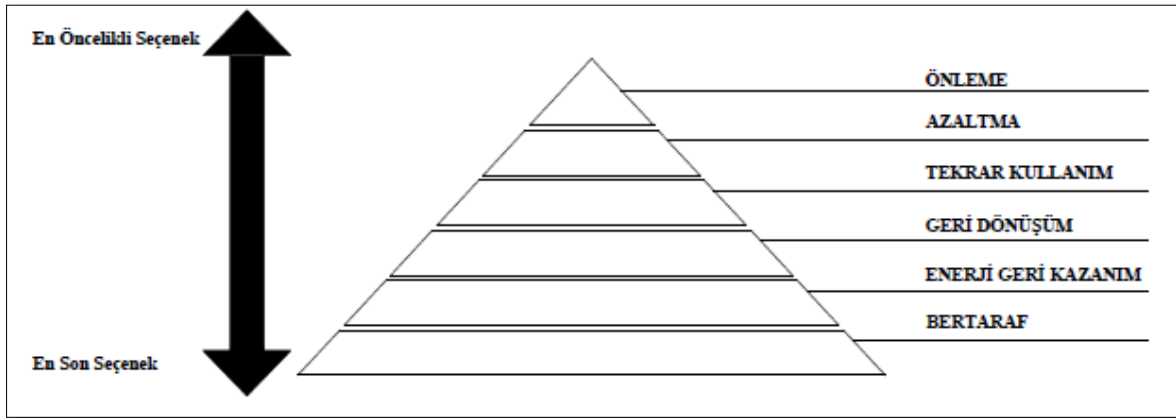
Yapısal atıklar, üretim, imha ve tamir sırasında açığa çıkan malzemelerin toplanması neticesinde oluşmaktadır. Kapladıkları alan ve miktar bakımından yapısal atıklar genel atık yığını arasında büyük bir orana sahiptir. Üretim, imha ve tamir atıkları birbirinden farklı niteliklere sahiptir. İnşaat atıkları içeriği daha saf ve küçük taneler halinde, imha atıkları ise ayrı cinsten birbirine karışmış ve içeriği çok çeşitli olduğu için iri yapı malzemeleri olarak değerlendirilmektedir (Al-Ansary ve diğerleri, 2004).

Tamir sonunda açığa çıkan atıklar ise üretim ve imha ürünlerinin hepsini kapsayan atıklar olarak değerlendirilmektedir. İlerleyen teknolojik gelişmeler ve endüstrideki atılımlar ile farklı atık türleri meydana gelerek atık miktarında yükselme görülmektedir. Atık miktarındaki artışı engellemek amacıyla, israf ederek kullanılan hammaddelerin tükenmesinin önlenmesi ve bu atıkların çevreye olan negatif etkisini azaltmak veya ortadan kaldırmak amacıyla atıkların yaşadığımız alandan uzaklaştırılması ve tekrar üretime dahil edilebilmesi için uygun atık yönetim şemasının seçilmesi lazımdır (Paker, 2017).

Dünyada çevresel problemlerin oluşmasına neden olan yapısal atıklar, fiziksel ve maddi açıdan kazanç elde edilmesi için gerekli işlemlerin yapılması atık yönetimi için önemlidir. Binaların yaşam döngüleri süresince inşa edilirken, kullanılırken, tamir ve tadilat yapılırken, söküm / yıkım işlemleri olurken yapısal atıklar meydana gelmektedir. Bir yapıda ürün imalatı ve yapıya uygulanması, binanın kullanımı, geri kazanımı ve imha edilmesi gibi aşamalarda yapısal atık açığa çıkmaktadır. Bu aşamaların plansız, denetimsiz ve mantıksız işletilmesi; açığa çıkan atıkların kontrol altında tutulmaması ve uygun

değerlendirilmemesi çevresel sürdürülebilirlik için sorun olarak görülmektedir (Paker, 2017).

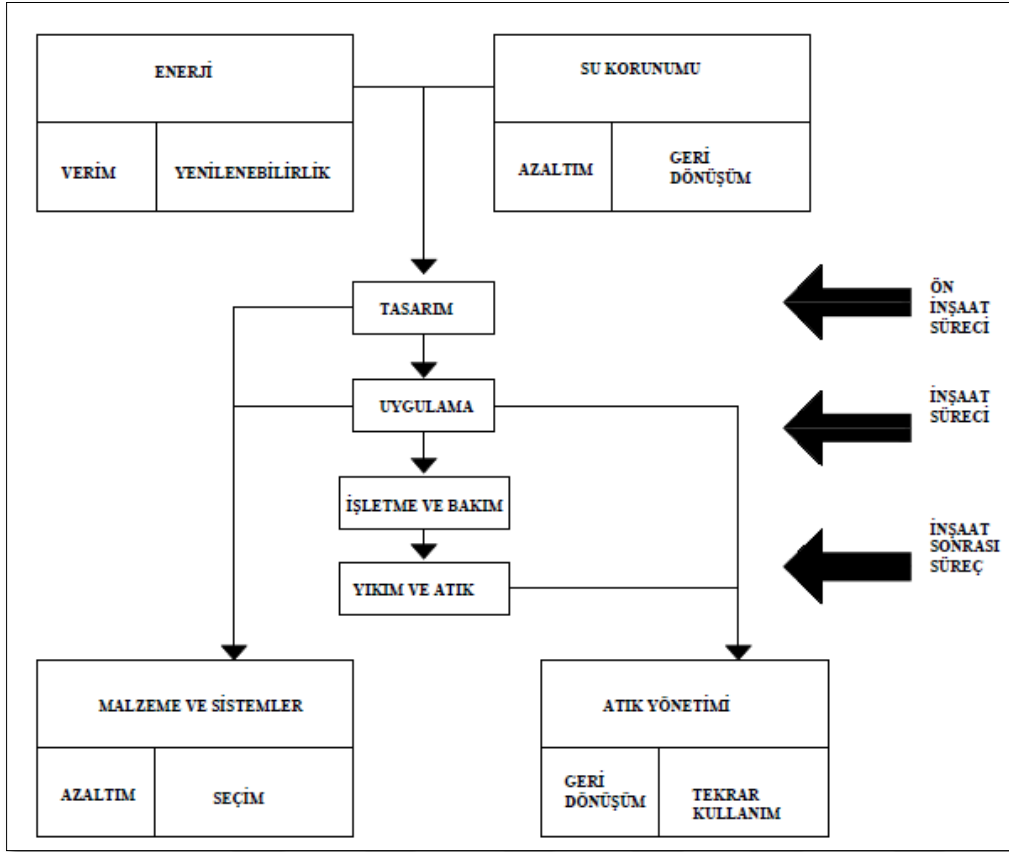
Şekil 4.3. ile ifade edilen şekilde atık yönetim hiyerarşisinin uygulama önceliği ve seçenekleri yer almaktadır. Burada önleme, azaltma, tekrar kullanım, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı ve bertaraf edilmesi gibi aşamalar atık açığa çıktığında yapılması gereken uygulamalar olarak piramidal olarak gösterilmiştir. En öncelikli seçenek olarak atığın açığa çıkmasının önüne geçilmesi gerekmektedir. Diğer yöntemlerde atığın kullanılması yönünden değerlendirilmektedir.



Şekil 4.3. Atık yönetim hiyerarşisi (Steiner ve Wiegel, 2009; Paker, 2017).

Ülkemizde geri dönüşüm istenilen düzeyde yapılmadığı için büyük bir alan kaplayan yapısal atıklar (beton, tuğla vb.) denetimsiz bir şekilde açık alanlara bırakılmaktadır. Bu kapsamda yapısal atıkları kullanmak amacıyla genel bir atık yönetim sistemi bulunmamaktadır. Atık yönetim sisteminin olmamasından kaynaklı atıkların geri dönüşüm verileri de yoktur (Yüksek ve Esin, 2013).

Aşağıda yer alan Şekil 4.4. ile belirtilen binalar için ömür boyu akış şeması ile yapının üretim aşamasında kullanılan enerjinin daha sonra kullanılan suyun hem yenilenebilir olması hem de geri dönüştürülebilir olması ileriki aşamalar olan tasarım, uygulama, tüketim ve sonuç itibarıyla yıkım ile açığa çıkan atığın yönetim şemasını içermektedir. Burada son aşamada bulunan atık yönetiminde önemli olan geri dönüştürülmesi ve tekrar kullanılmasının sağlanmasıdır.



Şekil 4.4. Binalar için ömür boyu akış şeması (Langmald, 2004; Yılmaz, 2009).

4.4. Beton Atıkları

Beton atıkları; yıpranan ve hizmet ömrünü tamamlamış binalardan, doğal afet sonucu oluşan enkazdan, yangın neticesindeki kalıntıdan, ulaşım ağlarının inşaatlarından, yanlış beton imalatından, kalite kontrol emsallerinden, prefabrik imalat atıklarından ve uygun üretilmeyen ve uygulanmayan malzemelerden elde edilir (Öztürk, 2005; Demir, 2010).

Malzemenin ana kaynağı ve enerji edinimi noktasında olması muhtemel sıkıntılar insanların sosyal ve maddi olarak yaşamına etki eden özelliğe sahiptir. Buna bağlı olarak inşaat atıklarının yönetimine dikkat edilmelidir. Beton imalatında kullanılan agreganın elde ediniminde temiz hammadde tercih etmek yerine, atık betonlardan geri dönüştürülerek ince ve iri parçacıklı agrega olarak ayrıştırılması hammadde açısından önemlidir (Salgın, İpekçi Aydın, Karadayı Tıkansak ve Coşkun, 2018).

Betonun üretimi için gerekli ana maddelerden çimento %40 kullanılırken, %20 ile iri agrega ikinci en fazla kullanılan malzemedir (Arıoğlu ve diğerleri, 1996). Yıkıntı ve yapı

atıklarından çıkan beton atıkları, sökülüp tanelere ayırt edildikten sonra iri ve ince agregalar olarak değerlendirilmektedir. Geri dönüştürülmüş agregalar, tabii kaynaklardan elde edilen agregalara göre ucuzdur (Lennon, 2005). Geri kazanılmış agreganın beton üretiminde kullanımı böylelikle daha ekonomik olmaktadır (Demir, 2010).

Beton atıklarının nakliye bedelleri, toplamak ve bir araya getirmek için kullanılan alanların ücretleri ve alınan vergiler nedeniyle depolama bölgelerine götürülmeleri, yerinde geri kazanıma göre maddi olarak sıkıntı yaratmaktadır. Yapılardan elde edilen yıkıntıların bu sahalara götürülmeyip tekrar kullanılmak üzere gerekli kişilere verilmek için geri kazanıldığı zaman, direkt olarak atık sahalarına boşaltılma maliyetine göre çok daha avantajlı olduğu görülmektedir. Atık ayırt etme ve işleme amaçlı oluşan kurumlarda atığın geri kazanım ile elde edilmesi ekonomiye fayda sağlamaktadır (Lennon, 2005; Demir, 2010).

Yapılan çalışmalarda, yapı ve yıkıntı atıklarından ayırt edilip, kırılarak belirli parça boyutları haline getirilen beton atıklarının, doğal olarak elde edilmiş agregaların kullanımının azaltılarak bu geri dönüşüm agregalarının betonun içerisinde kullanımının uygun olacağı düşünülmektedir (Kartam, 2004). Bazı araştırmalarda ise geri dönüşüm agregalarının standartlara uymaması nedeniyle ile üretimde agrega olarak taşıyıcılığı olmayan yapıda kullanılmayan beton yapımında değerlendirilebileceği ortaya konulmuştur (Topçu ve diğerleri, 2004; Demir, 2010).

Betonlardan parçalanmış tanecikler, kaldırım taşı imalatında, drenaj borularında, kanalizasyon sistemi döşemede, açık otopark sahalarında, hava alanı zemin kaplamasında, alt yapı katmanlarında, çakıl yol zeminlerinde yüzeyin üstünü kaplayan sistemlerde kullanılmaktadır. Bu alanlarda kullanımın yanında beton atıkları ince elenerek çimento imalatı için gerekli hammaddenin bir kısmını temin edebilmektedir (Gürer, Akbulut ve Kürklü, 2004; Demirel ve Şimşek, 2015).

Betonun geri dönüştürülerek dünyada birçok alanda yeniden kullanıma tabi tutulabilmektedir. Geri kazanılan betonu mevcut işlem olarak dengelenmemiş taban döşemelerinde, alt temel yapımlarında ve asfalt yol yapım çalışmalarında kullanılmaktadır (Hansen, 1986).

4.5. Atık Yönetiminde Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik; bir düzenin gereksinim hissettiği hammaddeleri sınırsız bir şekilde kullanmadan kendi kendine yetebilmesi ve daimî bir döngünün içinde olmasıdır. Atık yönetimi ise; atıkların biriktirilmesi, taşınması, düzgün olarak bir alana bırakılmasıyla farklı yok etme yöntemlerini kullanarak bütün faaliyetlerin takip edilmesi ve veri olarak kontrol altında tutulması şeklinde nitelendirilebilir. Atık yönetimi işlemleri, birçok ülkede farklılık gösterdiği gibi sanayideki atıkların ve evsel atıkların bertaraf edilmesi için uygulanan usullerde farklılıklar vardır.

Atık yönetimde sürdürülebilirlik, ana konusu tabii kaynakların devamlılığının sağlanması olarak değerlendirilmektedir. Bir atık yönetimin sürdürülebilir olarak nitelendirilmesi için; çevresel olarak elverişli, ekonomik açıdan yeterli ve sosyal bakımdan onaylanması lazımdır.

Atık yönetimde sürdürülebilirlik, çevresel performansa bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bunlar özellikle; doğal kaynak tüketimindeki azalmayı sağlamak amacıyla, su kullanımının minimuma indirilerek enerji harcanmasının önüne geçilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artırılması ve yeşil alanların çoğaltılmasını gerektirmektedir. Atık yönetimde sürdürülebilir kriterleri arasında havaya suya ve toprağa karışan zararlı gazların ve maddelerin emisyonun azaltılmasını ve atıklardaki azaltmayı hedeflenmektedir.

Sürdürülebilirlikteki ana amaç; atık oluşumunu azaltarak ve bu atığın imkânı dâhilinde ham madde olarak sürece katılması ekosistemin korunmasını sağlamaktadır. Atığın oluştuğu evrede ise, sürdürülebilir kalkınmanın çevresel, ekonomik ve sosyal amaçlarla uyumlu olacak şekilde değerlendirilmesi gerekir. Tüm bertaraf metotlarının çevre üzerinde çeşitli etkileri olduğu için, sürdürülebilirlikte yapılacak en iyi çalışma atığın açığa çıkmadan önüne geçilmesidir (Esenlikci Yıldız, 2016).

Atık yönetimindeki sürdürülebilirlik çevresel ve ekonomik bakımdan doğru bir yöntem ile tabii kaynakların kullanımını da ele almaktadır (Esenlikci Yıldız, 2016).

Sürdürülebilir yapı; kullanıldığı zaman diliminin uzunluğu ve enerjinin muhafaza edilmesiyle sürdürülebilir olarak tanımlamaktadır. Yapı malzemesindeki sürdürülebilirlik ise kendi işlevsel sürecinin ve niteliklerinin sonuna geldikten sonra farklı bir türevi olarak yeniden üretilip ya da geri dönüştürülüp karşımıza çıkmasıyla oluşturulmaktadır. Bu sayede enerjinin muhafaza edilmesinin yanında tabii kaynakların kullanımının azaltılmasını sağlamaktadır. Kullanım süresinin bitimine gelmiş ve sonuç olarak atık ürün şeklinde tekrar kullanıma dahil edilen bu malzemeler kaynak korunumu ve ekonomik yarar açısından plan ve projede yeni alternatif çözümleri de sağlamıştır. Bu bakımdan gelecekte yapı malzemelerindeki hammadde sıkıntısının önüne geçilmesi için bazı teknolojik hamleler yapılarak malzemede tekrar kullanım ve geri dönüşüm yöntemlerine olan çeşitliliği artıracaktır (Kılıç, 2017).

Toplumların yaşamını devam ettirebilmesi için fiziki çevresi ile temasta olması lazımdır. Bu iletişim şekli doğadan aşırı beslenilmesi sonucunda doğa ile olan bağın bozulmasına ve büyük problemlerin oluşmasına neden olmuştur. Sanayi devrimine bağlı olarak ilerleyen teknoloji ve nüfus artışıdaki kontrolsüz büyüme neticesinde tabii kaynakların tükenmesine ve atıkların açığa çıkmasıyla; ozon tabakasının incelmeye, çevrede oluşan kirliliğe, küresel ısınmaya, enerjide yetersizliğe, erozyon ve biyoçeşitlilikteki azalmaya sebebiyet vermektedir. Yaşam için gerekli standartları sağlamak amacıyla; çevremizdeki kaynakları doğru kullanarak daim olmasını sağlamak ve açığa çıkan atıklarında doğru değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda sürdürülebilir atık yönetimi kavramı kalkınma açısından önemlidir. Üretim aşamasında ürünü oluştururken aşırı tüketilen doğal kaynakların kullanımının azaltılması, tüketim aşamasında ise atıkların meydana gelmesinin önüne geçilerek açığa çıkan atıkların ise geri dönüşümünü sağlayarak ekonomik olarak faydacı anlayış sürdürülebilir atık yönetiminin ana konusudur (Çakır, 2012).

Küresel ısınma özellikle enerji kaynaklarındaki aşırı tüketim ve malzemedeki savurgan kullanım sonucunda meydana gelmektedir. Bundan dolayı atık malzemenin değerlendirilmesi ekolojik döngü ve iktisadi açıdan önem kazanmaktadır. Atık malzemenin âtil durumda bırakılması açık alanlara olan çevre kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Hammadde ediniminde kullanılan ağır malzemenin işlenmesi için nakliyesi aşamasında ekonomiye zarar vererek enerji kaybına neden olmakta, atıklar için toplama alanlarının masraflarının artmasına ve agrega olarak işlenecek tabii kaynaklardaki kıtlık nedenlerinden

dolayı şantiye alanlarında oluşan atığın agrega olarak değerlendirilmesi desteklenmelidir (Altınışik, 2013).

Yapı sektörü her ne kadar barınma ihtiyacını karşılarken aynı zamanda doğaya ve çevreye de zarar vermektedir. İnsan sağlığı ve doğada ki süreklilik için bu tür sorunların çözümünde sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilirliğin geliştirilmesi ve yapı üzerinde ki etkisini görmek için çalışmalar devam etmektedir (Bayraktar, 2010).

Endüstri devrimiyle birlikte gelişen dünyada yaşam standartlarını yükseltmek ve geliştirmek isteyen insanoğlu, doğal kaynakların sınırsızca kullanmaya başlamıştır. Bunun neticesinde ekosistemin dengesi bozulmuştur. Küresel ısınma, çevresel kirlilik, ozon tabakasındaki incelme, biyolojik çeşitliliğin azalması gibi birçok çevresel olumsuzluk ortaya çıkmıştır. Bu sorunların neticesinde sürdürülebilir kalkınmanın önem kazanmıştır. Ekonomik, sosyal ve çevresel olarak sürdürülebilirlik değerlendirilmeye başlanmıştır. Doğal kaynakları verimli kullanarak elde edilen her bir ürünün yarattığı atıkları ve çevre kirliliğini önlemek amacıyla sürdürülebilir atık yönetimi aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. Sürdürülebilir atık yönetimi kapsamında yapısal atıkları geri dönüştürerek, yeniden kullanarak, geri kazanarak ve elden çıkarma yöntemleriyle çevre kirliliğinin önüne geçilmiş olunacaktır. Doğal kaynaklardaki aşırı tüketimin önüne geçilerek açığa çıkan atıkların da geri dönüştürülmesiyle ekonomik ve çevresel olarak sürdürülebilir atık yönetimi hedefleri arasında yer almaktadır (Çakır ve Boduroğlu, 2012).

Yapılarda uygulanan işlemler (inşaat malzemesi üretimi, binalardaki yapım, yenileme, tamiri ve yıkım uygulamaları) neticesinde açığa çıkan beton, ahşap, metal, plastik, cam, seramik gibi yapı malzemeleri ve bunun içeriğini oluşturan etken gereçlerin yapısal atık olarak değerlendirilmektedir. Son yüzyılın önemli çevre problemlerinden biri olan atıkların bileşeninde toplam üretim içerisinde yapı sektöründe oluşan yapıya ait olan atıklar büyük bir yer işgal etmektedir. İnşaat uygulamaları neticesinde sağlam olarak ele geçen malzemeler ile yeniden değerlendirilebilecek yapı malzemeleri/bileşenleri gözden geçirilip tekrar kullanılabilirdiği gibi yeniden kullanım için elverişli olmazsa, geri dönüşüm teknikleriyle diğer ürünlerin başlangıç aşamasında hammadde olarak da kullanılabilir. Geri kazanılarak elde edilen bu malzemeler hem ekolojik hem de ekonomik açıdan fayda sağlayarak çevresel ve yapısal olarak sürdürülebilirliğe tesir etmektedir (İpekçi ve diğerleri, 2017; Tandoğan, 2018).

4.6. Atık Yönetmeliği

Kentsel dönüşümün aktif olarak yapılmasını sağlayan mevzuatlar; katı atıkların kontrol altında tutularak yeni yönetsel kanunların belirlenmesini sağlamış ve bu sayede çevre kirliliğini engellenmek amaçlanmaktadır. Temiz bir alan oluşturma gayesiyle katı atık yönetimi, atıkların geri kazanımıyla, atık miktarını belirleyen üretim ve tüketim aşamalarını da içermektedir. Yapı malzemelerinin sürekliliğinin sağlanması ve yaşam alanını iyileştirme çalışmaları için; atık üretim ve tüketiminin minimuma indirilmesi, atıkların tekrar ele alınması ve atıkların çevreyi etkilemeden bertaraf edilmesi şarttır. Atık türleri içerisinde katı atık grubuna dahil olan yapısal atıklar için ‘yapısal atık yönetmeliği’ adı altında çalışmalar yapılmaktadır (Çakır, 2012).

Yapısal atıkların meydana gelmesiyle birlikte Resmî Gazete ’de yayımlanan 25406 sayılı 18.03.2004 tarihli Hafriyat Toprağı İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği hazırlanmıştır. Hafriyat ile açığa çıkan toprak ile birlikte yapı imalatından kalan ve yıkıntı alanlarında oluşan atıkların sorun yaratmaması için ilk çıkarıldığı bölgede ana kaynağında giderilmesi, biriktirilmesi, sonradan tahliye edilecek şekilde toplanması boşaltılması, geri kazanımının yapılması, tekrar değerlendirilmesi veya yok edilmesi amaçlanmaktadır (Tokel, 2021; HTYAKY, 2004).

Birçok şehirde inşa edilen kaçak yapıların meydana getirdiği çarpık kentleşme, özellikle büyük kentlerde problem halini gelmiştir. Doğal afetlerin riskli durumu altındaki binalar ve nüfus artışına bağlı olarak hızlı bir şekilde oluşturulan yanlış yapılaşma nedeniyle 2012 senesinde yürürlüğe giren 6306 sayılı ‘‘Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi’’ ilişkin yasanın onaylanması ile kentsel dönüşüm süreci hızlanmıştır (Yılmaz, 2019). Burada yapılan işlemlerde yasal dayanak olarak mevzuat esas alınmalıdır. 4708 sayılı yapı denetim kanunu yapıların üretimini denetlemek için ortaya konulmuş bir kanundur. Ama yapının yıkımı olurken denetim yapılmamaktadır. Yapı denetim kanununa ilişkin ilave edilecek bazı mevzuat bilgileri ile yapı denetim işletmeleri yıkılan yapıları kontrol etmeleri şart haline getirilir. Buna ek olarak her şehirde geri dönüşümü sağlayacak bürolar, yetkili kurum ve kuruluşlar oluşturulmalıdır. Bu kontrollerin amacı, yapının hem üretim aşamasında hem de yıkım aşamasında çıkan atıklardan maksimum düzeyde fayda sağlayarak verimli bir geri kazanımın sağlanmasıdır (Yüksek ve Esin, 2013).

ISO 14001 (Environmental Management Systems – Requirements With Guidance For Use, Çevre Yönetim Sistemleri, Şartlar ve Kullanım Kılavuzu) standardı oluştururken ana hedef; sosyo-ekonomik gereksinimlere cevap veren, çevreyi zararlı etkilere karşı muhafaza etmek ve kirliliğin önüne geçilmesidir. Bu standart ile çevresel yönetim tekniklerini düzenli bir şekilde uygulanmasını sağlayarak bütün kullanıcılar tarafından en iyi sonuca varılmasına yardımcı bulunmaktadır (Bayraktar, 2010).

Atıkların gelişigüzel bir şekilde boşluk her alana bırakılarak biriktirilmesinin önüne geçilmesi için; bu malzemelerin geri kazanımının sağlanması amacıyla 406 Sayılı Resmî Gazetede 18 Mart 2004 tarihli ve “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği” yayımlanmıştır (Fırat ve Akbaş, 2015).

Geçmiş zaman diliminde sınırlı malzemelerin tekrar kullanımı söz konusuysen günümüzdeki teknolojik gelişmelerle yapılarda açığa çıkan atıkların geri kazanımı etkili, hızlı ve çok çeşitli olarak yapılabilmektedir. Malzemede ve yapıda ki bu dönüşümün asıl nedeni ilk başlarda savaş sonucu tahribatın giderilmesi olsa da günümüzde aşırı nüfus artışına dayanarak kentlerin gelişmesi sonucu ihtiyaçların artması ve önceden inşa edilen yapıların yetersiz gelmesi gibi nedenler etkili olmaktadır. Doğal afetler sonucu yıkımların meydana gelmesinde diğer en önemli etkenlerden biridir. Ülkemizde son dönemde oluşan depremleri incelediğimiz zaman inşa edildikleri dönemde yönetmeliklere ve mevzuata bağlı kalmadan binaların oluşturulduğu tespit edilmiştir. Bundan dolayı yönetmeliğe uyulmadan inşa edilen yapıların yıkılarak yenilenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yürürlüğe giren 6306 sayılı “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi” kanun onaylanmıştır. Bu kanun doğrultusunda, afet riski barındıran binaların belirlenerek yıkılması ve yeni yapıların ise doğal afetler göz önünde tutularak sağlam yapıların inşa edilmesi şarttır. Riskli görülen bu alanların yapı inşalarının tekrar yapılarak dönüştürülmesi olayı Kentsel Dönüşüm olarak ifade edilmektedir. Ülkede başlatılan kentsel dönüşüm hareketiyle açığa çıkan atıkların fazla olmasından kaynaklı tekrar üretimde değerlendirilmesi ile tabii kaynak temininde büyük bir tasarruf sağlanacaktır (Sarıbaş ve diğerleri, 2016).

Birçok ileri düzey ülkelerde geri dönüşüm çalışmaları artmış, kanunlar ve mevzuatlar ile geri dönüşüm denetim altında tutarak inceleme ve düzenlemeler yapılmıştır. Batı ülkelerinde geri dönüşümü uygulayan, düzgün çalışan ve kaliteli ürün elde edilmesini

destekleyen kurum ve kuruluşlar oluşturulmuştur. Ülkemizde bu durum için yerelde ve ulusalda etkin bir şekilde uygulanması için geri dönüşüm stratejileri belirlenmelidir. Bu politikaların aktif olarak uygulanması için mevcutta bulunan yönetmeliklerin ekonomik olarak piyasada değerinin olması ve uygulayacaklar tarafından önemine dikkat edilmelidir. Bu kapsamda geri dönüşüm ile ilgili uğraşlar arttırılmalı, bu duruma yönelik gerekli önemiyet gösterilmelidir (Fırat ve Akbaş, 2015).



