İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPISAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA BIM KOORDİNASYONUYLA SÖKÜME UYGUN YAPI ELEMANI TASARIMI YAKLAŞIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pınar SOYLU

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

MAYIS 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPISAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA BIM KOORDİNASYONUYLA SÖKÜME UYGUN YAPI ELEMANI TASARIMI YAKLAŞIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pınar SOYLU

(502171515)

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aslıhan ÜNLÜ

MAYIS 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502171515 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Pınar SOYLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "YAPISAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA BIM KOORDİNASYONUYLA SÖKÜME UYGUN YAPI ELEMANI TASARIMI YAKLAŞIMI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Aslıhan ÜNLÜ** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. M. Birgül ÇOLAKOĞLU** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. H. Atilla DİKBAŞ .....
Medipol Üniversitesi

Teslim Tarihi : 13 Mart 2020
Savunma Tarihi : 7 Mayıs 2020

ÖNSÖZ

Tez sürecim boyunca değerli fikirleriyle çalışmamım yapısını oluşturmamda ve çalışmamı tamamlamamda bana verdiği destek ve yardımlarından dolayı danışmanım Prof. Dr. Aslıhan ÜNLÜ'ye,

Tez çalışmam sırasında değerli görüşlerini paylaşan, çalışmamı üst aşamalara taşıyan jüri üyelerim Prof. Dr. M. Birgül ÇOLAKOĞLU'na ve Prof. Dr. H. Atilla DİKBAŞ'a,

Tez süreci boyunca sabırla destek olan ve sürece dair tecrübelerini aktaran Taylan KILIÇ'a,

Manevi destekleriyle yanımda olduklarını bildiğim İrem BAĞCI'ya, Ezgi HALİSÇELİK KAPLAN'a ve Ayda Ece AĞAOĞLU'na,

Lisans ve yüksek lisans eğitimlerim boyunca, ilk günümden itibaren profesyonel bilgilerini benimle paylaşan, mesleki farkındalığımı artıran İTÜ Mimarlık Fakültesi bünyesindeki tüm Mimarlık Anabilimdalı üyelerine;

Son olarak ise hayatım boyunca her zaman koşulsuz desteklerini, sevgilerini sunan, sabır ve anlayış gösteren değerli ailem Mustafa SOYLU'ya, Züleyha SOYLU'ya ve Mehmet SOYLU'ya,

Minnettarlığımı sunar, teşekkür ederim.

Mayıs 2020 Pınar SOYLU

(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **ix**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Problemin Tanımı 4
1.2 Çalışmanın Amacı 10
1.3 Çalışmanın Yöntemi ve Kapsamı 11
2. YAPISAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE BİNA YIKIMI **15**
2.1 Yapısal Sürdürülebilirlik 15
2.1.1 Yıkım ve yapısal atık 17
2.1.2 Yapısal atığı azaltmaya yönelik stratejiler ve yapısal atık yönetimi 19
2.2 Tasarım Aşamasında Yapısal Atığı Azaltmaya Yönelik Stratejiler, Sürdürülebilir Yıkım Stratejileri ve İlkeler 34
2.2.1 Tanımlar: Bina, eleman, bileşen ve malzeme 36
2.2.2 Tasarımda yapısal esneklik 39
2.2.3 Yapısökümü ve söküme uygun yapı tasarımı 42
3. BIM İLE SÖKÜME UYGUN YAPI ELEMANI TASARIMI **57**
3.1 BIM Kavramı ve Sürdürülebilirlik Potansiyeli 58
3.2 BIM ve Söküme Uygun Yapı Elemanı Tasarımı 65
3.2.1 Yapı elemanının sayısal modelinin sürdürülebilirlik strateji doğrultusunda tasarlanması 68
3.2.2 Listelerinin elde edilmesi: Yapım metrajlarının ve eleman / bileşen / malzeme ölçeklerinde geri kazanım oranlarının değerlendirilmesi 81
4. UYGULAMA: BIM İLE DIŞ DUVAR ELEMANININ SÖKÜME YÖNELİK TASARIMI **85**
4.1 Dış Duvar Elemanlarının Örnek Modelinin Sürdürülebilirlik Stratejisi Doğrultusunda BIM ile Oluşturulması 86
4.2 Listelerin Elde Edilmesi: Yapım Metrajlarının ve Eleman / Bileşen / Malzeme Ölçeklerinde Geri Kazanım Yöntemlerinin Belirlenmesi 93
5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER **101**
KAYNAKLAR **107**
ÖZGEÇMİŞ **115**

KISALTMALAR

AB: Avrupa Birliği
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
AEC : Architecture/Engineering/Construction
AIA : American Institute of Architects (Amerika Mimarlar Odası)
BAMB : Building as Material Banks
BIM : Yapı Bilgi Modelleme Building Information Modeling
CAD : Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
C&D :Yapım ve Yıkım (Construction and Demolition)
CDW: Yapım ve Yıkım Atığı (Construction and Demolition Waste)
CIB : International Council for Research and Innovation in Building and construction
ÇED: Çevresel Etki Değerlendirmesi
DfD: Design for Deconstruction – Yapısöküme Uygun Tasarım
EPA: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
EC : Avrupa Birliği Komisyonu (European Commission)
HVAC : Heating, ventilating, air-conditioning (Isıtma, soğutma, havalandırma)
ISO : Uluslararası Standartlar
LOD: Nesne Detay Seviyesi (Level of Development, Level of Detail)
TDK: Türk Dil Kurumu
TSE : Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
UAYP: Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı
UK : United Kingdom (Birleşik Krallık- İngiltere)
WARM: Atık Azaltım Modeli (Waste Reduction Model)
WRAP: Atık ve Kaynak Eylem Planı (Waste&Resources Action Programme)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : İngiltere'de 2010-14 arasında üretilen atık miktarı (DEFRA, 2018)..... **6**
Şekil 1.2 : Türkiye'de 1994-2018 yılları arasında üretilen atık miktarları ve geri kazanım miktarları (TÜİK, 2018) **8**
Şekil 1.3 : Yıllara Göre Atıkların Depolama Tesislerine Götürülme Miktarı (TÜİK, 2018)..... **9**
Şekil 1.4 : Tez çalışmasının yöntemi..... **12**
Şekil 2.1 : Konvansiyonel Bina Yaşam Döngüsü (Metin, 2010) **16**
Şekil 2.2 : Temel Atık Yönetimi Hiyerarşisi (European Comission, 2008)..... **20**
Şekil 2.3 : Lansink Merdiveni ve Delft Merdiveni (Dorsthorst & Kowalczyk, 2005) **26**
Şekil 2.4 : Melbourne'deki konut binalarının yıkılmasından geri kazanılan malzemelerin ağırlık yüzdeleri ve geri kazanım türleri (Crowther P. , 2000)..... **29**
Şekil 2.5 : Melbourne'deki bir ofis binasının yıkımından elde edilen malzemelerin ağırlığına göre yüzdeleri ve geri kazanım türleri (Crowther P. , 2000). . **30**
Şekil 2.6 : Amerika'daki Çeşitli Yapısöküm Projeleri için Geri Kazanım Oranı (Chini & Bruening, 2003) **32**
Şekil 2.7 : Yaşam Sonu Senaryosunun Planlanması (Brand, 1995)..... **35**
Şekil 2.8 : Örnek Yapı Elemanı Katmanlaşma Olasılıkları..... **38**
Şekil 2.9 : Yapılı Çevre için Olası Geri Kazanım Yöntemleri (Crowther P. , 2001) **46**
Şekil 2.10 : Olası Yaşam Sonu Seçenekleri Hiyerarşisi (Macozoma, 2002)..... **47**
Şekil 2.11 : Yapılı Çevre Katmanları (Brand, 1995)..... **48**
Şekil 2.12 : Söküme Uygun Tasarım için Temel Prensipler (Crowther , 2005; Guy & Ciarimboli, 2005 ve Morgan & Stevenson, 2005) **53**
Şekil 2.13 : Bağlantı Türlerine ve Söküm İmkanı Gösterimi Örneği (Couto & Mendonça, 2011)..... **54**
Şekil 2.14 : Birleşim Alternatiflerinin Söküm İmkanına Göre Değerlendirilmesi (Morgan & Stevenson, 2005)..... **55**
Şekil 3.1 : Revit Örnek Mimari Proje Ekranı **62**
Şekil 3.2 : BIM – LOD Seviyeleri..... **63**
Şekil 3.3 : Yapı Elemanının ve Alt Öğelerinin Farklı Basamaklarda Geri Kazanım İmkanlarının Değerlendirilmesi **67**
Şekil 3.4 : Örnek Duvar Familyası "Basic Wall" Ekranı **69**
Şekil 3.5 : Revit Familya Katmanlaşması / Kurgusu..... **70**
Şekil 3.6 : Knauf BIM Akıllı Nesne Ekranı (Knauf Teknik, 2020) **71**
Şekil 3.7 : YTONG BIM Akıllı Nesne Ekranı (YTONG, 2020)..... **71**
Şekil 3.8 : Loblolly Evi Proje Görselleri (Kieran & Timberlake, 2008)..... **74**
Şekil 3.9 : Loblolly Evi Bağlantı Detayları Örnekleri (Kieran & Timberlake, 2008)**75**
Şekil 3.10 : Ön yapımlı Elementlerin Aksonometrik Gösterimi (Kieran & Timberlake, 2008) **76**

Şekil 3.11 : Loblolly Evi İç Mekan Görselleri (Kieran & Timberlake, 2008) **76**
Şekil 3.12 : Loblolly Evi Birleşim ve Yapısöküm Aşamaları BIM Model Ekranı (Kieran & Timberlake, 2008) **77**
Şekil 3.13 : Birleşik Krallık çalışmalarından D-DAS Plug-In Eklentisi (Akanbi , ve diğerleri, 2019) **78**
Şekil 3.14 : Basic Wall Ekranı ve Plug-In Verileri (Akanbi , ve diğerleri, 2019).... **79**
Şekil 3.15 : Autodesk Revit 2017 için Yapısökümü için Tasarım Danışmanlığı Uygulama Ekranı (Akanbi , ve diğerleri, 2019) **80**
Şekil 3.16 : Yapı Elemanı Kimlik Tablosu **82**
Şekil 3.17 : Yapı Elemanı Detay Değerlendirme Tablosu **82**
Şekil 4.1 : Tez Yaklaşımı Girdileri **85**
Şekil 4.2 : Standart Duvar Tipolojisi ve Revit Ekranı **87**
Şekil 4.3 : Revit Standart Duvar Familyası Düzenleme Ekranı **87**
Şekil 4.4 : Revit Malzeme Düzenleme ve Veri Ekranı **88**
Şekil 4.5 : Revit Malzeme Düzenleme ve Veri Ekranı **89**
Şekil 4.6 : Revit Uyarlanmış Duvar Familyası Düzenleme Ekranı **90**
Şekil 4.7 : Uyarlanmış Tez Duvar Çalışması Plan Görselleştirme Ekranı **91**
Şekil 4.8 : Dolgu Duvar Katmanlası Plan Görselleştirme Ekranı **91**
Şekil 4.9 : Dolgu Duvar Katmanlaşma Örneği **91**
Şekil 4.10 : Duvar Strüktürünün Uyarlanması **92**
Şekil 4.11 : Duvar Tipolojisi Plan Çizim ve Görselleştirme Ekranı **92**
Şekil 4.12 : Uyarlama Duvar Perspektif 3D **92**
Şekil 4.13 : Revit Metraj Ekranı **94**
Şekil 4.14 : Duvar Familyası Metrajı **94**
Şekil 4.15 : Malzeme Metrajı ve Malzeme Kimliği **95**
Şekil 4.16 : Dış Duvar Strüktür Metraj Ekranı **95**
Şekil 4.17 : Dış Duvar Elemanı Kimlik Tablosu **96**
Şekil 4.18 : Dış Duvar Elemanı Detay Değerlendirme Tablosu **97**
Şekil 4.19 : Knauf Doküman Merkezi BIM Dosyaları (Knauf Teknik, 2020) **99**
Şekil 4.20 : Alucobond Doküman Merkezi, Plus Rainscreen (Alucobond, 2020) **99**

YAPISAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA BIM KOORDİNASYONUYLA SÖKÜME UYGUN YAPI ELEMANI TASARIMI YAKLAŞIMI

ÖZET

Günümüzde yapısal atıklar kaynaklı doğal çevre kirliliği, ham madde tüketimi, enerji tüketimi kontrol edilemez boyutlara varmaktadır. Yapılar sonsuz varlıklar değildir, yapının öngörülen yaşam ömrünü tamamlamasıyla beraber yıkımı kadar estetik kaygılar, değişen ihtiyaçlarla da yapının ömrü sonlandırılmaktadır ve yıkım sonrası büyük yapısal atık problemleri ortaya çıkmaktadır. Sebep ne olursa olsun bir yapının plansız ve kontrolsüz yıkımı pek çok açıdan çevresel yük oluşturduğu kadar maliyet yüküne ve enerji kaybına da neden olmaktadır. Bu nedenle bina yaşam döngüsünün her evresini dikkate alan tasarımlar daha önemli hale gelmektedir. Bu amaç doğrultusunda bir yapının tüm katılımcıları kendi profesyonel alanlarına göre stratejiler geliştirmektedir. Mimar, mühendis ve diğer profesyonel proje paydaşları bu strateji doğrultusunda bütüncül şekilde çalışarak yapısal atık miktarını azaltacak, enerji, ham madde, zaman ve ekonomik kaybı da düşürecek alternatif yollara, seçimlere yönelmektedir. "Design for Deconstruction" (DfD) söküme dayalı, kullanım ömrünü daha verimli bir şekilde yönetmeyi amaçlayan, yapısal sürdürülebilirliği yapı, yapı elemanı, bileşen ve malzeme ölçeklerinde geri kazanımı ele alan ve bina yaşam döngüsünü dikkate alan bir tasarım stratejisidir. Bir yapının tasarım aşamasında bu stratejiler ile tasarlanması, atık oluşumunun azalmasına, yapının kullanımının değişmesinde esnekliğe ve yapı elemanlarında, bileşenlerde ve malzemelerde yeniden kullanım için sökme, geri dönüşüm için nitelikli geri kazanım gibi olanaklara imkan veren tasarım anlamına gelmektedir. Bir başka deyişle yapısökümü için tasarımda mevcut yapı gelecekteki yapının yapı elemanları, bileşenleri ve/veya malzemeleri için kaynak olabilmektedir; enerji, ham madde, zaman ve ekonomik kaybı azaltmaktadır. Bu stratejinin verimli işlemesi tasarımın doğru şekilde yapılmasına ve "yıkım" sürecinin tamamen planlı ve verimli yönetilmesine bağlıdır. Yapının tasarım aşamasında yıkım sürecini belirleyen söküm stratejileri ve değişkenlik gösteren kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik uyarlanabilirliği de göz önüne alındığında yapı üretim - yıkım süreci karmaşıklaşarak koordinasyonu gittikçe zorlaşan bir faaliyete dönüşmektedir. Süreç bütünlüğünü korumak, verimli şekilde yönetebilmek ve sağlıklı şekilde koordinasyonunu sağlamak amacıyla geleneksel tasarım yöntemlerinin yetersiz kaldığı noktada BIM (Yapı Bilgi Modelleme Sistemi) devreye girmektedir. Sahip olduğu avantajlar ve yazılımın gelişime açık olması nedeniyle güncel çalışmaların pek çoğu BIM da üzerinden yürütülmektedir ve büyük bir fırsat alanıdır. BIM ile beraber karmaşık yapı üretim sürecinin inşasından önce sayısal ortamda koordine etme, net veriler elde etme, inşa etme ve bu verileri saklama seçeneği sağlanmıştır. BIM'in gelişimi ile beraber tasarımcıya ve diğer proje paydaşlarına proje yapım sürecinin bina yaşam döngüsüyle beraber her evrede beraber değerlendirilme imkanı sağlanmıştır. Bu durum ayrıca problemleri önceden görme ve inşa etmeden

önce stratejik olarak sürdürülebilirlik kararlarını uygulayarak süreci verimli şekilde yönetmeye ve uygulamaya dair bilgileri sayısal model içerisinde biriktirmeye de imkan vermektedir. Bu amaçla tez çalışmasında "Yapısal Sürdürülebilirlik Bağlamında BIM Koordinasyonuyla Söküme Uygun Yapı Elemanı Tasarımı Yaklaşımı" geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda tasarlanan yapı elemanının yaşam süreci boyunca muhtemel onarım, değişim, dönüşüm, söküm, yıkım ve yenileme gibi müdahalelerde esneklik sağlayacak ve ömrünü tamamladığında minimum yapısal atık üretimi ve üretilen bu yapısal atıkların da ne şekilde dönüştürüleceğinin tasarımda planlanması ile çevresel zararları düşürmeyi hedeflemektedir. Bu üretilen sökülebilir yapı elemanının BIM aracılığı ile bir veritabanı haline getirilerek saklanabileceği ve başka projelerde kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu sonucunda ise inşaat endüstrisinin alternatif yöntemlere yönelmesine ve atık çevriminin kapalı döngüde kalmasına destek olunacağı düşünülmektedir.

SUSTAINABLE BUILDING ELEMENTS DESIGN APPROACH FOR DISASSEMBLY WITH BIM COORDINATION

SUMMARY

Today, natural environmental pollution caused by C&D waste, material consumption, energy consumption reach uncontrollable levels. Structures are not infinite beings. Normally, the demolition of the building takes place when the building's life is completed. However, the structure can be demolished with aesthetic concerns and changing needs. After these demolitions, major waste problems arise. Whatever the reason, unplanned and uncontrolled demolition of a building is a problem in many ways such as environmental pollution. For this reason, design strategies that take into account every phase of the life cycle are becoming more critical. For this purpose, all project stakeholders develop strategies according to their professional fields. Architects, engineers, and other professional stakeholders work in a holistic manner in line with this purpose, turning to alternative ways and choices that will reduce the amount of C&D waste and also reduce energy, raw material, time, and economic loss.