5. GERİ DÖNÜŞÜM

2 Nisan 2015 tarihli 29314 sayılı resmî gazetede yayınlanan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Atık Yönetimi yönetmeliği ile birlikte *geri dönüşüm ve geri kazanım* kavramları açıklanmıştır. Bu yönetmelikte belirtilen tanımlarda; “Geri Dönüşüm: Enerji de ve yakıt kullanımıyla beraber atıkların tekrar işlenerek kazanımıyla beraber, organik maddelerin tekrar ele alınarak değerlendirilmesi atıkların işlenerek ürünlere, maddelere ya da malzemelere dönüştürüldüğü herhangi bir geri edinilen işlemi; Geri kazanım: Yapılı inşa alanları ya da bir kurumda kullanılan materyallerin yerine konulabilmesi için atıkların yararlı bir kullanımı için hazır hale getirilmesi olarak tanımlanmıştır” (Acar ve Köseoğlu, 2014). Geri dönüşüm de kullanılan ürünler ilk olarak gösterdikleri niteliklerini bütünüyle ortadan kaldırarak ürün yenileştirme, malzeme tamiri, materyalleri yeniden kullanma ve elemanları yeniden üretimi gibi faaliyetler ile değerlendirilmiş ürünlerin niteliklerini ve işlevlerinin tekrardan farklı bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır (Fırat ve Akbaş, 2015).

Tekrar kullanım “atıkları tasfiye dışında hiçbir muamelede bulunulmadan” aynı biçimde yeniden değerlendirilmesidir. Geri dönüşüm “atıkları belli aşamalardan geçirilerek hammadde olarak imalata dahil edilmesidir. Geri kazanım yöntemi ise “yeniden kullanım ve geri dönüşüm metotlarını içeren atıklardan içindeki parçaları fiziki ve kimyevi işlemlerle farklı türlü maddeye veya enerjiye döndürülmesi” ile birden çok defa kullanılmasıdır. Atığın elde ediminden, toplanması, değerlendirilmesi, tekrar kullanımı gibi geri kazanım süreçlerinden geçmektedir (Palabıyık, 2001).

Geri dönüşüm de kullanılan ürünler ilk olarak gösterdikleri niteliklerini bütünüyle ortadan kaldırarak ürün yenileştirme, malzeme tamiri, materyalleri yeniden kullanma ve elemanları yeniden üretimi gibi faaliyetler ile değerlendirilmiş ürünlerin niteliklerini ve işlevlerinin tekrardan farklı bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır (Fırat ve Akbaş, 2015).

Katı atıkların yok edilmesi metotlarından geri dönüşüm yöntemi ve yeniden kullanarak değerlendirmesi ekonomiye ve enerji kaynak korunumu açısından fayda sağladığı için doğa dostu yöntemlerdendir. Bu yöntemlerin kullanılmasında asıl amaç kaynakların aşırı tüketiminin önüne geçilmesi ve atıkları ayırt ederek çevresel kirlilikte açık alanda yer alan

çöpleri bertaraf etmek, enerjiyi doğru kullanarak ekonomik açıdan verimli kullanımı sağlanır (Koç, 2015). Yeniden kullanılan elemanlarda enerji tüketimi daha az olduğu için geri dönüşüme göre daha karlı ve maliyetin düşük olduğu bir işlem olarak görülmüştür. Bir de tekrar kullanılan atıkların kullanımı daha uzun olduğu için kaynak korunumu ve çevre iyileştirilmesi olumludur (Tandoğan, 2018).

Geri kazanım metotlarından çevresel ve ekonomik bakımdan en faydalı olanı, malzemenin parçalarının herhangi bir muameleden geçmeden veya küçük işlemlere tabi tutulmasıyla tekrar değerlendirilmesidir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığına bağlı “Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Başkanlığı” aracılığıyla; ülkemizde açığa çıkan senelik atık miktarının 45 milyon ton olduğu bu atığın ise Kentsel Dönüşüme tabi tutulursa senelik 10 milyon tonunun ilk üç sene içerisinde değerlendirileceği, geri kazanımının yapılacağı miktarın ise senelik yaklaşık 6 milyon ton olarak görülmüştür (URL 8).

İkinci el kullanımın aktif hale getirilmesi hammadde açısından ehemmiyetlidir. Bu kapsamda ülkemizde atık olarak değerlendirilen malzemelerin tekrar kazanımının desteklenerek maddi açıdan daha az fiyatlarla kullanıma açılması, stabilizesi ve görünümündeki kalitenin sağlanarak toplumun farkındalığının artırılması gerekmektedir. Böylelikle bu yapı atıkları malzemelerinin temin edilmesiyle hammadde açığı giderilip maddi açıdan faydanın sağlanacağı ve sürdürülebilirlik bakımından yarar sağlayacaktır (İpekçi ve diğerleri, 2017; Çağrııcı, 2016).

Bir kaynağı meydana getirmek için ihtiyaç duyulan enerji çoksa, çevresel sistemlerde temelde çıkarma metotlarına elverişli değilse veya kalitesi düşük olan kaynakların verimli bir şekilde kullanılması isteniliyorsa bu kaynakların üretimini sağlamak çok daha yüksek maliyetli olmaktadır. Teknolojideki ilerlemelerle beraber kaynak çıkarma da ekonomik olarak uygun olanı sağlayıp geri dönüştürülmüş malzemenin talep edilmesini arttırarak kaynak kullanımındaki kıtlığında önüne geçilmiş olmaktadır (Fırat ve Akbaş, 2015).

Geri Dönüşüm kavramı dünyada insan popülasyonundaki artışına bağlı olarak tüketimin fazlaşmasıyla tüm sanayi üretim alanlarında önemi kavranmıştır. Geri dönüşüm, malzemede farklı tekniklerin kullanılmasıyla ana kaynak maddenin üretim aşamasında yeniden dahil edilmesi olarak nitelendirilebilir. Geri dönüşüm enerji israfını engeller, tabii

kaynaklar aşırı tüketimi önlenir, atık minimuma indirilir ve ekonomiye de fayda sağlanır (Çimen, 2018).

Ülkemizde atık yönetimi kapsamında, çevresel yönetmelikler ve yasal yolların oluşturulması özellikle Avrupa Birliği'ne üyelik sürecinde düzenlemeler yapılmıştır (URL 7). Bu düzenlemeler oluşturulmasına rağmen çok yeni ve çalışmalar yeterli boyutta değildir. Türkiye'de aktif olarak sıklıkla yapılan yürürlükte olan sahada ayıklanarak geri kazanım yapılmaktadır. Yapısal atıkların nakliyesi ve belli alanlarda biriktirilmesi için ayrılan maddi hesap, geri kazanım için gerekli maliyet hesabına göre daha pahalıdır. Ülkemizde kentsel dönüşüm ile beraber hafriyat miktarında artış meydana gelmiştir. Bundan dolayı bu atığın giderilmesi için geri dönüşüm çalışmalarına hız verilmiştir (URL 8; İpekçi ve diğerleri, 2017).

Malzemelerin ilk üretim aşamasında gerekli olan enerji miktarı geri dönüşüm ile elde ediniminden daha fazladır. Geri dönüşüm işlemleri sayesinde kullanılan toplam enerji miktarının da muhafaza edilmesi sağlanmaktadır (İpekçi ve diğerleri, 2017).

Doğal kaynakların sınırsız olmadığı, kullanırken mutlaka kontrollü, tasarruflu bir şekilde kullanılmaz ise bu kaynakların tükenebileceği öngörülmektedir. Kaynaklardaki bu aşırı tüketimi sonlandırmak için; yeniden kullanma ve geri kazanım yöntemleri kullanılarak çevrenin muhafaza edilmesi ve enerjinin de israfı önlenmiş olur (Tandoğan, 2018).

Yapı sektörü hammaddeyi en fazla sarf eden bir sektör olması nedeniyle üretim aşamasındaki dâhil olan her elamanın kullanımını azaltmak, enerji tüketimini minimuma indirmek ve hammadde işlenmesini engellemeye çalışılmalıdır. Atıkların yok edilmesinde döküm alanlarının sorunları ve depolama maliyetlerindeki artıştan kaynaklı, çevresel verilerin ve agrega kaynaklarının muhafaza edilmesi, yapısal atıkların oluşumunda geri kazanım yöntemlerinden başlangıçtan itibaren yapılması gereken işlemler olarak belirtilmiştir (Paker, 2017).

Aşağıda Şekil 5.1. de yer alan şekle göre beton ve duvar elemanlarının yapım inşaat aşaması, yenileme, uygulama gibi işlemler dolayısıyla açığa çıkan kalıntıların yeniden kullanımı, ayırt edilmesi, geri dönüşümü, geri kazanımı veya çöp sahalarına taşınması aşamalarının sıralaması bulunmaktadır. Bu süreç malzemenin yaşam döngüsü süreci olarak

açığını kapatmada kaynak olarak değerlendirilmesi kaynakların muhafaza edilmesini sağlamaktadır (Esin, 2006).

Geri kazanım ile elde edilen atıkların imalata tekrar dahil olmasıyla ürünün içerisindeki orana bağlı olarak ekonomik işlemler üstündeki baskısını ve atıkların dünya üzerindeki olumsuz etkisini de azaltacaktır. Bu sayede atıkların yok edilmesine ve atık boşaltım sahalarına olan gereksinim azalarak, imha maliyetlerinde kısıtlamaya gidilmesi ile üretim için müdahil olan elemanların varyasyonları ile önemli bir ekonomik verim sağlanacaktır. Bu ekonomik kazanım etkisinin yanında toplum sağlığı ve ekolojik alan üzerinde olumlu dönütler elde edilecektir (Yüksek ve Esin, 2013).

5.1. Betonda Geri Dönüşüm

Beton atıkları yapılardan açığa çıkan atıkların % 40'ını oluşturmaktadır. Geri kazanım ile değerlendirilecek beton atıkları; yıpranan eski yapılardan, doğal afet enkazlarından, yangın ile meydana gelen kalıntılardan, kalite denetim numunelerinden, ulaşım daire çalışmalarından, bozuk beton imalatından, prefabrik imalat atıklarından ve üretime dahil edilmemiş elverişli olmayan ürünlerden temin edilmektedir. Yapı yıkımı sonucu açığa çıkan molozların içerisinde beton ayırt edilip parçalandıktan sonra, elde edilen malzeme ile üretilen betonun ana maddelerinden agrega ve yol katmanında üstyapı malzemesi olarak kullanılmaktadır (Çağrııcı, 2016; Oikonomou, 2005).

Agreganın temini için gerekli kaynak edinimi için geri kazanılmış malzemelerden; duvar malzemelerinden tuğla, duvar kaplamalarından seramik atıkları, beton kalıntılarında (yıkılan eski yapılar, doğal afet enkazları, yangından kalan harabe), bozuk beton imalatı, beton üretim tesislerinden alınan kalite denetim örnekleri, prefabrikasyonda imalat atıkları ve üretimde hatalı görülen ürünler kullanılmaktadır (E. Arıoğlu ve diğerleri, 1996). İmal ederken gereken suyun ana kaynağındaki tüketiminin önüne geçilmesi için su kazanım yöntemlerini de günümüzde aktif bir çalışma yürütülmektedir. Bundan dolayı kentlerde yer arıtma tesislerinin su şebekeleri için beton sanayisinde kullanımına kazandırılması gerekmektedir. Geri dönüşüm ile elde edilen ve tekrar kullanılarak üretime tabi tutulan beton malzemenin, kentin tasarlanmasında kullanılacağı birçok bölge bulunmaktadır. Burada aktif kullanım sahaları örnek olarak betonun tekrar imalatı, yol yapım çalışmalarında zemin kaplaması olarak, toprak dolguda ve yumuşak dokulu zemin katmanı oluşturulmasında, yeşil park alanları gibi birçok sahada kullanımı görülmektedir. Beton

malzemenin birçok konu da elverişli olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Özellikle renk ve şekil vermedeki esnek yapısı, çevre şartlarına karşı direnci, sağlamlığı ve görsel açıdan da zengin bir içerik oluşturma yetisine sahiptir. Bu konu dâhilinde betonun geleceği açısından potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir (Aytıs ve Polatkan, 2010).

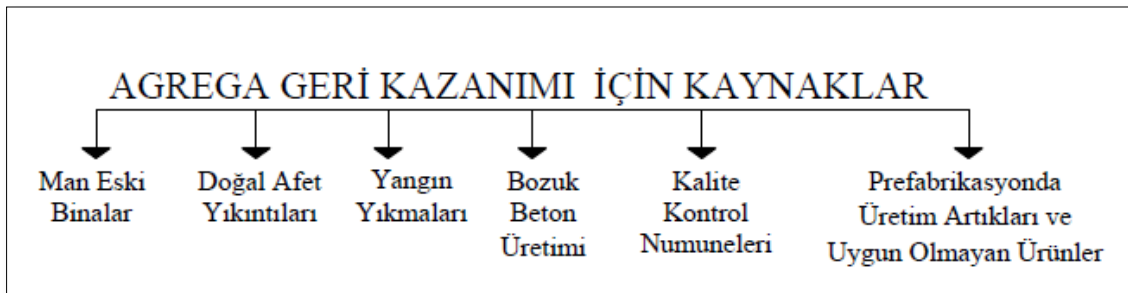
Ülkemizde, İstanbul ve benzeri büyük kentlerde agreganın tedarik edilmesi, kaynakların süratle bitmesi ve kentleşmedeki çarpık gelişmenin de etkisiyle gelecek yıllarda çevre sorunlarıyla karşı karşıya kalınacaktır. Yapı sektöründeki büyüklük ve kalite kontrolünün yeterli olmaması göz önünde tutulunca, bu binaların ilerleyen zamanlarda yaşayacağı yenileme ve yıkım çalışmalarında ortaya çıkacak betonların kullanılması amacıyla geri kazanım sisteminin yaygın hale getirilmesi gerekmektedir. Bu noktada uygulamaları destekleyici stratejiler ortaya konulmalıdır. Geri kazanıma yönelik işleyiş ile alakalı çalışmalar özetlenerek ülkemiz için atık yönetiminin altyapısı oluşturulmalıdır. Betonların üretimi sırasında içerisinde yer alan geri dönüştürülmüş agrega kullanımının artırılması ile yeni betonun işlenebilirliğinde azalma meydana gelmektedir. İşlenebilirliği yükseltmek amacıyla betonun içerisinde bulunan geri dönüşüm agregalarının miktar olarak kullanımına bakılarak kimyasal akışkanlaştırıcı katkıları dâhil edilmelidir (E. Arıoğlu ve diğerleri, 1996).

Geri dönüşüm agregasının beton içerisindeki miktarının artması sonucu 7 günlük ve 28 günlük beton basınç direncinin azaldığı görülmektedir. Bu geri dönüşüm agregası miktarı arttıkça betonun yarmada çekme direncinin azaldığı belirlenmiştir. (Köken ve diğerleri, 2008).

Beton atıklarının geri dönüştürülerek agrega olarak betonun içinde kullanılması doğadaki kirliliğin önüne geçilmiş olacaktır. Beton atıklarının nakliyesi sırasında kullanılan araçların temini için gerekli maliyetin ortadan kaldırılması ile taşıma masrafları da engellenmiş olacaktır. Bu taşıma işlemi sırasında araçların sarf ettiği yakıt ile açığa çıkan zararlı gaz salınımı da bitirilerek ağır vasıta araçların yolları işgal etmesi ile yollar aşınmayacaktır. Bu geri dönüşüm agregalarının kullanımının sayesinde tabii kaynaklarındaki kullanımın azaltılmasıyla hammadde ve ekonomiye katkıda bulunulacaktır (Köroğlu ve Köken, 2008).

Birçok ülkede yapılan analizlerde görülmüştür ki geri kazanım yöntemi ile elde edilen malzemeler konut yapılarından, konut dışı yapılardan, yol yapım çalışmalarından ve %2'si sanayiden temin edilmektedir (E. Arıoğlu ve diğerleri, 1996).

Şekil 5.2. ile agreganın geri kazanımında kullanılabilir kaynak listesi yer almaktadır. Burada eski yapılar, Doğal afet yıkıntıları, yangın bozulmaları, bozuk beton üretim malzemeleri, kalite kontrol numuneleri ve prefabrikasyonda üretim artıkları ve uygun olmayan ürünler gibi alternatif elde edimler bulunmaktadır.



Şekil 5.2. Geri Kazanılmış Agregaya Elde Edilebilecek Kaynaklar (E. Arıoğlu ve diğerleri, 1996).

Şekil 5.3. ile gösterimi yapılan Danimarka da bulunan yapının geri kazanım atık türleri içerisinde gösterilen en fazla atık miktarı betona ait olduğu görülmektedir. Yapı yıkımı ile elde edilecek atıklardan en fazla olan betonun geri dönüştürülmesi bu yönden önemlidir. Geri dönüştürülmeden çevreye bırakılan beton molozu ekolojik denge üzerinde olumsuz etki yapacaktır.

	Geri Kazanılabilir Atık Türü	Miktar (ton)	Toplam Atık İçinde Yüzdesi
a.1	Yeniden Kullanılabilir Malzeme		
	Ahşap ve Paneller	14	%10
	İşlenmemiş Taşlar	10	%7
a.2	Beton ve Kâğır		
	Briketler ve Karolar	43	%30
	Beton	56	%40
	Çeşitli hafif Beton	4	%3
		127	%90

Şekil 5.3. Örnek Bir Ev için Yeniden Kullanılabilir ve Geri Kazanılabilir Malzemeler (Guidelines and experience from the demolition of houses 45) Tipik bir Danimarka aile evinin farklı yapı malzemeleri ve atık sınıflarını gösteren kesiti (Lauritzen, Jannerup, 1994, s:45).

Günümüzde elde edilen betonun içerisinde üç tip olarak; doğal, kırma ve geri kazanılmış agrega kullanılmaktadır (Neville, 2000). Betonun içeriğinin büyük çoğunluğu agrega olması itibariyle yeni araştırmalar üzerinde durulmaktadır. Geri dönüştürülmüş agreganın beton üretiminde kullanılması için birçok çalışma yapılmış GDA'nın fiziksel, mekanik ve dayanıklılık konuları araştırılmıştır (Mehta, 2002; Sefidekhan ve Şimşek, 2018).

Betonarme yapıların yıkımı ile ortaya çıkan artık betonlarının geri dönüştürülmesi yeniden kullanımla beraber yaşam döngüsüne de bakılması gerekmektedir. Geri dönüştürülmüş betonu yeniden kullanmak amacıyla yeni beton üretiminde agrega olarak iç harcına katılabilmektedir. Geri dönüştürülmüş betonu tekrar kullanarak yüksek kaliteli beton üretimi sağlanmıştır. Sonuç ürün olarak betonun dayanıklılığını artırmak için araştırmalar neticesinde moloz yığınlarının içindeki atık betonun geri dönüşümü ile yeniden kullanımı öngörülerek alternatif çözüm yolları bulunmaya çalışılmıştır (RILEM, 2014).

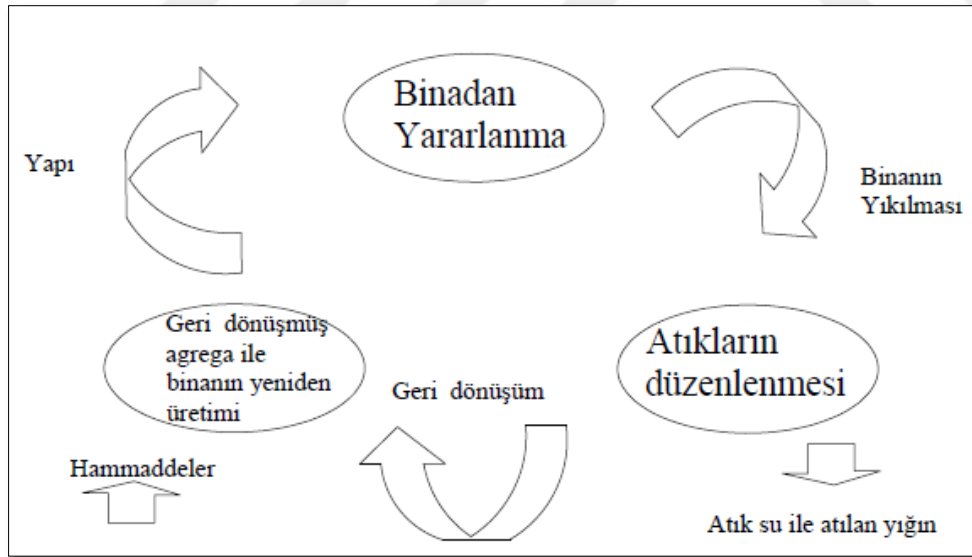
Beton karışımının içeriğinde yer alan malzemelerin genel çoğunluğunda agreganın(kırmataş) yer aldığı görülmektedir. Kaliteli agregalar betona işlenmesi önemli görüldüğü için rezervlerin kullanılmasıyla kaynakların miktarında azalma meydana gelmiştir. Bundan dolayı geri kazanılmış malzemenin gerekliliği anlaşılmıştır (Tam, 2006). İnşaat atıklarından en fazla paya sahip olan beton malzemesi bazı işlemlerden geçirilerek veya hiçbir işleme maruz bırakılmadan tekrar kullanılabilir. Betonların üretiminde geri kazanılmış malzemelerin kullanılmasıyla alakalı belirli standartlar sağlanarak; beton imalatında, yol yapım çalışmalarında, otopark zemin döşemesinde, kaldırım taşı imalatında, yürüyüş parkurunda üst katman olarak, drenaj sistemi oluşturmada, kanalizasyon yapımında, elektrik kablo hattı döşemede, dolgu katmanı olarak, altyapı ve üstyapı üretimlerinde, spor sahası ve sosyal tesislerin yapımında ve rekreasyon alanlarının oluşturulmasında kullanılabilir (İpekçi ve diğerleri, 2015).

Malzemeyi geri dönüştürerek ilk üretim aşamasında harcanan toplam enerjinin tekrar muhafaza edilmesi sağlanmaktadır. Geri dönüşüm işlemi için kullanılan enerji, ürünün ilk imalatı aşamasında kullanılan enerjiye göre daha az harcanmaktadır (Sev, 2009).

Büyük kent alanlarında tabii kaynaklara erişilebilirliğin az olması ve bunlarında kent merkezlerine olan uzaklığı nedeniyle, taşınan malzemelerin ağırlığının da göz önünde

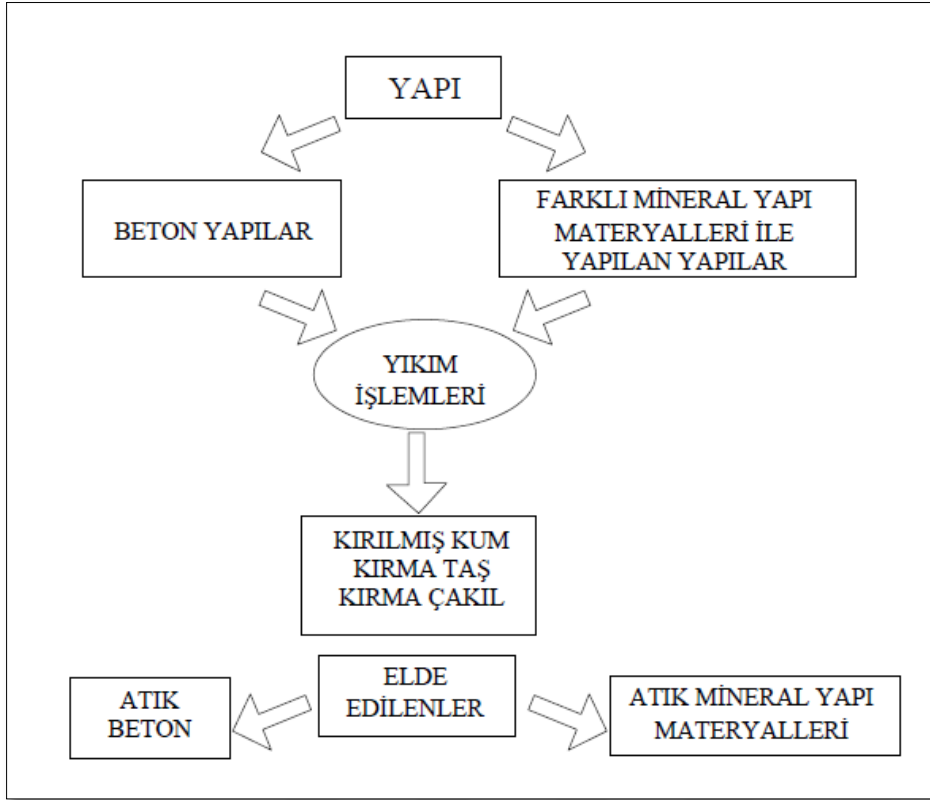
tutulursa nakliye maliyetlerinde ve ağır vasıta araçların kent merkezine gelmesiyle karbon salınımında büyük bir artış görülebilir (Tu, Chen, Hwang, 2006). Yıkılan yapılarda kaba inşaatın oranının yüksek olması değerlendirilmeden çevreye atılan beton atığının bırakıldıkları bölgelerde alan kaybına sebebiyet verdiği ve çevresel kirlilik açığa çıkmaktadır (Savaş, 2002). Betonun içerisinde yer alan agreganın fazla olmasından kaynaklı farklı bir yol izlenerek agrega kaynağı temini edilmelidir. Aksi takdirde dünyada bulunan agregaların rezervlerinde tükenme meydana gelecektir (Tu ve diğerleri, 2006). Bundan dolayı tabii kaynaklardaki azalma, taşıma ücretlerindeki artış ve çevresel olarak olumsuz etkiler nedeniyle geri kazanılmış agrega kullanımını önemli hale getirmiştir (Köken ve diğerleri, 2008).

Şekil 5.4. ile yapı materyallerinin geri dönüşümü döngüsünde hammadde ediniminden sonra yapı üretimi yapıp binadan yararlanma kullanma evresi ile devam eden süreç binanın yıkılması ile atık olarak açığa çıkmaktadır. Atıkların ise düzenlenmesi geri dönüşüm sayesinde hammadde aşamasında tekrar dönüştürülerek yeniden agrega elde ediniminde kullanılabilir.



Şekil 5.4. Yapı materyallerinin geri dönüşümü (Savaş, 2002).

Betonarme binalarda kullanılan beton ve hazır beton blokları olarak prekast beton birimleri beton imalatında geri dönüştürülerek agrega üretimi için hammadde açısından değerlendirilebilir. Betonun asıl üretiminde bazı zamanlar yıkılmış yapılardan elde edilen betonda kullanılmaktadır (Hansen, 1986).



Şekil 5.5. Geri dönüştürülmüş agreganın sınıflanması (Savaş, 2002).

Şekil 5.5. ile Geri dönüştürülmüş agreganın sınıflanması görülmektedir. Burada yapının yıkımı ile meydana gelen kırma taş çakıl kum gibi malzemelerin atık beton elde edinimi ve atık mineral yapı materyalleri ortaya çıkardığı görülmektedir.

Geri kazanım yöntemleri yapı malzemelerindeki bertaraf etme sorunlarını önlemede etkili olmaktadır böylelikle agrega kaynaklarının tükenmesinin önüne geçilmiş olunur. Geri kazanılmış malzemeler doğal agregaların yerine tamam ile kullanılmazlar. Bu durumda olması gereken tabii kaynak talebini karşılamak amacıyla homojen malzemeyi elde edecek özelliklere sahip geri kazanılmış agregayı üretmek amacıyla işlemler yapılabilmesi için teknolojik çalışmalar yürütülmektedir. Bu atık malzemeleri kullanarak oluşturulan betonun kalitesi işleme teknolojisindeki gelişmeler ile yükseltilerek betonun kullanımı uygun hale getirilmektedir (Assbrock, 1999; Savaş, 2002).

Betonarme sistemler, hizmet ömrü boyunca tabii kaynakların kullanımı ve enerji tüketimi ile katı atık ve zararlı emisyon salınımı sebebiyle ekosistemdeki canlıların sağlığında olumsuz etki yaratmaktadır. Betonun içeriğinde ise ince ve iri agrega, çimento ve su bulunmaktadır (URL 1).

Agrega kaynaklarındaki kaliteli malzemenin azalması, çevremizdeki doğal alanların bozulması, ekosistemdeki kirliliğin artması ve kaynak üretimindeki maliyet artışları nedeniyle yeni çalışmalar gündeme gelmiştir. Bu kapsamda beton atıklarının kırılarak agregaya olarak kullanılması çevresel dengenin muhafaza edilmesi için önemlidir. Bu sayede çevresel kirlilik önlenerek ekonomik değer kazanımı sağlanmış olmaktadır (Demirel ve Şimşek, 2014; Durmuş, Can ve Şimşek, 2009).

Geri dönüşüm agregasının kalitesi kırılarak elde edilen atık betonun kalitesiyle eşdeğerdir (Demirel ve Şimşek, 2014).

Agreganın doğadan temin edilmesi sırasında yaşanan en büyük problem topoğrafyadaki bozulmadır. Doğal taşların çeşitli yollar ile elde edilmesi sonucu ufak taneciklere ayrılan taşların kullanılmasıyla ortaya çıkan agregaya hava ve su kirliliği gibi sorunlara neden olmaktadır. Küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının etkisiyle iklim değişikliği görülmektedir. Sera gazının oluşmasındaki asıl temel faktör fosil enerji kullanımı ile açığa çıkan zararlı gaz salınımları etkili olmaktadır. Sera gazı emisyonu özellikle beton malzeme imalatı esnasında ihtiyaç duyulan enerjinin fosil yakıtlardan temin edilmesiyle açığa çıkmaktadır (Boduroğlu ve diğerleri, 2014).

Beton malzemesi oluşturulurken; ana maddesinin elde edilmesi, bileşimde yer alması, nakliyesi ve inşaat sahasında kullanılması esnasında büyük oranlarda enerji sarf edilmektedir. Betonun içerisinde bulunan çimento kil ve kalkerin uygun üretim sıcaklığının sağlanması için gerekli enerji miktarı fazladır. Enerjiye duyulan ihtiyacın artmasıyla fosil yakıt tüketimi hızlanmıştır (Boduroğlu ve diğerleri, 2014).

Yapı sektörü hammaddenin en çok sarf edildiği bir sektördür. İnşaat sektörü, üretim aşamasına dahil olan elemanların miktarlarını azaltma amacıyla kaynakların doğru bir şekilde kullanılması, enerji sarfiyatı ve emisyonların miktarının azalması için çalışmalar yapılmaktadır (URL 1). Bu kapsamda beton molozlarından geri dönüşüm ile elde edilen agregaların kullanılması artmıştır (Öztürk, Çelikkol ve Erkan, 2007).

Yapı sektörünün en fazla harcandığı ve en çok atığın çıktığı malzeme betondur. Betonu oluşturan malzemeler ise doğal kaynaklardan elde edilmektedir. Kentsel dönüşüm

çalışmaları ve yapılaşmadaki yenilikler neticesinde geri dönüştürülmüş agreganın betonda kullanımını sürdürülebilir açısından önem kazanmıştır (Demirel ve diğerleri, 2015).

Yapı sektörü; kullandığı hammaddenin yarısını doğal ortamdan edinir, bütün enerjinin %40'ını harcar ve atıkların oluşumunda ise büyük bir kısmını oluşturacak şekilde meydana gelmektedir (Oikonomou, 2005). Betonun imalatında tabii kaynakların aşırı kullanımından sonra yıkıcı etkisi nedeniyle ekosisteme zarar vermektedir (Tu, Chen, Hwang, 2006). Bu kapsamda geri dönüşüm agregası betonun içeriğinde işleme tabii tutulmadan %20 payında kullanılması, taze ve sertleşmiş betonda olumlu bir geri bildirim gözlenmiştir (Acker, 1998), (Limbachiya, Leelawat, Dhir, 2000). Yapılan çalışmalarla beraber bu geri dönüşüm beton agregası oranının %30'a kadar kullanımının uygun olduğu tespit edilmiştir. Yeni oluşturulan betonda uygun işlenebilirliği sağlamak amacıyla kimyasal katkı maddelerinden akışkanlaştırıcıların eklenmesi lazımdır (Zankler, 1999). GDBA'nın kalitesi, beton atığının kalitesi ile eşdeğerdir. Bununla beraber çimentonun aderansının iyi olduğu, az özgül ağırlıkta ve Los Angeles aşınma değerinin daha fazla ve GDBA'nın %10 oranında suya gereksinimin olduğu ifade edilmektedir (Durmuş, Şimşek ve Dayı, 2009).

GDA kullanımı sayesinde çevreye olan zararlı etkiyi azaltarak tüketilen tabii kaynaklarında önüne geçilmiş olunur. Yüksek performanslı betonun üretiminde GDA kullanımı sahip olduğu özellikler nedeniyle uygun değildir. Emme kapasitesi, zayıf direnç gibi uygun olmayan ve yetersiz gelen özellikler aşularak yüksek kalitede GDA ile üretilmiş betonlar elde edilebilir (Tu ve diğerleri, 2006).

Betonda sürdürülebilirlik esaslarına bakılacak olunursa; çimento oranının azaltılması, karışım suyu olarak atık suyun arıtılarak kullanılması ve geri kazanılmış agreganın imalata dâhil edilmesi olarak görülmektedir (Arıoğlu ve diğerleri, 2004), (Altınışik, 2013).

5.2. Beton Deneyleri

Dünyada betonun kullanım sahası olarak; yol çalışmaları ve kaldırım taşları, uçak iniş pistleri, temeller ve yapının taşıyıcı sistemi olan kaba inşaattan çıkan moloz yeniden değerlendirilmektedir. Geri dönüştürülmüş agreganın batı ülkelerinde aktif olarak betonun üretimi için inşaat uygulamalarında başarılı bir şekilde kullanıldığı gözlenmiştir. (Lam ve diğerleri, 2002; Altınışik, 2013).

Amerika Beton Enstitüsü (ACI) 1990'lı yıllardan itibaren küresel ölçekte değerlendirilen sürdürülebilir kalkınma politikasıyla ele alınan beton teknolojisinin geliştirilmesinin ve ekosistemi düşünerek sürdürülebilir malzemelerin (yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silika füme, geri kazanılmış agrega vb.) kullanılmasını öngören çalışmalar yürütmüştür. Bu son yüzyılda yeşil beton konseptini aygın hale getirip uygulamaları arttırmak için bu enstitülerde araştırma komiteleri oluşturulmuştur (Mathatra, 2002; Arıoğlu ve diğerleri, 2014).

Betonun kırılması sonucu elde edilen beton agregalarının tanecik boyutları betonun üretimi için yeterli düzeyde olduğu araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Deneysel çalışmaların sonucunda betonun kırılmasıyla elde edilen geri dönüşüm agregası ile doğal agreganın betonun üretimi için kullanılmasıyla benzer sonuçların elde edileceği fark edilmiştir (Savaş, 2002).

Aşağıda yer alan Çizelge 5.1. ile malzeme sınıflaması yapılan kaba agreganın şu anda mevcut haliyle kullanım alanları ve gelecekte hangi alanlarda kullanılabileceği gösterilmiştir. Agreganın birçok sahada atıklardan elde edilerek kullanımı yapılmaktadır.

Çizelge 5.1. Kaba Agrega sınıflandırması (Savaş, 2002).

Malzeme Cinsi	Bugünkü Uygulama	Gelecekteki Uygulama
Asfalt atıkları	Alt Tabaka	Yüzeysel Tabaka
Yol yıkımı (örneğin asfalt)	Dolgu malzemesi Antifriz ve alt tabaka	Şunlar için agrega; Beton Çimento bağlayıcı tabakalar Asfalt tabakalar
Beton	Dolgu malzemesi Antifriz ve alt tabaka	Şunlar için agrega; Beton Prefabrik elemanlar
İnşaat molozu	Dolgu malzemesi Döşeme altındaki daha küçük tabakalar	Spor sahaları için tabakalar; Tuğla Düşük mukavemetli beton için agrega

Betonun geri dönüşüm ile kazanımı yaygın olarak görülen bir durum olmasına rağmen izinsiz bir şekilde uygun görülmeyen alanlara beton molozlarının bırakıldığı belediyeler tarafından tespit edilmiştir. Gelişigüzel bir şekilde açık alanlara bırakılan moloz

yığınlarının önüne geçilmesi şehrin yerel yönetimleri tarafından hedeflenmektedir. Bunun sonucunda büyük kentlerde yıkım çalışmaları için hafriyat kamyonlarının atıkları dökmesi amacıyla belli sahalar oluşturularak bu dökümün gerçekleşmesi için döküm belgeleri hazırlanmalıdır. Bu atıkların geri dönüştürülmesi amacıyla geri dönüşüm tesislerinde bu alanda kurulması gerekmektedir (Köken ve diğerleri, 2008).

Yapı atıkları birçok ülkede geri dönüştürülmüş agregalar ile oluşturulmuş betonunun uygulanabilmesi için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Geleneksel olan betonun üretimi için gerekli maliyet hesabından daha uygun bir şekilde üretimi sağlanan bu geri kazanımlı beton tabii kaynakların muhafaza edilmesini ve çevredeki boş alanlara atıkların bırakılmasını önlemektedir. Bu yapı atıklarının %40'ı tekrar değerlendirilmektedir. Bu oran birçok gelişmiş ülkede %100'ü oranında ticari olarak beton imalatında kullanılması için denenmektedir. Şu anda bu geri dönüştürülmüş betonların kullanımı yapısal olmayan sahalarda kullanılmaktadır. Bu alanlara örnek olarak; kaldırım taşları, yaya yolları, araç yollarının döşeme katmanlarında kullanılmaktadır. Bu sayede atık sahaları boşaltılarak atık malzemelerin tekrar kullanılması sağlanmış ve hammadde ihtiyacı azaltılmıştır (Savaş, 2002).

Yapılan deneysel çalışmalara bakılacak olursak geri dönüşümlü agrega ile üretilen betonların taşıyıcılık bağlamında zayıf kaldığı incelenmiştir. Deprem yükü altında özellikle direnç gösteremediği tespit edilmiştir. Bu GDA'nın oranı ve betonun içerisine eklenen katkı maddeleri ile dayanıklılık açısından olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu numunelerdeki değişimin etkisini daha net açıklamak amacıyla daha fazla bilimsel çalışmanın yapılması gerekmektedir. (Sarıbaş ve diğerleri, 2016).

İnşaat ve yıkıntı atıkları kullanılarak oluşturulan beton atığının oransal olarak bazı çalışmalar yapılmıştır. 1994 yılında yapılan bir çalışmada toplamda 100-150 metrekare alana sahip bir evin yıkımı ile ortaya çıkacak atık malzeme miktarlarının belirlediği araştırmada, evden çıkan bütün malzemelerin %40'ı beton atığından oluştuğu tespit edilmiştir (Lauritzen ve Jannerup,1994). GKA'nın kullanımı için yapılan deneysel çalışmalarda ise; yıkımı gerçekleştiren yapılardan en fazla edinilebilecek beton atığının % 40 miktarında olabileceği görülmüştür (Huang ve diğerleri, 2002), (Demir, 2010).

Yapıların yıkımlarından açığa çıkan molozlar daha sonrasında yeni inşaatlarda dolgu malzemesi olarak kullanılabilir (Rakshvir ve diğerleri, 2006). Yapılan diğer bir çalışmada ise bu atıkların beton kaldırım taşlarının katmanlarında %100 geri dönüştürülmüş agregaların kullanımını sağlar. Geri kazanılmış agrega batı ülkelerinde aktif bir şekilde kaldırımın üretimine dâhil edilmektedir (Nataatmadja ve Tan, 2001). Bu GKA'nın (kaba ve ince agreganın) yol yapım çalışmalarında taban döşeme malzemesi niteliğinde işlenmesi doğal kaynakların kullanımına göre daha avantajlı olduğu görülmektedir. Bu yol taban malzemesine dâhil edilen beton atıkları birçok ülkede %95 oranında kullanıldığı görülmüştür (Mulder ve diğerleri, 2007).





6. YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ

Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü boyunca girdi ve çıktı olarak birçok olumsuz etkiyle karşılaşmaktadır. Bunlar özellikle küresel iklimde meydana gelen olaylar, asidifikasyon, ozon tabakasındaki değişim, hava kalitesinin kötüleşmesi, fotokimyasal gaz, ötrofikasyon, toprak erozyonu, ekolojinin bozulması, su kaynaklarındaki azalma, biyolojik çeşitliliğin yitimi, doğal yaşamda süregelen sıkıntılar, insan sağlığını olumsuz etkileyen faktörler, fosil yakıtlardaki kıtlık gibi çevresel birtakım problemlere neden olmaktadır (Bayraktar, 2010).

Malzemenin üretilmesiyle başlayan, tüketilmesi ve harcanması gibi işlemlerini de kapsayan sürece yaşam döngüsü olarak nitelendirilmektedir. Bütün aşamalar boyunca ürünün elde edilmesinde bütün işlemler her biri içerisinde alt katmanını oluşturmaktadır. Bu işlemlerin dokümanı çıkarılarak kayıt altına alınırsa her bir işlemde alt katmanı olarak algılamak veri tabanı oluşturmada rahatlık sağlamaktadır. Bu süreçlerin tamamı ise yaşam döngüsünün genel bölümleri olarak belirtilmektedir (Demirer, 2017).

Yaygın olarak insan eliyle oluşturulan yapı malzemesi olan beton esnek yapısı ve şekil vermedeki kolaylık, bakım ihtiyaçlarının azlığı gibi sebepler dolayısıyla yapılarda kullanıldığı yaşam boyunca ekonomik ve erişilebilirliği kolay bir malzemedir. Betonun üretimi ve tüketimi gibi işlemleri neticesinde dünyada karbondioksit salınımlarının %5'inden fazlasının oluşmasına sebep olmaktadır. Bu oranın oluşmasında çimento klinkeri imalatı ile oluştuğu tespit edilmiştir. Sera gazı emisyonuna ek olarak çevresel birçok etki görülmektedir. Bu etki değerlendirmelerinin analizi için projelerde bütüncül bir yaklaşım ile yaşam döngüsü analizinin uygulanması gerekmektedir (Gursel, 2014).

Yapılar, yaşam döngüsünün bütün sürecinde enerji harcamaktadır. Başlangıç aşamalarından beri enerji ve kaynak tüketmekte, biyoçeşitliliğe kötü sonuç vermekte ve atık açığa çıkarmaktadır (Eryıldız, 2003).

Günümüzde artışa geçen çevreye olan duyarlılık, endüstri kuruluşlarında ve şirketlerin uygulamaları için ekosistem üzerinde ne gibi yansımalarının olduğunu incelenmeye başlanmıştır. Halkın bu konudaki farkındalılığın da artması tabii kaynakların bilinçli kullanılmasını da sağlamıştır. Birçok şirket bu düşünce sayesinde yeşil konseptli ürünlerin

tasarlanmasında ve uygulanmasında aktif rol almaya başlamışlardır. Ürünlerin süreçleri boyunca çevreyle olan etkileşimi bu firmaların ekolojik denge üzerindeki etkilerini incelemeye yönelik hamleler yapılmıştır. Bu konu kapsamında birçok kurum ve kuruluş da çevre etkileşimlerini görmek amacıyla çevre kirliliğinin önüne geçebilecek politikalar izlemiş ve yönetim metotları oluşturularak, yönetmeliklere uygun yöntemleri bulmayı hedeflemektedirler. Bu doğrultuda ürünün veya bu sürecin bütün yaşam döngüsünü değerlendiren yaşam döngüsü analizi ortaya çıkmıştır (Esenlikci Yıldız, 2016).

Yaşam Döngüsü Analizi (YDA); bütün yaşamı boyunca bir ürünün süreçlerini çevresel bakımdan incelenmesini içeren bir yöntem bilimidir. Bu adlandırma bazı durumlarda; yaşam döngüsü yaklaşımı, yaşam döngüsü değerlendirmesi, beşikten mezara yaşam süreci ve Ekobalans olarak da nitelendirilmektedir. Bu analizde temelde hedeflenen çevresel yönetimin sağlanması ve sürdürülebilir kalkınmaya da destek olacak şekilde teknik anlamda donanımların sunulmasıdır (Jensen ve diğerleri, 1997).

Bu konudaki ilk çalışmalar 60'lı yılların bitimi ve 70'lerin başında başlanarak tabii kaynakların tüketiminin azaltılması ve enerjideki kullanımında kontrollü olmasıyla atıkların ortadan kaldırılması konusu gündeme gelmiştir. 80'li yıllara tekabül eden ve 90'lı yıllarda ise hız kazanan yaşam döngüsü analizine olan ilgi artmıştır. Batı ülkelerinde yeşil hareket olarak anılan bu endüstri bu dönemde yoğun ilgi ile karşılanmıştır. Geri kazanım ihtiyacının gün geçtikçe artması ve emisyon konusu YDA için önemli mevzular haline gelmiştir. Avrupa'daki sanayi dalları ekosistem üzerindeki zararlı etkilerini değerlendirerek çevreye ve doğaya olan hassasiyetin artması sağlamıştır (Jensen ve diğerleri, 1997), (Esenlikci Yıldız, 2016).

Günümüzde yaşam döngüsü analizi, farklı sektörlerde çevreye dair bazı kararların alınması amacıyla kullanılmaktadır. Gelişmiş bilgisayar yazılımları kullanılarak oluşturulan bu analiz; yeni malzeme üretim sürecinden önce oluşabilecek çevresel girdilerin saptanması neticesinde belli bir yol güzergâhı belirlenebilmesi için değerlendirilebileceği gibi; mevcut durumun sürecini çevresel bakımdan düzenlemek için de kullanılabilir. Dünyada yaygın olarak kullanılan YDA, ülkemizde uygulanmaya başlaması yeni sayılır (Esenlikci Yıldız, 2016).

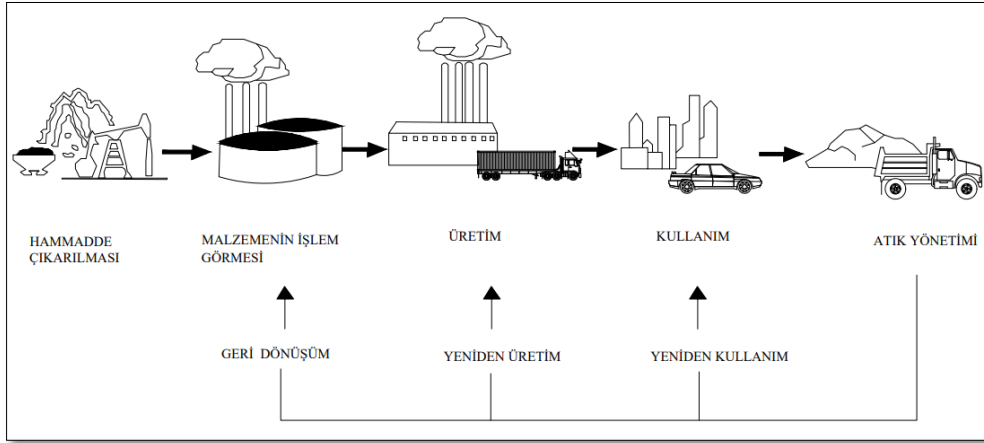
YDA'nın atık yönetimi çerçevesinde kullanılması, 90'lı yılların yarısına tekabül etmektedir. Bu analizlerin çıkış noktası çöpten mezara anlayışı ile atık oluşumundan beslenen bir yaklaşım içermektedir. Atıkların kontrolü amacıyla kullanılan YDA, tabii kaynaklara olan etkisini değerlendirmek bakımından doğal dengeleri önemseyen bir bakış açısı sunar. Buna ek olarak farklı seçenekler arasında seçimin kolaylaştırılmasıyla etrafıca tasarlanan çalışmaların uygulanmasını sağlamaktadır (Esenlikci Yıldız, 2016).

Son zamanlarda YDA; ürünlerin çevreye olan etkilerinin iyileştirilmesi, ekolojik sisteme göre tasarlama ve çevresel yönetim sistemlerinin geliştirilmesi gibi farklı kullanımlara imkân sağlamaktadır. YDA'nın uygulanması ve geliştirilmesi amacıyla ihtiyaç hissedilen bilgisayar yazılımlarının çeşitlendirilip veri tabanlarına işlenmesinin hızlandırılması gerekmektedir (Esenlikci Yıldız, 2016).

Yapı malzemelerinin yaşam döngülerine bakılacak olursak eğer her bir aşamada çevreye farklı etkilerinin olduğu görülmektedir. Bu açıdan çevreye dair etkilerin saptanması için yapı malzemesine hakkında bütün verilerin düzenlenmesi ve bu verilerin analizi ile malzemenin uygun olup olmadığının belirlenmesi lazımdır. Bu doğrultuda pek çok çeşit kuruluş, Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) ISO 14001 Standartlarını göz önünde tutarak işlemlerini gerçekleştirmektedirler. Bu standartlar, sektördeki firmalara çevre yönetimi konusunda talimatlar içerir ve belirli sınırlar ile globalleşen dünyada ortak bir standart belirlenmesi amaçlanmaktadır (URL 9; Sezgin ve Çelebi, 2011).

Yaşam döngüsünü tanımlamak gerekirse; "beşikten mezara" işleyen proses olarak nitelendirmektedir (Paulsen, 2001). Beşik olarak adlandırılan hammaddenin ana kaynağından elde edilmesiyle başlayıp imalata kadar devam eden aşamayı; "mezar" ise üretim aşamasında ve sonrasında açığa çıkan atıkların doğaya tekrar salınmasını ifade etmektedir (Şekil 6.1), (Giresun ve Tönük, 2018).

Yaşam döngüsünün ilk aşamasında üretim bulunmaktadır. Bunun devamındaki evrede ise, üretilen malzemenin kullanımıyla yıpranma devri başlayacaktır. Yıpranma ve eskime birçok sebepten dolayı olabilmektedir. Bu aşamadan sonra binadaki eskime ile beraber bazı değişim ve dönüşümler meydana gelebilir. Son evrede ise yapının yıkımı gerçekleşir ve atıkların bertaraf edilmesi konusu devreye girmektedir (Blakstad, 2001; Giresun ve Tönük, 2018).



Şekil 6.1. Beşikten Mezara Yaklaşım (Hunt ve Franklin, 1996; Giresun ve Tönük, 2018).

Küresel ısınma ekosistem üzerindeki etkisini özellikle iklim değişiklikleri olarak yansıtmaktadır. Bununla beraber insanların sağlığındaki tesirleri de olmaktadır. İklim değişikliğine bağlı olarak oluşan hastalıklar küresel ısınma kapsamında değerlendirilir. Çeşitli işlemler sonucunda atmosfere bırakılan sera gazı da küresel ısınmanın bir başka izlenimidir. Bu zararlı gazların en yaygın olarak açığa çıkan ve bilineni karbondioksittir. Metan, kloroflorokarbonlar, flüorlu gazlar ve azot oksitler de bu sınıf içerisinde bulunur. Sera gazı salınımları küresel ölçekte inşa edilmiş alanların oluşturulmasında problem olarak nitelendirilmektedir (Gursel, 2014).

Bir binanın yapımı sırasında kullanılan tüm malzemeler, yapının işleyiş sürecine ilave edilmeden önce birkaç evreden geçerek işleme maruz bırakılmıştır. Yapı malzemeleri, doğal kaynağından temin edilmesi, kullanım maksadına elverişli olarak değerlendirilmesi, yapı içerisine dâhil edilmesi, hizmet ömrünü bitirdikten sonra yıkımı ve geri kazanımı gibi adımlardan geçerek, işgal ettikleri alanlarla daimî olarak etkileşim halindedir. Bu çıkarılan hammaddelerin hem üretim tesislerine götürülmesi için hem de uygulanacak alanlara taşınmasında enerji harcanmaktadır. Bu işlemler neticesinde atık malzeme ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı yapıda enerji korunumunu sağlamak amacıyla yapı malzemesi seçiminin verimli yapılması lazımdır. Yapı oluşturulurken tercih edilen malzemeler yaşam döngüsünde enerjiyi tasarruflu olarak kullanan malzemeler olmalıdır. Yapı malzemelerinin imalat evresi ile başlayan uygulanacak alana nakliyesi yapılan ve binada kullanılması ile devam eden süreçte tüketilen enerji miktarı, yapı malzemelerinin çevreye olan gösterimini etkileyen aşamalarıdır (Boduroğlu ve diğerleri, 2014).

Bir betonarme binanın etrafa olan yansımalarının incelenmesi için beton içerisine eklenen bileşenlerin çevre etki performansına bakılması gerekmektedir. Bu çevresel performans malumatı Çevresel Ürün Beyanlarına dayanmaktadır. Betonun oluşturan ürünler arasında betonun performansına etki edecek kimyasal katkıların özelliklerine bakılacak olursa; Çevresel Ürün Beyanlarına olan tesiri çevresel açıdan binaların sürdürülebilirliği için ehemmiyetli verileri barındırmaktadır (Çankayalı, 2017).

Karbondioksitin açığa çıkması genellikle fosil yakıtların tüketilmesi ile oluşur. Metan gazını aktifleştiren etken ise atık depolama sahalarıdır. Diğer bilenen adı CFC olan ozon tabakasının incelenmesine neden olan kloroflorokarbonların harcanması ise yasaklanmıştır. Azot oksitlerde fosil yakıtların sarf edilmesiyle meydana gelmektedir. Soğutma amacıyla kullanılan gaz olarak tabir edilen flüorlu gazların atmosferdeki emisyonunun nedeni ise genellikle tüketildiği alanlardaki sızıntılardır. Bu gazların neden olduğu küresel ısınma potansiyeli neticesinde “kg CO₂ -Eşdeğeri” etkinin karakterizasyon faktörü olarak gösterildiği belirtilmektedir (Giresun ve Tönük, 2018).

Ekosistem üzerinde etkili olan diğer bir faktör asidifikasyon potansiyelidir. Bu konudaki çevreyi kirleten SO₂, NO_x, HCl ve NH₃’ür etkin faktörleri asifikasyonu ortaya çıkarmaktadır. Fosil yakıtların kullanılmasıyla açığa çıkan kükürt dioksit ve azot oksit gibi asidik parçacıklar atmosferdeki emisyonları havada asılı olarak birkaç gün kalarak sülfürik ve nitrik asit gibi kimyasallara dönüşümü böylelikle olduğu için daha uzak alanlara hava yoluyla taşınabilmektedir. Kükürt dioksit, azot oksit ve amonyak gibi temel kirletici maddeler; tepkime sonucu arazi ve su kaynaklarına kimyasal olarak değişikliğe sebebiyet vermektedir. Bunu ekosistemdeki karşılığı olarak “asidifikasyon” görülmektedir. Asitleştirme gibi işlemlerde etkin rol alan maddeler sera etkisine de etki etmektedir. Azot oksitler ise ozon tabakası üzerinde bazı problemlere neden olduğu gibi, fosfat ile beraber sularda ötrofikasyonun oluşumuna neden olmaktadır. Buradaki etkinin karakterizasyon yansıma faktörü ve oluşturduğu zarar, “kg SO₂-Eşdeğeri” olarak gösterilmektedir. (European Environment Agency, 2011).