On the other hand, countries have also taken action to control this amount of waste. One of the most important policies established is the waste management hierarchy in accordance with the Waste Management Framework Directive. According to this hierarchical approach, the prevention / reduction, reuse, recycling, other recovery methods and disposal options of waste are listed in order of importance. In addition to the development of this basic approach, many design methods such as design for recycling, ecological design, design for flexibility and design for deconstruction were developed to provide more sustainability in order to increase resource efficiency. Controlling, reducing and eliminating the amount of construction and demolition waste is important for us to be able to talk about a holistic sustainable world. In addition, it is the most important step for us to talk about a sustainable economy. In the construction industry, the waste problem should be evaluated from an integrated perspective with economic inputs and outputs. Today, many unions and / or countries such as the EU, Britain, China and America attach importance to the construction industry at the national level in a sustainability perspective. They carry out detailed studies with the goal of sustainable economy and sustainable construction industry. In countries where it has a significant place in the economic development of the construction industry such as Turkey, this issue should be handled with care. Therefore, in this regard Turkey is required to make efforts.

The construction industry in Turkey has a fast construction and demolition circulation. The time pressure caused by this situation leads to the traditional demolition. In traditional demolition, waste of great size and quantity is produced. The amount of demolition waste reaches uncontrollable levels in Turkey. Although there are regulations relating to demolition in Turkey there are failures in the implementation stage. Even the total amount of construction and demolition waste produced annually is unknown. On the other hand, professionals who undertake demolition work can

disassemble various construction elements and components in exchange of demolition activity and sell second hand components and materials. However, the fact that the building does not allow disassembling and is not designed for this purpose causes failures in deconstruction. Dismantling is poor quality and materials are not stored properly. For this reason, materials often turn into scraps. Construction and demolition waste is a problem that must be addressed at the national level in Turkey. Studies to keep the construction industry in a closed loop should be supported at the national level. Legal perspectives should be created and necessary investments should be made.

In this thesis, an approach was tried to be created in order to reduce the amount of demolition waste. Sustainable building element design approach has been developed and evaluated through the mentioned design methods such as "Design for Deconstruction" and "Design for Disassembly". Design for Deconstruction (DfD) is a design strategy that aims to manage the life of the building more efficiently. DfD is a design strategy that aims to dismantle the building elements, building components, and materials of the building for recovery. This also means a strategy that enables possibilities such as the qualified recovery of building elements, materials, and components. Designing a building with this strategy primarily means the reduction of waste generation. In other words, the existing structure in the design for deconstruction may be the source of the future structure. Thus, energy, raw material, time, and economic loss are reduced. The effectiveness of this strategy depends on the efficiency of the design and the planning of the "demolition" process. The difficulty of planning the dismantling of the building during the design phase turns into an increasingly difficult activity with its complex building concept and user needs. Traditional design methods are insufficient to maintain process integrity and ensure coordination. At this point, BIM (Building Information Modeling System), which is a contemporary software, is efficient. Due to its advantages and openness to development, most of the current studies are carried out via BIM. BIM is a great opportunity area. With the use of BIM, it was possible to coordinate in a digital environment before the construction of the complex building process. Also, the possibility of working with net data, adding new data, and storing these data was obtained with the use of BIM. With the development of BIM, the designer and other project stakeholders were provided with the opportunity to evaluate the construction process at every stage with the building life cycle. This software also allows you to see and solve problems before construction. In this way, sustainability decisions can be made much earlier than construction. For this purpose, "Sustainable Building Element Design Approach for Disassembly with BIM Coordination." was proposed in the thesis study. It is thought that the building element designed for this purpose will have design flexibility throughout the building life cycle. With this approach, it is predicted that there will be a lower amount of waste produced during the repair, renovation, and demolition phases. The main goal is to reduce environmental damage and reduce C&D waste with an efficient design strategy. It is thought that this sustainable building element, designed with the coordination of BIM, will be stored as data and can be included in other projects.

The sustainable construction industry is not only the responsibility of architects. Other project stakeholders and material producers should consider design strategies to reduce waste. Demand will naturally increase when designers start using sustainable design methods and prefer using sustainable materials. The role of the designer in the face of this major problem in the construction industry will also be important in changing the perspective of the building's users and other stakeholders. The thesis study, "Sustainable Building Elements Design Approach for Dissassembly with BIM

Coordination”, was carried out with these goals. With this thesis approach it is thought that the construction industry's waste cycle will be supported to remain in a closed loop.

1. GİRİŞ

Günümüzde yapılı çevre insan hayatının ve doğanın ayrılmaz bir parçası durumundadır. Özellikle nüfus artışıyla beraber artan barınma ihtiyacına ve sosyal yaşantının evrilerek yapılı çevrede aktivite arayışına dönmesine bağlı olarak var olan yapılı çevrenin yeterli alanı sağlayamıyor oluşu, estetik kaygılar ve yeni ihtiyaçlar yapının hizmet ömründen bağımsız olarak insanları kontrolsüz bir yıkım ve/veya onarım, sonrasında ise yeniden yapım yöntemlerine sevk etmektedir. Bu kontrolsüz işlemlerin sonucunda ise yıllar boyunca devam eden yapım-onarım-yıkım döngüsü çevre kirliliğine ve doğa tahribatına neden olmaktadır. Bunlara ek olarak bu aşamalar sırasında kullanılan doğal kaynaklar, malzemeler, işgücü, enerji gibi girdiler verimli şekilde kullanılmadığı için yüksek miktarda enerji kaybına, iş gücü kaybına, doğal kaynak kaybına ve ekonomik kayba yol açmaktadır.

Son yıllarda ülkeler, uzun süredir biriken ve doğal hayatı tehdit eder düzeye gelen temelde yapısal atık kaynaklı bu çevre kirliliğinin önüne geçebilmek için bireysel olarak ya da birlik düzeyinde çeşitli sürdürülebilirlik politikaları geliştirmektedir, hedefler belirlemektedir ve bu çalışmaların raporlarını yayınlamaktadır. Bu hedefler doğrultusunda da yapım sürecine bağlı tüm katılımcılar kendi profesyonel alanlarına göre stratejiler geliştirmektedir. Mimar, mühendis, işveren ve diğer profesyonel proje paydaşları bu strateji doğrultusunda bütüncül şekilde çalışarak atık miktarını azaltacak, enerji, kaynak, zaman ve ekonomik kaybı düşürecek alternatif yollara ve seçimlere yönelmektedir.

Proje paydaşlarından mimar gözüyle ele aldığımızda ise tasarım ve yapım süreci başlamadan, bir yapıda tüm yapım organizasyonunun sonunda oluşacak yapısal atık miktarının bilinmesiyle beraber çevreye verilebilecek zararın farkında olarak alternatif yöntemler aranması ve tasarımın farklı ölçeklerde yeniden düşünülmesi en etkili yöntemlerden biri olacaktır. Dünyada yapısal atıkların yönetimi (önlenmesi, azaltımı ve geri kazanımı) konusunda ciddi uygulamalara sahip ülkeler bulunmaktadır. Bu ülkelerde yapısal atıkların 100%'e yakını yapısal atığın durumuna göre yeniden kullanılmakta ya da geri dönüştürülmektedir. Türkiye'de ise "Hafriyat Toprağı, İnşaat

ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği"' gibi uygulamalar olmakla beraber bu çabalar yeterli olmaktan çok uzaktır, şöyle ki Türkiye'nin lokomotif sektörü olarak görülen inşaat sektörünün yıllık toplam ürettiği inşaat atığı miktarı bile bilinmemektedir.

Yapısal atık miktarının çokluğu çevre için büyük bir problem olmakla beraber, etkili uygulama yöntemleri ile potansiyeli oldukça yüksek bir çözüm fırsatını da beraberinde getirmektedir. Bu aşamada problem olarak gördüğümüz yapısal atıkların bina, bileşen ve eleman düzeyinde sürdürülebilirlik potansiyellerini anlamamız gerekmektedir. Bu doğrultuda yapısal atığı azaltmaya yönelik oluşturulan temel "Atık Yönetimi Hiyerarşisi" adımları önemlidir. "Reduce" önleme ve azaltma, "Reuse" yeniden kullanma ve yeniden kullanıma bağlı olarak "Resale", geri dönüştürme "Recycle" şeklinde temel olarak sıralayabiliriz.

Bir yapı tekil bir öğe olarak inşa edilmekle ve kullanılmakla beraber farklı hizmet ömrüne sahip parçalardan oluşmaktadır. Dolayısıyla pek çok alt parçaya sahip bir bütünden tek bir hizmet ömrü, yaşam döngüsü sunmasını beklemek gerçekçi olmayacaktır. Zaman geçtikçe hiçbir bina bu tekillik seviyesini koruyamayacaktır. Yaşam süreci boyunca muhtemel onarım, değişim, dönüşüm ya da yenilenme gibi müdahalelerden sonra sürekli dönüşen ve değişen tekil bir bina değil, hizmet ömrü boyunca bir dizi farklı bina görmemiz muhtemeldir. Brand'ın Mimar Frank Duffy'ye atıfta bulunarak ortaya koyduğu paylaşılan katmanlar, çoklu katmanlar teorisine göre her yapı söküm sırasına göre katmanlara ayrılmıştır ve her katmanın kendi hizmet ömrü bulunmaktadır. Bu durum yapının tekilliğinin yanında çoklu yaşam döngülerine sahip alt parçaların katlamanlaşma sıralanmasının nasıl olması gerektiğine dair fikir vermektedir. Bu yaklaşıma göre yaşam ömrü en kısa olan katmanın değişime, onarım ve müdaheleye kolaylıkla imkan verecek şekilde elemanın ve/veya yapının yüzeyine yakın olması gerekmektedir. Katmanlaşma sıralamasının doğru olması durumunda yaşam ömrünün sonuna gelen bir katman diğer katmanlara zarar vermeden erişim ve söküm imkanı sağlanmış olacaktır (Brand, 1995).

Bütün bu nedenlerle bina yaşam döngüsünün her evresini dikkate alan tasarımlar üretmek tasarımcılar için daha önemli hale gelmektedir. Design for Deconstruction (DfD) yapısal sürdürülebilirliği temel alan, yapının kullanımından sonraki yok etme sürecinde bileşenlerin, elemanların ve malzemelerin sökümü ile geri kazanımını göz

önünde bulunduran bir tasarım stratejisidir. Yapı bileşenlerinin tekrar kullanılması yapısal atık miktarını azaltacak ve yeni üretilen malzemelere olan talebi azaltacaktır. İmalattaki bu azalma, üretim sürecinde daha az enerji tüketimine ve hammadde tüketimine yol açacaktır. Daha az malzeme ve bileşen üretimi, daha az üretime bağlı kirlilik anlamına gelecektir. Sonuç olarak ise, daha az yapısal atık, daha az enerji ve doğal kaynak tüketim, daha az ekonomik kayıp olacaktır. Yapısal atık üretimi olmayacağı için ise depolama sahaları üzerinde baskı oluşmayacaktır.

Bu çalışma kapsamında yapısal atığı azaltmaya yönelik Söküme Uygun Yapı Elemanı Tasarımı Yaklaşımı ile güncel teknoloji BIM beraber ele alınmıştır. Bu strateji doğrultusunda tasarlanan ve inşa edilen yapı elemanının, yaşam süreci boyunca muhtemel onarım, değişim, dönüşüm ya da yenilenme gibi müdahalelerinde esneklik sağlayacak ve ömrünü tamamladığında minimum ya da hiç yapısal atık üretimi ile yaşam döngüsü sürecini sürdürülebilirlik başlığı altında en verimli haliyle sonlandırması beklenecektir. Söküme Uygun Yapı Elemanı Tasarımı Yaklaşımı ile atık miktarını azaltma ve önleme (Reduce), yapı elemanın ya da bileşeninin yeniden kullanımı ile (Reuse) ve (Resale), bileşenlerin ve malzemelerin geri dönüşümü ile (Recycle), geri kazanım süreci ile yapı elemanlarının ve bileşenlerinin sürdürülebilirliği, bütüncül baktığımızda ise yapının sürdürülebilirlik potansiyeli sorgulanmıştır.

Yapım sürecinin ve bizzat yapının kendisinin gelişen teknolojiler ve artan kullanıcı beklentileri ile beraber gittikçe karmaşık sistemler içermesi, pek çok alt sürece sahip olması ve tasarımından yıkımına kadar geçen sürede çok fazla katılımcıya sahip olması koordinasyon problemlerine de yol açmaktadır. Bu problemlerin yanı sıra yapısal atık miktarının azaltılması konusunda belirlenen stratejilerin ve sürecin yönetilmesinde de problemler görülebilmektedir. Bu karmaşıklaşan süreçte farklı disiplinlerin projeleri geleneksel olarak bir araya geldiğinde artık koordinasyonu yüksek ve sağlıklı çalışan bir bütün oluşturamamaktadır. Günümüzde geleneksel yapım yöntemlerinin yetersiz kaldığı aşamada BIM (Yapı Bilgi Modelleme Sistemi) geliştirilmiştir. Yapının "Söküme Uygun Tasarımı" süreç boyunca geleneksel yapımdan ayrı olarak yüksek miktarda koordinasyona ihtiyaç duymaktadır. Tasarım aşamasında elimizde bütün proje paydaşlarının katılımı ve üretiminin senkronize şekilde bulunması ve problemlerin-çözümlerin farkında olunması gerekmektedir. Bu koordinasyonun sağlanabilmesi ve sürdürülebilmesi açısından ise BIM'in bütüncül ve koordinasyona

imkan veren sistemi büyük avantaj sağlamaktadır. Bu sistem ile beraber tüm tasarım ve yapım paydaşlarına gerçek yapımdan önce karmaşık yapılaşma sürecini sayısal ortamda koordine etme ve inşa etme seçeneği sağlanmıştır. Bu sayısal model bütün proje paydaşlarına gerekli analizleri yapmalarına fırsat sağlarken aynı zamanda yapının gerçek inşasında çıkabilecek her türlü problemi de ortaya serebilme ve dolayısıyla ortadan kaldırabilme potansiyeli de sağlamaktadır. Henüz tasarım aşamasında bu problemleri görüp gerekli kararları almak, çözümleri üretmek yapısal sürdürülebilirlik açısından en önemli adımlardan biridir.

1.1 Problemin Tanımı

Yıllar boyunca hacmi sürekli genişleyen yapı endüstrisi dünya genelinde en büyük atık üreticilerinden biri konumundadır. Türk Dil Kurumuna göre "atık" kavramı, üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarda ortaya çıkan ve kullanıcının işine yaramayan, artık işlenemez veya çevre için zarar oluşturan her türlü madde şeklinde yer almaktadır (TDK, 2019). Bu tanımdan yola çıkarak, atık üretimi yapım aşamasından onarım ya da yenilenme aşamasına, yıkım aşamasından kullanım aşamasına kadar yapının her döneminde devam etmektedir diyebilmekteyiz.

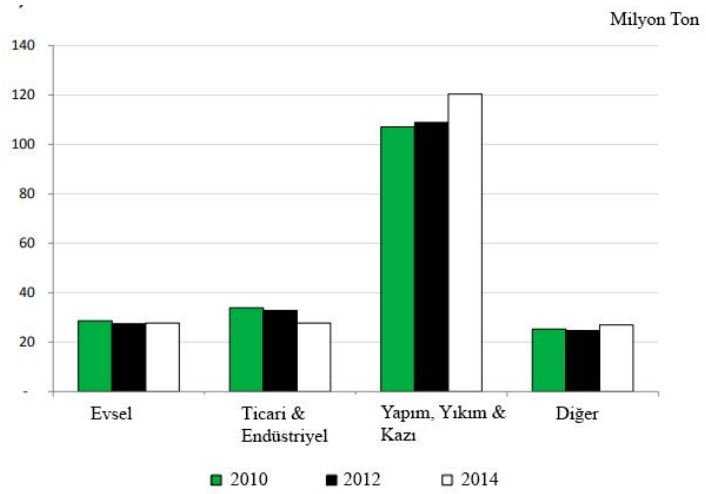
Bütün bu aşamalardaki faaliyetler dünya genelinde toplam yıllık atık üretiminin yaklaşık %30'unun başlıca sorumlusudur (European Commission, 2005). Standart koşullarda üretilen bu atıkların oran ve miktar olarak zaten çok yüksek olmasının yanında deprem gibi herhangi bir doğal afet durumunda kontrol edilemez boyutlara ulaşabileceğini öngörmek yanlış olmayacaktır. Bütün bu faaliyetler sonucunda ortaya çıkan ve kontrolsüzce atılan yapısal atıklar doğal çevreye, hava kalitesine ve su kaynaklarına ciddi zarar vermektedir. Yıkım çalışmaları sırasına çıkan toz yakın çevrede yaşayan insanlar için hava kalitesini etkilerken, üretilen yapısal atıkların yeraltında uzun süre depolanması yeraltı sularının kirlenmesine ve toprak yapısının bozulmasına da yol açarak doğal çevreye zarar vermektedir. Doğal kaynakların ve hammadde miktarının sınırlı olmasıyla beraber sürekli artan yapım faaliyetleri de göz önüne alındığında tüketilen hammadde miktarının doğal kaynakların dengeli kullanımı ve gelecek kuşaklara da aktarımı açısından kontrol altında tutulması gerektiği de açıkça görülmektedir. Dünyada en önemli sorunlardan biri olan yapım ve yıkım (C&D) atıkları, yapım sırasında harcanan bütün kaynakların oldukça önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Yapı endüstrisi tek başına küresel olarak en büyük ham

madde tüketicilerinden de biridir. Dünya ekonomisinde ham maddenin 1/3'ü yapı endüstrisi tarafından tüketilmektedir (Sherman, 1998). Reilly'nin 1997'de yayınladığı tez çalışmasında da ise bu oran %40 olarak verilmiştir. Orman alanlarının %25'i, üretilen malzeme ve enerjinin %40'ı ve kullanılan bilen bütün su miktarının %15'i yapılaşma faaliyetlerinde kullanılmaktadır (Reilly, 1997).

AB ülkelerinin çoğunda CDW sorunu, bir inşaatın yıkılması gerektiğinde ortaya çıkmaktadır. Buna rağmen AB genelinde 2016 yılında üretilen toplam atığın %36,4'ü tek başına inşaat endüstrisi tarafından üretilmektedir (Eurostat, 2019). 2005 verilerinde ise Avrupa Birliği'ndeki (AB) toplam CDW üretimi yaklaşık 450 milyon tondur. Yapım ve yıkım (C&D) atıkları, yüksek geri dönüşüm ve yeniden kullanım potansiyeli nedeniyle AB'de en öncelikli atık akışı durumundadır. Fakat bu yapısal atıkların geri dönüşüm oranları ise % 5'ten % 95'e kadar değişmektedir (Dorsthorst & Kowalczyk, 2005).

Yine Avrupa Birliği genelinde baktığımızda 2011 yılında Avrupa Birliği Komisyonu'nun yayınladığı atık yönergesinde 2020 yılı hedefinde inşaat yapım ve yıkım atıkları için %70 oranında geri dönüşüm hedefi belirlemiştir. Hollanda, Almanya, Estonya gibi pek çok ülke bu orana 2005-2006 yılında çoktan ulaşmış durumdadır (European Comission, 2008). Avrupa Birliği, 2014 yılında AB Atık Çerçeve Direktifi'ndeki geri dönüşüm hedeflerini gözden geçirerek bir mevzuat teklifi ve eki kabul etmiştir. Kabul edilen yeni mevzuata göre plastik, metal, biyo-atık, kağıt ve cam da dahil olmak üzere geri dönüştürülebilir atıklar için 2025 yılına kadar düzenli depolama alanlarını aşamalı olarak kaldırmayı hedeflemektedir (EU Waste, 2011).

2009 WRAP verilerine göre 2007 yılında hızlı yapım ve yıkım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan yapısal atıkların miktarı yalnızca Birleşik Krallık'ta yıllık 31,8 milyon tona kadar varmaktadır (WRAP, 2009). 2010-2014 yılları arasında Birleşik Krallık yayınlanan atık miktarı istatistiğinde, şekil 1.1'de görebileceğimiz gibi üretilen toplam atık miktarı içerisindeki en büyük atık üretim miktarı yapım, yıkım ve kazı faaliyetleri sırasında çıkmaktadır. Bu yapısal atık miktarı yıllara bağlı olarak da artış göstermektedir (DEFRA, 2018).



Şekil 1.1 : İngiltere'de 2010-14 arasında üretilen atık miktarı (DEFRA, 2018)

Almanya'da yaklaşık 45 milyon ton yapısal (C&D) atığın üretildiği tahmin edilmektedir. Henüz yeni bir ülke olan İsrail'de yıkım faaliyetleri çok aktif değildir. Bazı önemli şehirlerinde yılda sadece 10 yapının yıkıldığı görülebilmektedir. Toplam üretilen yapısal atık miktarı bilinmemekle beraber 350,000 ve 700,000 ton arasındadır. Bu oran yine de toplam katı atık miktarının %60'ıdır. Japonya'da ise üretilen atık miktarı ve atık toplama alanlarının yetersizliği ciddi bir çevresel ve sosyal sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. 2001 yılında belirlenen yapısal atık miktarı 85 milyon tondur (Chini, 2005).

Amerika Birleşik Devletleri'nde, atık yönetimi yapı endüstrisinde hala büyük bir endişe kaynağıdır. Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) atık verilerini 30 yıldan uzun süredir toplamaktadır. Fakat, Federal hükümet, eyalet ve yerel yönetimler atık verilerine sahip olsa da C&D atıklarının depolama sahaları için bertaraf verileri toplamaz. Bu nedenle toplanan C&D atıklarının bertaraf yöntemlerini kesin olarak değerlendirmek mümkün değildir (Diyamandoglu & Fortuna, 2015). C&D atıklarına ilişkin ulusal veri eksikliğine rağmen, bazı bölgesel veriler bulmak mümkündür. ABD'de yılda tahminen ortalama 160 milyon ton İnşaat ve Yıkım (C&D) atığı üretilmektedir. Bu miktar, toplam katı atık akışının üçte birine denk gelmektedir (Kibert C. J., 2013). 2000 yılında ise bu oran tüm C&D atıklarının % 90'ına denk gelmekteydi (Chini, 2005). ABD Çevre Koruma Ajansı 2003 verilerine göre ise 170 milyon tondur. Bu 170 milyon tonun %9'u yapım sırasında %42'si yenileme sırasında, %49'u yıkım sırasında oluşmaktadır. Yine aynı çalışmada üretilen yapısal

atıkların %48'inin geri geri dönüştürüldüğü ya da geri kazanıldığı belirtilmektedir (Laquatra & Pierce, 2011). 2005 yılında gerçekleştirilen bir başka çalışmaya göre ise inşaat atıklarının %8'i yapım sırasında %92'si ise yenileme ve yıkım sırasında oluşmaktadır (Guy & Ciarimboli, 2005). ABD Çevre Koruma Ajansının 2015 yılında yayınladığı güncel verilerde ise Amerika Birleşik Devletleri'nde 2015 yılında yapım ve yıkım (C&D) sonucu üretilen yapısal atığının üretilen kentsel katı atığın (MSW) iki katından fazla olduğunu tahmin edilmektedir (EPA, 2019). Farklı yıllarda yayınlanan araştırma verilerinde de görüldüğü üzere yıkım ve yenileme miktarının yapım miktarına oranı ciddi değişimlere uğramamaktadır ve yapısal atığın en çok üretildiği evre yıkım ve yenileme olarak ortaya çıkmaktadır.

Türkiye'ye baktığımızda ise yıkım-yapım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan "yapısal atık" miktarı başlığında elimizde net bir veri ve belge bulunmamaktadır. 2016 yılında yayınlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi ÇED Raporu'nda yıkım ve yapım faaliyetleri sonucu üretilen toplam yapısal atık miktarına dair bir bilgi bulunmamakla beraber belediyeler tarafından toplanan toplam atık miktarı verilmiştir. Bu miktarın içerisinde ne oranda yapısal atık bulunduğu ya da tablonun dışında kalan kontrolsüz faaliyetlerin miktarı hala bilinmemektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016).

2018 TÜİK verilerine göre üretilen toplam atık miktarı 34,533 bin tondur. Bu miktarın 21,643 bin tonu depolama tesisine gönderilmiştir. Geri kazanım tesisine gönderilen atık miktarı 3,848 bin tondur. Arada kalan miktarlar yakarak, dökerek, gömerek ve belediye çöplüklerine gönderilerek kontrolsüzce doğal çevreye dağılmaktadır. Şekil 1.2'de görüldüğü üzere 1994-2018 yılları arasında üretilmiş olan, doğal çevreye bir şekilde atılan ve depolama alanlarında yıllardır biriken atıklara dair bir geri dönüşüm ya da kazanım çalışması 2017 ve 2018 yılları dışında bulunmamaktadır. Bu iki yılda geri kazanılan atık oranı ise çok düşüktür. TÜİK verilerinde ve ÇED raporunda da ortaya koyulduğu üzere Türkiye atık yönetimi konusunda verimsiz ve yetersiz durumdadır. Bu konu pek çok açıdan ciddiyetle ele alınmalıdır (TÜİK, 2018).

Belediye atık göstergeleri, 1994-2018																
	1994	1995	1996	1997	1998	2001	2002	2003	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018
Oluşan belediye atık miktarı (Bin ton/yıl)	23 448	27 234	29 348	31 944	32 973	31 031	30 999	31 081	29 736	30 082	28 454	29 733	30 786	31 230	33 763	34 533
Toplanan belediye atık miktarı (Bin ton/yıl)	17 757	20 910	22 483	24 180	24 945	25 134	25 373	26 118	25 014	25 280	24 361	25 277	25 845	28 011	31 584	32 209
Kişi başı ortalama atık miktarı (Kg/kişi gün)	1,10	1,27	1,37	1,46	1,51	1,35	1,34	1,38	1,31	1,21	1,15	1,14	1,12	1,08	1,17	1,16
Bertaraf/geri kazanım yöntemleri ve belediye atık miktarı (Bin ton/yıl)																
Büyükşehir belediyesi çöplüğüne gönderilen	7 066	8 233	7 310	6 529	6 345	3 771	3 929	3 968	3 796	2 553	2 277	1 828	1107	2 226	2 892	2 286
Belediye çöplüğüne gönderilen	7 000	8 501	9 737	9 755	10 094	10 125	11 637	11 844	11 832	11 822	10 053	8 754	8 217	7 522	6 129	4 185
Başka belediye çöplüğüne gönderilen	413	441	473	521	414	674	744	755	788	566	348	419	448	187	74	49
Düzenli depolama tesisine gönderilen	809	1 444	2 847	4 364	5 258	8 304	7 047	7 432	7 002	9 428	10 947	13 747	15 484	17 807	19 338	21 644
Açıkta yakarak	442	405	438	625	386	344	221	259	102	247	239	134	108	4	10	6
Dereye ve göle dökerek	558	370	370	384	375	101	197	228	155	70	48	44	33	16	1	1
Gömerek	523	829	824	1 447	852	482	500	597	426	144	100	34	94	7	7	2
Diğer bertaraf yöntemleri	753	527	303	366	1 039	1 115	716	709	563	195	73	122	202	114	41	65
Kompost tesisine gönderilen	192	159	179	180	166	218	383	326	351	255	276	194	155	126	146	123
Diğer geri kazanım tesislerine gönderilen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 946	3 848

Şekil 1.2 : Türkiye'de 1994-2018 yılları arasında üretilen atık miktarları ve geri kazanım miktarları (TÜİK, 2018)

Gerçekleştirilen yıkım miktarı üzerinde Türkiye'de etkili olan bir diğer husus da 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'un Mayıs 2012'de yürürlüğe girmesidir. Bu kanun sonrasında yıkım faaliyetlerinde ciddi miktarda artış yaşanmıştır. Özellikle Türkiye'de yapı miktarının ve nüfusun oransal olarak büyük kısmını bulunduran İstanbul'da bu kanunun etkileri büyük olmuştur. Yıkılması muhtemel ve ömrünü tamamlamış yapıların yanında riskli yapı kategorisinde değerlendirilmeye alınan yapıların yıkımı hızla gerçeklemiş ve ilçeler kısa sürede yeniden şekillenmiştir. Kadıköy, Maltepe, Şişli, Kartal gibi semtler başta olmak üzere İstanbul'un her yerinde yıkım/yapım faaliyetine başlanmıştır. Aralık 2018 itibariyle Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerine göre sadece İstanbul'da 65516 adet yapı tespiti yapılmıştır ve bu yapıların 76.77%'si yıkılmıştır ve yeniden yapılmıştır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018). Yüksek oranlarda gerçekleştirilen yıkımın sonucunda ortaya çıkan yapısal atık miktarı bilinmemektedir. Yapısal Atık başlığı altında geri kazanım oranları, düzenli depolama alanlarına gönderilen miktar, yakılan yapısal atık miktarları belirsizdir. 2016 yılında yayınlanan ÇED Raporu'nda da referans verilen 18 Mart 2004 tarihinde yürürlüğe giren "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Kontrolü Yönetmeliği "ne tabii olsa da yetersiz kalmaktadır ve herhangi bir raporda ya da yayında yer almamaktadır.

Türkiye ve Avrupa Birliği ülkeleri arasındaki farkı daha net anlamak için 2016 Eurostat verilerine bakabiliriz. 2016 yılında AB-28 ülkelerinde ortalama olarak atık geri dönüşüm ve kompostlaştırma payı %45,3'tir (Eurostat, 2019). Gelişmiş ülkelerde ise bu oran %90'ın üzerindedir. 2016'da yayınlanan Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem

Planı'na göre ise Türkiye'de bu rakam %13'dür ve Avrupa Birliği ülkeleri ile Türkiye arasında ciddi oran farkı bulunmaktadır. Bu aradaki fark büyük oranda düzenli depolama şeklinde biriktirilmektedir ve atık depolama sahalarının üzerinde büyük baskı yaratmaktadır. Şekil 1.3'de görebileceğimiz üzere, 2016 TÜİK verilerine göre toplanan belediye atıklarının düzenli depolama tesislerine götürülme oranı %62.2'dir ve bu oran geçtiğimiz 1994 yılından itibaren sürekli artmaktadır.

	1994	1996	1998	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Toplanan Belediye Atıkları (milyon ton)	17.76	22.48	24.95	25.37	25.01	25.28	24.36	25.28	25.85	28.01	31.58
Düzenli Depolama Sahalarına Götürülen Belediye Atıkları (milyon ton)	0.81	2.85	5.26	7.05	7.00	9.43	10.95	13.75	15.48	17.81	19.34
Toplanan Belediye Atıklarının Düzenli Depolama Tesislerine Götürülme Oranı (%)	4.6%	12.7%	21.1%	27.8%	28.0%	37.3%	45.0%	54.4%	59.9%	63.6%	61.2%

Şekil 1.3 : Yıllara Göre Atıkların Depolama Tesislerine Götürülme Miktarı (TÜİK, 2018)

Ortaya konan atık miktarından da anlaşılacağı üzere küresel olarak üretilen atık miktarları devasa boyutlardadır. Bu büyük miktardaki atıkların doğal çevreyi tehdit ve tahrip eden boyutu dışında yıllardır depolama alanlarında biriktirilmesi ile de var olan artık atık depolama sahalarının üzerinde büyük baskı yaratmaktadır. Günümüzde kontrolsüzce doğaya bırakılan yapısal atıklar dışında, tüm dünyada atık toplama alanlarının ve çöp toplama alanların büyük bölümünü yapısal atıklar oluşturmaktadır. Pek çok ülkede üretilen atık miktarına bağlı atık depolama alanlarının sayısı ve hacmi yetersiz durumdadır.

Kontrolsüzce tüketilen doğal kaynaklar, çevreye atılan yapısal atıklar ülke ekonomisine de zarar vermektedir. Doğal kaynakların korunmasını sağlamak, yapısal atık miktarının bertarafının maliyetini ve negatif etkilerini azaltmak için etkili ve doğru atık yönetimi uygulamaları mutlaka izlenmelidir. Bu uygulamalarla ve proje paydaşlarının sorumluluk almasıyla beraber yapısal atıklar inşaat sektörü içerisinde "kapalı bir döngüde" dolaşarak atık oluşumunu en aza indirerek doğal kaynakların korunumuna da katkıda bulunacaktır (Akinade, ve diğerleri, 2018). Yapı malzemelerinin, bileşenlerinin ve elemanlarının sürdürülebilirlik amacıyla yeniden kullanımı ve geri dönüşümü kilit bir unsur olarak görülmektedir. Fakat bu sorumluluk tek başına yıkım faaliyetinden sorumlu olanların yükü olmamalıdır. Yapım faaliyetine katılan tüm ilgili paydaşları ve aktörleri de içeren bütüncül bir yaklaşım sergilenmelidir. Yıkım faaliyetinden sorumlu proje katılımcıları diğer proje paydaşlarının duyarlı olduğu kadar duyarlı olacaktır. Artık yapısal atık üretiminin

kontrollü hale getirilmesi ve daha önemlisi engellenmesi / azaltılması sürdürülebilir çevre ve doğal kaynaklar için en temel hareket noktası konumundadır. Burada asıl problem bu hareket noktasının niteliksel ve niceliksel olarak nasıl geliştirileceğidir. Bu problem bir atık yönetim stratejisinin doğru ve kontrollü şekilde uygulanması ile giderilebilir. Bir hiyerarşiye bağlı olarak da zinciri yapının yeniden işlevlendirilmesi, elemanlarının yeniden kullanılması ve malzemelerinin geri dönüşümü şeklinde basitçe sıralayabiliriz. Malzeme düzeyinde ise malzemeler geri dönüştürülebilir, çevrilebilir ve yükseltilebilir (Dorsthorst & Kowalczyk, 2005).

1.2 Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amacı, yapım sürecinin en önemli paydaşlarından biri olan mimarın, tasarımda koordinasyonu BIM'e dayalı bir yaklaşım kullanarak, yapı elemanının kullanım sürecinde ve kullanım sonrası sürecinde sürdürülebilirlik hedefiyle değerlendirerek yapısal atık miktarını azaltma ve azaltamadığı durumda ortaya çıkacak olan atık miktarını kontrollü olarak geri kazanma amacıyla söküme uygun olarak tasarlamasına yönelik alternatif bir strateji geliştirmek ve bu yöntemin uygulanabilirliğini sorgulamaktır.