Nutrientlerden azot ve fosfor gibi etkin faktörlerin sebep olduğu hava, su ve toprağa karışımı neticesinde makro nutrient seviyesi çevre alan üzerinde yüksek düzeylere ulaşmıştır. Ötrofikasyon potansiyeli, bu yüksek düzeydeki makro nutrientlerin sebep olduğu tüm tesirleri kapsayan bir kategoridir. Azot oksit ve amonyak emisyonları bu

izlenim sonucunda oluşmaktadır. Atmosfere bırakılan azot oksit, asit yağmurlarının ve duman/sis oluşumuna neden olmaktadır. Azot oksit yağmur, kar yükü ile birlikte karada ve suda birikim yapar. Ötrofikasyona sebep olan azot oksitin atmosferdeki birikimidir. Bu etkinin zararı ve karakterizasyon faktörü, “kg PO4-Eşdeğeri” olarak yansımaktadır.

Ozon tabakasındaki incelme özellikle canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir. Klor ve bromu bünyesinde barındıran kimyasallar ozon tabakasının incelmeye neden olmaktadır. Bu etkin kimyasal maddeler atmosferde ultraviyole ışınları ile tepkimeye girerek ozon tabakasına zarar vererek klorlu ve bromlu maddelerin oluşumuna neden olmaktadır: Bu oluşumlardan bazıları kloroflorokarbon gazları ve halonlardır. Azot oksitler de bu oluşuma katkı vermektedir. Bu değeri ifade eden karakterizasyon “kg R11-Eşdeğeri” birimi ile gösterilmektedir.

Temiz su potansiyeli ekosistemde etkisi görülen sucul ekotoksosite kategorisidir. Toksik madde atıklarının su, hava ve toprağa tesiri bu kategoride değerlendirilir. Dioksinler, ağır metaller, PAH, PCB, siyanür, fenol vb. gibi ekotoksik maddeler su, hava ve toprağa verilen emisyonlarının ekosistem üzerinde olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkinin neden olduğu zarar ve karakterizasyon ögesi “1,4-dichlorobenzene-Eşdeğeri” birimi ile gösterilir. Toksik maddeler insanların sağlığını olumsuz etkilemektedir. Kükürt dioksitlerin oluşturduğu sentezler ile formaldehit, toluen, benzen, ağır metal vb. gibi maddeler bu kategorinin içerisinde yer alır. Bu etkiyi değerlendirirken karakterizasyon unsuru ve oluşturduğu zarar “1,4-dichlorobenzene-Eşdeğeri” birimi ile gösterilir (Esenlikci Yıldız, 2016).

Yapı, insanların ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tasarlanmış ve üretilmiş yapay alandır. Kullanıcıların istekleri yapıyı oluşturan yapı malzemelerine bağlı olarak uygulanan projeyi etkilemektedir. Yapısal ürünler; hammaddenin temin edilmesi, imalatı, yapıda kullanılması, uygulanması ve hizmet ömrünü tamamlaması, yıkımı ve geri dönüşümü ya da bertaraf edilmesi gibi aşamalardan geçmektedir. Yapıyı oluşturmadaki birincil görev, yapının üretimi için gerekli teçhizatın oluşturulmasıdır. Bir yapının inşa edilmesi için geçirdiği tüm aşamalara yapı üretim süreci adı verilmektedir. Yapı üretim süreci, binanın imalatı için başlangıç tasarım aşamasından inşaatın tamamlanmasına, yapının faaliyetinin bitiminden sonra yapının yıkımı ile sonlanan sürecin birbiriyle olan ilişkisini ve çevreye olan yansıma durumunu içermektedir. Yapı ürünlerinin hammadde temini ile başlayıp

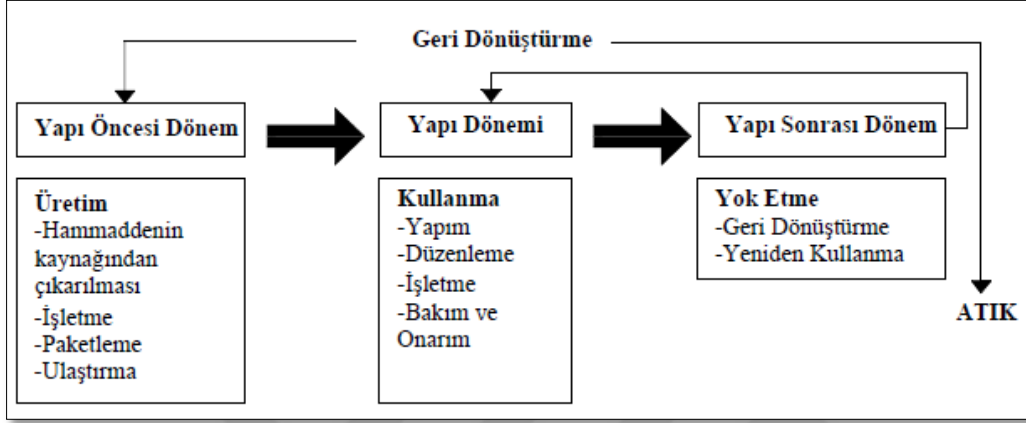
“beşikten mezara” olarak bütün aşamalarını kapsayan döngüye " yapı yaşam döngüsü " denilmektedir (Paker, 2017).

İnşaat sektörünün temel taşı olan yapı malzemeleri kullanıldığı süreçte kendi bulunduğu alan ile iletişim halindedir. Yapı ürünleri (yapı malzemesi ve elemanları) olumsuz durumları gidermek için yapının üretilmesi, işlenmesi, ihtiyaç duyulduğu durumlarda bakım-onarımı; hizmet ömrünü bitirdiğinde yıkım ile ayırt edilerek geri dönüştürülmesi, bazı muamelelere tabi tutulması, tekrar kullanılması için işlemler yapılmasına kadar geçen zaman Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesi (YDD (Life Cycle Assessment-LCA)) olarak ifade edilir (URL10; Bayraktar, 2010). Bu zaman dilimi, hammaddenin elde edilmesi, imalatı, uygulanması, kullanımı, yıkımı ve bundan sonraki süreçleri içermektedir (URL10). Yaşam döngüsünün her bir aşamasında yapı ürünleri farklı çevre olaylarına etki etmektedir (Taygün ve Balanlı, 2005; Çalebi ve Aydın, 2001). Bu çevresel etkileri minimuma indirmek için yapı malzemesi tercih edilirken yaşam döngülerinin sürdürülebilir kapsamda olmasına dikkat edilmelidir (Çankayalı, 2017).

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) bir ürünü ana kaynak malzemesinden elde edimi ile başlayıp sonuç ürün olarak yok edilmesi ile veya geri dönüştürme gibi yöntemler kullanılarak çevresel olaylara olan etkisinin değerlendirilmesidir. Bir ürünü imalat ve uygulama evrelerinde harcanan enerji, su gibi etken maddeleri beşikten, kapıya veya beşikten, mezara olacak şekilde yaşam modellerinin tasarlanması gerekmektedir (Çankayalı, 2017; Öztaş ve Tanaçan, 2017).

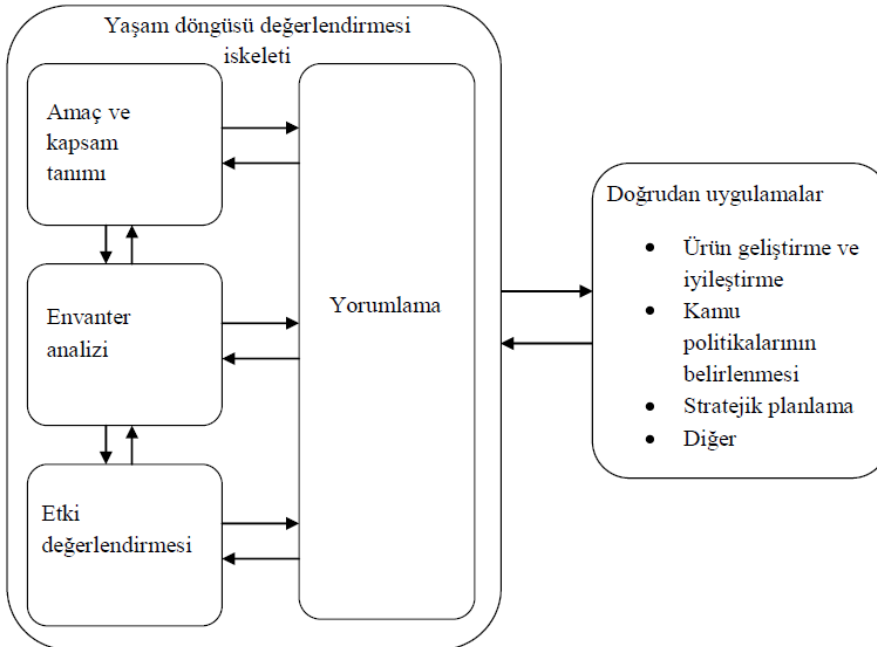
Çevresel Ürün Beyanı (EPD); yaşam döngüsü kapsamında ürünün çevreye olan izlenimleri ile ilgili detaylı, sayısal, tasdiklenmiş bir ifadedir. Ürünün yaşam döngüsü analizi ile uluslararası mevzuat ve standartlara bağlı olarak performans açısından ürüne dair bilgileri içermektedir. Bu beyannamelere bakılarak ürün hakkında karbon ayak izinin oluşumu, ozon tabasındaki incelme, toprak ve sudaki asitlenme, ötrofikasyon (suyun içerisindeki azot ve fosfatın artması), fotokimyasal ozon oluşumu, küresel ısınma ve abiyotik kaynakların sonunun gelmesi gibi özellikleri içine almaktadır. Çevresel ürün beyanları kesin kullanıcılar tarafından çevre performansına bakılarak şuurulu bir şekilde tüketimin ve harcamanın yapılmasını sağlamaktadır (Çankayalı, 2017).

Yaşam döngüsü yapıyı sınıflandırılırken üç evreden oluşmaktadır. Yapım olmadan önceki evre, yapının inşa evresi ve yapının kullanım sonrası evresi olarak sınıflandırılır. Yapı malzemesinin tercih aşamasında maddi kaygılar, iyi bir bina görüntüsü ve faaliyetlerindeki olumlu yansıma gibi nitelikler göz önünde bulundurularak yaşam döngüsüne olan katkısı da incelenmelidir (Umar, Khamid ve Tukur, 2012; Tufan ve Özel, 2018).



Şekil 6.2. Yapım malzemelerinin yaşam döngüsü (Kocaman, 2009; Tufan ve Özel, 2018).

Şekil 6.2. ile yapım malzemelerinin yaşam döngüsündeki yapı öncesi yapı dönemi ve yapı sonrası dönemlerde gerçekleştirilen üretim, kullanım ve yok etme aşamaları belirtilmiştir.

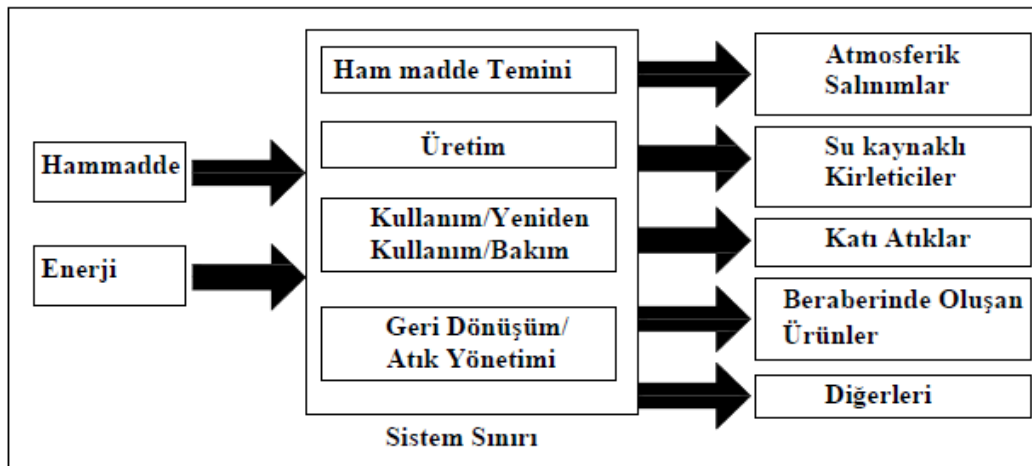


Şekil 6.3. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin aşamalarının birbirleriyle olan ilişkisi, YDA metodolojisi (USEPA, 2006)

Şekil 6.3. ile Yaşam döngüsü değerlendirmesinin metodolojisinde amaç, kapsam envanter analizi, etki değerlendirmesi ve yorumlama gibi birbiriyle olan ilişkisi görülmektedir.

İnsanların yaşamlarını sağlıklı olarak devam ettirebilmeleri ve standartların iyileştirilmesi ile yapı ürünlerinin çevreye olan yansımaları değerlendirilmelidir. Yaşam döngüsü değerlendirilmesi adı altında devam eden bu süreç, hammaddenin elde edilmesi, işlenmesi, uygulanması, yapı içinde aktif çalışması, ömrünü tamamlaması ve yıkılarak yeni alternatiflerin oluşturulması gibi evrelerden oluşmaktadır. Yapı ürünlerinin yaşam döngüleri sürecinde çevreye olan etkilerinde farklılıklar meydana gelmektedir. Hizmet ömrünün uzun olabilmesi için ürünü kullanırken birtakım metotlar ve belirli dönemlerde bakım, onarım çalışmaları yapılmalıdır (Gültekin ve Çelebi, 2016).

Şekil 6.4. ile Yaşam Döngüsü Analizinin aşamaları hammadde ve enerji girdisi ile başlayan süreç üretim, kullanım, bakım, geri dönüşüm, atık yönetimi gibi işlemlerden geçerek sonuç çıktısında atmosfere olan salınımlar, su kaynaklı kirleticiler, katı atıklar gibi birçok unsuru açığa çıkarmaktadır.



Şekil 6.4. YDA'nın aşamaları (USEPA, 2006; Yüksek ve Mıhlıyanlar, 2015).

Yaşam döngüsü analizi; hammaddenin temin edilmesi, üretiminin yapılması, ürünün satışı, nakliyesi, uygulamaya dâhil edilmesi, ihtiyacı doğrultusunda tamir ve tadilat işlemlerinin yapılması, hizmet ömrünün sonuna gelindiğinde ise bazı işlemlere tabi tutularak yeniden kullanılabilir duruma getirilmesi, bu sayede tekrar başlangıç noktasında yer alan hammadde edinimi aşamasında gelinerek bir sürecin döngüseli olarak izah edilebilir. Binanın oluşumu aşamasında ise bu durum uygulama öncesi aşama, yapım süreci, yapıda işleme aşaması ve geri kazanım süreci olarak sıralanabilir (Yüksek ve Mıhlıyanlar, 2015). Günümüzde çevresel konuların insanlar üzerindeki etkisinden kaynaklı bilinçli davranış ön plana çıkarak, yapının tasarım aşamasından itibaren uygulanan projelerin bütün önergelerinde çevreye verdiği değer boyutu da dikkat çekmektedir. Bununla birlikte

ilerleyen teknoloji ve yaşam standartlarındaki iyileşmelerin neticesinde toplumlara olan maddi boyutu, icraatlardaki ilerlemeler, tabii kaynaklardaki doğru ve tasarruflu kullanım ve küresel çevre problemlerinin çözümünü içeren projelerin başlangıçtaki karar aşamasında netleştirilmesi gerekmektedir (Demirer, 2017).

YDA metodu bir malzemenin ya da ürünün çıkarılması, imalatı, taşınması, kullanıcı aracılığıyla uygulanması ve sonraki aşama olan atıkların yok edilmesini de içeren evrelerin çevreye olan yansımalarını tespit etmek, bildirmek ve yönetmek amacıyla kullanılır. YDA yöntemi ürün ya da malzemenin hizmet ömrü içindeki süreci bütüncül olarak ele almaktadır. Bu değerlendirmenin sonucunda beşikten mezara olarak ele alınan evrelerdeki çevreye olan etkisi açıklanmış olur (Demirer, 2017).

6.1. One Click LCA Yazılım Programı ile Yapılmış Çalışmalar

Bu tezin analiz çalışmasında metot olarak One Click LCA Programı tercih edilmiştir. One Click LCA yazılım programı kullanılarak şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalar ise aşağıda yer almaktadır. One Click LCA yazılım programına dair detaylı çalışma bilgisi 7.1. Metot bölümünde anlatılmıştır.

Leed yeşil bina sertifikasyonlu bina için iki farklı yazılım ile yaşam döngüsü analizi adlı tez çalışmasında (Aygenç, 2019) yapılan iki farklı yazılım programı olan Simapro ve One Click LCA, yaşam döngüsü analizlerinin birbiri arasındaki farklılıklar veya benzerlikler incelenmiş olup One Click LCA ile yapılmış örnek çalışma üzerinden yeşil bina sertifikandırmaları açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlar “Küresel Isınma Potansiyeli”, “Ozon Tüketim Potansiyeli”, “Asidifikasyon Potansiyeli”, “Ötrofikasyon Potansiyeli”, “Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli” ve “Kaynak Tüketimi Potansiyeli-Fosil Yakıtlar” etki kategorilerinde değerlendirilmiştir. Yapılan analizde her iki yazılım için etki değerleri araştırılmış olup açığa çıkan sonuçlar örnek proje ile kıyaslanmıştır.

Diğer bir çalışma olan (Barutçu, 2020) yaptığı; “Çapraz lamine ahşap ve betonarme taşıyıcı sistemli tekil konut yapılarının çevresel etkilerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi” adlı tezde ise, yöntem olarak One Click LCA veritabanında yapılar analiz edilmiştir. Buradan hareketle her iki yapı grubunda yer alan veriler kıyaslanarak elverişli olan seçeneğin ispatı yapılan çalışma ile ispat edilmiştir.

(Onal, 2022) Yapmış olduğu çalışmada Prefabrike ve Geleneksel Ahşap Esaslı Yapım Sistemlerinin Karşılaştırmalı Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi; One Click LCA veritabanında analizi yapılarak, ahşap esaslı malzeme tercihinin ve prefabrike yapım sisteminin yapı sektöründeki olumsuz çevresel etkilerin azaltılması açısından önemli bir yapım sistemi olacağı görülmüştür.

Başka bir çalışma olan (Akşar, 2022) “Geleneksel ve Çağdaş Ahşap Yapıların Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Karşılaştırmalı Analizi” adlı tezde ise; tasarımı yapılan konutun geleneksel ve çağdaş yapı sistemlerinden tercih edilen yığma, platform çerçeve, CLT panel, LVL kolon-kiriş, GLT kütük gibi yığma sistemleri içerisinde inşa edilen taşıyıcı sistem tasarımları kapsamında One Click LCA veritabanında yaşam döngüsü değerlendirme analizi yapılarak, küresel ısınma potansiyeli, asidifikasyon potansiyeli, ötrofikasyon potansiyeli, ozon tabakası incelleme potansiyeli gibi etki kategorileri incelenmiş olup, taşıyıcı sistemlerden hangisinin çevreye nasıl etki ettiği tespit edilmeye çalışılmıştır.

One Click LCA veritabanında analizi yapılmış olan; (Köşürgeli, 2022)“Yaşam döngüsü değerlendirme bağlamında ürün seçiminde dijital tasarım araçlarının irdelenmesi” adlı tez çalışmasında ise; YDD bağlamında ürün seçiminde tercih edilen dijital araçlar incelenmiştir. Çevreci yapı ürünü kullanılmasının öneminin üzerinde durulması ve bu ürünlerin tasarımda aktif olarak tercih edilmesi açısından, üç ana dijital analiz programı olan; Tally, One Click LCA, Bombyx programları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmeleri yapılarak sonuçları ortaya konmuştur.



7. ALAN ÇALIŞMASI

Dünyada ve ülkemizde kamu yapıları içerisinde özellikle ilk ve ortaokul eğitim yapılarının deprem dayanımı açısından projelendirilmesi ve uygulanması önem arz etmektedir. İşlevi açısından içerisinde barındırdığı kullanıcıların çoğunun çocuk olması nedeniyle ve aynı zamanda deprem sonrası barınma açısından da acil barınma ihtiyacını karşılayabilen bu yapıların şiddetli depremlerde dahi hasar görmemesi gerekmektedir. Depremden sonra yaşanan travmaların önüne geçilebilmesi amacıyla yapılan çalışmalar bu yapı grubu dâhilinde gerçekleştirilmektedir. Ayrıca geçici konaklama gereksinimlerini de sağlayan okullar kültürel, eğitim ve spor aktiviteleri gibi faaliyetlerin de yapılabileceği mekânlar haline gelmektedir (Akbulut, 2007; Gerek, 2015).



Harita 7.1. Sümer İlkokulu Yeşilyurt/MalatyaMalatya (URL 10).

Kentsel dönüşüm kavramı birçok ilde olduğu gibi Malatya ilinde de son yıllarda meydana gelen depremlerle birlikte oldukça önem kazanmıştır. Kamu yapılarında, konutlarda ve birçok farklı işleve sahip binalarda aktif bir şekilde hasar tespit çalışmalarlarıyla birlikte kentsel dönüşüm hız kazanmıştır. Kentsel dönüşüm çalışmaları kapsamında bulunan yapılardan okul binalarının deprem öncesi ve sonrasında hasar tespitleri Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından yapılmış olup, İl Milli Eğitim Müdürlüğü ile koordineli olarak yıkım veya güçlendirme kararları alınmıştır. Yukarıda Harita 7.1. ile yer gösterimi yapılan Sümer

ilkokulu Malatya ilinin Yeşilyurt ilçesi Koyunoğlu mahallesi ve İnönü caddesinde No:255 yer alan Sümer İlkokulu kentsel dönüşüm kapsamında deprem öncesi yapılan tespit çalışmalarında görülmüştür ki işlevsel olarak yeterli gelmediği, kapasiteyi karşılayamadığı ve binanın artık daha fazla deprem yükünü statik anlamda kaldıracabilecek yapıda olmadığı sonucuna varıldığı için yıkım kararı alınmıştır.

Resim 7.1. ve Resim 7.2. de gösterilen Sümer ilkokulunun yıkımına başlandığı süreç yer almaktadır. Bu doğrultuda yeniden tasarlanan ilkokul yapısının projesini statik, mimari, elektrik, mekanik uygulama projeleri hazırlanarak tekrardan inşa edilmiştir.



Resim 7.1. Sümer İlkokulu (Yapının kontrollü yıkımı yapılırken) (URL11).



Resim 7.2. Sümer İlkokulu (Yapının kontrollü yıkımı yapılırken) (URL 11).

Aşağıda bulunan Resim 7.3. ve Resim 7.4. Sümer İlkokulunun yıkımı ile yerine yeniden yapılan Diniye Çalık İlkokulunun bitmiş hali yer almaktadır.



Resim 7.3. Diniye Çalık İlkokulu yeniden tasarımı yapılan binanın son hali (Yazar tarafından eklenmiştir).



Resim 7.4. Diniye Çalık İlkokulu yeniden tasarımı yapılan binanın son hali (Yazar tarafından eklenmiştir).

7.1. Metot

Bu tez kapsamında yeniden inşa edilen yapının statik projesini Revit programında modelleyerek geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı neticesinde oluşturulacak yeni ürünün bu yapıda kullanılması ile yaşam döngüsü analizini Revit programına entegre olarak çalışan One Click LCA (Life Cycle Assesment) eklentisinde analizi yapılmıştır. Yukarıda yer alan literatür çalışmasında yaşam döngüsü analizinin önemi anlatılmıştır. Kentsel dönüşüm de yer alan yapının kontrollü yıkımı sonucunda ortaya çıkan moloz yığınlarının tekrardan beton üretiminde geri dönüşüm malzemesi olarak belirli oranlarda kullanılması ile yaşam döngüsü analizinde oluşturulan; Küresel ısınma, Asidifikasyon, Ötrofikasyon, Ozon tabakasını inceltme potansiyeli, Alt atmosferin ozon oluşumu, Birincil enerjinin toplam kullanımı gibi birçok etmenin analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

yapılmıştır. Revit çizim programlarının içerisinde kullanıcının parametrik modelleme ve çizim elemanları ile tasarım yapmasına imkan sağlayan Microsoft Windows için Bina Bilgi Modelleme (Building Information Modeling – BIM) yazılımıdır. One Click LCA ise; bina ve altyapı projelerinin, ürünlerin ve portföyün çevresel etkilerini hesaplamaya ve azaltmaya yardımcı olan otomatik yaşam döngüsü değerlendirme yazılımıdır. Projelerin yapı ölçeğinde çevreye olan etkilerinin ortaya konulması ve tabii kaynakları korumak amaçlı eğilimlerin tespit edilmesiyle veri tabanına işlenen bilgiler sayesinde yeşil binalar için derecelendirme sistemi olarak sertifikalar verilir. One Click LCA, Simapro, Gabi, Athena vb. birçok yazılım sertifika sistemlerini oluşturmada kullanılmaktadır. Bu tür yazılımlar yeşil bina konsepti amacıyla dünya genelinde kullanılmaktadır. Yeşil Binalar, planlama sürecinden başlayarak tasarlanma, inşaat ve işletmelerine kadar tüm yaşam döngüsü kapsamında doğa dostu olarak yapılandırılan binalardır. Bu yapılar buldukları bölgenin doğal koşullarına uygun, sürdürülebilir mimarlık yaklaşımına dayalı, su ve enerji kaynaklarını tasarruflu olarak kullanabilen ve çevreye minimum ölçüde zarar verecek malzemelerle üretilecek şekilde tasarlanır ve/veya iyileştirilir. Yeşil Binalar, enerji tasarrufu amacıyla, yenilenebilir kaynakların kullanımını sağlayarak doğal çevreye olan zararın azaltılması için üretilmektedirler. Yapılar bu amaç ile tasarlanıp uygulandıklarını ya da yenilendiklerini gösteren belgeye sertifika sistemi denilmektedir. Bu sertifikalar ise yeşil bina sertifikası olarak adlandırılır. Bu sertifikayı elde eden yapılar doğa dostu olarak görülür, kurumsal açıdan saygınlık kazanır, markanın kalitesinin değeri artırılır ve piyasadaki bilinci içinde katkı sağladığı görülmektedir. Buna ilaveten sertifikalanan projeler ve yapılar için dünyanın farklı şehirlerinde kredi desteği ve imar izni gibi teşvikler verilmektedir. Pek çok ülke, çevresel şartlarına göre yeşil bina standartlarını kendi içerisinde oluşturmaya ve ilerletmeye çalışmıştır. Bu standartlar değişken ve kapsamlıdır ve süreç içinde değişikliklere tabi tutulabilir. Bu doğrultuda dünyada farklı yeşil bina sertifikasyon sistemleri oluşturulmuştur. Dünyada ve ülkemizde en çok seçilen sertifika sistemi ise yapı ve kent bazında başvurulabilen LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sistemidir. Türkiye’de ise tercih edilen diğer yöntem ise İngiltere kökenli bir derecelendirme sistemi olan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)’dir (URL 12).

One Click LCA yazılımı da BREEAM, LEED, DGNB ve + 50 diğer sertifikasyon şemaları, standartları ve gereksinimleri için kullanılabilir ve bunlara uygundur. Bundan dolayı bu tez kapsamında modellemesi Revit programı ile çizimi yapılan binanın analizini

revite entegre eklenti sistemi olan One Click LCA yazılımı ile gerçekleştirilen yaşam döngüsü analizinin incelenmesi sağlanmıştır.