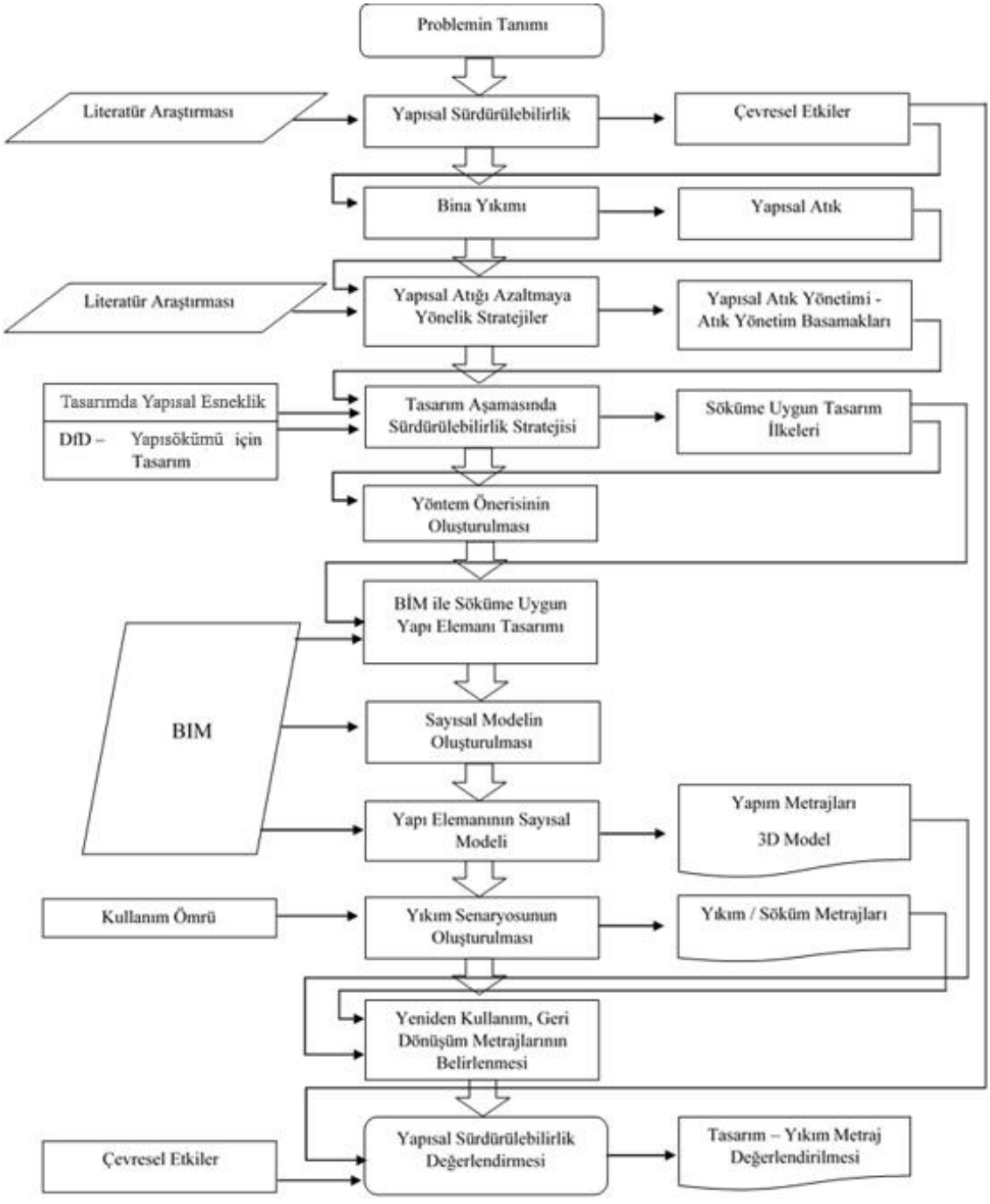
Bu amaçla yıllardır kontrolsüzce yapılan yapım, yıkım, onarım gibi faaliyetlerin pek çok açıdan sürdürülebilir yöntemler olmadığından ve bu faaliyetler sonucu ortaya çıkan atık miktarının hacminden bahsedilmiş, bu faaliyetlerin çevresel zararları araştırılmış ve problemin büyüklüğüne vurgu yapılmıştır. Ülkelerin bu durum karşısında geliştirdikleri çözümlerden ve yapı endüstrisinin sorumluluğundan bahsedilmiştir. Bu bağlamda mimarın / tasarımcının yapım sürecinin büyük bir paydaşı olarak yapısal atık miktarını azaltmaya yönelik seçenekleri araştırılmış ve gelişen teknoloji ile karmaşık sistemlerde etkili sonuçlar alınan BIM ile örnek çalışmalar incelenmiş ve birlikte bu olanaklar değerlendirilmiştir. Son yıllarda İstanbul'daki yapım-yıkım oranına dikkat çekerek bu süreçte ortaya çıkmış olabilecek yapısal atık miktarını ortaya koyarak mesleki olarak farkındalık yaratmayı ve alternatif tasarım stratejilerinin varlığına dikket çekmeyi de amaçlamaktadır. Bu amaçla ulusal ölçekteki yapısal atık problemine bir yapı elemanı veritabanı önerisi getirerek stok yapısal atık ve üretilmesi muhtemel yapısal atık miktarını bilerek tasarım ve uygulama yapma farkındalığını hedeflemektedir.

1.3 Çalışmanın Yöntemi ve Kapsamı

Bu çalışmada kullanılan yöntemler öncelikle Türkiye'den ve dünyanın çeşitli ülkelerinden literatür taraması, bakanlık ve piyasa verileri ile yapısal atık probleminin ortaya konulması ve sonrasında yapı üretim sürecinde mimarın sorumluluğunun belirlenmesiyle beraber güncel teknoloji ile profesyonel fayda sağlayabilecek bir strateji geliştirilmesi şeklindedir. İlk aşamada küresel inşaat endüstrisinin çevresel sürdürülebilirlik açısından konumu ve yapısal atık üretiminin miktarı, çevresel etkileri tespit edilerek inşaat endüstrisinin atık üretimindeki sorumluluğu sorgulanmıştır. Genel çerçeveden sonra ise Türkiye'deki yapısal atık üretim miktarı araştırılmıştır. Türkiye ile ilgili istatistikler, ÇED Raporu, TÜİK verileri ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerinden alınmıştır. Durum tespiti yapıldıktan sonraki aşamada ise yıkım ve yapısal atık gibi genel tanımlar bina yaşam döngüsü ile beraber değerlendirilerek bir önceki araştırmada yer alan verilerle birleştirilmiş ve yapısal atığı azaltmaya yönelik çalışmalar araştırılmış ve uygulanan yöntemler, yayınlar ve yönetmelikler ortaya konulmuştur. Atık yönetimi nedir, yapısal atık yönetimi basamakları nelerdir açıklanmıştır. Bu aşamada literatür araştırması başta olmak üzere Avrupa Birliği Komisyonu raporlarından, ülke yönetmeliklerinden ve yayınlarından faydalanılarak tüm dünyada yapısal atığı önlemeye yönelik stratejiler örneklenmiştir. Yapılan araştırmalar sonrasında yapısal atık oluşumun miktarının en yoğun olduğu yıkım, onarım, yenileme gibi bina yaşam döngüsü evrelerindeki faaliyetlere odaklanarak bu evrelerde yapısal atık miktarının azaltılmasına yönelik stratejilerin neler olduğu araştırılmıştır.

Örneklenen araştırmalarda tasarımcının, tasarım aşamasında alınan sürdürülebilirlik kararları ile yapısal atık miktarına ciddi oranda etki edebileceği ortaya konmuştur. Buna bağlı olarak da bu amaçla Yapısöküm olarak da adlandırabileceğimi Design for Deconstruction (DfD) ve "Tasarımda Yapısal Esneklik" kavramları araştırılmıştır. Tasarım süreci yapının söküm imkanı ile beraber değerlendirilerek yapının yaşam ömrü ve sürdürülebilirlik faydaları sorgulanmıştır. Yapısökümünün uygulanabilmesi için söküme uygun yapı tasarımının avantajları ve ilkeleri belirlenerek bu stratejinin uygulanabilmesi için gerekli tasarım kararları ve ilkeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı şekilde tasarımda yapısal esneklik kavramının avantajları ve ilkeleri de ortaya konularak bu stratejinin uygulanabilmesi için gerekli tasarım kararları belirlenmeye

çalışılmıştır ve yapısökümü beraber ele alınmıştır. Tez çalışması kapsamında bu aşamadan sonra bu tasarım stratejiler yapı elemanı düzeyinde söküme uygun yapı elemanı tasarımı olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 1.4 : Tez çalışmasının yöntemi

Sonraki aşamada ise halihazırda zaten karmaşık olan ve pek çok proje paydaşına sahip olan yapım sürecinin yapısökümü için söküme uygun yapı elemanı tasarımını en iyi şekilde koordine edilmesi, kesin proje net verilerinin elde edilmesi amacıyla sürecin

BIM ve buna bağlı araçlardan Revit ile yönetilmesi gerektiği kararı alınmıştır. Bu aşamada literatür araştırmasına BIM'in kullanımı, faydaları sürdürülebilirlik açısından bina yaşam döngüsü yaklaşımı ile değerlendirilerek araştırılmıştır. Sürecin sonunda tezin konusu olan BIM koordinasyonu ile Söküme Uygun Yapı Elemanı Tasarımı yaklaşımı geliştirilmiştir. Tezin 4. Bölümünde ise geliştirilen bu söküm stratejisinin BIM ile uygulanabilirliği Duvar Elemanları üzerinden sorgulanmıştır. Hem yapısökümü hem de söküme yönelik uygulama ilkeleri bu aşamada dış duvar elemanları ile beraber değerlendirilmiştir. Sayısal modelden beklenen sonuç; kesin veriler, 3D model, net metrajlar – öngörülen yeniden kullanım, geri dönüşüm ve diğer geri kazanım miktarları için değerlendirme imkanı-, bağlantı detayları ve söküm detaylarıdır. Bu süreçte kapsam yapı elemanı düzeyinde belirlendiği için önceki süreçlerde belirlenen "Yapı Sökümü Aşamaları" eleman düzeyinde değerlendirilmiştir.

Son aşamada ise yapı elemanına dair belirli bir yaşam ömrü ile yapı elemanı sökümü öngörülerek yapı elemanının sökümünde geri kazanım imkanları ve miktarları değerlendirilmiştir. Tasarım aşamasında yapısal atığı azaltmaya yönelik alınan kararlar sonrasında genel sonuçlar değerlendirilmiş ve çevresel sürdürülebilirlik değerlendirilmesi yapılmıştır. Son olarak ise BIM'in tasarım sürecinde ne kadar verimli kullanılabildiği ve sonra gerçekleşecek çalışmalar için neler yapılabileceğinden bahsedilmiştir.

2. YAPISAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE BİNA YIKIMI

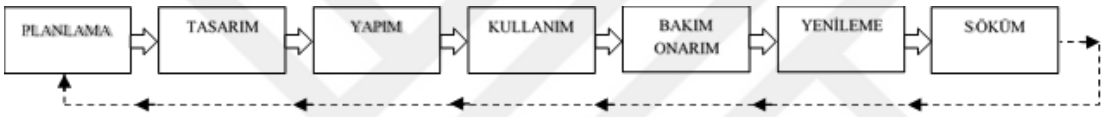
2.1 Yapısal Sürdürülebilirlik

Yapısal sürdürülebilirlik kavramını anlamamız için öncelikle sürdürülebilirlik kavramını anlamamız gerekmektedir. Sürdürülebilirlik; bir toplumun, bir ekosistemin veya benzer şekilde birbiri ile etkileşimli bir sistemin, ana kaynaklarını tüketmeden ya da tehlikeye sokmadan ve çevreye önemli bir zarar vermeden belirsiz bir geleceğe doğru işlevini sürdürebilme kabiliyetidir (Peterson & Dorsey, 2000).

Sanayi devriminden günümüze kadar gelen süreçte kırsal hayattaki nüfus azalmış kentleşme oranı hızlı bir şekilde artarak devam etmiştir. Endüstrileşen kentlerdeki hızlı nüfus artışı, hızlı ve plansız yapılaşma gibi faaliyetleri beraberinde getirirken hammadde tüketiminin artırıp üretilen atık miktarını da tüketimine bağlı olarak artırmıştır. Bu süreç boyunca odak noktaları endüstrileşme sürecini tamamlamak olan ve aslında çevresel kirlenmenin başlıca sorumlusu olan ülkeler doğal çevreye verdikleri zararı dikkate almamışlardır ve problemler katlanarak günümüze kadar gelmiştir. 1987 yılında ise Birleşmiş Milletler Çevre ve Gelişme Komisyonu tarafından "Our Common Future", Ortak Geleceğimiz Raporu yayınlanarak doğal çevre, ham madde tüketimi ile kalkınmanın arasındaki ilişki ele alınarak, kontrolsüz faaliyetlerin sonuçları ele alınmış ve problemin çözümüne yönelik ilk adımlar atılmıştır. Çevresel – sosyal- ekonomik sürdürülebilirliğin ancak birlikte sürdürülebilir kalkınmayı sağlayacağı belirtilmiştir. Sürdürülebilir kalkınmanın ülkelerin ana amaçlarından biri olması gerektiği vurgulanarak mevcut politikaların ve amaçların değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Brundtland, 1987).

Çevresel problemlerin en büyük katılımcılarından biri olarak bilinen inşaat endüstrisine bu noktadan baktığımızda ise ülkelerin ekonomilerindeki payı, etkisi ve yapılı çevrenin sosyal olarak insan yaşamı üzerindeki etkileri ile sürdürülebilir gelişmenin sağlanabilmesi için en önemli sektörlerden biri olduğu açıktır. Günümüzde bu amaçla inşaat endüstrisinin negatif etkilerini azaltmak ve/veya bertaraf ederek sürdürülebilir bir yapılaşma için nasıl adımlar atılabileceğine, nasıl uygulamalar geliştirilebileceğine dair çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Ding, 2008). Yapı

tasarlama ve üretme işinden sorumlu olan mimarın, yapı endüstrisinin neden olduğu bütün çevresel, sosyal ve ekonomik problemlere çözüm sunması beklenmese de sürdürülebilir tasarım, yapısökümü için tasarım, ekolojik tasarım gibi doğru tekniklerle yapının sürdürülebilirliğine doğrudan, sürdürülebilir gelişmeye de dolaylı olarak önemli katkılarda bulunacağı alanlar bulunmaktadır. Sürdürülebilir yapı tasarımı ile inşaat endüstrisinin ürettikleri ve tükettikleri ile kapalı bir döngü içerisinde kalmasını sağlamak sürdürülebilirlik için en etkili adımlardan biridir. Bu amaçla bina yaşam döngüsünü, yapının fikir ve talep aşamasından başlayarak ömrünü tamamlayıp ortadan kalkması / yok olması ile biten ve sürecin tekrar başa döndüğü bir çevrim olarak tanımlayabiliriz. Bu amaçla tasarımı yapılacak yapı için sürdürülebilirlik kavramı şekil 2.1'de ifade edilen şekliyle konvansiyonel bir yaşam döngüsü yaklaşımı ile ele alınmalıdır.



Şekil 2.1 : Konvansiyonel Bina Yaşam Döngüsü (Metin, 2010)

Yapı endüstrisinin sorumlu olduğu yüksek miktardaki yapısal atık gibi problemler aynı zamanda problemin çözümü için de önemli fırsatlar sunmaktadır. Yapısal atıklar, yeni yapılar için yeni kaynaklar anlamına da gelmektedir. Doğal kaynakların, ham maddelerin korunumuna katkıda bulunmaktadır. Üst ölçekte ise bir binanın yeniden kullanıma ve yeniden işlevlendirmeye uygunluğu, atık miktarını büyük ölçüde azaltacaktır, yapım sırasında ve malzeme üretimi sırasında harcanan enerjinin korunumu da sağlayacaktır. Yapı elamanı ve yapı bileşeni ölçeğinde yeniden kullanım ise binanın yeniden kullanımının mümkün olmadığı durumlarda atık üretimi azaltacak bir diğer yöntemdir. Bu durumda yapı elemanları, bileşenleri yeniden kullanılabilir ya da malzemeler geri dönüştürülebilir. Yapı bileşenleri ve yapı elemanları gibi daha büyük parçaları yeniden kullanmak ise hava ve su kirliliği miktarını düşürdüğü gibi enerji korunumuna ve ekonomik gelişime de katkı sağlayacaktır. Çoğu durumda, yapısal atıkları geri dönüştürerek kullanmak, yeni ürünler yapmaktan daha az hava kirliliği ve su kirliliğine sebep olmaktadır.

Yapısal atıkların en yoğun üretiminin olduğu onarım ve yıkım / söküm evrelerinin, tasarım aşamasında alınan sürdürülebilirlik kararları ile yapısal atık miktarının

azaltılması ve bertaraf edilmesi mümkündür. Örneğin; Bina sonrası süreci kapsayan söküm ve yıkım evresi, bir binanın faydalı ömrü sona erdiğinde başlar. Bu evrede, malzemeler ve / veya bileşenler, diğer binaların yapımında kaynak olacak veya doğaya iade edilecek atıklar olacaktır (Sev, 2009). Bu sayede doğru sürdürülebilirlik kararları ile bina yaşam döngüsü kapalı bir çevrim içerisinde kalacak ve inşaat endüstrisi kapalı döngüsünü koruma imkanı bulacaktır.

Günümüzde değişen ihtiyaçlar ve gelişen teknoloji ile beraber yapı üretimi çok sayıda paydaşa ve alt sürece sahip karmaşık bir faaliyet durumundadır. Bu nedenle yapısal sürdürülebilirlik hedeflerinin süreç boyunca sağlıklı ilerlemesi ve bina sonrası evresinin de öngörülebilmesi için sürdürülebilirliğe dair tasarım kararlarının ilk aşamalar olan planlama ve tasarım aşamalarında alınması gerekmektedir ve bina yaşam döngüsünün her adımında itina ile ele yeniden alınmalıdır ve değerlendirilmelidir. Bu sayede yeterli veri sağlanarak süreç boyunca gerçekleşebilecek çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerin bertarafından bahsedilebilir ve yapı endüstrisinin çevresel etkileri kontrol altında tutulabilir.

2.1.1 Yıkım ve yapısal atık

TDK'ya göre yıkma eylemi ve yıkım kavramı yok olmaya sebep olabilecek şey, büyük zarar, felaket olarak tanımlanmıştır. Güncel uygulamalarda ve ifadelerde ise "seçici yıkım" olarak kendine yer bulmaktadır. Yapıların alt sistemlerinin ve parçalarının geri kazanımını belirli ölçülerde sağlamak amacıyla kontrolsüzce yok etme yerine, kontrollü bir bir yıkımı ifade etmektedir. Seçici yıkım, yıkımı yapılacak yapının önce geri kazanımı mümkün olmayan maddelerden ayıklanması ve yıkımın nispeten kontrollü yapılmasıdır (ÇŞB, 2004). Yıkım'da tüm malzemeler ve bileşenler geri dönülemez şekilde birbirine karışarak yapısal atık olabilirken seçici yıkımın uygulanabilmesi durumunda yapı katmanlarının ayrımı geri kazanıma imkan verecek şekilde gerçekleşebilecektir. Ancak geri kazanımın başarısı seçici yıkımda parçaların ayrılabilme kabiliyetine bağlıdır ve tasarım aşamasında uygulamaya dair izlenen stratejiler ve birleşim kararları bu noktada önem kazanmaktadır.