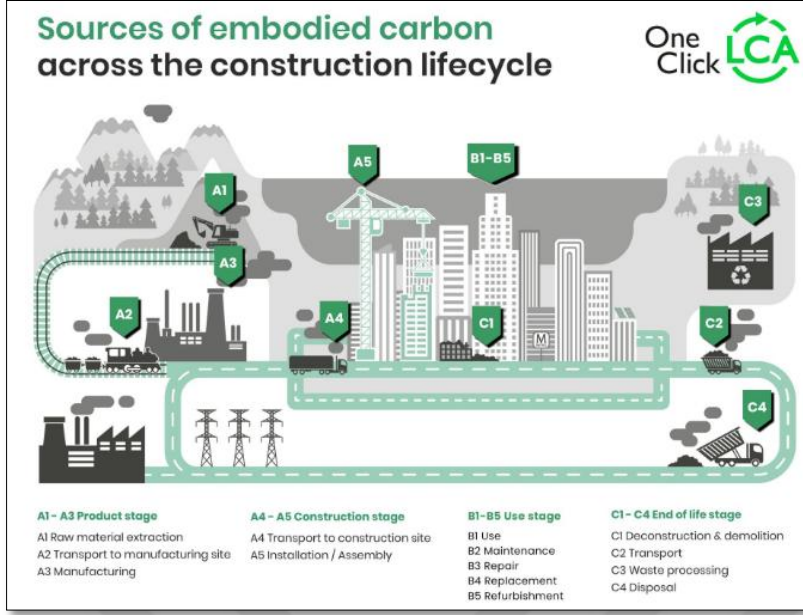
Bina yaşam döngüsü aşamaları, bir binanın kullanım ömrünün farklı evreleridir. Örneğin: hammadde hasadı, ürünlerin imalatı, binanın kullanım aşaması, kullanım ömrü sonu gibi işlemlerden geçmektedir. Avrupa pazarlarında, bina yaşam döngüsü aşamaları, LCA'lara dahil edilebilecek EN 15978 ve EN 15804 standartlarıyla tanımlanır (URL 14).

Aşağıda yer alan Çizelge 7.1.'e göre yaşam döngüsü analizindeki evreler belirtilmiştir. Buna göre oluşturulan çalışmadaki sonuç grafikleri ise aşağıda yer alan değerlendirme bölümünde gösterilmiştir. Bu tabloda tanımlanan evreler yaşam döngüsünde malzemenin ve ürünün geçirmiş olduğu süreci göstermektedir.

Çizelge 7.1. EN standardına göre yaşam döngüsü aşamaları(URL 14).

Product Stage			Construction Process Stage		Use Stage							End-of-Life Stage			Benefits and loads beyond the system boundary			
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport to building site	Installation into building	Use/application	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Deconstruction/demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse	Recovery	Recycling
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D

- A1: Hammadde çıkarma ve işleme, ikincil malzeme girdisinin işlenmesi (örnek geri dönüşüm süreçleri)-A2: Üreticiye nakliye-A3: İmalat-A4: Şantiyeye ulaşım-A5: Binaya montaj
- B1: Kurulan ürünün kullanımı veya uygulaması-B2: Bakım-B3: Onarım-B4: Değiştirme B5: Yenileme-B6: İşletimsel enerji kullanımı (örn. ısıtma sisteminin işletimi ve binayla ilgili diğer kurulu hizmetler)-B7: Operasyonel su kullanımı
- C1: Yapısızlaştırma, yıkım-C2: Atık işlemeye taşıma-C3: Yeniden kullanım, geri kazanım ve/veya geri dönüşüm için atık işleme-C4: İmha
- D: Net etkiler ve faydalar olarak ifade edilen yeniden kullanım, geri kazanım ve/veya geri dönüşüm potansiyelleri olarak ifade edilmektedir (URL 14).



Resim 7.5. Yaşam döngüsü modellemesi (URL 14).

Resim 7.5. ile gösterimi yapılan yaşam döngüsü analizinde inşaat yaşam döngüsü boyunca somutlaşmış karbon kaynaklarında görülen süreci resmedilmiştir. Bu sürece bakılacak olursa hammadde aşaması ile başlayıp bertaraf edilme süreci ile devam eden yaşam döngüsünde tekrar kullanım ve geri dönüşüm gibi aşamalarda gösterilmiştir. Somutlaştırılmış karbon olarak tanımlanan ifade ise; hammadde edinimi ile bağlantılı olarak imal edilen malzemenin üretim, ulaşım, uygulama, bakım, yenileme gibi aşamalardan sonra kullanım ömrü sonunda açığa çıkan sera gazı emisyonlarının toplamı olarak nitelendirilmektedir.



Resim 7.6. One Click LCA programının site ana ekranı (URL 13).

Resim 7.6. ile yaşam döngüsü analizi yapılacak olan yazılımın internet ana sayfası gösterilmiş olup siteye öğrenci lisansı için kayıt olduktan sonra analizi oluşturmak için

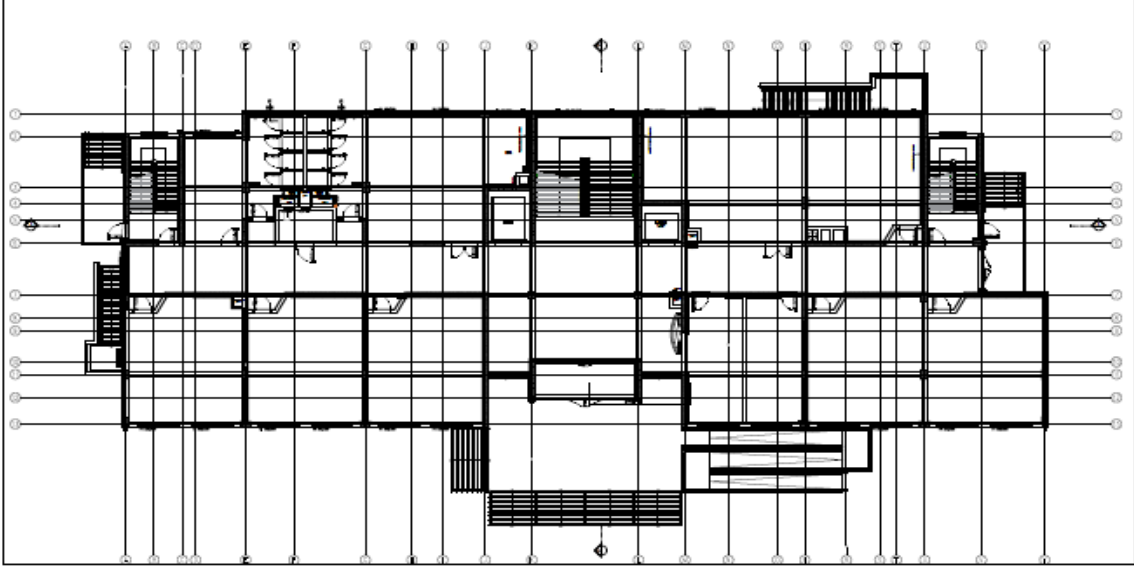
öncelikle revit programına One Click lca eklentisinin kurulumu da yapılmalıdır. Bu kurulum revit programı içerisinde yer alan Add-Ins üst başlığında yer alan eklentiler kısmında yazılım kurulmuş olacaktır.

Projenin son halini revit programında çizdikten sonra One Click LCA yazılımı çalıştırılır LCA in cloud kısmından kendi ana sitesine aktarılır. Bu kısımda önceden elde ettiğimiz öğrenci lisansını aktifleştirerek yeni bir analiz başlatılmış olur bütün veriler hem revitten aktarılır hem de manuel olarak bazı temel bilgiler analiz için yazılmalıdır. Yapının nerede bulunduğu, hangi işlevde olacağı, taban oturum alanı toplam m²'si, kullanım ömrü için hesaplanacak toplam zaman dilimi, elektrik ve su tüketim miktarları, şantiyeye ulaşım olanakları, hangi sertifika sisteminin takip edildiği, yapının yeniden üretilmiş veya mevcut binanın yenilenen olması, hangi konu kapsamında analizlerin yapılacağı, yapısal elemanlardan hangilerinin analize dahil edilmesinin istenildiği, yapının üretim şekli, yapının ana karkas şemasının beton, ahşap veya çelik olma durumu gibi faktörler yazılım programı içerisinde belirlenir ve projenin temel tasarım prensipleri belirlenmiş olur.

Metot olarak kullanılan One Click LCA programı sayesinde yaşam döngüsü analizi için; tezin alan çalışmasında yer alan ilkökul yapısının yeni baştan inşa edilen projenin zemin kat mimari uygulama kat planı ve statik proje kalıp planı ile birlikte çizime aktarılmıştır. Revit çizim programında projelendirilmesi yapılmış ve üç boyutlu render çizimi aşağıda bulunan çizelgelerde yer almaktadır. Projede bulunan ana karkas sistemi oluşturan kolon, kiriş, betonarme perde duvar ve temelde yer alan betonarme sisteme ait olan ana taşıyıcıların hepsinin çizimi revit programına aktarılarak bu cad tabanlı programda tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu projede bulunan taşıyıcı sistemlerin hepsi uygulama projesinde yer alan bütün çizime uygun olarak tamamlanmıştır. One Click LCA programında çizimin çalıştırılması revit programında eklenti bölümünün içerisinde yer alan Add-Ins sekmesi kısmında One Click butonu ile LCA in cloud'a bağlanarak ana siteye aktarımı gerçekleştirilmiştir. Bu işlemten sonra One Click LCA yazılım programının materyalleri düzenleme bölümünde malzemeleri belirleme kısmı olan sertifika sistemine aktarım sağlanmıştır.

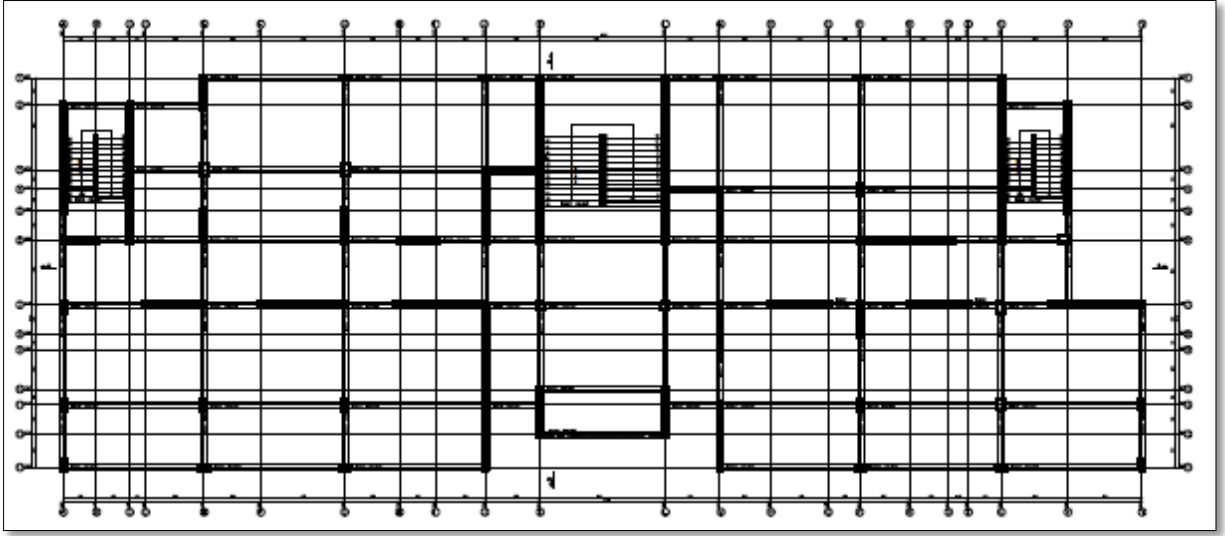
Bu tez kapsamında ise; kentsel dönüşüm neticesinde ortaya çıkan beton molozlarının geri dönüşümü sonucunda elde edilen malzemenin yaşam döngüsüne etkisi araştırıldığı için hem revit programında sadece taşıyıcı sistem olarak kolon, kiriş ve bodrum kat da bulunan

betonarme perde duvar ile temel için radye temel çizilmiştir. Geriye kalan yapı elemanları analize dahil edilmeyeceği için verileri aktarılmamıştır. Dış duvarlar, cephe elemanları, döşeme kaplamaları, duvar kaplamaları, merdivenler, çatı kaplamaları vb. birçok yapı unsuru bu tez kapsamında yaşam döngüsü analizinde yer almayacağı için çizime ve analize dahil edilmemiştir. Burada sadece beton da %0, %20 ve %40 oranlarında geri dönüştürülmüş agregaların kullanılması sonucunda elde edilmiş olan veriler kıyaslanmıştır.



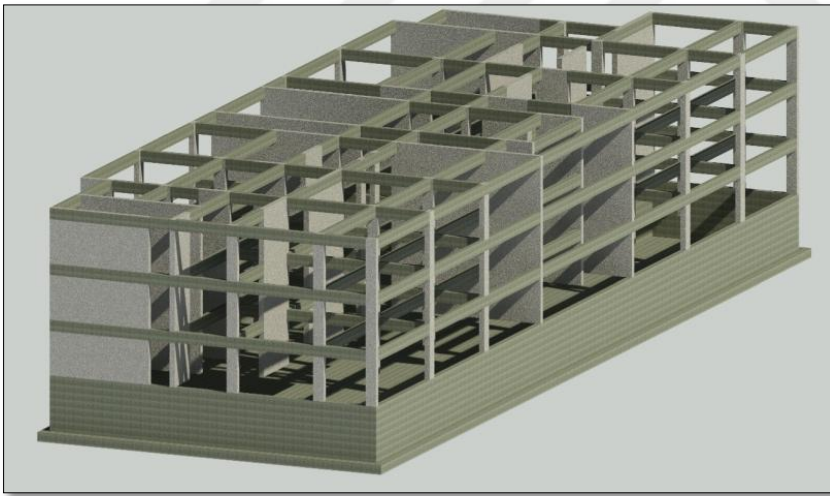
Resim 7.7. Sümer İlkokulu zemin kat mimari planı (Yeniden tasarlanan şimdiki adı Diniye Çalık İlkokulu olan yapının mimari uygulama planı)

Resim 7.7. ile mimari projenin zemin kat planı içerisinde yer alan aksların, dikeyde ve yatayda bulunan taşıyıcı elemanların, düşey sirkülasyon elemanlarından merdivenlerin ve ıslak hacimlerin yerleri belirtilerek uygulama projesinin çizimi bulunmaktadır. Burada asıl önemli olan kısım düşeyde yer alan kolonların ve perde duvarların yerlerinin tespit edilmesi ve buna uygun olarak revite aktarımının sağlanmasıdır. Bu tez kapsamında da kullanılacak olan ana taşıyıcı öğelerin yaşam döngüsüne dâhil edilmesidir.



Resim 7.8. Sümer İlkokulu zemin kat kalıp planı (Yeniden tasarlanan şimdiki adı Diniye Çalık İlkokulu olan yapının statik uygulama planı)

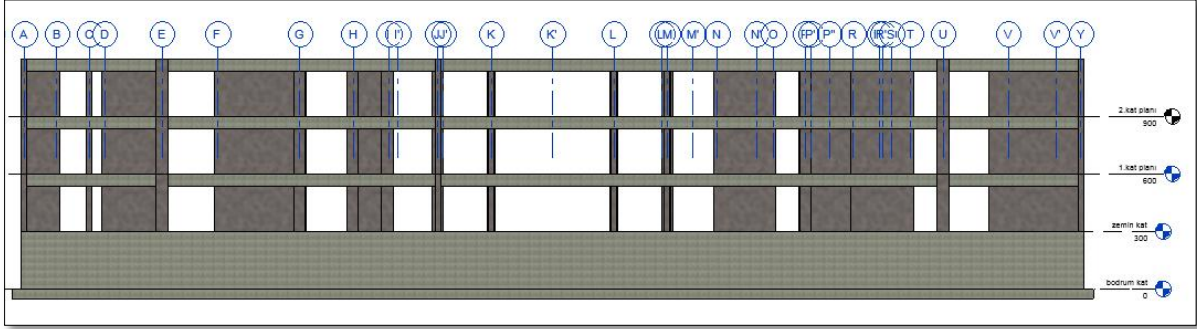
Resim 7.8. de yer alan zemin kat kalıp planı yukarıda ki bulunan Resim 7.7.'de bulunan zemin kat mimari proje ile statik projesi karşılaştırılarak kolonlar, perde duvarlar ve aksların yerleri tam belirlenmiş ve projenin çizimi revitte gerçekleştirilmiştir.



Resim 7.9. Sümer İlkokulu revit programında modellenen 3 boyutlu render çizimi (Yeniden tasarlanan şimdi ki adı Diniye Çalık İlkokulu olan yapının mimari uygulama planı)

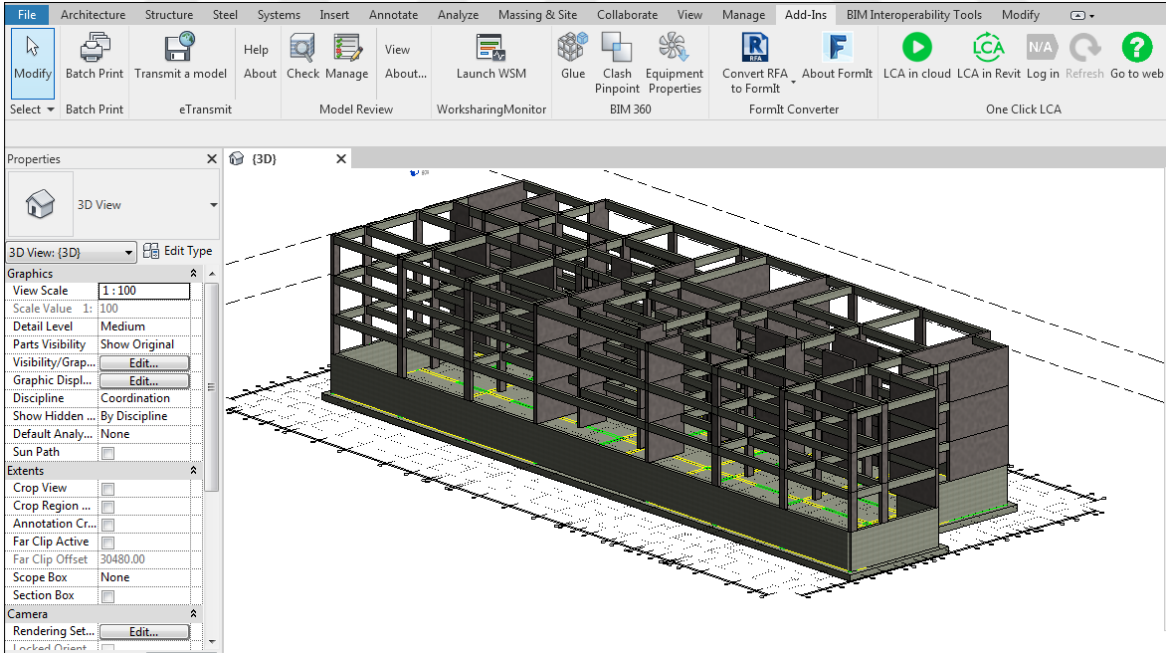
Resim 7.9. ile belirtilen üç boyutlu çizim revit programında taşıyıcı sistemi oluşturulan Diniye Çalık ilkokulunun render çizimidir. Burada ki hedef kolon, kiriş, perde duvarların ve temelde ki radye temel kısmının birleşiminin gösterilmesidir. Yapıda yer alan bütün ana karkas sistem bu üç boyut ile revitte analiz edilmek için tasarlanmıştır.

Resim 7.10. ile kat yükseklikleri belirtilen binanın aksları ve kolon kiriş şeması olarak ön cephesi gösterilmiştir. Yapının çiziminde ana taşıyıcı sistem yer aldığı için cephe çiziminde sadece kolonlar, kirişler ve temel bulunmaktadır.



Resim 7.10. Sümer İlkokulu Revit programında modellenen ön görünüş çizimi (Yeniden tasarlanan şimdi ki adı Diniye Çalık İlkokulu olan yapının mimari uygulama çizimi)

Resim 7.11. Revit programında çizimi gerçekleştirilen mimari ve statik projenin strüktür taslağının programın ana sayfasındaki görünümü burada gösterilmiştir. Revit programında yer alan bu perspektif çizim bize kolon, kiriş, perde duvar ve temelde yer alan radye temelin ana hatlarıyla gösterimini ifade etmektedir.




Resim 7.11. Sümer İlkokulu Revit programında modellenen perspektif çizimi (Yeniden tasarlanan şimdi ki adı Diniye Çalık İlkokulu olan yapının mimari uygulama çizimi)

Resim 7.12. ile ifade edilen one click lca analizinin ara yüzünde yer alan veri girişi sayfası ile bütün tasarıma ait bilgi donanım girişi sağlanır. Bu sayfada ise analiz için kullanılacak

olan tasarımın temel bilgi verileri aktarılmaktadır. Bütün bilgiler manuel olarak girildikten sonra malzemenin hangi türden olacağı ne kadar kullanılacağı ve hangi yapı elemanında bulunacağı gibi faktörler işlenir. Yaşam döngüsü analizi için gerekli ön bilgi burada oluşturulur.

Resim 7.12. One Click LCA sitesinde yer alan tasarım aşaması ve hesaplama araçları sayfası

Bilgi	İstekler	Ekler	notlar
			
Lisanslar	Tek Tıkla LCA Öğrencisi (Uluslararası) İşletme + Karbon Tasarımcısı EĞİTİM		
Adres	Koyunoğlu, İnönü cad. No:255, 44040 Yeşilyurt/Malatya, Türkiye		
Tip	Okullar (İlköğretim)		
Brüt Kat Alanı (m²)	1 025		

Resim 7.13. One Click LCA ana sayfa bilgi kutucuğu

Resim 7.13. ile ilköğretim okuluna ait olan bilgiler ilk baştaki ara yüzde tanımlandıktan sonra ana sayfada bilgileri aktif olarak yer almaktadır. Manuel olarak girilen bütün verilerden sonra malzeme seçimi sayfasından kullanılacak olan alternatif malzeme seçimleri yapılmıştır. Bu karşılaştırılacak olan üç alternatif çalışmada elektrik ve su kullanımı, şantiye operasyonlarının verileri bütün hepsinde sabit tutularak sadece malzemede ki değişimin yaşam döngüsüne olan etkisi araştırılmıştır.

Ana > sümer ilkokulu > sümer ilkokulu > Yaşam döngüsü değerlendirilmesi, EN-15978 > Girdi verileri : Yapı malzemeleri [İptal etmek] [Kaydetmek] [Sonuçlar] [Anlari karşılaştırm] [Data fazla hareket] [Filtreleri göde] [Verileri işe aktar]

sümer ilkokulu

Yapı malzemeleri [Enerji tüketimi, yıllık] [Su tüketimi, yıllık] [Şantiye operasyonları] [İnşaat alanı] [Hesaplama dönemi]

Malzeme [Filtre] Olike [Filtre] Yeni kaynağı [Filtre] Tip [Filtre] yukan akış [Filtre] CO2e [Filtre] Etirim [Filtre] Özellikleri [Filtre] [Kaydetmek]

Malzeme tüketimlerini malzeme türüne göre doldurun. Tüm malzemeleri bir araya toplanmış olarak veya örneğin yapı tipine göre aynı sıralarda doldurabilirsiniz. Aksi belirtilmedikçe, brüt tutarları kullanın (kayıplar dahil). Malzemeler herhangi bir bölüme eklenebilir. Malzeme seçimi yardım.

Tamlık (%) ve inandırıcılık denetleyicisi (-)

1. Temeller ve altyapı 0.11 Ton CO₂e

Değerlendirme süresi ne olursa olsun, temellerdeki malzemeler asla değiştirilmeyecektir. BREEAM UK Mat 1 IMPACT eşdeğeri için, saha kazı yakıtı kullanım verilerini buraya sağlayın, kaynak Kazı çalışmaları seçin.

Temel, alt yüzey, bodrum ve istinat duvarları [Cevapları karşılaştırm] [Grup oluştur] [Malzemeleri taşı] [Karşılaştırmak için tıklayın]

Yazmaya başlayın veya oku tıklayın

Kaynak	Miktar	CO ₂ e	Yorum	Ulaşım, kilometre	Taşıma, 2. bacak, kilometre	hizmet ömrü	yerleştirme	Yeniden kullanılan malzeme
Sert için temeller	100 m ²	0.11t - %0%		Bileşene göre veriler	Bileşene göre veriler	Bileşene göre veriler	Bileşene göre veriler	<input checked="" type="checkbox"/>

2. Dikey yapılar ve cephe 549 Ton CO₂e - %68

Dış duvarlar ve cephe [Cevapları karşılaştırm] [Grup oluştur] [Malzemeleri taşı] [Karşılaştırmak için tıklayın]

Yazmaya başlayın veya oku tıklayın

Kaynak	Miktar	CO ₂ e	Yorum	Ulaşım, kilometre	Taşıma, 2. bacak, kilometre	hizmet ömrü	yerleştirme	Yeniden kullanılan malzeme
Priskast beton duvar elemanları (sol)	549 m ³	219t - %27		60	Römerkombinasyonu, 40		Tanımlanmamış	<input type="checkbox"/>

Kolonlar ve yük taşıyan dikey yapılar [Cevapları karşılaştırm] [Grup oluştur] [Malzemeleri taşı] [Karşılaştırmak için tıklayın]

Resim 7.14 Malzeme tanımlama ve kategori seçme özellikleri

Resim 7.14. ile malzemedeki değişimin oranları, kaynak kullanımı ve yeniden kullanılabilirlik gibi özellikler işlenerek 3 adet alternatif çalışmadaki farklılıklar belirlenmiştir. Bu farklılıklar özellikle betonun içerisine katılan karışım malzemelerinden agreganın oransal olarak değişimi ile sağlanmıştır.

1. Alternatif çalışmada bütün veriler geri dönüşüm malzemesi kullanılmadan %0 oranında tutularak mevcut durum olduğu gibi aktarılmak istenilmiştir. Bu seçim de kolon, kiriş, betonarme perde duvar ve temelde kullanılan betonun özelliğini geri dönüşüm malzemesi kullanılmadan oluşturulmuştur.

2. Alternatif çalışmada bütün veriler geri dönüşüm malzemesinin %20 oranında kullanımı sağlanmıştır. Bu seçim ise kolon, kiriş, betonarme perde duvar ve temelde kullanılan betonun özelliğini geri dönüşüm malzemesinin %20 oranında betonun içerisine agrega olarak dahil edilmesiyle oluşturulmuştur.

3. Alternatif çalışmada da bütün veriler de geri dönüşüm malzemesinin %40 oranında kullanımı sağlanmıştır. Bu seçimde ise kolon, kiriş, betonarme perde duvar ve temelde kullanılan betonun özelliğini geri dönüşüm malzemesinin %40 oranında kullanılmasıyla oluşturulmuştur.

Bu üç alternatif çalışmada değişkenlik gösteren tek unsur geri dönüşümlü malzemenin kullanım oranı üzerine olmuştur. Betonun içerisinde yer alan karışımlardan belli oranlarda ki değişim ile grafiksel olarak yaşam döngüsü analizinin nasıl etkilendiği tespit edilmeye

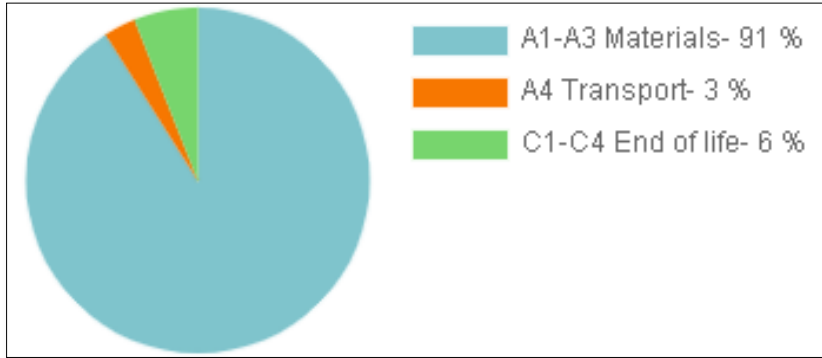
çalışılmıştır. Burada betonu oluştururken içerisine eklenen malzemelerden en çok paya sahip olan agreganın değerleri üzerindeki değişim yapılmak istenilmiştir. Bunun içinde üç alternatif içerisinde betona etki eden en önemli malzeme agreganın %0, %20 ve %40 geri dönüştürülmüş olarak eklenmesi yapılmıştır. Hammadde edinim aşamasında da en fazla enerji tüketimine sahip olan agreganın betonun üretimi sırasında geri dönüştürülmüş olarak kullanımı hammadde edinimi ve enerji tüketimi konusunda önemli bir etkiye sahiptir.

7.2. Değerlendirmeler

Yapılan alternatif çalışmalarda ilk olarak referans alınan alternatif 1 de geri dönüştürülmüş beton agregası kullanılmadan betonun üretimi yapılırsa yaşam döngüsünde görülen hammadde kullanımından başlayarak son aşama olan geri dönüşüm ve tekrar kullanımına kadar ki süreçte açığa çıkan toplam karbon emisyonunun grafiği aşağıda yer almaktadır. Dairesel grafikte belirtilen A1-A3 Malzemeleri hammadde edinim, üretim aşamaları olup burada beton karışımının oran olarak bütün malzemelerinin geri dönüştürülmeden elde edinimi söz konusudur. Betonu sıfırdan üretim olduğu için oran olarak %91 oranı ilk referans alınan karbon emisyonu oranı olarak ele alınmaktadır.

Alternatif 1 için sonuç grafikleri;

Çizelge 7.2. Alternatif 1 için Yaşam döngüsü aşamasına göre somutlaşmış karbon



Çizelge 7.2. ile ifade edilen değerler hammadde kullanımında geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı burada %0 olduğu için hammadde edinimi ve üretim sürecinde %91 oranında, yıkım ve atık işlemeye taşıma, yeniden kullanım, geri kazanım ve/veya geri dönüşüm için atık işleme ve imha gibi C1-C4 aşamalarında ise %6'lık bir oran ile karbon salınımı meydana gelmiştir. Böylelikle oranlardan anlaşılan temel faktör geri dönüştürülmüş

malzemenin hammadde aşamasında eklenmesi ile karbon salınımının oran payı değişmiş olacaktır.

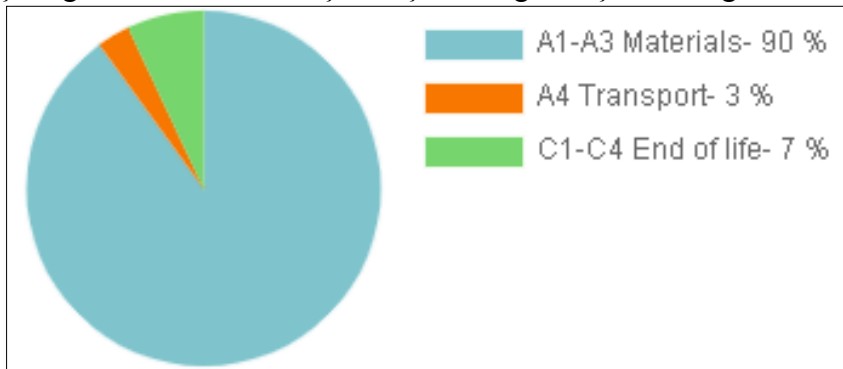
Çizelge 7.3. Alternatif 1 için Somutlaştırılmış karbon kıyaslaması

Beşikten mezara (A1-A4, B4-B5, C1-C4)	kg CO ₂ e/m ²
(< 250) A	
(250-310) B	
(310-370) C	
(370-430) D	
(430-490) E	
(490-550) F	535
(> 550) G	

Yukarıda yer alan Çizelge 7.3. Somutlaştırılmış karbon kıyaslamasına (karbon salınımı, sera gazı salınımı) bakacak olursak; yaşam döngüsünde geri dönüştürülmüş malzeme de %0 oranında kullanımı neticesinde 535 kg CO₂ e/m² değeri ile F karbon sınıfına ait olduğu görülmektedir. İlk aşamada 1. Alternatifi referans noktası alınarak diğer alternatifler için değişimin nasıl olduğu geri dönüştürülmüş agrega kullanım oranlarındaki artış ile diğer 2 alternatif çalışma da anlatılmak istenilmiştir.

Alternatif 2. için sonuç grafikleri;

Çizelge 7.4. Alternatif 2 için Yaşam döngüsü aşamasına göre somutlaşmış karbon



Burada yer alan Çizelge 7.4. ile belirtilen geri dönüşüm agregasının %20 oranında kullanılması ile hammadde kullanımındaki oranın azalarak %90 oranında karbon salınımının meydana geldiği görülmektedir. 1. Alternatif çalışmada %0 oranında geri dönüştürülmüş agrega kullanımı ile %91 olan karbon salınımı 2. Alternatif de ise %90

olarak azalışa geçmiştir. Karbon emisyonunda ki azalış özellikle hammadde aşamasında olması beton üretimi için gerekli agreganın geri kazanım yöntemleri ile elde edilmesi yaşam döngüsündeki karbon salınımının düşürmektedir.

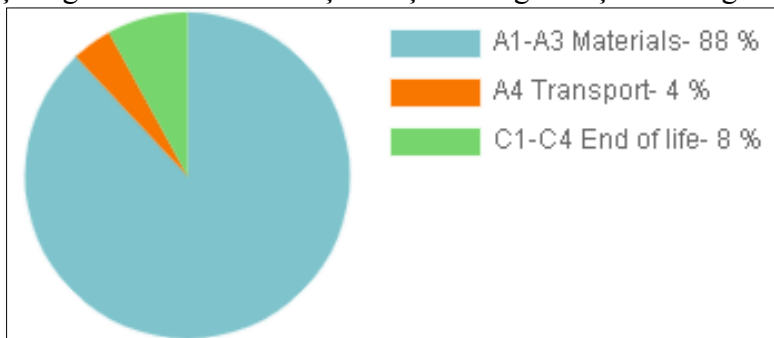
Çizelge 7.52. Alternatif 2 için Somutlaştırılmış karbon kıyaslaması

Beşikten mezara (A1-A4, B4-B5, C1-C4)	kg CO ₂ e/m ²
(< 250) A	
(250-310) B	
(310-370) C	
(370-430) D	
(430-490) E	469
(490-550) F	
(> 550) G	

Yukarıda yer alan çizelge 7.5. ile ise Somutlaştırılmış karbon kıyaslaması değerlerinde karbon miktarındaki azalma meydana gelerek E sınıfı kg CO₂ e/m² olarak yaşam döngüsüne etki ettiği görülmektedir. Geri dönüştürmüş agrega kullanımının artışı ile sonuç değerlerindeki iyileşme sınıfsal olarak da iyi bir noktaya doğru hareket ettiği tespit edilmiştir. Burada gösterilen A-B-C-D-E-F-G sınıflandırması özellikle yaşam döngüsü analizinde A gruplandırmasına yaklaştıkça kg CO₂ e/m² miktarında azaltarak yaşam döngüsü sürecine fayda sağlayacağı düşünülmektedir. 2.Alternatif ile görülen değer ise 469 kg CO₂ e/m²'dir.

Alternatif 3 için sonuç grafikleri;

Çizelge 7.6. Alternatif 3 için Yaşam döngüsü aşamasına göre somutlaşmış karbon



3.Alternatif çalışması ile %40'lık geri dönüşüm agregası kullanımının grafiğe olan yansması hammadde ve imalat aşamalarında azalmanın meydana geldiği C1-C4 olarak

belirtilen yıkım, yeniden kullanım, geri kazanım ve/veya geri dönüşüm için atık işleme imha işlemlerinde ise artış sağlanarak %8 oranında bir değişim görülmektedir. Burada ise geri dönüştürülmüş agreganın %40 oranında kullanılmış olması %88 oranında emisyonun meydana getirdiği görülmektedir.

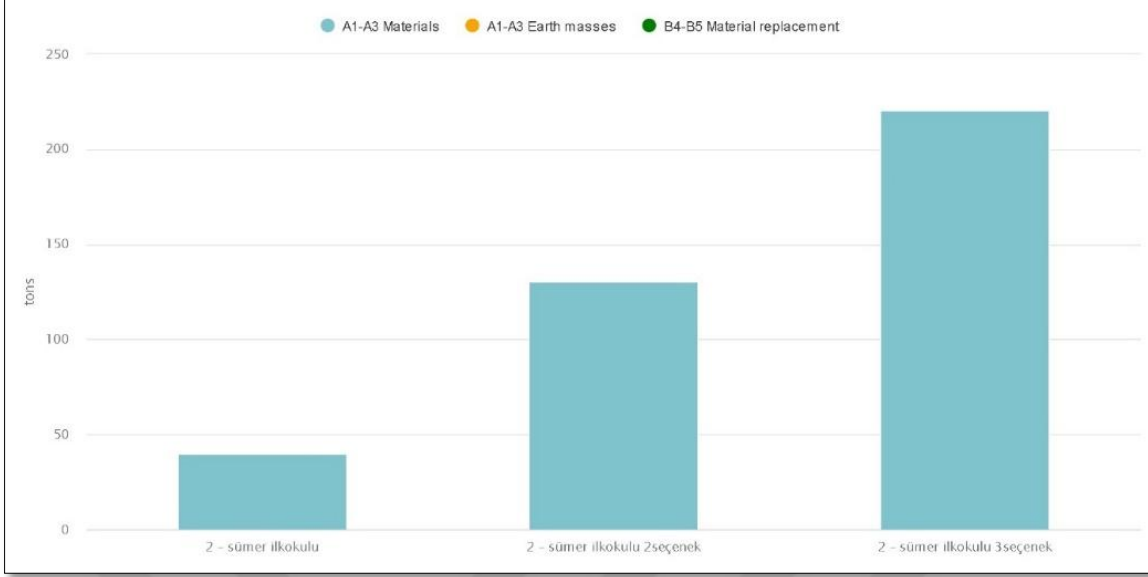
Çizelge 7.7. Alternatif 3 için Somutlaştırılmış karbon kıyaslaması

Beşikten mezara (A1-A4, B4-B5, C1-C4)	kg CO ₂ e/m ²
(< 250) A	
(250-310) B	
(310-370) C	
(370-430) D	403
(430-490) E	
(490-550) F	
(> 550) G	

Çizelge 7.7. ile Somutlaştırılmış karbon kıyaslaması sınıfsal olarak ayırımına bakılacak olursa geri dönüştürülmüş agrega kullanımındaki artış ile birlikte %20 geri dönüştürülmüş agrega kullanımında E sınıfında yer alan değer; %40 geri dönüştürülmüş agrega kullanımı sayesinde D sınıfı kategorisinde 403 kg CO₂ e/m² değerinde yer almaktadır. Bu sayede karbon emisyonunda ki azalış tespit edilmiştir.

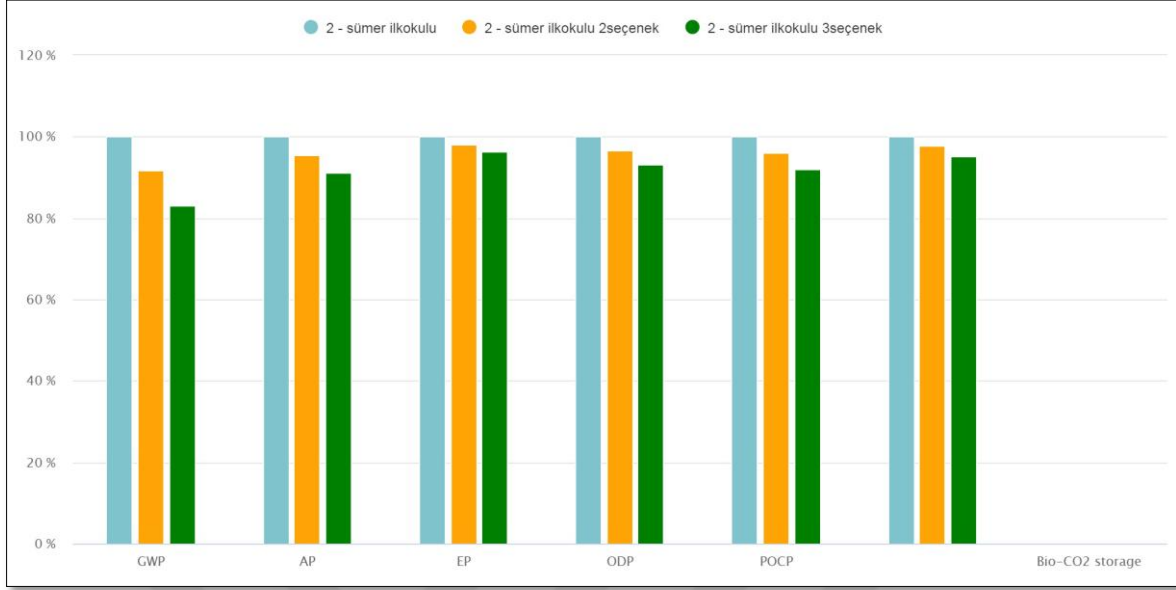
Yukarıda yer alan 1. 2. ve 3. Alternatif çalışmalar için somutlaştırılmış karbon kıyaslaması ve Yaşam döngüsü aşamasına göre somutlaşmış karbon verilerine göre her bir alternatif için grafikler gösterilmiştir. 1. Alternatif çalışmasının grafiklerine baktığımızda karbon miktarının en fazla olduğu açıkça görülmektedir. Burada %0 oranında geri dönüştürülmüş agrega kullanılması karbon salınımının en fazla miktarda olmasına sebep olmuştur. Yaşam döngüsü aşamasına göre somutlaşmış karbon döngüsüne bakıldığı zaman ise 3. Alternatif çalışma olan %40 oranında geri dönüştürülmüş agrega kullanımında dairesel olarak ifade edilen pay miktarında C1-C4 evrelerinin oranı yüksek çıkmış A1-A3 evrelerindeki oran ise diğer 1. Ve 2. Alternatife göre daha az çıkmıştır. Yüksek çıkmasındaki asıl neden malzemedeki oransal değişimin sayesinde karbon emisyonundaki azalışın meydana gelmesidir.

Çizelge 7.8. Bina Döngüsellği -Geri dönüştürülmüş içerik, Yaşam döngüsü aşamaları(ton)



Yukarıda yer alan Çizelge 7.8. ile görülmektedirki; A1-A3 olarak gösterilen değerlerde hammadde ve üretim aşamaları için yaşam döngüsü analizinde bu evrelerin geri dönüştürülmüş beton agregasının kullanım miktarları 3 alternatif çalışma için gösterilmiştir. %40 Geri dönüştürülmüş agrega kullanımının fazla olduğu 3. alternatif için bina döngüsellğinin daha fazla olduğu görülmektedir. Burada 3. Alternatifte bina döngüsellğinin diğerlerinden oransal olarak fazla olmasındaki asıl neden geri dönüştürülmüş agrega kullanımının %40 oranında geri kazanımın sağlanmasıdır. Ton hesabına göre geri dönüştürülmüş içerik olarak belirtilen grafikte 3. Alternatif ile 2. Alternatif arasında %20 geri dönüştürülmüş agrega kullanım farkı bina döngüsellğinde de yaklaşık olarak %30-40 oranında yaşam döngüsüne etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 7.9. Tüm etki kategorileri (Yaşam Döngüsüne Etki eden bütün kategorilerin toplam grafiği)

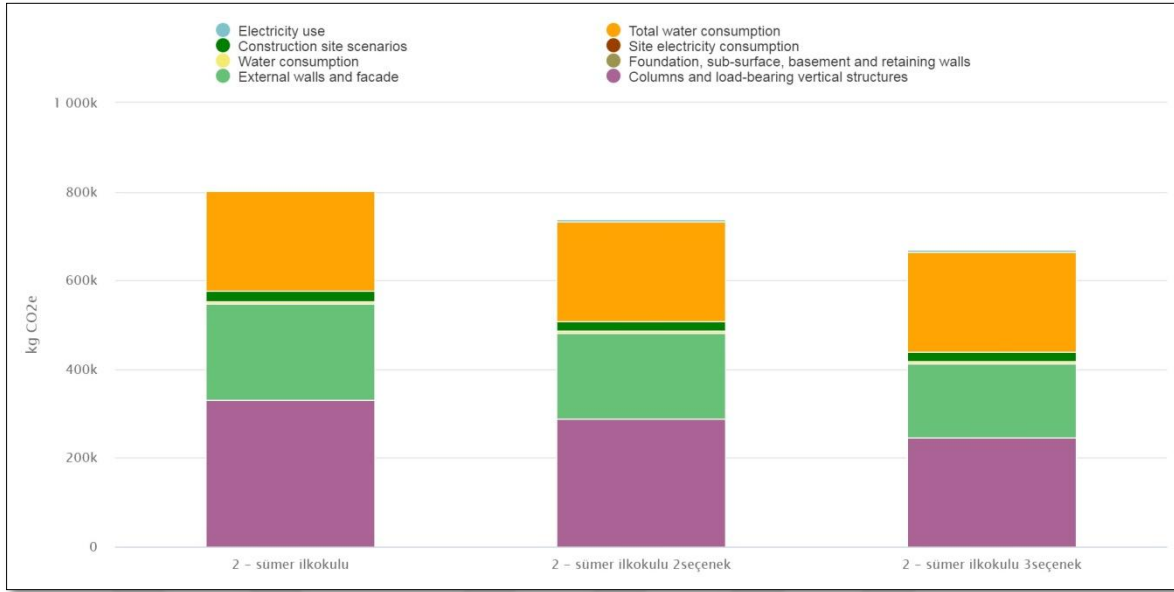


Çizelge 7.9. ile Üç alternatifin tüm yaşam döngüsü etki kategorileri grafiksel olarak karşılaştırılması yukarıda yer alan çizelgede görülmektedir.

Bunlardan GWP (Global Warming)-Küresel Isınma, AP(Acidification)- Asidifikasyon potansiyeli, EP(Eutrophication)-Ötrofikasyon, ODP (Ozone depletion potential)-Ozon tabakasını inceltme/delinme potansiyeli, POCP (Formation ozone of lower atmosphere)-Alt atmosferin ozon oluşumu, Total use of primary energy ex.raw materials-Hammadde hariç birincil enerjinin toplam kullanımı olarak açıklımları yapılmaktadır.

Üç alternatifi karşılaştırırken mavi renkli olan ilk alternatifte kullanım olarak geri dönüşümlü malzeme kullanımının %0 olduğu, sarı renkli olan ikinci alternatif de %20 oranında geri dönüştürülmüş bağlayıcı agrega kullanımının olduğu ve en son yeşil renkli üçüncü alternatifte %40 oranında geri dönüştürülmüş malzemenin beton içerisinde yer alacak şekilde malzeme seçimi yapılmıştır. Bu grafiklerden de görüldüğü üzere geri dönüştürülmüş malzeme oranı arttıkça grafiklerde ki etki değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir.

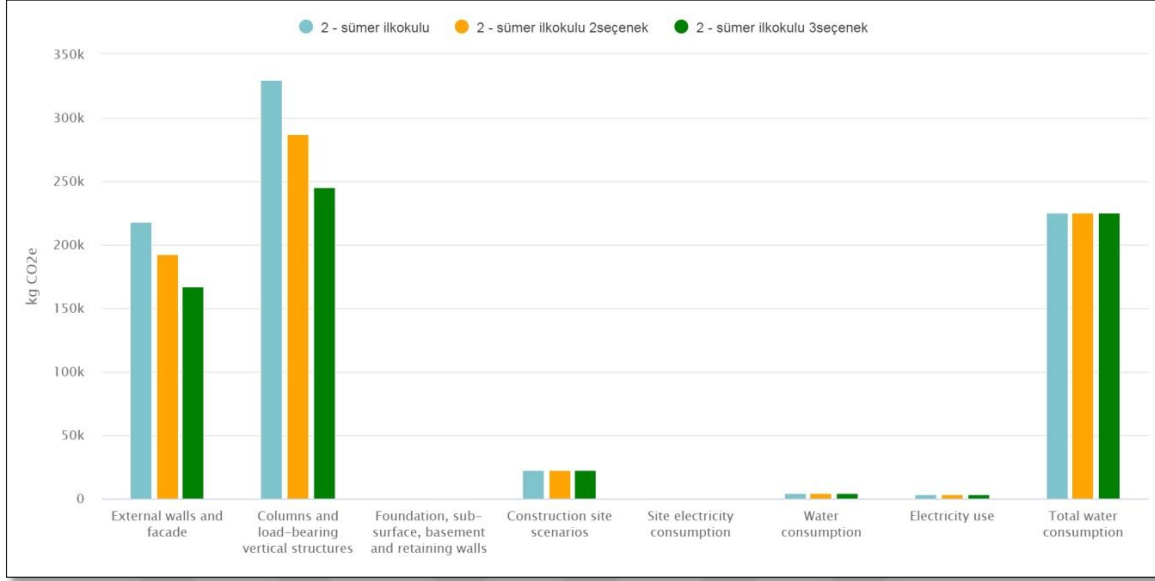
Çizelge 7.10. Yaşam döngüsü değerlendirmesi toplam kullanım grafiği



Çizelge 7.10. grafiksel gösteriminde ise elektrik kullanımı, şantiye operasyonları, su tüketimi, dış duvar ve cephe, toplam su tüketimi, şantiye elektrik tüketimi, temel alt yüzeyi bodrum ve istinat duvarı, kolonlar ve yük taşıyan dikey yapılar olarak sınıflandırılmıştır.

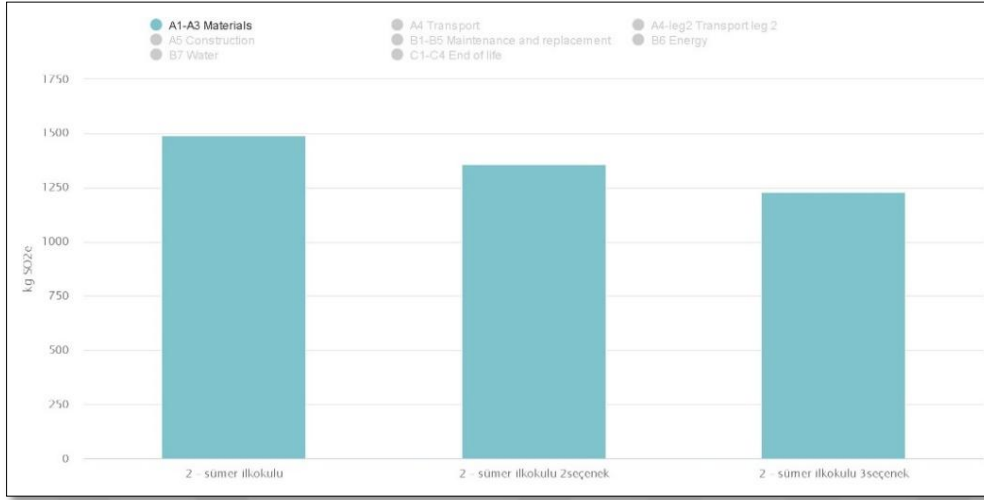
Bu tez kapsamında şantiye operasyonları, elektrik kullanımı ve su kullanımı sabit tutularak diğer unsurlarda değişim meydana geldiği için; grafiklerde belirtilen sarı renkli su tüketimi, koyu yeşil renkli şantiye operasyonları ve mavi renkli elektrik kullanımının değerleri değişmemiş olup, mor renkli kolonlar ve yük taşıyan dikey yapılar kısmında üç alternatif arasında değişim görülmektedir. Bunun asıl nedeni beton malzemesinde ki içeriğin geri dönüştürülmüş agrega oranlarındaki %0, %20 ve %40 olarak oransal değişimi söz konusudur. Toplam kullanım grafiğinde belirtilen kg CO₂ değeri ile ifade edilen grafikte çalışmada değerleri değiştirilmeden üç alternatif içinde eşit miktarda su miktarı, şantiye operasyonları, elektrik tüketiminin olduğu görülmektedir. Değişimin olduğu mor renkli sütunlarda ise; yaşam döngüsü değerlendirmesinde %10-20 oranında toplam açığa çıkan CO₂ gaz salınımında azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 7.11. Alternatif 1- Alternatif 2- Alternatif 3 Yaşam döngüsü değerlendirme toplam kullanım grafiği



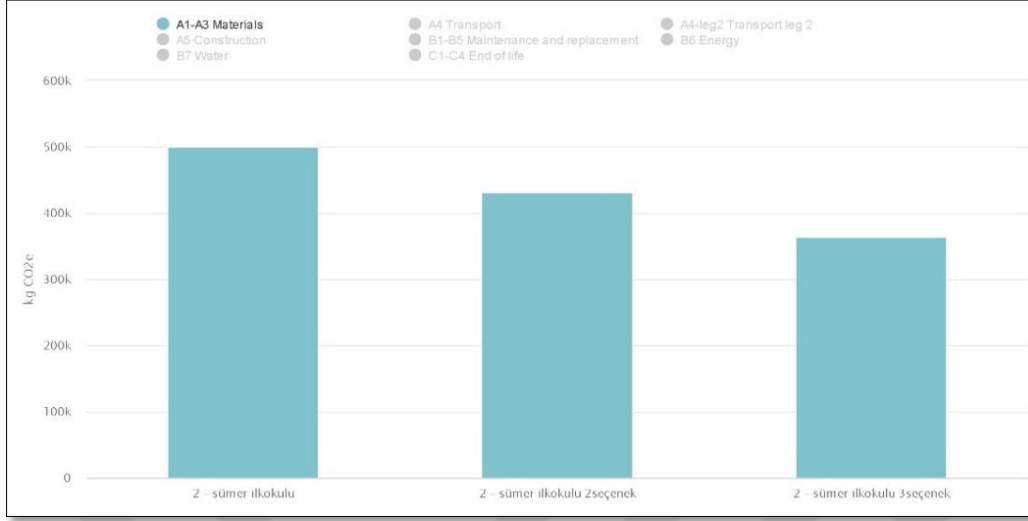
Yukarıda yer alan Çizelge 7.11. de gösterilen grafiklerde toplam CO₂ Kullanımı; elektrik kullanımı, şantiye operasyonları, su tüketimi, dış duvar ve cephe, toplam su tüketimi, şantiye elektrik tüketimi, temel alt yüzeyi bodrum ve istinat duvarı, kolonlar ve yük taşıyan dikey yapılar olarak ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Bu grafiklerde şantiye operasyonları, elektrik kullanımı ve su kullanımının etki değerleri üç alternatifte eşit miktarda üretime dahil edildiği için etki değerlerindeki aynı orana sahip olduğu görülmektedir. Burada asıl hedeflenen betonun içeriğindeki malzemenin oransal farklılığın tek değişken etkisinin incelenmesi olduğu için diğer değişkenlerin sabit tutulması gerekmektedir. Kolonlar ve yük taşıyan dikey yapılar kısmındaki üç alternatif arasında azalış ve değişim grafikte kg CO₂ olarak gösterilmiştir. Kullanım miktarındaki %0, %20 ve %40 oranlarına göre etki değerlerindeki azalma meydana geldiği görülmektedir. Toplam su miktarı, şantiye operasyonları, elektrik kullanımı gibi kategoriler her üç alternatif içinde eşit değerlere sahip olarak düşünülmüştür. Analize eğerki su ve elektrik kullanımı gibi kategorileride eklemek istiyorsak One Click LCA yazılımında veriler aktarılırken betonun analizinin yanında diğer değerlerdeki oransal değişimlerinde ile yaşam döngüsü analizindeki değişim grafikler ile ispat edilmiş olunacaktır. Alternatif 1 referans alınarak diğer her iki çalışmada %20 ve %40 oranları geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı sayesinde dış duvar ve cephe ile belirtilen kategoride her bir alternatif arasında yaklaşık %20-30 oranlarında bir azalma görülmektedir.