Dünya'da çok çeşitli seçenekler bulunmakla birlikte yıkım Türkiye'de temel olarak öncelikle elle yapılmakta ve yeniden satış imkanına sahip olan bileşenler yapıdan ayrılmaktadır. Sonrasında ise buldozer ve vinçler ile yıkım devam etmektedir. Özel durumlarda ise alternatif yöntemler, matkaplar kullanılmaktadır (Elias-Özkan, 2002).

Türkiye'de yıkım faaliyetini üstlenen firmalar ülkenin tüm şehirlerinde faaliyet göstermektedir. Bu firmalar genellikle seçici yıkım faaliyeti sırasında kurtardıkları malzemeler karşılığında bu faaliyeti karşılaşamaktadırlar. Kurtarılan bu parçaların ise sağlıklı bir depolama alanına sahip olmasa da 2. el satışı içi piyasası bulunmaktadır. Kurtarılan kapılar, pencere doğramaları, armatürler, kapı kolları, kombiler ve diğer sökülebilen parçalar birkaç ay içerisinde satılmaktadır. Seçici yıkım aşamasında bu söküm işlemleri yapı tasarlanırken düşünülmediği için bileşenlerin geri kazanım oranı toplama baktığımızda çok düşük kalmaktadır ve geri kazanım dışında yıkım sonrası ortaya çıkan tüm ürünler "yapısal atık" olarak problem yaratmaktadır. Avrupa'da ise geri kazanım miktarı oran olarak uzun süredir çok daha iyi durumdadır. Çelik ve betonun özellikle Almanya, Hollanda ve İngiltere'de köklü yeniden kullanım veya geri dönüşüm döngüleri vardır (Kibert & Chini, 2000).

Türk Dil Kurumuna göre "atık" kavramı, üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarda ortaya çıkan ve kullanıcının artık işine yaramayan artık işlenemez veya çevre için zarar oluşturan her türlü madde şeklinde yer almaktadır (TDK, 2019). Bu tanımı yapım faaliyetine uyarladığımızda ise tasarım aşamasından yapının kullanımına, onarımına ve ömrünü tamamlamasa dahi çeşitli sebeplerle yok edilmesine kadar geçen sürede ortaya çıkan atıklar diyebiliriz. Binanın yapımı sırasında ortaya çıkan yapısal atıkları yapım, onarım, yenileme ve saha faaliyetleri sırasında ortaya çıkan bütün katı atıklar (ambalaj ve malzeme dahil) olarak tanımlanırken; Yıkım ve saha faaliyetleri sırasında ortaya çıkan bütün atıkları ise yıkım atıkları olarak tanımlayabiliriz (EPA, 2007). Bir başka tanımda ise, yapım atıkları ana sürecin bir yan ürünü olarak uzun bir süre boyunca üretilen küçük miktarda atıklar olarak tanımlanırken, yıkım atıkları sürecin ana parçası olarak kısa sürede üretilen büyük miktarda atıklar olarak tanımlanmıştır (Hobbs & Hurley, 2001).

Türkiye'de yürürlükte olan "Hafriyat Toprağı ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği"nde yapısal atıklara ait tanımlamalar şu şekilde geçmiştir;

"Hafriyat Toprağı: İnşaat öncesinde arazinin hazırlanması aşamasında yapılan kazı ve benzeri faaliyetler sonucunda oluşan toprak,

İnşaat Atıkları: Konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların yapımı esnasında ortaya çıkan atıklar,

Yıkıntı Atıkları: Konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların tamiratı, tadilatı, yenilenmesi, yıkımı veya doğal bir afet sonucunda ortaya çıkan atıklar,

Tehlikeli İnşaat ve Yıkıntı Atıkları: İnşaat ve yıkıntı atıkları içerisinde bulunan asbest, boya, florasan ve benzeri zararlı ve tehlikeli atıklar."

Yapısal atıklar bina yaşam döngüsü boyunca çok çeşitli boyutlarda ve niteliklerde çeşitli evrelerde problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapım sırasında ortaya çıkan yapısal atıklar daha nitelikli, daha küçük hacimlerde, temiz ve yeniden kullanıma imkan veren atıklarken, onarım ve yıkım atıkları, yapının yıkım şekline de bağlı olarak şekilsiz ve büyük parçalı, yeniden kullanıma imkan vermeyen ve büyük hacimlerde olabilmektedir ve pek çok probleme neden olabilmektedir. Türkiye'de yapısal atık oluşumundan sorumlu yapı endüstrisin en aktif ve hızla büyüyen alanlardan biri olduğu ve yapım-yıkım faaliyetlerinin oldukça hızlı bir sirkülasyona sahip olduğu durumda, bu faaliyetler sonucu üretilen yapısal atık miktarının belirsiz olması problemin boyutunu pekiştirmektedir.

2.1.2 Yapısal atığı azaltmaya yönelik stratejiler ve yapısal atık yönetimi

Yapısal atık probleminin büyüklüğünün anlaşılmasından sonra ülkeler bireysel olarak ya da birlik olarak çeşitli çalışmalarda bulunmaktadırlar. Yapı endüstrisinde sürdürülebilirliğin geliştirilmesi, yapı endüstrisine bütüncül yaklaşılmasını gerektirmektedir. Sürdürülebilir bir proje, tümleşik, planlı ve iyi yönetilen bir inşaat süreci ile gerçekleştirecektir (Augenbroe & Pearce, 1998). Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Kontrolü Yönetmeliği'nde Atık Yönetimi: "Hafriyat toprağı ile inşaat/yıkıntı atıklarının kaynağında ayrılarak toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması, tekrar kullanılması, geri kazanılması ve depolanması işlemleri." olarak tanımlanmıştır.

Dünyada temel olarak kabul gören atık yönetim hiyerarşisi öncelik sıralamasına göre: Önleme, yeniden kullanım ve geri dönüştürme şeklindedir. Avrupa Birliği'nin Atık Çerçeve Direktifi (2008/98 / EC sayılı WFD Direktifi), tüm üye devletler tarafından uygulanması gereken beş aşamalı atık hiyerarşi sistemini şekil 2.2'deki gibi ifade etmektedir. Bu yöntem ülke uygulamalarına ve ihtiyaca göre genişletilebilmektedir. Atık yönetimi hiyerarşisi, atıkları azaltma ve yönetme eylemleri için tercih sırasına göre sürdürülebilirliğe dayalı bir dizi öncelik sıralamasıdır. Hiyerarşinin genel amacı,

her malzemeyi her bileşeni mümkün olan her şekilde kazanarak minimum atık oluşumuna sebep olmaktır. En çok tercih edilmesi gereken ve sürdürülebilirlik önceliği en yüksek olan seçenek, hiyerarşinin tepesinde yer almaktadır. En altta ise her zaman en az tercih edilmesi gereken "imha etme" seçeneğidir bulunmaktadır (European Comission, 2008).



Şekil 2.2 : Temel Atık Yönetimi Hiyerarşisi (European Comission, 2008)

Önleme / Azaltma: Azaltma ve önleme ile beraber ele alınarak uygulanan bu adım, malzemenin ve/veya bileşenin atık haline gelmeden alınacak kararları kapsamaktadır. Tasarım ve üretimde daha az malzeme kullanımı, kullanılacak malzemelerin, bileşenlerin ömürlerinin daha uzun olması ve yeniden kullanılması, daha az tehlikeli madde kullanmak gibi alt seçenekleri barındırır (European Comission, 2008). Bu adımda sadece yıkım sırasında değil yapım sırasında oluşacak yapısal atıklar da dikkate alınmaktadır. Örneğin yapım sırasında yanlış taşıma ya da yanlış malzeme seçimi kaynaklı zayiatlar, malzemenin yanlış uygulama sırasında kırılması, ezilmesi, bozulması gibi durumlar öngörülerek atık oluşumunun önlenebileceği adımları da kapsamaktadır.

Yeniden Kullanım: Basitçe atık olmayan malzemenin, ürünün ya da bileşenin tekrar aynı amaç için kullanıldığı herhangi bir işlem anlamına gelmektedir (European Comission, 2008). Yeniden kullanım önleme ve azaltmadan sonra en çok tercih edilmesi gereken yöntemdir. Çünkü yeniden kullanım sürecinde minimum enerji ve işleme kaybı oluşacaktır. Fakat bu genel yeniden kullanım tanımı güncel faaliyetleri tam karşılamamaktadır. Gelişmiş atık yönetimi hiyerarşisinde yeniden kullanım olasılıkları detaylı olarak sonraki bölümlerde açıklanacaktır.

Geri Dönüşüm: Temelde atıkların yeni bir maddeye veya ürüne dönüşmesidir. Avrupa Birliği Atık Çerçeve Direktifinde, malzemelerin önceki amacına uygun ve/veya farklı kullanımlar için yeni malzemelere, ürünlere veya bileşenlere dönüştürülmesi şeklinde tanımlanmıştır. Enerji elde etmek için yakma bu adımda değerlendirilmeyecektir. Geri dönüşüm sonrası elde edilen malzemelerin, ürünlerin ve bileşenlerin kalitesine ve verimliliğine göre farklı hiyerarşik tanımlamaları bulunmaktadır. Bu tanımlar yukarı / ileri dönüşüm, aşağı dönüşüm ve geri dönüşüm olarak belirtilmiştir. Yukarı dönüşüm bir malzemenin özgün halinden daha verimli bir ürün oluşturacak şekilde dönüşümü ve sonrasında kullanımıdır. Aşağı Dönüşüm / Alt Dönüşüm ise bunun tam tersidir. Özgün ürünün daha düşük kalitede bir ürüne dönüştürülerek kullanılmasıdır.

Diğer Geri Kazanım Yöntemleri: Geri kazanım tanımı Atık Çerçeve Direktifinin temel kavramlarından biridir. Basitçe bir işlevi yerine getirmek için üretilmiş olan bir malzemenin yerine kullanılabilecek bir atığın bir tesiste ya da bir ekonomik faaliyette faydalı bir amaca hizmet edecek hale getirilmesidir. Yeniden kullanım ve geri dönüşüm de geri kazanım yöntemleri olmakla beraber bu iki yöntem dışında da alternatifler bulunmaktadır. Yakma veya atığın asıl kullanımının yakıt ya da enerji üretmek için başka bir araç olduğu yerlerde yakma gibi.

Bertaraf Etme / İmha Etme: Atık yönetimi basamaklarının en son adımı olan imha etme enerji geri kazanımı olmadan yakma ve yok etme anlamına gelmektedir. Bu adımın uygulanması şartı önceki basamakların hiçbirinde malzemenin geri kazanılamaması şartına bağlıdır. Asıl amaç depolama sahalarındaki baskıyı azaltmaktır. Enerji için yakma da bir imha etme olmakla beraber imha etme faaliyetleri geri kazanıma dahil değildir (European Comission, 2008).

Bu hiyerarşide yer almayan ama ülkelerin uyarladığı alternatif yaklaşımlarda yer alan bir diğer bertaraf yöntemi de atıkların depolanmasıdır. Özellikle gelişmemiş ülkelerde sıklıkla görülen bu yöntem atıklarda yüksek geri kazanım oranına sahip ülkelerde yasaklanmıştır (EU Waste, 2011). Bu yöntemi kullanan ülkelerde ise iki tip olarak görmekteyiz; düzenli depolama ve düzensiz depolama şeklinde. Düzenli depolama, uygulana hiyerarşik yaklaşımın hiçbir adımında malzemenin geri kazanımı ve bertarafı mümkün değilse, ülkelerin yayınladıkları yönetmeliklere uygun depolama tesislerinde biriktirilir. Geri dönüşümüm mümkün olmadığı ya da uygulanmadığı ülkelerde ise

giderek artan atık miktarının depolanması büyük problemlere yol açar. Düzensiz depolamada ise atıklar herhangi bir yasal yaptırıma uğramadan doğal çevreye, bol alanlara atılır. Düzensiz depolama sadece doğal çevre açısından değil insan sağlığı açısından da büyük tehlike arz etmektedir, tercih edilmemelidir ve ülkeler yasal uygulamalarla bu faaliyetleri engellemelidir.

Temel atık yönetim hiyerarşisinin yanında ABD, Çin ve Avrupa Birliği Toluluğu tarafından ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan en önemlilerinden biri Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yapılan "Malzeme Bankası Olarak Binalar" (Building as Materials Banks) olarak adlandırılan döngüsel ekonomi ile tersinir bina tasarımını entegre etmeye yönelik çalışmalardır. Temel amaç inşaat ve yıkıntı atıklarının önlenmesi, işlenmemiş kaynak tüketiminin azaltılması, iklim değişikliği, kaynak, hammadde ve enerji verimliliği dahil bütüncül bir bakış açısıyla döngüsel bir ekonomiye doğru geliştirilmesine yönelik eylemleri ele almaktır. BAMB da temel atık yönetim hiyerarşisine dayanmaktadır. Temel prensip, binalarda geri kazanım için kullanılan malzemelerin değerini artırmaktır. Geleneksel (beşikten mezara) bina tasarımını geliştirilerek, binalar yeni işlevlere göre dönüştürülerek faydalı ömrü uzayacaktır. Bunun yanında yeni yapılarda kullanılmak amacıyla yapı alt bileşenlerini ve/veya malzemelerini yeniden kullanmak amacıyla malzeme pasaportu referansı ile sökülerek yapı stoğuna dahil olacaktır. Bu şekilde, kesintisiz malzeme döngüleri oluşturularak büyük miktarda atık önleneceği düşünülmektedir (European Commission, 2015).

Birleşik Krallık'ta Yapısal Atığı Azaltmaya Yönelik Stratejiler

Birleşik Krallık Atık ve Kaynaklar Eylem Programı'na göre tasarım aşamasında ve yapım aşamasında yapısal atığı azaltmaya yönelik stratejiler şu şekilde sıralanmıştır;

- Malzemenin / Kaynağın en Verimli Kullanımı için Tasarım: Malzeme optimizasyonu tasarım için daha az malzeme kullanılmasına yol açan çözümlere odaklanır, dolayısıyla tasarım stratejisinden ve kalitesinden ödün vermeden belirli bir yapım için daha düşük maliyet sunar. Yeni malzeme kullanımında önemli azalmaya yol açan ana çözümler; kazıların en aza indirilmesi ve topoğrafyadan faydalanılması, malzemelerin / bileşenlerin basitleştirilmesi ve standartlaştırılması ve boyutsal koordinasyondur.

- Geri Kazanım ve Yeniden Kullanım için Tasarım: Hafriyat veya parçalanmış yıkım malzemeleri gibi malzemelerin yeniden kullanımına odaklanır. Bu yöntem genellikle toprak işlerinde, kaldırımlarda ve yapılarda büyük miktarda malzeme kullanan ve daha fazla miktarda atık üretebilen yer / saha işlerinde ve inşaat projelerinde önemlidir.
- Atık Verimli Tedarik için Tasarım: Atık verimli tedarik için tasarımın strateji olarak belirlenmesi tasarım ekibini tasarımlarındaki muhtemel atıkları azaltmaya yönlendirir. Atık verimli tedarik için tasarım, tasarımın ürettiği en önemli atıkları göz önünde bulundurur ve alternatif tasarım çözümleri veya inşa kabiliyeti çözümleri ile azaltıp azalmayacağını belirler. WRAP'ın daha önce yayınladığı "Net Atık Hesaplama Aracı ve Binalar ve İnşaat Mühendisliği için Atık Araçlarının Tasarlanması", tasarımcılara proje ile ilgili en önemli atıkları belirleme konusunda yardımcı olabilir ve kaçınılabilecek atıklar bir kez kaldıktan sonra kalan atıklar ortadan kaldırılır.
- Saha Dışı Yapım için Tasarım: Aktif inşa faaliyetlerinin saha dışında tamamlandığı ve yapının bütünlüğünün alanda sağlandığı yapım yönteminin sahada üretilen yapısal atık miktarında ciddi derecede düşüş sağladığı gözlemlenmiştir. Prefabrik beton bileşenlerin veya önceden hazırlanmış çelik yapıların kullanımının saha dışında tamamlanıp getirilmesi alana getirilmesi gibi yöntemleri içerir. Yapısal atık miktarında net bir düşüş elde etmek ve bunun sonucunda inşa sürecini kolaylaştırmak için tasarım aşamasında bu stratejiyi göz önünde bulundurmak önemlidir.
- DfD Yapısökümü ve Esneklik için Tasarım: Yapının inşa sırasındaki faaliyetlerden çok bir bütüncül bir şekilde yaşam döngüsü üzerindeki etkisini ele alan bir stratejidir. Binaların çoğu belirli bir işlevi yerine getirmek ve belirli bir hizmet ömrü ile inşa edilmektedir. İlk aşamada esnek yapı tasarımı ya da yapısökümü için tasarım atık miktarına yeterince etki etmiyor görünse bile, olası bir işlev değişiminde, onarımda ya da yıkımda yüksek oranda fayda sağlayan bir stratejidir (WRAP, 2009).

Önerilen bu stratejilere ek olarak ise 2008 yılında yürürlüğe giren İnşaat Atık Yönetimi Planı Yasası ile yapım faaliyetleri ciddi olarak ele alınmaktadır. Yasaya göre, 300.000£'un üzerinde maliyete sahip yatırımlarda yapısal atık yönetimi planı

oluşturulmadan yapım izni verilmemektedir. Yatırımcı bu yapısal atık planını kendisi hazırlayabileceği gibi bir mimara da hazırlatabilmektedir.

Bir saha atık yönetim planı temel olarak;

- Mülk sahibinin, ana yüklenicinin ve planı hazırlayan kişinin adını,
- Yapım faaliyetinin gerçekleşeceği alanın lokasyonunu, projenin yaklaşık maliyetini,
- Saha atık yönetim planının projenin niteliğine, tasarımına, yapım yöntemi veya sahada üretilen atık miktarını en aza indirmek için kullanılan malzemelere göre hazırlanmasından önce alınan kararların kaydını,
- Projenin süresince üretilmesi beklenen her bir atık türünün tanımlanması, üretilmesi beklenen her farklı atık türünün miktarının yaklaşık olarak belirlenmesi ve yeniden kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve imha etme / yok etme dahil her bir atık türü için önerilen atık yönetimi eyleminin tanımlanması.
- Geri dönüştürme, yeniden kullanma, yok etme gibi atık yönetimine karar verilen her türlü atığın şantiye alanından uzaklaştırılmasını sağlayacak kişilerin ya da kurumun kim olduğu ve izin belgesi,
- Geri dönüştürme, yeniden kullanma, yok etme gibi atık yönetimine karar verilen her türlü atığın gönderileceği tesisin ya da alanın izin belgeleri
- Mülk sahibinin ve ana yüklenicinin ilgili kanunlara uyacaklarının beyanlarını ve malzemelerin verimli şekilde kullanılacağının, atıkların bertarafının uygun şekilde yönetileceğinin beyanlarını içermelidir (UK Environment Protection, 2008).

Bunların dışında yeniden kullanım ve geri dönüşümü teşvik amaçlı çevresel etki değerlendirmelerine dayanan BREAM sistemi geliştirimiştir. Buna göre proje geliştiricileri kredi kazanarak projelerine değer sağlamaktadırlar.

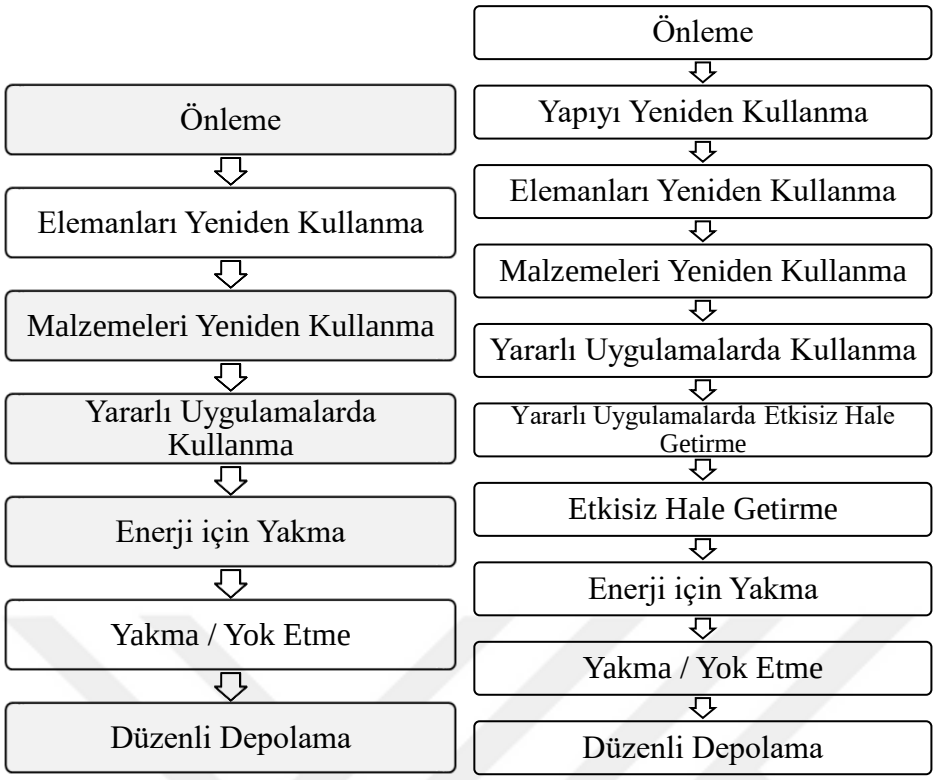
Görüleceği üzere İngiltere'de yapısal atık üretimine neden olabilecek her türlü faaliyet yönetimsel olarak ciddi şekilde ele alınmaktadır. Proje paydaşlarının hemen hepsi için ise gerekebilecek başvuru kaynakları ve rehber olabilecek yasal belgeler sağlanmaktadır. Bu belgelerin bir kısmı direkt saha faaliyetlerinde üretilen atık miktarlarına yönelik atık yönetimi üzerine belgeler olmakla beraber, tasarım

aşamasında mimarın stratejini belirlemesine yardımcı olabilecek belgeler bulunmaktadır.

Hollanda'da Yapısal Atığı Azaltmaya Yönelik Stratejiler

Hollanda'da yapım ve yıkım atıklarının (CDW) üretimi 2005 yılında yaklaşık 21 milyon tondu ve bu miktar ise her yıl yaklaşık 2 milyon ton artarak devam etmekteydi. Bu durumun yarattığı problemin farkında olan Hollanda Hükümeti, Lansink'in Merdiveni adı verilen bir atık yönetimi yaklaşımı geliştirdi (Sonraki süreçte birkaç kez yeni basamaklar geliştirildi ve güncellendi). Geri kazanılabilir yapısal atıkların depolanmasını azaltmayı ve zamanla yasaklamayı amaçlayan önlemleri içeren 1990-2000 dönemi için bir ulusal "Şantiye Atığı Planı" hazırladı ve süreci bu hedefle yönetti. Günümüzde ise Hollanda'daki neredeyse tüm CDW'ler yeniden kullanılmaktadır (% 95+) Bu süreç eyleme konulduğundan itibaren, yeniden kullanılabilir CDW'yi Hollanda'daki bir depolama alanına atmak yasaklanmıştır. (Dorsthorst & Kowalczyk, 2005).

Şekil 2.3'te görebileceğimiz gibi Lansink Merdiveni yukarıdan aşağıya doğru önleme, malzemeleri yeniden kullanma, yararlı uygulamalarda kullanma, enerji elde etmek için yakma ve düzenli depolama adımlarından oluşan hiyerarşik bir yaklaşımdır. Bu hiyerarşiye göre en üst basamakta yer alan eylem her zaman devam eden basamaklardaki eylemlerden daha iyi bir seçenekti. Gelişen teknoloji ve çeşitlenen katmanlaşmalarla beraber Lansink Merdiveni seçimlerde daha fazla seçenek sunan Delft Merdiveni ile geliştirilmiştir. Delft Merdiveni'nde her zaman üst basamak daha iyi seçenek anlamına gelmemektedir. Bileşenler, elemanlar ya da malzemeler yaşam döngüsü ile beraber değerlendirilerek ve hangi basamaktaki eylem daha uygunsa o uygulanmalıdır şeklinde çalışmaktadır.



Şekil 2.3 : Lansink Merdiveni ve Delft Merdiveni (Dorsthorst & Kowalczyk, 2005)

Almanya'da Yapısal Atığı Azaltmaya Yönelik Stratejiler

Almanya'daki yıkım nedenli atık akışının yılda yaklaşık 45 milyon ton olduğu hesaplanmıştır, bunun yaklaşık % 25'inin beton ve % 50'sinin tuğla ve taş olduğu tahmin edilmektedir Oldukça aktif bir ülke olan Almanya'da da hammadde tüketimi ve atık üretimi yüksek düzeydedir. Atıklarla ilgili oluşturulan ilk yasa 1972 yılındadır ve imha yönteminden atık yönetimine geçişin ilkeleri belirlenmiştir. Bu yasaya göre amaç her zaman ilk önce atık oluşumunun önlenmesi olmalıdır. Önlemenin mümkün olmadığı durumlarda yeniden kullanım ve geri dönüşüm için atığın birleşimi, kompozisyonu iyileştirilmedir. 1996 yılında ise daha gelişmiş bir yasa kabul edilerek atık yönetimi için ilkeler oluşturularak yeni bir hiyerarşi kurgulanmıştır. Bu yasaya göre atıkların bertarafına yalnızca geri dönüşümün daha pahalı veya imkansız olduğu durumlarda izin verilecekti ve maliyeti ile beraber değerlendirilecekti. Yeni yasanın diğer odak noktası ise "beşikten mezara" yaklaşımı ile üreticilerin ürünlerinden kaynaklanan atıkların sorumluluğundan da bahsetmiş olmasıydı. Atık yasaları daha sonra uygulamada kolaylık açısından çeşitli mevzuatlarla ve teknik dokümanlarla da desteklendi. Örneğin, Alman Belediye Atıkları Teknik Talimatı atıkların kazanımı ve

bertarafıyla ilgili olduğu kadar evsel atıklar ile yapım ve yıkım atıklarının akışlarıyla da ilgilidir (Schultmann, Garbe, Seemann, & Rentz, 2001).

Son yıllarda ise yapısal atığın en çok üretildiği dönem olan yıkım ve imha şamasında geri kazanım miktarını artırmak için yönetimsel olarak özellikle yıkım ve yapısökümü üzerine kılavuzlar yayınlanmaya başlamıştır. Bu kılavuzların amacı çevresel sürdürülebilirliği de göz önünde bulundurarak yapısal atıkların –özellikle yıkım atıklarının- geri kazanım potansiyellerini maliyetiyle beraber değerlendirmektir. Örneklenen ülkelerden farklı olarak görebilmekteyiz ki Almanya'da yıkım kavramı geri dönüşüm, kazanım ve yok etme maliyeti gibi hiyerarşik adımlarla aynı kategoride değerlendirilmektedir. Binaların yenilenmesinin ya da sökümünün planlanmasını kolaylaştırmak için yasaları ve prosedürü de açıklayan kılavuzlar yayınlanmaktadır. Örneğin, "Konut ve İdari Binaların Yıkımı" kılavuzunda yıkım türü üçe ayrılmıştır: geleneksel yıkım, kısmen seçici söküm ve seçici söküm. Geri dönüşüm, zararlı malzemeler gibi alt başlıklarla da malzeme seçimlerinin ve zararlı malzemeler içerebilecek yapı elemanları hakkında bilgiler verilmektedir. Bu bilgiler verilirken zararlı malzemeler içeren yapı elemanlarının yıkılmasından önce hangi prosedürlerin uygulanması gerektiğine dair tavsiyeler de verilmektedir. Kılavuzun esas amacı yıkımı yapılacak yapı için hangi yıkım tekniğinin uygulanacağına karar verilmesini kolaylaştırmak ve bu karardan sonraki sürecin yönetimine yardımcı olmaktır. Yine aynı kılavuzda bu seçimi kolaylaştırmak için, avantaj ve dezavantajları ekonomik ve çevresel yönlerden de analiz etmemiz mümkün olacaktır (Leitfaden Nachhaltiges Bauen, 2019). Yapı elemanlarının ve bileşenlerinin sökümü ve sonrasında yeniden kullanımı için satılması durumunda oluşacak maliyetin hesaplanması, geri dönüşüme gidecek malzemelerin ve yok edilecek malzemelerin yaratacağı maliyetin hesaplanması gibi seçeneklere olanak veren çalışmalar uygulama açısından önemlidir. Çünkü yönetimsel teşviklerle sadece ekonomik faydayı değil çevresel faydanın da göz önünde bulundurularak yıkımın tamamlanmasının yolunu açacaktır.

Avustralya'da Yapısal Atığı Azaltmaya Yönelik Stratejiler

Avustralya pek çok ülke gibi yüksek düzeyde hammadde tüketimi ve buna bağlı olarak da yüksek düzeyde atık üretimine ve bertarafına sahiptir. Avustralya'da da yapı endüstrisi toplam atık miktarında önemli bir paya sahiptir, bu payın içindeki en büyük atık miktarı da yapıların yıkımı sırasında çıkan atıklardır. Günümüzde küçük ölçekli

yapılarda yüksek oranda geri kazanım ve yeniden kullanım oranı sağlanmakla beraber, büyük ölçekli endüstriyel betonarme yapılarda geri dönüşüm daha çok malzeme düzeyinde görülmektedir. Hükümet politikaları, bina uygulamaları ve tasarım eğitimi ile günümüzde yapılı çevre ve özellikle de yıkımla ilgili atık sorunlarını ele almaya başlamıştır. Geri dönüşüm teknolojileri, gömülü enerji araştırmaları ve yapısökümü için tasarım araştırmaları yoğun olarak devam etse de yapı endüstrisi ile bütünleşmesi henüz tam sağlanamamıştır.

Yönetimsel olarak Avustralya'da üç hiyerarşik hükümet seviyesi bulunmaktadır: tüm ülkeyi temsil eden Commonwealth Hükümeti, Eyalet ve Bölge Hükümetleri ve yerel Hükümetler ve Konseyler. Her üç düzey hükümet de çevre, atık azaltma, geri dönüşüm ve inşaat ve yıkım alanlarında sorumluluklara sahiptir. Özellikle yapım ve yıkım sonucu ortaya çıkan atık ürünlerin geri kazanımı oranlarını hedefleyen 15'ten fazla sayıda yönetmelik bulunmaktadır. Örneğin AS 2601-1991 yönetmeliği yıkımın yeniden kullanılabilir ve geri kazanılabilir malzeme, bileşen ve elemanların da göz önünde bulundurulduğu bir yönetmeliktir. Yönetmeliğe göre yıkım 4 aşamada planlanmaktadır;

- Yapının İncelenmesi
- Yapının Çevresinin İncelenmesi
- Çalışma Planı
- Uygulama (Crowther P. , 2000)

Yapının incelenmesi adımında, strüktürel elemanların belirlenmesi, yük aktarımı, zararlı malzemelerin belirlenmesi, malzemelerin / elemanların boyutları ve durumları gibi özellikler belirlenirken; yapının çevresinin analizinde yapıya bağlantıyı sağlayan altyapı, yıkımdan etkilenmesi muhtemel komşu binalar dikkate alınmaktadır. Çalışma planı ise yetkili bir kişi tarafından hazırlanmalıdır. İngiltere'de de olduğu gibi, yıkılacak yapının net konumunu, yapının boyutlarını, binanın türünü, kullanılması muhtemelen yıkım yöntemini ve bu yöntem uygulanırken gereken araçlar gibi detayları içermelidir.

Küçük ölçekli yapı örneklerinden Brisbane'de geleneksel müstakil ahşap evlerin yaşam döngüsünü örnek verebiliriz. Ahşabın sunduğu söküm olanakları ile elemanların ve bileşenlerin yeniden kullanımı oldukça yaygındır. Bu durumlarda yeniden kullanım miktarını artırmak için yıkım yerine elle söküm yapılmaktadır. Bu

yapılar sıva, harç ve yapıştırıcı gibi kalıcı birleşimler yerine çivilenmiş ya da geçmeli birleşimlere sahip standart boyutlarda kerestelerden yapılmaktadır. Bu nedenle kapılar, pencereler, döşeme tahtaları, duvar kaplama tahtaları, çerçeveler yeni yapılan ya da onarılan pek çok benzer yapıda kullanılabilmektedir. Eski bir yapı ise tamamen sökülerek restorasyonu yapılan başka bir yapıya ya da yeni birkaç yapıya aktarılabilmektedir. Bununla beraber yeniden kullanım pazarı genellikle kendi çevreleri içinde sınırlı kalmaktadır.

Melbourne'deki bir konut yapısı örneğinden yıkımdan sorumlu şirketlerin yeniden kullanımı için geri kazanılan yapı bileşenlerinin ve malzemelerinin yüzdelerini şekil 2.4'te görebilmekteyiz (Crowther P. , 2000).

Malzeme Türü	**Toplam Geri Kazanım Yüzdesi**	**Yeniden Kullanım / Yenilenme Oranı**	**Geri Dönüşüm Oranı**
Tuğla	77	10/10	-
Ahşap	79	10/10	-
Yapısal Çelik	78	3/5	2/5
Kapılar	71	11/11	-
Pencereler	73	12/12	-
Demir Çatı Malzemeleri	88	7/7	-
Döşeme Kaplama	78	2/2	-
Çatı Kaplama (Kiremit)	50	1/1	-
Tesisat	73	6/6	-

Şekil 2.4 : Melbourne'deki konut binalarının yıkılmasından geri kazanılan malzemelerin ağırlık yüzdeleri ve geri kazanım türleri (Crowther P. , 2000).

Konut yapılarında bileşenlerin ve malzemelerin mevcut durumlarında geri kazanılmasına rağmen ticari yapıların çoğunun oranları daha farklıdır. Şekil 2.4'te de görülebileceği gibi %79'u geri kazanılan ahşabın tamamı yeniden kullanım olarak kazanılmıştır. Yapısal çeliğin ise 3/5'i yeniden kullanılabilirken, 2/5'i geri dönüşüme gönderilerek kazanılmıştır. Konut yapılarında yeniden kullanım oranı geri dönüşüm oranına göre çok daha yüksektir. Şekil 2.5 örneğinde ise Melbourne'deki bir ofis

binasının yıkımından elde edilen malzemelerin ağırlığına göre yüzdeleri ve geri kazanım türleri gösterilmektedir.

Malzeme Türü	**Toplam Geri Kazanım Yüzdesi**	**Yeniden Kullanım Payı**	**Geri Dönüşüm Payı**
Beton	70	-	70
Tuğla ve Kiremit	75	60	15
Yapısal Çelik	95	15	80
Donatı Çeliği	50	-	50
Ahşap ve Ahşap Ürünler	50	50	-
Font Boru	80	40	40
Beton Blok	25	25	-
Bakır	90	-	90
Alüminyum	90	-	90
Elek Artığı	80	20	60
Diğerleri	5	1	4
Toplam	69	11	58

Şekil 2.5 : Melbourne'deki bir ofis binasının yıkımından elde edilen malzemelerin ağırlığına göre yüzdeleri ve geri kazanım türleri (Crowther P. , 2000).