Çizelge 7.12. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, EN- 15978- Asitleştirme, kg SO₂ e-Yaşam döngüsü aşamaları



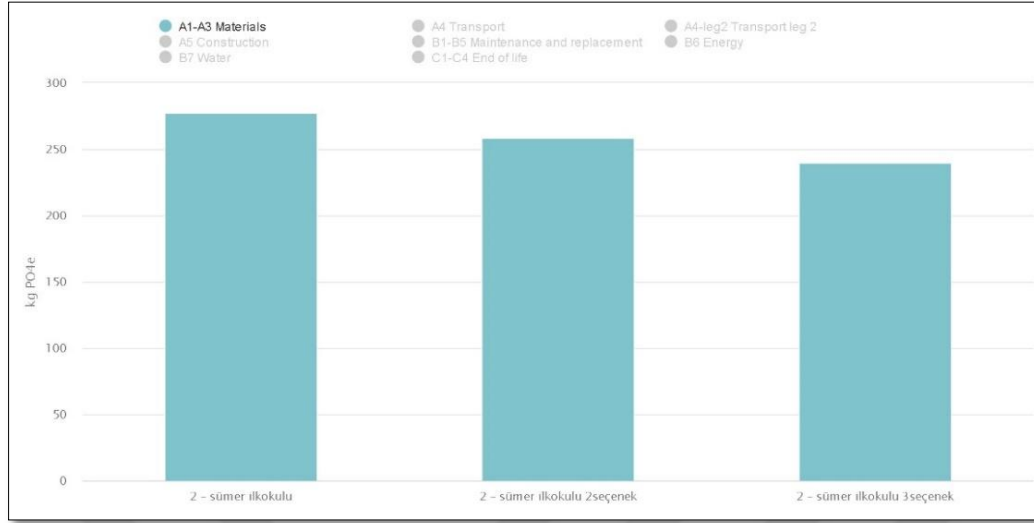
Çizelge 7.12. de ifade edilen asitleştirme grafiğinde kg SO₂ e miktarındaki etki değerinin üç alternatif arasından geri dönüştürülmüş agrega miktarındaki artışla beraber asitleştirme miktarında azalmaya etki ettiği görülmektedir. Asidifikasyon özellikle karbondioksit emiliminin yüksek olması neticesinde sera gazı salınımının artışına sebep olarak açığa çıkar. Bunun neticesinde de malzeme üretimi sırasında açığa çıkan gazların miktarının artması bu değerlere de etki ettiği görülmektedir. %40 oranında geri dönüştürülmüş agrega kullanımı ile ters orantılı olarak 1250 kg SO₂ e miktarında alt seviyelerine indiği görülmektedir. Buna rağmen %0 oranında geri dönüştürülmüş agrega kullanımının olmadığı 1. Alternatif çalışmasına bakılacak olursa 1500 kg SO₂ e asitleştirme miktarındaki miktarın üst seviyelere ulaştığı anlaşılmaktadır. %20 oranında bir geri dönüştürülmüş agrega kullanımı ise her iki alternatif çalışmada orta seviyelere denk geldiği grafikte belirtilmiştir. Geri dönüştürülmüş betonun kullanılması zararlı gaz salınımlarının önlenmesini sağlayarak asidifikasyon miktarının azalmasını sağlamaktadır. Geri dönüştürülmüş agrega kullanarak, hammadde ediniminde açığa çıkan zararlı gazların etkisini azaltacağı için önemlidir. Çünkü geri dönüştürülmüş agrega ile betonun tekrar üretilmesi (%40 değerinde olduğu gibi) sıfırdan beton üretilmesinden (%0 değerinde olduğu gibi) daha az enerjiye ihtiyaç duyulduğu için etkilidir. Hem de atık malzemelerin taşınması ve depolanması sırasında açığa çıkan zararlı gazların çevrede artmasının önüne geçilmiş olacaktır.

Çizelge 7.13. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, EN- 15978- Küresel ısınma, kg CO₂ e- Yaşam döngüsü aşamaları



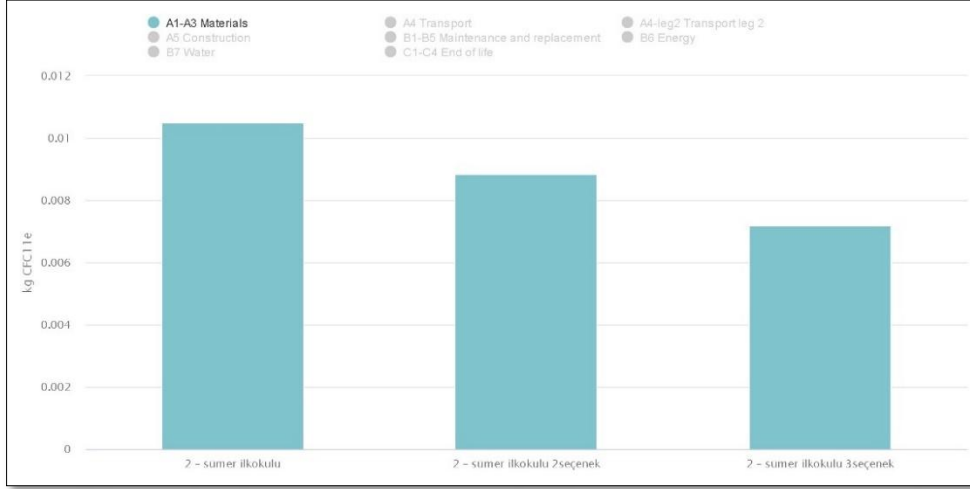
Çizelge 7.13. ile Küresel ısınma potansiyeli olarak kg CO₂ e miktarındaki değişimin üç alternatif içerisindeki farklı yansımaları grafikte görülmektedir. Geri dönüştürülmüş agreganın %0, %20 ve %40 oranında kullanımları 1.2. ve 3. Alternatif çalışma için ters orantılı olarak geri dönüştürülmüş agrega kullanımı arttıkça küresel ısınmadaki miktarın gittikçe azaldığı tespit edilmektedir. Küresel ısınmadaki değişimin üç alternatif arasındaki oransal değişimine bakılacak olursa; alternatif 1 de küresel ısınma değeri olarak da 500k kg CO₂ e değerine yaklaştığı görülmektedir. Alternatif 2’de 400k kg CO₂ e değerinin üzerinde olduğu, alternatif 3’de ise 300k kg CO₂ e değerinde olduğu tespit edilmiştir. Küresel ısınmadaki bu değerler özellikle üç alternatifin hammadde açısından geri dönüştürülmüş agrega kullanım miktarının artmasıyla birlikte ters orantılı bir şekilde azaldığı görülmektedir.

Çizelge 7.14. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, EN- 15978- Ötrofikasyon, kg PO₄ e - Yaşam döngüsü aşamaları



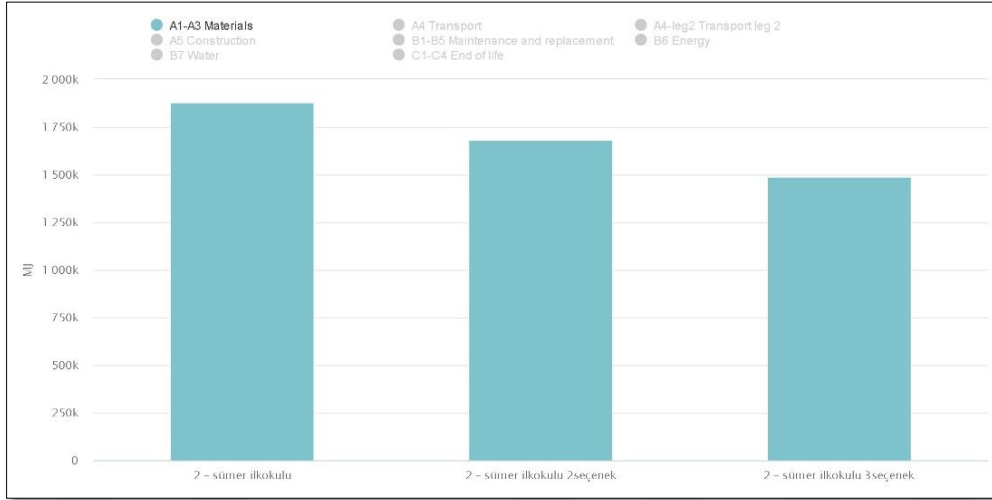
Çizelge 7.14. ile Ötrofikasyon kg PO₄ miktarındaki üç alternatif arasındaki değişimin malzemedeki etki değerleri ilk aşama olan hammadde ve üretim kısmındaki farkın olduğu anlaşılmaktadır. Bu miktarlardaki değişimde esas olan betonun içerisine dahil olan agrega miktarındaki oranların değişimi ile yaşam döngüsü aşamasındaki değişim açısından iyi yönde etkili olduğu görülmektedir. Ötrofikasyon açısından kg PO₄ değerlerine alternatifler arasında kıyaslanacak olursa; ilk alternatifte geri dönüştürülmüş agrega olmama halinde 300 kg PO₄ yaklaştığı görülmektedir. Alternatif 2’de ise 250 kg PO₄ üzerinde bir değer ve alternatif 3’de ise 250 kg PO₄ e yaklaştığı görülmektedir. Bu da hammadde içerisinde geri dönüştürülmüş agrega kullanımının artışı ile beraber ötrofikasyon miktarında bir azalma meydana geleceği ispat edilmiş olmaktadır. Malzemede geri dönüştürülmüş agrega kullanımının artışı ile beraber daha temiz içerikli beton üretimi sürdürülebilirlik bakımından da çevreye fayda sağlayacaktır.

Çizelge 7.15. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, EN- 15978- Ozon Tüketimi, kg CFC11e- Yaşam döngüsü aşamaları



Çizelge 7.15. ile yukarda ifade edilen grafikte ozon tüketimi kg CFC11e miktarlarındaki değerlerin yaşam döngüsüne olan etkisi beton malzemesinin içerisine eklenen maddelerdeki %0, %20 ve %40 oranlarındaki değişimin sonucunda üç alternatif arasından geri dönüştürülmüş agrega miktarındaki oransal farklılık ile ozon tüketim miktarlarındaki değişim grafikte gösterilmiştir. Burada ozon tüketimi diğer bütün grafiklerde olduğu gibi ters orantılı olarak bir azalışa geçmiştir. Diğer bir faktör ise sera gazı salınımının artması nedeniyle atmosferde ozon tabakasında incelmeyin meydana gelmesidir. Ozon tabakasındaki incelmeyin önüne geçilmesi için zararlı gazların salınımının önlenmesi gerekmektedir. Bu da açığa çıkan CO₂ in miktarının artışına bağlı olarak atmosfere etki ettiği görülmektedir. Karbon salınımını tetikleyen en önemli unsurlar ise; hammaddenin sıfırdan üretimi ve nakliye işlemleri sırasında açığa çıkmasıdır. Bunun önüne geçilmesi içinde yapılacak en önemli faaliyet geri dönüştürülmüş malzemenin kullanımının teşvik edilmesidir. Bu grafikte de görüldüğü üzere GDA fazla olduğu alternatif 3’de ozon tüketim miktarının en az olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7.16. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, EN- 15978- Birincil enerjinin toplam kullanımı örn. hammaddeler, MJ- Yaşam döngüsü aşamaları



Çizelge 7.16.'de ise birincil enerji toplam kullanımının oranları gösterilmiştir. Özellikle bu grafik ile hammadde imalat aşamasında gerekli olan enerjinin betonun üretimi için gerekli maddelerin elde edilmesinde kullanılması için enerji gereksinimini göstermektedir. Sıfırdan üretimde ihtiyaç duyulan enerji, %40 oranında geri dönüştürülmüş agrega üretimine göre fazla olduğu grafikteki değerden anlaşılmaktadır. Özellikle %0 geri dönüştürülmüş agrega kullanımı demek betonu yeni baştan üretmek demektir. Bu da hammadde açısından daha fazlasına gereksinim duyulduğu için enerji tüketiminin de arttığının ispatıdır. %40 oranında geri dönüştürülmüş agrega kullanımı ise hammadde açısından yeniden üretimin daha az olup geri kazanım ile elde edilen betonun kullanımı sayesinde daha az enerjiye gereksinimin duyulduğunu göstermektedir.

Yukarıda verilen etki değer grafiklerinin hepsine baktığımızda; Asitleştirme, Küresel ısınma, Ötrofikasyon, Ozon Tüketimi, Birincil enerjinin toplam kullanımı gibi çevresel olaylara etkisi görülmektedir. Üç alternatif içerisinde yıkılıp yeniden kullanıma tabi tutulan betonun oranı fazlalaştıkça bu değerlerdeki azalma da meydana gelmektedir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi açısından faydasının bulunduğu bu grafiklere bakılarak söylenir.

Buradan hareketle geri dönüştürülmüş betonun malzeme olarak tekrardan geri kazanım ile betonun üretiminde agrega olarak kullanımı faydacı bir anlayışla her zaman yaşam döngüsü analizinde olumlu bir sonucun olduğu görülmektedir. Yapılan deneysel çalışmalarda da bu uygulamanın mümkün olacağı ispat edilerek geri dönüştürülmüş

agregalı betonun miktarı artıkça yaşamı boyunca çevreye olan etkilerinin de iyi noktada ilerlediği görülmektedir. Bu değerlere etki eden tek bir parametre olan betonun geri dönüşümü ile elde edilen agreganın kullanımı grafiklerde tek değişkenliğe sahip özelliştir. Bu parametre üzerinde olan değerlerin sayısal olarak değişimi ile yaşam döngüsü değerlendirmesinde ki etkisi ise birçok konuda pozitif bir sonucun elde edilmesinin mümkün olduğu görülmektedir.

Bütün yaşam döngüsü analizlerinin incelenmesi yapıldığında görülmektedir ki materyallerde ki kullanımların oransal olarak hammaddelerde ki kullanımların azaltılıp geri dönüştürülmüş malzeme oranlarının artırılması ile çevreye daha yararlı bir malzeme ortaya konulmuştur. Bütün geri dönüştürülmüş beton deneylerinde de görülmüştür ki betonun içerisinde yer alan malzemelerin kullanım oranlarında ve malzeme değişikliklerinde bina içerisinde (temel de grobeton, blokaj, ara katmanlar da vb.), taşıyıcı sistemde (kolon, kiriş) veya dış çevre unsurları (asfalt, kaldırım taşı vb.) kullanımının uygun olduğu laboratuvar ortamında tespit edilmiştir. Yapılan laboratuvar deneylerinin dışında kalan diğer analiz ise yaşam döngüsü değerlendirmesi analizi olup bu tez kapsamında deneylerin sonuçları doğrultusunda veri girişi yapılarak geri dönüşümlü malzemelerin kullanımının önemini göstermektedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada nüfus artış oranındaki hızlı yükseliş konut ihtiyacının da artmasına neden olmaktadır. Yapı stoğundaki bu fazlalaşma doğal kaynaklardaki aşırı tüketime neden olarak çevreye zarar vermektedir. Özellikle betonarme yapı üretilirken betonun içerisine dahil edilen yapı malzemelerinin elde edilmesi sırasında tabii kaynakların hızla tüketildiği görülmüştür. Hammadde ihtiyacını karşılamak ve son dönemde meydana gelen afetlerin oluşturduğu tahribatı ortadan kaldırmak amacıyla yapı sektöründe yoğun bir çalışma ve araştırma yapılmaya başlanmıştır. Bu dönemde depremler ile açığa çıkan enkaz yığınları, yangınlar neticesinde oluşan harabe yapılar, hizmet ömrünü tamamlamış eski binalar, bozuk imalat sonucu hatalı beton malzemeleri, beton numuneleri ve prefabrikasyon imalatta arta kalan parçalar gibi birçok ürün geri kazanım yöntemleriyle tekrar kullanıma tabii tutulmaktadır. Kentsel dönüşüm kavramı da özellikle bu dönemde ivme kazanmış ve yapıları çevredeki düzenlemeleri sağlamak için çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Kentsel dönüşüm kapsamında çevrede bulunan eski yapıların yıkılarak yerlerine yenilerinin yapılması sağlanmış ve afetler sonucu zarara uğramış binaların ise yıkımı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar neticesinde binalardan açığa çıkan atıklar çevreyi kirletir hale gelmiştir. Bu kapsamda atıkların ayırt edilmesi yapılarak kullanılabilir durumda olan malzemeler ilk olarak yıkımdan önce yapıdan sökülüp alınırken geri kalan ürünler ise yıkım neticesinde sahada ayıklama yöntemi veya atık sahalara taşınması ile bertaraf edilmeye çalışılmıştır. Betonun sahada ayıklama işleminin yapılması ise; nakliye masraflarının ortadan kaldırılarak atığı taşıyan araçların açığa çıkardığı karbon salınımının azaltılması yönünden önemli bir işlemdir. Beton ise bu atık malzemeler içerisinde en fazla yoğunluğa sahip olan bir yapı malzemesidir. Bu yönden betonun geri kazanım işlemlerine tabii tutulması ekonomik anlamda ve çevreci bakış açısıyla fayda sağlayacağı öngörülmektedir. Betonun ana malzemelerinden olan agreganın ilk üretimi için doğal kaynaklardan temin edilmesi aşamasında hem kaynak kıtlığı oluşmasından dolayı hem de fazla enerji harcandığı için betonun geri kazanım metodlarının uygulanması bu yönden önemli olmaktadır. Çünkü ilk üretimde kullanılan hammadde ve enerji, geri dönüşümden elde edilen malzemeye göre daha fazla kullanıldığı yapılan çalışmalar sonucunda ispat edilmiştir. Ayrıca kentsel dönüşüm ile açığa çıkan atık malzemelerin döküldüğü sahalarda çevresine olan zararların giderilmesi amacıyla geri kazanıma tabii tutulması

gerekmektedir. Bu sayede açık alanlara bırakılan atıklar ortadan kaldırılarak üretim kısmında hammadde açığını kapatıp yeni işlevlerde kullanımı sağlanabilmektedir.

Bu tez kapsamında ise alan çalışması olarak belirlenen Malatya ilinde bulunan bir ilkokul yapısının kentsel dönüşüm ile yıkım kararı sonucunda tekrar üretilip yerine inşa edilen binanın bilgisayar destekli tasarım sayesinde modellenmesi yapılmıştır. Bu mimari çizimde malzeme belirlenirken; betonun içerisine eklenen malzemelerden agreganın geri dönüştürülmüş beton agregası olarak %0, %20 ve %40 oranlarında üç farklı alternatifde kullanılması ile her bir alternatif için yaşam döngüsü analizinin yapılması hedeflenmiştir. Bunu yapmadaki asıl amaç, kentsel dönüşüm sonucu açığa çıkan beton atıklarından moloz yığınlarının geri kazanım yöntemleri doğrultusunda tekrar kullanımının malzemedeki yaşam döngüsüne olan etkisinin incelenmek istenmesidir. Sürdürülebilirlik kapsamındaki bu araştırma malzemenin dünü bugünü ve yarını olarak yaşam döngüsü analizinin veya değerlendirmesinin yapılarak gelecek nesillere temiz bir dünya bırakmak ve doğal kaynaklardaki kullanım krizinin önüne geçilerek hammadde endişelerini ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. Yaşam döngüsü analizi oluşturulurken mevcutta var olan ve deprem sonucunda hasar alan bir yapının kentsel dönüşüm ile yıkım kararı alınması neticesinde yeniden üretimi sağlanmıştır. Bu tez çalışmasında uygulanan sistem ise; yıkılan binadan elde edilen moloz yığınlarındaki betonun geri dönüştürülmesiyle oluşturulan agreganın betona eklenerek yeni beton elde edilmesi neticesinde malzemenin beşikten beşiğe olan yaşam döngüsünün incelenmesi yapılmıştır. Yaşam döngüsü analizi kapsamında özellikle hammadde edinimi, üretim, kullanım, yıkım ve geri dönüşüm gibi aşamalarda çevre etki değerleri grafiklerle açıklanmaya çalışılmıştır. Burada özellikle değişken değer sadece betonun içerisine katılan malzemelerden agreganın geri dönüştürülerek tekrar betonun üretiminde kullanılması için üç farklı oran üzerinde çalışma gerçekleştirilmiştir. %0, %20 ve %40 olarak belirlenen bu oranlar geri dönüştürülmüş agreganın beton üretimi aşamasında kullanılması ile değişkenlik durumları yaşam döngüsü bakımından analiz edilmiştir. Bu tez kapsamında, beton malzemesinin yaşam döngüsü süreci için gerekli olan enerji tüketiminin minimum düzeyde tutulması hedeflenmektedir. Bunun için, betonun içerisine geri dönüştürülmüş agrega eklenerek, betonun ilk üretimi için kullanılacak hammaddenin açığa çıkarılmasında gerek duyulan enerji miktarının düşürülmesi sağlanır. Çevresel olarak da birçok unsura etkisinin olduğu ve değerlerdeki artış ve azalışa sebebiyet verdiği görülmüştür. Bu değerlerden özellikle küresel ısınma, asidifikasyon potansiyeli, ötrofikasyon, ozon tabakasını inceltme/delinme potansiyeli, alt

atmosferin ozon oluşumu, hammadde hariç birincil enerjinin toplam kullanımı gibi birçok faktöre etki ettiği grafikler ile tespit edilmiştir. Geri dönüştürülmüş beton oranının miktarı artırıldıkça bu değerlerdeki azalmanın meydana geldiği grafiklerde gösterilmiştir. Buradan hareketle kontrollü yıkım işlemi ile kentsel dönüşümün uygulandığı yapılardan elde edilen atıkların sahada ayırt edilmesi neticesinde ortaya çıkan beton molozlarının geri dönüşüme tabi tutularak tekrar betonun üretiminde agrega olarak kullanılması yaşam döngüsünü olumlu etkilediği tespit edilmiştir. Bu değer grafiklerinde çevre etkileri bakımından bir malzemenin yaşam döngüsü süreci içerisinde hammadde edinimi ile başlayıp üretim, uygulama, tüketim, bakım, onarım, ayıklama, yıkım, yeniden kullanım ve geri kazanım gibi işlemleri kapsamaktadır. Bu tezin ana hedefi beton malzemesinin yaşam döngüsü aşamasındaki beşikten mezara olan süreci beşikten beşiğe olarak değiştirerek malzemenin ömrünün bitiminden sonra tekrar üretime dâhil edilmesi için gerekli işlemlerin yapılmasını sağlamaktır. Bu çalışma sonucunda incelenen yaşam döngüsü analizine bakılarak, geri dönüştürülmüş agrega kullanımı ile çevrede açığa çıkan zararlı gazların ortadan kaldırıldığı, karbon salınımının düşürüldüğü, hammadde eksikliğinin giderildiği, atık ürünlerin nakliyesi için sahada ayıklama işlemi taşıma sırasında açığa çıkan karbonun azaltıldığı, asidifikasyonun bertaraf edildiği, ozon tabakasındaki incelmenin önüne geçildiği, küresel ısınmanın ve ötrofikasyonun önlendiği ve bunun gibi birçok alanda fayda sağladığı görülmüştür.

Yapılan çalışmada ki çevresel faktörlerin yaşam döngüsü analizlerinin sonuçları doğrultusunda yapı malzemesi seçiminde geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımının önümüzdeki yıllarda yaygınlaşması sağlanmalıdır. Bu tez çalışmasında geri dönüştürülmüş malzemelerin maliyet hesabı yaşam döngüsü analizi kapsamında eksik kaldığı için bundan sonraki çalışmalarda ticari bir alt yapı donanımı sağlanarak maddi bakımdan etki değerleride analize dâhil edilebilir. Tüketimin hızla arttığı bu son yüzyılda çevreye zarar veren işlemlerden kaçınılması için ilerleyen süreçlerde oluşturulacak çalışmalarda farklı yapı malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirilmesi analizleri yapılmalıdır.



KAYNAKLAR

- Acar, A. Z., Köseoğlu, A. (2014). *Lojistik yaklaşımıyla tedarik zinciri yönetimi*. (1.Baskı), Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 360-361.
- Acker A. V. (1998). *Recycling of concrete at a precast concrete plant. Sustainable construction: use of recycled concrete aggregate*. Proceedings of the International Symposium organized by the Concrete Technology Unit. Thomas Telford (Ed.) University of Dundee and held at the Department of Trade and Industry Conference Centre, London, 321-332.
- Ajdukiewicz, A. and Kliszczewicz, A. (2002). Influence of recycled aggregates on mechanical properties of HS/HPC. *Cement and Concrete Composites*, 24(2),269-279.
- Akbulut, M. T. (2007). *Eğitim yapılarının deprem güvenliğinin değerlendirilmesi ve tasarım prensipleri*. Uluslararası Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 603-615.
- Akkar, Z. M. (2006). Kentsel dönüşüm üzerine batıdaki kavramlar, tanımlar, süreçler ve Türkiye. *Planlama Dergisi*, 2006/2, Ankara: TMMOB ŞPO Yayını, 29-38.
- Akşar, S. (2022). *Geleneksel ve çağdaş ahşap yapıların yaşam döngüsü değerlendirmesinin karşılaştırmalı analizi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 122.
- Al-Ansary, M. S., El-Haggag S. M., Taha M. A. (2004). *Sustainable guidelines for managing demolition waste in Egypt*. International Rilem Conference On The Use Of Recycled Materials in Buildings and Structures, 8 –11 Kasım, Barselona, İspanya, 335-561.
- Ali, M. M., Armstrong, P. J. (2010). *Sustainability and the tall building: Recent developments and future trends*. AIA Illinois Central Symposium, Amerika, 1070-1104.
- Altınışik, D. D. (2013). *Sürdürülebilirlik kavramı bağlamında geri kazanılmış agregalı beton*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,172.
- Arioğlu, E., Köylüoğlu, Ö. S. ve Arıoğlu, N. (1996). *Dünyadaki geri kazanılmış agrega üretim ve politikalarının gözden geçirilmesi ve ülkemiz açısından irdelenmesi*. I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu'96. ISN 975-395-196-5, İstanbul: Tmmob Maden Mühendisleri Odası, 33-52.
- Arioğlu, N., Hatipoğlu, D. D., Salmona, M. Ö. A. ve Arıoğlu, E. (2014). *Sürdürülebilirlik kavramı anlayışında beton endüstrisinin irdelenmesi*. 11. Beton Prefabrikasyon Sempozyumu. İstanbul, 1-15.
- Aydın, S. (2017). *İletişim yaklaşımıyla sürdürülebilirlik kavramı, yeşil kavramı ve yerel-küresel yansımaları ile ilgili bir inceleme örneği*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 137.