Sonuç olarak Avustralya genelinde, özellikle yerel olarak konut yapılarında yüksek bir geri kazanım oranı vardır ve buna bağlı olarak yeniden kullanım ürünleri için ayrı bir pazar oluşmuş durumdadır. Yapının sökümü ile çıkan yapısal ürünlerin %50 ile %80'i herhangi bir yeniden işleme dahil olmadan yeniden kullanılabilmektedir. Bu durum yapısal atık hiyerarşisi ile beraber ele alındığında geri dönüşümden daha üst bir basamaktadır. Diğer yapılarda ise yapısal ürünlerin geri kazanım oranları yeniden kullanımı düşünüldüğünde daha düşüktür fakat toplamda baktığımızda Avustralya'da yeniden kullanılamayan malzemelerin büyük kısmı yeni malzemeler ve bileşenler yapmak için yeniden işlenir veya geri dönüştürülür. Genel olarak ise pek çok yönetmelik bulunmakta ve yerel düzeyde belirli yöntemler geliştirilmekle beraber yapımsökümüne yönelik yönetimsel adımlar yeni yeni gelişmektedir. Fakat

halihazırda yapı türüne ve verdiği imkana bağlı olarak çeşitli hiyerarşik basamaklarda bir sürdürülebilirlik stratejisi uygulanabilmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde Yapısal Atığı Azaltmaya Yönelik Stratejiler

ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), 30 yıldan uzun bir süredir ABD'de katı atıklarının üretimi ve bertarafı hakkında veri toplamaktadır. Bu bilgiler, ülke genelindeki malzeme yönetimi programlarının başarısını ölçmek ve ulusal atık akışını karakterize etmek için kullanılmaktadır. ABD'de eyaletler bazında ayrı yönetmelikler olmakla beraber Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) her türlü atık ve yönetimi için yasal yaptırımlardan ve yönetmeliklerden sorumludur. EPA bu verileri değerlendiriken sürdürülebilirlik temelinde olduğu kadar ekonomik bazda da değerlendirmektedir. Yasal olarak kontrol amacıyla yayınlanan mevzuatlardan bazıları şunlardır. 1993 yılında Güney Amerika'da Devlet Katı Atık Yönetimi Mevzuatı, 2009 yılında binaların Demontajı ve Sökümü için Tasarım, 2016 yılında Sürdürülebilir Malzeme Yönetiminin Geliştirilmesi ve Ekonomik Bilgilerin Geri Dönüşümü Raporu, 2018 yılında Sürdürülebilir Malzeme Yönetiminin Geliştirilmesi, yine 2018 yılında ABD'de İnşaat ve Yıkım Enkaz Üretimi, 2019 yılında Endüstriyel, İnşaat ve Yıkım (C&D) Düzenli Depolama Sahaları, Elektronik Yönetmelikler Kanunu, 2019 yılında Sürdürülebilir Malzeme Yönetiminin Geliştirilmesi... vb pek çok çalışma yapılmaktadır. Bunlara ek olarak yine EPA tarafından Atık Azaltım Modeli "The Waste Reduction Model" (WARM) geliştirilmiştir. Farklı yaşam ömrü senaryolarına bağlı olarak yapım ve yıkım atıkları için farklı bertaraf seçenekleri sunmakta ve alternatif malzeme yönetimini karbon emisyonu sonuçlarına göre ve ekonomik olarak değerlendirmektedir (EPA, 2012).

ABD'de yapısal atığın yönetimi ile ilgili yönetmelikler önlenmesi ve geri kazanımı ile ilgili olsa da atık problemi ABD için hala problem yaratmaktadır. Fakat Avrupa'dan farklı olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde temel yapısal atıklar projenin türüne ve yerine bağlı olarak değişse de ahşap ağırlıklıdır. Ahşap yapısal atıklar Birleşik Devletler'deki atıklarının dörtte üç ila üçte ikisini oluştururken, Avrupa Birliği'nde beton baskın yapısal atık görülmektedir. ABD'de sıklıkla tercih edilen tek aile evleri ahşap çerçevelerden inşa edilmiştir ve geri kazanım alternatiflerine daha açıktır ve sadece ahşap olarak değil çelik malzemelerde de ciddi bir 2. El piyasası bulunmaktadır

(Kibert & Chini, 2000). İkinci el piyasasının olması sebebiyle de yapıların sökümüne yönelik çalışmalara uyglamada ağırlık verilmektedir. Şekil 2.6'da Amerika Birleşik Devletleri'ndeki çeşitli yapıların yapı sökümü ile beraber elde edilen geri kazanım ve geri dönüşüm oranları verilmiştir (Chini & Bruening, 2003).

Location	Case Study	Reuse/Recycling Rate
San Francisco, CA	Presidio	87%
Fort McCoy, WI	US Army Barracks	85%
San Diego, CA	US Navy Motor Pool Building	84%
Marina, Ca	Fort Ord	80-90%
Twin Cities, MN	Army Ammunition Plant	60-80%
Baltimore, MD	Four Unit Residential housing	76%
Port of Oakland, Ca	Warehouse	70%
Minneapolis, MN	Residential Building	50-75%

Şekil 2.6 : Amerika'daki Çeşitli Yapısöküm Projeleri için Geri Kazanım Oranı (Chini & Bruening, 2003)

Bu çalışmaların dışında geri kazanım, yeniden kullanım ve geri dönüşümü teşvik amaçlı İngiltere'de oluşturulan BREAM gibi LEED değerlendirme sistemi oluşturulmuştur. Çevresel etki değerlendirmelerinde kredi kazanarak proje geliştiricileri projelerine değer sağlamaktadırlar.

Amerika'da yapısal atık üretimine neden olabilecek her türlü faaliyete dair bilgiler toplanmakta olsa da bunların eyaletler bazında uygulanmasına dair verilere ulaşılamamıştır. Öte yandan proje paydaşlarının kullanımına ve tasarım aşamasındaki faaliyetlerde malzeme seçimine dair rehber niteliğinde yasal belgeler sağlanmaktadır. Bu yönetmeliklerin bir kısmı direkt saha faaliyetlerinde üretilen atık miktarlarına yönelik geri kazanım rehberi niteliğinde olmakla beraber, enerji korunumu, ekonomik yük, GHG ve kirlilik konusunda da çalışmalar bulunmaktadır.

Türkiye'de Yapısal Atığı Azaltmaya Yönelik Stratejiler

Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı uluslararası direktifleri Türkiye şartlarında değerlendirerek 2016-2023 yılları arasında gerçekleşmesi hedeflenen Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı (UAYP) hazırlanmıştır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019). Bu eylem planı doğal kaynakların ve ekosistemin korunması ile

mevcut ve gelecek nesiller için doğal çevrenin yaşanabilir şekilde korunmasını sağlamayı hedeflemektedir. Strateji ve mevzuatın geliştirilmesi, atıkların sınıflandırılması, ayrılması, toplanması, geçici olarak depolanması, geri kazanılması, bertaraf edilmesi, yeniden kullanılması, enerji için yakılması ve depolanması gibi temel atık yönetimi basamaklarını içermektedir. Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı'na ek olarak sürdürülebilir kalkınmayı önünde bulundurularak "Sıfır Atık Projesi" öncelikli olarak 2018 yılında Ankara'da başlatılmıştır. 2023 hedefi olarak ise tüm Türkiye hedeflenmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019). Fakat günümüze geldiğimizde 2016 yılından günümüze kadar geçen 3 yıllık süreçte ilk yayınlanan Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı ve Sıfır Atık Projesi ile ilgili geçmiş sürece dair resmi bir yayına ulaşılamamıştır. Yine bakanlık tarafından "Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik" ile depolama sahalarına yönelik detaylar belirlenirken, "Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik" ile de yakarak yok etme şeklinde atık azaltım durumuna dair yönetmelikler de yayınlanmıştır. Fakat bu yönetmeliklerin uygulanması aşamasında problemler yaşanmaktadır ve yeterli verim alınamamaktadır. 2019 yılında "Sıfır Atık Yönetmeliği" yayınlanmıştır. Bu yönetmelikte hedeflenen sürdürülebilir kalkınma ilkeleri ile beraber doğal kaynakların etkin yönetimi, hammadde korunumu, çevre ve insan sağlığının korunumu ile hedefleyen sıfır atık yönetim sisteminin kurulmasıdır. Yönetmelik dahilinde sistemin yaygınlaştırılması, geliştirilmesi, finansmanı gibi esasların belirlenmiştir. Yönetmelik gönüllülüğe ve/veya tercihe bağlı olarak uygulanmaktadır. Binasında sıfır atık yönetim sistemini kurmak isteyenler için sıfır atık yönetim sisteminin kurulmasına, izlenmesine, sıfır atık belgesi düzenlenmesine ilişkin esasları kapsar ve kriterlerini belirler. Fakat bu yönetmelik kullanım aşamasındaki atıkları ve binanın işlevine bağlı olarak bir atık üretimi yapılıyorsa bu atıkları kapsamaktadır. Yapının yıkımı, onarımı ve yapımı sırasında üretilen yapısal atıkları kapsamamaktadır.

Türkiye'de 2016 yılında yayınlanan ÇED Raporu'nda da referans verilen 18 Mart 2004 tarihinde yürürlüğe giren "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Kontrolü Yönetmeliği" ana kaynak olarak gözükmektedir. Yönetmelikte hafriyat toprağı ve yapısal atıkların yönetimine ilişkin; atıkların kaynağının azaltılması, atıklar sonucu oluşacak zararlı etkilerin azaltılması, hafriyat toprağı ve yıkıntı atıklarının geri kazanılması ve altyapı malzemesi olarak değerlendirilmesi, sistemli bir geri kazanım

sağlanabilmesi için "seçici yıkım"ın tercih edilmesi gibi pek çok ilke belirlenmiş olsa da uygulama aşamasında oldukça yetersiz durumda kalmaktadır. Yıkım işleminden sorumlu olan profesyoneller, belirli bir plana bağlı olmadan yapının durumuna bakarak sadece ilk aşamada sökülecek parçaları elle söküp sonrasında yapıyı buldozer ve vinçler ile yıkmaktadırlar. Temel basit parçalar dışında yapının çok büyük bir bölümü yapısal atığa dönüşmektedir.

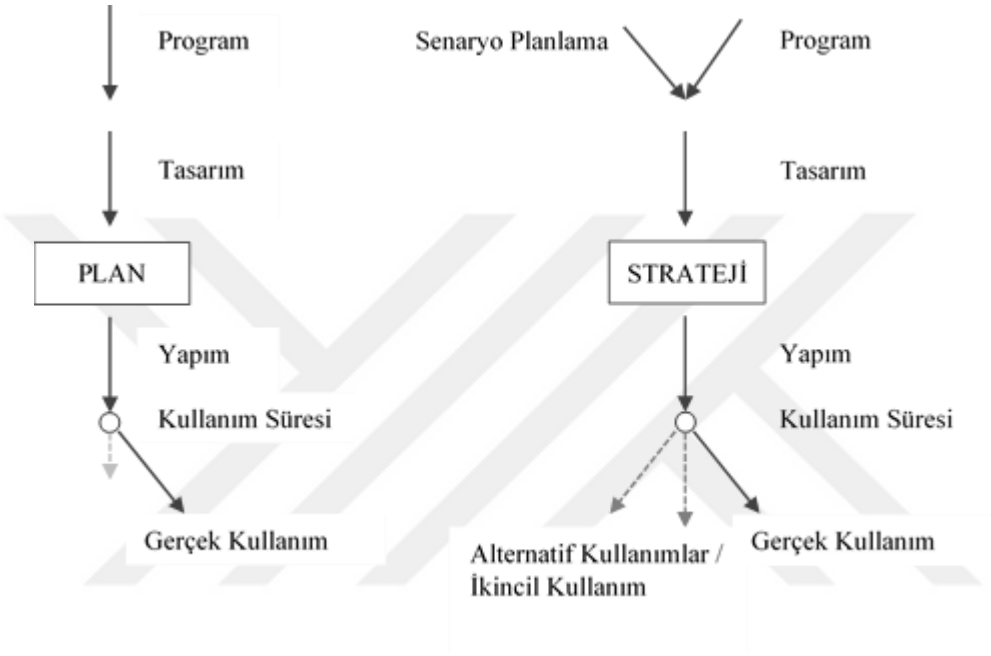
Türkiye'de uygulanması hedeflenen T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne göre geleneksel atık yönetim hiyerarşisinin bir uyarlaması kullanılmıştır. Ülke düzeyinde ve Avrupa Birliği tam üyelik hedefi ile belirli düzeyde atık yönetimi stratejileri geliştirilmiş, belirli hedefler belirlenmiş olsa da uygulamada yetersiz kalmıştır ve hedeflere ulaşılamamıştır.

2.2 Tasarım Aşamasında Yapısal Atığı Azaltmaya Yönelik Stratejiler, Sürdürülebilir Yıkım Stratejileri ve İlkeler

Uygulanan stratejilerde temel atık yönetim zincirinin olduğu kadar "seçici yıkım" ve sökümün yapısal atığı ciddi oranda azaltabildiği görülebilmektedir. Geleneksel yapım uygulamalarında söküm açısından en büyük zorluk yapıların söküme elvermeyecek şekilde tasarlanmış olmasıdır. Bu nedenle geri kazanım oranları düşük olmaktadır. Fakat geri kazanım oranının yüksek olması amacıyla planlı olarak geliştirilen bir tasarım stratejisi Amerika Birleşik Devletleri örneğinde, Avustralya örneğinde ya da Almanya örneğinde ve diğer pek çok örnekte de görebileceğimiz gibi yapısal atığı önleme ve azaltma konusunda en verimli yöntemlerden biri olacaktır.

Bu amaçla yapı endüstrisi ve paydaşları, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir inşaat, sürdürülebilir yapı kavramını anlamak ve yapım-onarım-yıkım faaliyetlerinin çevre üzerindeki uzun vadeli etkilerini azaltmak için bilinçli bir çaba içindedir. Bu çabaların karşılığının alınabilmesi için inşa faaliyetlerinin doğal çevre üzerindeki kullanımının ve kullanım ömrünün tasarım aşamasında da erişilebilir / öngörülebilir olması gerekmektedir. Aynı şekilde, tasarım çalışmaları da bina kullanımı ve kullanım ömrü boyunca doğal çevre için zararlı olmamalıdır. Bu amaçla yapı endüstrisinin kapalı döngüde kalması, ekonomik ve çevresel faydalar nedeniyle proje yapıcılar geleneksel bina yok etme, yıkma yöntemleri yerine esnek yapı tasarımı, DfD yapısökümü – gibi modern yöntemlere yönelmişlerdir. Şekil 2.7'de görüleceği üzere Brand'e göre

alternatif kullanımların tasarım aşamasında düşünülerek belirlenmesi ve ortaya konulması gerekmektedir. Ancak bu şekilde yaşam ömrü sonundaki belirsizliklerle başa çıkılabilinecektir. İyi bir strateji ve potansiyel yolların bilinmesi tasarım aşamasında alınacek en etkili adımlardan biridir. Doğru stratejiler ile yapı elemanlarının, bileşenlerinin ve malzemelerinin yeniden kullanımından enerjinin geri dönüşümüne kadar yapının sürdürülebilirliği için pek çok seçenek görülebilecek ve göz önünde bulundurulabilecektir.



Şekil 2.7 : Yaşam Sonu Senaryosunun Planlanması (Brand, 1995)

Kibert'e göre sürdürülebilir bir yapıdan bahsedebilmemiz için yapının sahip olması gereken bazı özellikler vardır. Buna göre yapı;

- Yapı tamamen sökülebilir olmalı (deconstructable),
- Alt öğeleri ayrılabilir, sökülebilir olmalı. (disassemblable),
- Yapı malzemeleri geri dönüştürülebilir olmalı,
- Yapı malzemelerinin üretimi ve kullanımı zararsız olmalı,
- Geri dönüşüm süreci sonucunda üretilen malzemeler zararsız olmalı (Kibert C. J., 2013)

Öte yandan yapının kendisinin ya da alt elemanlarının yeniden kullanıma uygun olması, yapı parçalarının ve/veya bileşenlerinin sökülmesi ve yeniden kullanılması atık miktarını doğrudan azaltacaktır ve yapısal atık miktarını düşürecektir. Bunun

yanında ise yeni malzeme üretimine dair baskıyı düşürecektir. İmalattaki bu azalma, üretim sürecinde daha az enerji tüketimine ve hammadde tüketimine yol açacaktır. Daha az malzeme baskısı daha az üretime bağlı kirlilik anlamına gelecektir, daha az sera gazı salınımı anlamına gelecektir. Çevreye olan zararı düşüreceği gibi yapısal atık toplanması için ayrılan depolama alanların servis ömrünü uzatıp bu alanların üzerindeki baskıyı ortaya kaldıracaktır.

Yapının söküme imkan vermesi geleneksel yıkımın aksine yüksek kaliteli düşük maliyetli yeniden kullanılabilir malzemeler üretecektir. Birleşik Krallık gibi bazı ülkeler için yapı malzemelerinin tekrar kullanılması yeni bir kavram değildir. 1990'ların sonunda yapılan bir araştırmada Birleşik Krallık'ta yaklaşık 2 milyon ton malzeme ve ürünün geri kazanıldığını ve yeniden kullanıldığını veya geri dönüştürüldüğünü ortaya konmuştur (Kay, 2000). Avustralya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde özellikle ahşap malzemelerin; Almanya, Hollanda ve İngiltere'de ise çelik ve betonun özellikle köklü yeniden kullanım veya geri dönüşüm döngüleri uzun süredir bulunmaktadır (Kibert & Chini, 2000).

2.2.1 Tanımlar: Bina, eleman, bileşen ve malzeme

Bir yapının ortaya çıkması sürecinde pek çok aşamada yer alan mimarın sürdürülebilirlik hedefiyle mimari çözümler üretmesi beklenmektedir. Tez kapsamında mimari bir çözüm olarak hedeflenen söküme uygun yapı elemanı tasarımı stratejisinde sürdürülebilirlik seçeneklerinin doğru oluşturulabilmesi için de bir bütün olan yapının alt fragmanlarını anlamak ve yapıyı oluşturan sistemleri anlamak gerekmektedir. Ancak yapı elemanının yapı kavramında konumlandığı yeri, kendi alt bileşenlerini ve malzemelerini doğru olarak belirlereyek bu strateji doğru olarak uygulanabilmektedir. Bu amaçla tezin bu bölümünde yapılı çevre, yapı, yapı elemanı, bileşen ve malzeme gibi kavramların açıklanmasına yer verilecektir.