- Aygenç, M. (2019). *Life Cycle Assessment (LCA) of a Leed-Certified green building using two different LCA tools*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,, Ankara, 191.
- Aytıs, S. ve Polatkan, I. (2010). *Beton malzemenin kamusal alanlarda ekolojik olarak kullanımı*. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu (ISBS), Ankara,44-50,
- Balaban, B. (2014). *Yapım şantiyelerinde oluşan yapı malzemesi atıklarının yönetimine yönelik bir öneri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 116.
- Barutçu, N. (2020). *Çapraz lamine ahşap ve betonarme taşıyıcı sistemli tekil konut yapılarının çevresel etkilerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 229.
- Başar, B. (2017). *Türkiye’de yapısal atıkların yeniden değerlendirilmesine yönelik bir çalışma*. (Yüksek Lisans Tezi). Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 84.
- Bayraktar, F. T. (2010). *Türkiye’de yapı malzemesi yaşam döngüsü değerlendirmesi için bir sistem önerisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 159.
- Bayram, S.E. (2017). *Katı atıkların geriye kazanımı ve tarımsal kullanım olanakları, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(2), 62-65.
- Blakstad, S.H. (2001). *A strategic approach to adaptability in Office buildings*, Doktora Tezi. Norwegian University of Science and Technology. Trondheim, Norway, 282.
- Bribian, I. Z., Capilla, A. V., ve Uson, A. A. (2011). *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential*. ISSN: 0360-1323, *Building and Environment*, 46, 1133-1140.
- Boduroğlu, Ş., Kariptaş, F. S. ve Sarıman, E. (2014). *Geçmişten günümüze yapı tasarımında kullanılan malzemelerin enerji verimliliği açısından incelenmesi*. Ekoloji ve Mimarlık/ Enerji Verimliliği ve Ekosistem İlişkinin Mimarlığa Etkileri, 22.Uluslararası Yapı ve Yaşam Kongresi, Bursa, 37-53.
- Calkins M. (2009). *Materials for sustainable sites: a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable construction*, Wiley, Hoboken, N.J, 133-163.
- Candemir, B., Beyhan, B. ve Karaata, S. (2012). *İnşaat sektöründe sürdürülebilirlik: Yeşil binalar ve nanoteknoloji stratejileri*. İstanbul: İMSAD ve TÜSİAD, 47-52.
- Civan, U. (2006). *Akıllı binaların çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 70.

- Çağrı, A. (2016). *İnşaat ve yıkıntı atıklarından elde edilen geri dönüşüm malzemelerinin karayolu üstyapısında kullanımı*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 125.
- Çakır, G. (2012). Yapısal atıkların geri dönüşümünün sürdürülebilir kalkınma bağlamında önemi. *Mimarlıkta Malzeme*, 22(7), 26-30.
- Çakır, G. ve Boduroğlu, Ş. (2012). *Sürdürülebilir kalkınma açısından yapısal atıkların geri dönüşümünün önemi*. 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, Özet Bildiri, 13 – 16 Eylül 2012 İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, Urla-İzmir, 107.
- Çankayalı, A. (2017). *Sürdürülebilir yapılar için beton katkılarında çevresel ürün beyanları*. Uluslararası Yapılarda Kimyasal Katkılar 5. Sempozyumu ve Sergisi, Ankara, 123-135.
- Çankayalı A., Levent K. Y., Gökçe M. (2010). *Yapılarda kimyasal katkıların Kullanımının sürdürülebilirlik açısından incelenmesi*. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu, Ankara, 94-98.
- Chandra, S. (2004). *Implications of using recycled construction and demolition waste as aggregate in concrete*. Paper presented at International Conference on Sustainable Waste Management and Recycling. Kingston University, London, 105-114.
- Çelebi, G. ve Aydın, A.B. (2001) *Sürdürülebilir mimarlık yaklaşımında yapı malzemelerinin irdelenmesi*. IV. Ulusal ekoloji ve çevre kongresi, Bodrum, 457-464.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). Atık Yönetimi Yönetmeliği. 2 Nisan 2015 Tarihli 29314 Sayılı Resmî Gazete.
- Çimen, S. (2018). Sürdürülebilir mühendislik uygulamaları ve teknolojik gelişmeler. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 1(1), 44-54.
- Demir, İ. (2010). İnşaat yıkıntı atıklarının beton üretiminde kullanımı ve beton özelliklerine etkisi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2009), 105-114.
- Demirel, C. ve Şimşek, O. (2014). C30 Sınıfı atık beton geri dönüşüm agregası olarak beton üretiminde kullanılabilirliği. *Selçuk University Journal of Engineering, Science and Technology*, 2(2). doi:10.15317/scitech.201426892, 45.
- Demirel, C. ve Şimşek, O. (2015). Erken yaşdaki atık betonların geri dönüşüm agregası olarak beton üretiminde kullanılabilirliği ve sürdürülebilirlik açısından incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3, 226-235.
- Demirel, C., Toklu, K. ve Şimşek, O. (2015). *Geri dönüşüm agregasının beton üretiminde kullanılabilirliği ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi*. ISBS 2nd International Sustainable Buildings Symposium. Ankara: Gazi Üniversitesi, 42-48.
- Demirer, G. N. (2017). *Yaşam döngüsü analizi*. Ankara: REC Türkiye Yayınları.7-34

- Dikmen, Ç. B. (2011). Enerji etkin yapı tasarım ölçütlerinin örneklenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14(2), doi:10.2339/2011.14.2, 121-134.
- Dikmen, Ç. B. ve Gültekin, A. B. (2009). *Intelligent building concept in architectural design process within scope of sustainable building design*. 21. International Congress of Building and Life: Future of Architecture, Nature, City, Environment, Chamber of Architects, Bursa, 160-165.
- Doğan, M., Seçme, D. ve Akten, M. (2017). Çevre dostu binalar ve yeşil bina sertifika sistemleri. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2(3), 126-134.
- Du Plessis, C., Laul, A., Shah, K., Hassan, A. S., Adebayo, A., Irurah, D. K., De Arruda, M. P. (2001). Agenda 21 for sustainable construction in developing countries, *First Discussion Document*. CIB and CSIR-Boutek.
- Durmuş, G., Can, Ö. ve Şimşek, O. (2009). *Geri Dönüşüm Agregalardan Üretilen Farklı Sınıflardaki Betonun Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi*. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük: Karabük Üniversitesi, 2103-2106.
- Durmuş, G., Şimşek, O. ve Dayı, M. (2009). Geri dönüşümlü iri agregaların beton özelliklerine etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(1), 183-189.
- Edwards, B. (2007) *Sürdürülebilirlik kültürü ve mimari tasarımın önündeki güçler*. Ekolojik Mimarlık ve Planlama Ulusal Sempozyumu, Antalya, 22-34.
- Emrealp, S. (2005). *Yerel Gündem 21 Uygulamalarına yönelik kolaylaştırıcı bilgiler el kitabı*. Ankara: IULA-EMME Yayını, 142.
- Erdede, S. B., Erdede, B. ve Bektaş, S. (2014a). *Kentsel dönüşümde yeşil binaların uygulanabilirliği*. 5.Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, İstanbul, 222.
- Erdede, S. B., Erdede, B. ve Bektaş, S. (2014b). *Sürdürülebilir yeşil binalar ve sertifika sistemlerinin değerlendirilmesi*. 5. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, İstanbul, 221.
- Erdoğan, T. (2003). *Beton*. (2015 Baskı), Ankara: ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.,741
- Erik K. L. (Ed.) (1993). *Demolition and reuse of concrete and masonry*. Proceedings of the Third International RILEM Symposium, London, 622.
- Eryıldız, D. (2003). Sürdürülebilirlik ve mimarlık dosyasında ekolojik mimarlık. *Arredamento Mimarlık*, 154, 71-75.
- Esenlikci Yıldız, İ. A. (2016). *Atık yönetimde sürdürülebilirlik ve yaşam döngüsü değerlendirmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 113.

- Esin, T., Arıkan, T., Sevinç Kayıhan, K., Aydın, A. B., Onat, M., Akyürek, G. (2002). Marmara bölgesi için ekolojik yapılaşma kriterlerinin belirlenmesi ve örnek bir yapı tasarımı, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Araştırma Fonu*, Gebze.
- Esin, T. (2006). Sürdürülebilir yapılaşma için uygun malzeme seçimi. ISSN 1300-3437, *Yapı Dergisi*, 291, İstanbul, 83 – 86.
- Fırat, F. K. ve Akbaş, F. (2015). *İnşaat endüstrisinde geri dönüşüm çalışmalarının geliştirilmesi ve ekonomi üzerine etkileri*. SESSION 4D: Çevre ve Enerji International Conference on Eurasian Economies, Üsküp, Makedonya, 637-644.
- Gerek, A. E. (2015). *Türkiye’de ilköğretim yapılarının deprem dayanımının incelenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 119.
- Giresun, B. ve Tönük, S. (2018). Binalarda işlev dönüşümünün yaşam döngüsündeki yeri ve etkisinin örnekler üzerinden irdelenmesi. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(11), doi:10.20854/bujse.306660, 39-62.
- Gökşen, F., Güner, C. ve Koçhan, A. (2017). Sürdürülebilir kalkınma için ekolojik yapı tasarım kriterleri. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 92-107.
- Gönen, T., Onat, O., Cemalgil, S., Yılmaz, B. ve Altuncu, Y. T. (2012). Beton teknolojisi için yeni atık malzemeler üzerine bir inceleme. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 36-43.
- Gursel, A. P. (2014). *Life-Cycle Assesment of concrete: Decision-support tool and case study application*. (Doktora Tezi). Engineering – Civil and Environmental Engineering in the Graduate Division of the University of California, Berkeley, 511.
- Gültekin, A. B. ve Çelebi, G. (2016). Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi kapsamında yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirmesine yönelik bir model önerisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1).1-36
- Gündüzalp, A.A. ve Güven, S. (2016). Atık, çeşitleri, atıky, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya Belediyesi ve semt tüketicileri örneği, *Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*. 9(1), 1-19.
- Gürer C., Akbulut H., Kürklü G. (2004). *İnşaat endüstrisinde geri dönüşüm ve bir hammadde kaynağı olarak farklı yapı malzemelerinin yeniden değerlendirilmesi*. V.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 28-36.
- Hamidabad, D. B. ve Begeç, H. (2015). *Enerji etkin tasarım anlayışının yüksek yapılarda incelenmesi*. 2.Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Yapı Üretimi, Kullanımı ve Koruma Süreçleri. Ankara: TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, 401-413.
- Hansen, T. C. (1986). Recycled aggregates and recycled aggregate concrete second state-of-the-art report developments. *Rilem Technical Committee-37-Drc*, 19(3), 201-246. doi:10.1007/BF02472036, 1945-1985.

- Henrichsen, A. (2000). Use of recycled aggregates in Europe. *Proceedings of International Seminar on Recycled Concrete*, Niigata, Japonya, 1-8.
- Huang W.L., Lin D.H., Chang N.B. ve Lin K.S. (2002). Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process, *Resources, Conservation and Recycling*, 37, 23-37.
- Hunt, R. G., and W. E. Franklin. (1996). Personal reflections on the origin and the development of LCA in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. New York, 4-7.
- ISO 14040, (2006). Environmental Management – Life Cycle Assessment – *Principles an Framework*, International Organization for Standardization, USEPA, İsviçre.
- İnanç, T. (2010). *Geleneksel kırsal mimari kimliğin ekoloji ve sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilmesi Rize Çağlayan köyü evleri örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 150.
- İpekçi, C. A., Coşkun, N. ve Karadayı, T. T. (2017). İnşaat sektöründe geri kazanılmış malzeme kullanımının sürdürülebilirlik açısından önemi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı*, 2(10), 43-50.
- İpekçi, C. A., Coşkun, N. ve Esin, T. (2015). İnşaat sektöründe geri kazanılmış malzeme kullanımının sürdürülebilirlik açısından önemi. *ISBS 2nd International Sustainable Buildings Symposium*, Ankara: Gazi Üniversitesi, 679-684.
- Jensen, A. A. ve diğerleri. (1997). Life Cycle Assessment: A guide to approaches, experiences, and information sources, *European Environment Agency*, Avrupa.
- Justnes, H. ve Hammer, T. A. M. (2016). Sürdürülebilirlik- Beton inovasyonundaki öncü rolü. *Hazır Beton*, (1), 77-82.
- Kartam N., Al-Mutairi N., Al-Ghusain I. ve Al-Humoud J. (2004). Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait, *Waste Management*, 24, 1049-1059.
- Kerestecioğlu, M. (2001). EK:9 Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma. *Uluslararası Birleşmiş Müşavirler Müşavirlik Hizmetleri A.Ş. Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli Son Raporu*, TÜBİTAK.
- Kılıç, O. (2017). Mimaride atık ve geri dönüştürülen malzemelerin rolü. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 53(5), 529-533.
- Kımilli, Z.M. (2006). *Depreme duyarlı bölgelerde sürdürülebilir mimari tasarım; Isparta/Mavikent örneği*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 122.
- Kısa Ovalı, P. (2009). *Türkiye iklim bölgeleri bağlamında ekolojik tasarım ölçütleri sistematığının oluşturulması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 243.

- Kocaman, P. (2009). *Bims agregaların ve bimsbeton ürünlerinin mimarlık ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 204.
- Koç, K. (2015). *Geri dönüştürülebilir katı atıkların yönetmeliği ve rota optimizasyonu: Konya ili Meram ilçesi örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 83.
- Kozak, M. (2010). Tekstil atıkların yapı malzemesi olarak kullanım alanlarının araştırılması. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1) 62-70.
- Köken, A., Köroğlu, M. A. ve Yonar, F. (2008). Atık betonların beton agregası olarak kullanılabilirliği. *Selçuk Teknik Dergisi*, 7(1), 86-97.
- Köroğlu, M. A. ve Köken, A. (2008). *Düşük mukavemetli atık betonların beton agregası olarak kullanılabilirliği*. 3. Üniversite Öğrencileri Çevre Sorunları Kongresi, İstanbul, 1-5.
- Köşürgeli, E. (2022). *Yaşam döngüsü değerlendirmesi bağlamında ürün seçiminde dijital tasarım araçlarının irdelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 181.
- Lam, L., Poon, C. S. and Kou, S. C. (2002). Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks. *Construction and Building Materials*, 16(5), 281-289.
- Langmaid, J. (2004). Choosing building services, a practical guide to system selection, *BSRIA Guide*, London, 47.
- Lauritzen E.K. ve Jannerup M. (1994). *Guidelines and experience from the demolition of houses in connection with the Oresund link between Denmark and Sweden- demolition and reuse of concrete and masonry*. Proceedings of Third International RILEM Symposium, 35-47.
- Lennon M. (2005). Recycling construction and demolition wastes a guide for architects and contractors. *The Institution Recycling Network*, 22, 893-899.
- Limbachiya M.C., Leelawat T, Dhir R.K. (2000). Use of recycled concrete aggregate in high – strength concrete. *Materials and Structures*, 33, 574 – 580.
- Limoncu, S. ve Özkun, Ü. B. (2012). Yapısal atık oluşumu ve atık yönetimi. *Mimarlıkta Malzeme*, 7(22), 30-34.
- Limoncu, S. ve Ustaoglu, S.S. (2013). *Afet riskli alanların kentsel dönüşümünde açığa çıkan yapısal atıklar ve yapısal atıkların çevre etkileri*. Çevre-Tasarım Kongresi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 437-446.
- Medineckiene, M., Turskis, Z. ve Zavadskas, E. K. (2011). *Life-cycle analysis of a sustainable building, applying multi-criteria decision making method*. 8th International Conference on Environmental Engineering, *ICEE 2011*, 957-961.

- Mehta, K. P. (2002). Greening of the concrete industry for sustainable development. *Concrete International*, (24), 23-28.
- Mengi, A., Algan, N. (2003). *Küreselleşme ve Yerelleşme çağında bölgesel sürdürülebilir gelişme – AB ve Türkiye Örneği*. (2. Baskı), Ankara: Siyasal Kitabevi, 309.
- Mulder E., Jong T.P.R. ve Feenstra L. (2007). Closed cycle construction: An integrated process for the separation and reuse of C&D waste, *Waste Management*, (27), 1408-1415.
- Nataatmadja A. ve Tan, Y.L. (2001). Resilient response of recycled concrete road aggregates, *Journal of Transportation Engineering*, 127(5), 450-453.
- Neville, A.M. (2000). Properties of concrete (Third edition). *Longman Scientific and Technical*, New York, 464.
- Nicholson, L. A. (2004). Integrating sustainable building design and construction principles. *Engineering Technology and Construction Management Curricula*. 9,1.
- Oikonomou, N. D. (2005). Recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 27(2), doi:10.1016/j.cemconcomp.2004.02.020, 315-318.
- Önal, H. (2022). *Prefabrike ve geleneksel ahşap esaslı yapım sistemlerinin karşılaştırmalı yaşam döngüsü değerlendirmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya, 123.
- Öztaş, S. K. ve Tanaçan, L. (2017). Türk yapı malzemesi sektörü için geliştirilen yaşam döngüsü etki değerlendirme modelinin sınanması. *Türk Bilim Araştırma VAKFI*, 2(10), 65-76.
- Öztürk M. (2005). İnşaat/Yıkıntı atıklarının yönetimi, *Çevre ve Orman Bakanlığı*, Ankara, 1-26.
- Öztürk Ö., Çelikkol M., Erkan M. (2007). Türkiye agrega sektör raporu. *Türkiye hazır Beton Birliği, Hazır Beton Dergisi*, Kasım-Aralık, 52-56.
- Paker, B. (2017). *Sürdürülebilir bina üretiminde mimarın yapısal atık oluşumuna bakış açısının incelenmesi: Bursa alan çalışması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 116.
- Palabıyık, H. (2001). *Belediyelerde kentsel katı atık yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi örneği*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 484.
- Paulsen, J. (2001). *Life Cycle Assessment for building products- The significance of the usage phase*. Doktora tezi Kungliga Tekniska Högskolan Üniversitesi, İsveç, 44.
- Rakshvir M. ve Barai S.V. (2006). Studies on recycled aggregates-based concrete, *Waste Management Research*, 24, doi.org/10.1177/0734242X06064820, 225-233.

- RILEM, T. T. I. S. (2014). *Demolition and reuse of concrete and masonry*. E.K. Lauritzen, Proceedings of the Third International RILEM Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry, ISBN 9780419184003, 552.
- RILEM., (1993). *Proceedings of the third international RILEM conference on demolition and reuse of concrete and masonry*, Proceedings of the Third International RILEM Symposium. Odense, Denmark, 552.
- Safiuddin, Md., Jumaat, M. Z., Salam, M. A., Islam, M. S. ve Hashim, R. (2010). Utilization of solid wastes in construction materials. *International Journal of the Physical Sciences*, 5(13), 1952-1963.
- Salgın, B. ve Coşkun, N. (2018). Kentsel dönüşüm uygulamalarında yapısal atık sorunu ve çözüme yönelik öneriler: Kayseri Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), doi:10.28948/ngumuh.387388, 465-476.
- Salgın, B., İpekçi Aydın, C., Karadayı Tıkansak, T. ve Coşkun, N. (2018). Yapısal atık yönetiminin hammadde ve enerji korunumu açısından önemi. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi Araştırma makalesi*,6(2), e-ISSN: 2548-0170. İstanbul, 526-537.
- Samton G. (2003). Construction and demolition waste manual, city of New York HQ AFCEE, *Construction and Demolition Waste Management Guide*, Amerika, 24.
- Sanchez, I.G., Lauritzen, E.K. (2004). *Integrated decontamination and rehabilitation of buildings, structures and materials in urban renewal- A European project for a sustainable city concept*. Proceedings of the International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures. Barselona, İspanya, 265-274.
- Sarıbaş, I., Göksu, C. ve İlki, A. (2016). *Deprem yükleri altında geri dönüşümlü agrega katkılı beton ile üretilen betonarme elemanların performansı*. Prof.Dr. Hasan Boduroğlu Türk Sismik Tasarım Yönetmeliğindeki İyileştirmeler Sempozyumu İstanbul: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 237-245.
- Savaş, Ö. (2002). *Atık betonların geri kazanımı*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 79.
- Sayın, S. (2006). *Yenilenebilir enerjinin ülkemiz yapı sektöründe kullanımının önemi ve yapılarda güneş enerjisinden yararlanma olanakları*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 149.
- Sefidekhan, H. P. ve Şimşek, O. (2018). Farklı oranlarda geri dönüşüm agregası kullanılarak üretilen betonun bazı mühendislik özelliklerinin araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 21(1), doi:10.2339/politeknik.391789, 83-91.
- Sev, A., Görgülü, C. (2012). Malzemede yeşil algı ve beton örneği. *Mimarlıkta Malzeme Dergisi*. ISSN:1306-6501. İstanbul, 40-48.
- Sev, A. (2009). Sürdürülebilir mimarlık. ISBN:9944757225, *Yapı-Endüstri Merkezi*, İstanbul, Türkiye, 224.

- Sezgin, F. ve Çelebi, G. (2011). Bina tasarımında malzeme seçimi için model çalışması. *Politeknik Dergisi*, 14143(3), 215-222.
- Steiner, M., Wiegel, U. (2009). *Katı atık yönetimi*, (1. Baskı), Ankara: Eflatun Yayınevi, 150.
- Sur, H. (2012). *Çevre dostu yeşil binalar*, Yeşil Binalar Referans Rehberi 2012, İstanbul.
- Sümer, B. ve Sarıbyık, M. (2013). Betonda silis dumanı ve polipropilen lif kullanımının beton özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 217-224.
- Şahin, S. ve Hatunoğlu, Z. (2016). Geri dönüşüm sistemlerine yönelik algı düzeyi, finansman ve muhasebeleştirilmesi: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Örneği, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12 (2), 73-93.
- Şimşek, E. (2012). *Sürdürülebilirlik bağlamında yeşil bina olma kriterleri "Kağıthane Ofisproje projesi örneği"*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 139.
- Tam, C.M. (2006). A Review on the viable technology for construction waste recycling resources. *Conservation and Recycling*, 47(3), 209-221.
- Tandoğan, O. (2018). Atık malzemelerinin mimaride kullanımı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, Sayı, 1(4), 189-202.
- Taygün, G.T. ve Balanlı, A. (2005). Yaşam döngüsü süreçlerinde yapı ürünü-çevre etkileşimi, *YTÜ Mimarlık fakültesi dergisi*, 1(1), 1-40.
- T.C. Resmî Gazete. (2021). *Binaların yıkılması hakkında yönetmelik*. Ankara.
- Tokel, G. (2021). *Kentsel dönüşüm beton atıklarının prefabrik beton kaplama elemanı üretiminde kullanılması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat, 74.
- Topçu İ.B. ve Sengel S. (2004). Properties of concretes produced with waste concrete aggregate. *Cement and Concrete Research*, 34(8), 1307-1312.
- TSE 706. (2005). TS 706 EN 12620 Turk standardı- Beton Agregaları, *TSE*, Ankara.
- Tu, T. Y., Chen, Y. Y. ve Hwang, C. L. (2006). Properties of HPC with recycled aggregates Tsung-Yueh. *Cement and Concrete Research*, 36(5), doi:10.1016/j.cemconres.2005.11.022, 943-950.
- Tufan, M. Z. ve Özel, C. (2018). Sürdürülebilirlik kavramı ve yapı malzemeleri için sürdürülebilirlik kriterleri. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 9-13.

- Umar, U.A., Khamid, M.F., Tukur, H., (2012). *Sustainable building material for green building construction, conservation and refurbishing*. Management in Construction Research Association (MÍCRA) Postgraduate Conference, Malaysia, 5-6.
- Utkutuğ, G. (2002). Yeşil mimarlık, *Bilim Teknik Dergisi*, 420, Yeni Ufuklara Eki, Ankara, Türkiye.
- Uysal, M. ve Yılmaz, K. (2012). Aşırı dozda akışkanlaştırıcı katkı kullanımının beton özelliklerine etkisi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, XXV(1), 19-36.
- Ünsal, A. ve Şen, H. (2008). Beton ve beton malzemeleri laboratuvar deneyleri.
- World Commission on Environment and Development (WCED) (2000). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Yılmaz, A. ve Bozkurt, Y. (2010). Türkiye’de kentsel katı atık yönetimi uygulamaları ve Kütahya katı atık birliği (Kükab) örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 11-28.
- Yılmaz, B. (2009). *Binalarda enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,126.
- Yılmaz, D. (2019). *Kentsel dönüşüm sürecinde yıkılan binalardan dolayı ortaya çıkan beton atıklarının granüler yol tabakasında agrega olarak kullanımı*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 65.
- Yurdugüzel, O. T. (2011). Stratonikeia (Eskihisar köyü) yerleşiminde tarihsel gelişim ve sosyal değişimin kentsel dokuya etkilerinin irdelenmesi. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 6(4), 931-942.
- Yüksek, İ. ve Esin, T. (2013). *Yapı malzemelerinin/elemanlarının geri dönüşüm ve yeniden kazanım olanakları üzerine bir araştırma*. VIII. Uluslararası Sinan Sempozyumu, Edirne: Trakya Üniversitesi, 305-312.
- Yüksek, İ. ve Mihlayanlar, E. (2015). *Yaşam döngüsü sürecinde yapı malzemesi çevre etkileşimi*. International Sustainable Buildings Symposium, Ankara, 1108.
- Zankler G. (1999). Recycled materials in concrete construction. *Fields of Applications, Development tendencies and Quality Assurance. Betonwerk + Fertigteil – Tech*, 4, 38 – 43.
- İnternet: Esin, T. ve Coşkun, N. (2005) Betonarme Yapım Sistemlerinin Ekolojik Açından Değerlendirilmesi, URL:1 <http://www.yapkat.com/images/Malzeme/Dosya/69140261411663414837121963.pdf> Son Erişim Tarihi:6.01.2023
- İnternet: Eko Tasarım Nedir? URL 2: <https://cevreonline.com/>, Son Erişim Tarihi:5.12.2022.

- İnternet: Başeğmez C. (2003). Beton Dünyanın En Eski Yapı Malzemesi.URL 3: http://www.yapi.com.tr/haberler/beton-dunyanin-en-eski-yapi-malzemesi_3863.html, Son Erişim Tarihi:2 Nisan 2003.
- İnternet: Türkiye Hazır Beton Birliği, Avrupa ve Dünya’da Hazır Beton Üretim verileri, URL 4: www.thbb.org, Son Erişim Tarihi:13.03.2023.
- İnternet: Kentsel Dönüşüm Nedir?, URL 5: <https://sozluk.gov.tr/>, Son Erişim Tarihi:6.02.2023.
- İnternet: Atık ve Geri Dönüşüm, URL 6: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling_en, Son Erişim Tarihi: 14.12.202
- İnternet: Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği URL 7: <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=5401&mevzuatTur=Kuru mVeKurulusYonetmeli&mevzuatTertip=5> Son Erişim Tarihi:18.03.2004
- İnternet: Kılıç N. (Aralık 2012) Kentsel Dönüşümde Geri Dönüşüm Atağı, İzmir Ticaret Odası, AR&GE BÜLTEN URL 8: <https://www.izto.org.tr/tr>, Son Erişim Tarihi:11.03.2014
- İnternet: Çevre yönetim sistemleri – Şartlar ve kullanım kılavuzu,URL 9: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ymdb/editordosya/TS_EN_ISO_14001.pdf, Son Erişim Tarihi:1.10.2015.
- İnternet: Sümer İlkokulu Google Map haritalardaki gösterimi, URL 10: <https://www.google.com/maps/place/S%C3%BCmer+%C4%B0lkokulu/@38.3473107,38.2905745,16z/data=!4m6!3m5!1s0x407636ad77612393:0xa8855740773c323d!8m2!3d38.346486!4d38.2931931!16s%2Fg%2F1vrq83ty> Son Erişim Tarihi: 8.10.2021
- İnternet: Sümer İlkokul Binası Yıkılıyor, URL 11: <https://malatyahaber.com/haber/sumer-ilkokulu-binasi-yikiliyor/> Son Erişim Tarihi:26.04.2020
- İnternet: Yeşil Bina Sertifikaları, URL 12: <https://www.semtrio.com/blog/yesil-bina-sertifikasi-nasil-alinir>, Son Erişim Tarihi:13.03.2023
- İnternet: Çevresel Etkilerinizi Dakikalar İçinde Hesaplayın, One Click LCA internet ana sayfası URL 13: <https://www.oneclicklca.com/>, Son Erişim Tarihi:6.01.2023
- İnternet: Yaşam Döngüsü Aşamaları, URL 14: <https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360015064999>, Son Erişim Tarihi:6.01.2023



Gazili olmak ayrıcalıktır