TDK tanımına göre yapı kavramı birincil olarak "Barınmak veya başka amaçlarla kullanılmak için yapılmış her türlü mimarlık eseri, bina." Şeklinde ifade edilmektedir. Devamında ise yapma, oluşturma, ortaya konulma, meydana getirme gibi tanımlanmaktadır. Bir başka tanımda ise genellikle kısmen veya tamamen kapalı olan ve tek bir yerde kalıcı olarak duracak şekilde tasarlanan, ana amaçlarından biri olarak barınak sağlama olan eserleri ifade etmektedir. Bu aşamada ise doğal çevre ve yapma

çevre olarak ikiye ayrılmaktadır (ISO 6707, 2017). Bina kavramı ise duvarlarla ve bir çatıyla tamamen ya da kısmen kapalı olan, insanların, hayvanların ve eşyaların barınma ihtiyacını karşılayan yapı ya da gayrimenkul olarak tanımlanmaktadır (Stein, 1993).

Bu tanımlardan yola çıkarak yapma çevrenin insanlığın temel ihtiyaçlarından olan barınma ihtiyacı başta olmak üzere ürettiği kalıcı eserler ile sosyalleşme, estetik kaygı, ulaşım ihtiyacı gibi insanlığın yaşamını devam ettirme ihtiyacından kaynaklanan anıtlar, parklar, yollardan oluştuğunu söyleyebiliriz. Bu faaliyetler sonrasında ortaya çıkan çıkan bu yapılar insanlığın doğal çevreye direkt müdahalesidir ve doğal olmayan çevre bileşenleridir. Daha önceki bölümlerde de ortaya konduğu üzere bu yapılaşma faaliyetleri ekosistemi tehdit eder düzeye gelmiştir. Bu faaliyetlere dahil olan her paydaşın belirli bir hassasiyet ile doğal çevreye zarar vermeden yaşam döngüsü çerçevesinde yapılaşma faaliyetlerinin sürüdürmesi gerekmektedir.

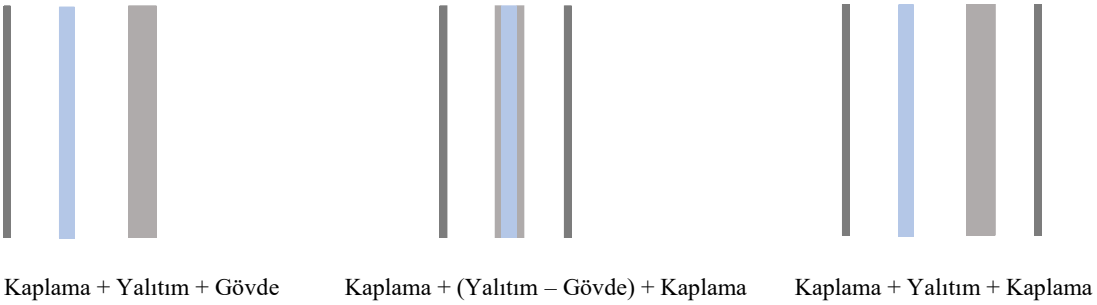
Yapı elemanları bir yapının ana işlevsel parçası olarak tanımlanmaktadır (ISO 6707, 2017). Stein'e göre ise yapı elemanları yapı türünden bağımsız olarak her yapıda aynı işlevi yerine getiren bina parçalarıdır. Yapısal, elektriksel, mekanik, yangından korunma ve sıhhi tesisat sistemleri ile sağlık ve güvenliği etkileyen diğer sistemler dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere, bir yapıda veya bir yapının parçası olarak kullanılmak üzere tasarlanmış herhangi bir alt sistem, alt birleşim veya ayrı diğer sistem olarak da tariflenebilmektedir (Stein, 1993). Yapı bir bütün olmakla beraber yapı elemanları yapının algılanabilir mekanlar oluşturmasına ve yaşabilir bir çevre oluşturumasına imkan veren ve fiziksel olarak bir araya getirilmiş alt sistemlerden oluşmaktadır. Mekanları oluşturan yapı elamanlarının katmanlaşması, türü, niteliği aldığı göreve bağlı olarak değişmektedir. Yapı elemanının bu görevi doğru olarak yerine getirebilmesi için bu görevi destekleyecek malzemeleri ve bileşenleri içermesi gerekmektedir. Yapı elemanlarının kendi içlerinde katmanlaşması ise yapı içerisinde üstlendiği işlevinin yanında kullanılacak yapı malzemesi ve bileşenleri ile estetik ve görsel olarak farklı özelliklere de sahip olması ile gerçekleştirilmektedir. Yapı elemanının tasarımında amaçlanan işlev tek bir malzeme ya da bileşen ile karşılabileceği gibi farklı katmanlaşmalar ile de farklı malzemeler ile de karşılabilmektedir (Toydemir, Gürdal, & Tanaçan, 2000).

Yapı elemanları basitçe 3 katmandan oluşmaktadır;

- Gövde (Taşıyıcı)
- Yalıtım Katmanı
- Kaplama Katmanı

Gövde (Taşıyıcı) katman; bulunduğu yapı elemanının strüktürünü oluşturan, ayakta tutan katmandır. Yapı içerisinde aldığı göreve göre direkt bina yükünü taşıma görevi üstlenebileceği gibi sadece kendi yükünü taşımakla görevli de olabilir (Toydemir, Gürdal, & Tanaçan, 2000). Yalıtım katmanı; yine yapı elemanının yapıda yer aldığı konuma ve işlevine göre iç mekandaki konfor koşullarını sağlamakta yapı elemanına destek olan katmandır. Bu bir ısı ve su yalıtımı olabileceği gibi yapı elemanının özelleşmesi durumunda farklışabilmektedir. Kaplama katmanı ise yapı elemanı gövdesinin genellikle iki taraflı olmak üzere bitirme katmanıdır. İşlevine göre estetik görevler de alabilmektedir. Yapı elemanının yer aldığı mekanın özelliğine göre örneğin bir ıslak hacim kaplaması ise su geçirmeyen ve kolay temizlenen bir kaplama malzemesi olabilmektedir. Bu katmanların tamamı bir yapı elemanında bulunabileceği gibi yapı elemanının üstlendiği işleve göre farklı ek katmanlar da gelebilir ya da bu katmanları biri ya da birkaçı o yapı elemanında bulunmayabilir (Toydemir, Gürdal, & Tanaçan, 2000).

Şekil 2.8 Yapı elemanı örnek katmanlaşmalarından görülebileceği üzere bir yapı elemanının katmanlaşmasında pek çok seçenek bulunabilmektedir. Yalıtım katmanı gövdeyle beraber bulunabileceği gibi yapı elemanının konumuna ve görevine bağlı olarak sağında ya da solunda, altında ya da üstünde yer alabilmektedir. Aynı şekilde kaplama katmanı da yapı elemanının konumuna ve görevine bağlı olarak yapı elemanının bir tarafında yer alabilir ya da iki tarafında yer alabilir.



Şekil 2.8 : Örnek Yapı Elemanı Katmanlaşma Olasılıkları

Bilinen şekilde yapı elemanlarını şu şekilde sıralayabiliriz: Dış Duvar Sistemleri, Döşeme Sistemleri, Çatı Sistemleri, Düşey Sirkülasyon Sistemleri (Merdivenler ve

Rampalar), Kapı ve Pencere Sistemleri son olarak da İç Bölme Sistemleri. Bütün bu yapı elemanlarının birbirini tamamlayarak ve birbiri ile uyum içerisinde çalışarak tekil bir yapıyı oluşturması beklenmektedir.

Malzeme tanımı uluslararası kaynaklarda inşaat işleri oluşturmak için kullanılabilecek madde, ürün olarak kendine yer bulmaktadır. Alternatif olarak sıvı, macun veya toz halinde ürün şeklinde tanımlanmış olsa da genel kullanımda birinci tanım tercih edilmektedir. Yapı bileşenleri ise malzemelerden karmaşık bir nesne oluşturmak amacıyla şekillendirilmiş bir malzeme ya da malzemelerle birleştirilebilen bağımsız bir öğe, bir alt sistem veya bir alt montaj olarak üretilen ve bir yapının veya alt sistemin parçası şeklinde ifade edilebilmektedir (ISO 6707, 2017).

Tez çalışmasında binaların ve binanin alt sistemlerinin yaşam döngüsünün yapım sonrası aşamalarında çeşitli yıkım, yenileme ve söküm faaliyetlerinde ortaya çıkan atıkların azaltılması ve/veya tamamen ortadan kaldırılması amacıyla söküme uygun dış duvar sistemi tasarımı ve sürdürülebilirlik imkanlarını belirlemek amaçlanmıştır. Bina alt sistemleri ve onun da alt bileşenleri belirlendikten bu amaç doğrultusunda tasarladıktan sonra ise sürdürülebilirlik stratejisi doğrulturunda yeniden kullanım, geri dönüşüm ya da yok etme gibi seçeneklerinin potansiyelleri belirlenecektir.

Yapı elemanlarının türlerine göre farklı ama aynı işlevi yerine getiren yapılarda aynı amaca hizmet etmeleri tez kapsamında oluşturulan sökülebilir yapı elemanı stratejisinin veritabanı oluşturma amacının bir parçasıdır. Bu amaçla tasarlanan ve sürdürülebilir olan bir yapı elemanının pek çok yapıda aynı hizmeti vermesi ve aynı şekilde yaşam ömrünü tamamladığında sürdürülebilirlik seçeneklerini sunması olasıdır. Bu özel yapı elemanının ve aynı strateji ile oluşturulan farklı seçenekler sunan yapı elemanlarının bir veritabanı olarak kullanılıp yapı üretimine dahil olması bütüncül bakış açısında ortaya çıkacak atık miktarının belirlenmesinde ve bu atıkların engellenmesinde önemli bir adım olacaktır.

2.2.2 Tasarımda yapısal esneklik

Tasarımda esnekliği kullanımında (Burada temel olarak yerleşim planından da bahsedilmektedir.) değişikliklere imkan veren, zaman döngüsü içerisinde birkaç amaca hizmet edebilecek şekilde tasarlamak olarak ifare edebiliriz (Hobbs & Hurley, 2001). Yapılar kullanıcıların istekleri üzerine gereksinimlerini karşılamak üzere

tasarlanarak inşa edilmektedir. Bu nedenle yapıların pek çok açıdan uzun ömürlü olması beklenmektedir. Bir yapının yaşam ömrünün uzunluğu, yapının işlevselliğini ve estetik tarzını da göz önünde bulundurarak, yapısal bütünlüğünü uzun süre korumasıyla ve arzu edilebilirliğini korumasıyla belirlenir (Macozoma, 2002). Bütüncül olarak yapı düzeyinde baktığımızda ise yapının kendi tasarımsal esnekliği sağlandığında doğrudan yapının işlevinin, plan opsiyonunun, estetik kaygısının değişken olmasına dolayısıyla yapının kullanım ömrünün daha uzun ve verimli olmasına imkan vermektedir. Yapının bütünlüğü malzeme dayanımı ile ilgili olduğu kadar yapının arzu edilebilirliği ve yapının uyumluluğuyla da ilgilidir. Bu aşamada tasarımcının yapısal esnekliğe katkıda bulunabileceği en önemli yöntemlerden birinin de söküme imkan veren tasarım, yapısökümü için tasarım olduğu açıktır. Yapının değişen kullanıcı taleplerine uyum sağlama kabiliyeti yapısal anlamda sürdürülebilirliğine katkıda bulunacaktır. Bu talepler yapının dışına ve/veya iç tasarımına dair olabilir. Tasarımcının bu noktada sorumluluğu bu ikisinin birbirlerini etkilemeden değişmelerine, uyarlanabilmelerine imkan verecek şekilde bileşenleri ve yapı elemanlarını yapıyla beraber tasarlamak olmalıdır.

Macozoma yapısal esnekliğin temel bakış açısını şu şekilde özetlemiştir;

- Binalar sonsuza dek var olamazlar.
- Binalar, farklı amaçlara hizmet eden ve farklı hizmet ömrüne sahip katmanlardan oluşmaktadır. Dolayısıyla bütün bir yapıdan aynı hizmet ömrünü beklemek gerçekçi değildir.
- Bir binanın zaman içindeki performansı, kullanıcı ihtiyaçları ve çevresel gereklilikleri ile doğrudan ilgilidir (Macozoma, 2002).

Bir tasarım süreci sonucunda inşa edilen yapı dokunulamaz değildir. Yaşam ömrünün uzun sürebilmesi ve yapısal bütünlüğünü devam ettirebilmesi için değişen ihtiyaçlara cevap verebilecek uyumlulukta olması beklenmektedir. Bu esneklikte tasarlanmayan yapılarda ise değişimler, onarımlar ya da yenileme çalışmaları daha fazla atık üretme eğiliminde olmaktadır. Bazen onarımda bile yıkım "demolish" dışında alternatif bir seçeneğe imkan vermemektedir (Craven , Okraglik , & Eilenberg, 1994). Bu nedenle hizmet ömrünün uzun olması beklenen bir yapının yeterli esnekliği sağlayabilmesi, uyarlanabilmesi için çeşitli tasarım seçenekleri araştırılmalı ve uygulanmalıdır.

Kalıcı Çekirdekli Yapılar: Kalıcı çekirdekli yapılar yapı katmanları teorisine göre tasarlanmış, binanın işlevsel ömrünü uzatmak için binanın sökülebilmesinin ve tadilatının desteklenmesine dair bir tasarım yöntemidir. Yapının içi ve dışı onarım, genişletme ve bakım gibi faaliyetlerle sürekli olarak değiştirilebilmektedir. Yapılar katmanlar teorisine göre tasarlandıysa bileşenlerin ve malzemelerin sökülmesi, eklenmesi ve uzatılması daha kolay olabilmektedir.

Bu katmanlar şu şekildedir;

- Strüktür – Temel ve Taşıyıcı Bileşenler
- Yapı Kabuğu "skin" - Kaplama ve Çatı Sistemi
- Servis Elemanları - elektrik, HVAC vb.
- İç Mekan Planları – iç bölmeler, bitirme malzemeleri ve mobilyalar (Crowther P. , 2001)

Modüler yapılar: Modüler yapılar, standart modüler yapı bileşenlerinin endüstriyel seri üretimi ile oluşturulmasıyla sahada ya da saha dışında monte edilmesiyle elde edilen yapılardır. Modüler yapıların en büyük avantajı kullanıcı ihtiyaçlarına özel plan konfigürasyonuna izin vermesi ve esneklik imkanı sağlamasıdır (Macozoma, 2002). Modüler tasarım teknikleriyle elde edilebilecek esnek tasarım, gelecekteki değişiklikleri kaynak kullanımı ve maliyet açısından verimli bir şekilde desteklemektedir. Plan ölçeğinde düşünürsek modüler tasarıma uygun işlevlerde esnek tasarımı tercih etmek yapının işlevi değiştikten sonra bile devam etmesini sağlayacaktır. Örneğin, modüler bileşenlerle tasarlanmış standart bir plan, şirket değiştiğinde bile gerektiği gibi yeniden kurgulanabilecek organizasyonel planları sağlayacaktır (Kohn & Kats, 2002). Aynı yapının ofis işlevinin değişmediği ama plan kurgusu olarak farklı ihtiyaçların ortaya çıkması durumunda yapı elemanlarının – ofis örneği için iç bölme elemanlarının örneğin – yeni plan kurgusuna minimum maliyet ve kaynak kullanımı ile imkan vermesini bekleyebiliriz. Daha küçük ölçekli bir örnek üzerinden devam edersek, bir konut planını ele aldığımızda ise yeni mekan ihtiyacı ya da estetik kaygı gibi çeşitli nedenlerle kullanıcı plan organizasyonuna müdahalede bulunmak isteyebilir. Kullanıcı bu değişiklikleri yaparken binanın tasarımından sorumlu mimarın yapı elemanlarının kurgusuna ve tasarıma yaklaşımı kaynak ve maliyet yönetimi açısından önemli olacaktır. Tasarımcının aldığı sürdürülebilirlik

kararları farklı ölçeklerdeki iki örnekte de gerçekleşecek yıkım, onarım ya da değişiklik yapılması sürecinde ortaya çıkacak yapısal atık miktarına da ciddi sınırlama getirmiş olacaktır.

Görebilmekteyiz ki yapılarda yapısal atığı azaltmak amacıyla esneklik ve yapısöküm kavramları beraber ele alınması gereken kavramlardır. Plan organizasyonuna müdahalede bulunmak ihtiyacını hisseden bir kullanıcının bir yapı elemanına müdahalesinde yapısal atık üretmeden esnekliğe sahip olması ancak bütüncül bir bakış açısında mümkün olacaktır.

2.2.3 Yapısökümü ve söküme uygun yapı tasarımı

Tasarımcı açısından, bina yaşam döngüsünün en az düşünülen aşaması, binanın faydalı ömrü tükendiğinde ortaya çıkmaktadır. DfD –Design for Deconstruction- Yapısökümü planlama ve tasarım yoluyla söküm işlemlerini kolaylaştırmak için kullanılan bir tasarım yöntemdir. DfD temel anlamda bir binanın malzemelerinin ve bileşenlerinin geri kazanılarak yıkılması / yok edilmesi işlemidir. DfD süreci hammaddeleri korumak için önemli bir stratejidir (Webster, 2007). Söküm işleminde amaç bileşenlere zarar vermeden ayırmaktır. Söküme yönelik tasarım yapısöküme benzer şekilde bileşenleri zarar vermeden ayırmak amaçtır fakat bu işlemi bileşenlerin yeniden kullanılmasına yönelik düşünce ile tasarlamak temel bakış açısıdır (Hobbs & Hurley, 2001). DfD bir yapıya ait bileşenlerin, elemanların ve malzemelerin yeniden kullanım ve yeniden satış "resale", geri dönüşüm gibi geri kazanım yöntemlerini maksimumda tutan bir yapıyı "sökme" işlemidir. DfD için tasarım, malzemelerin ve bileşenlerin atık yönetim hiyerarşisine göre, geri dönüşümün daha sürdürülebilir bir yapı ve doğal çevre için yeniden kullanım noktasına kadar yükseltilmesi girişimidir (Crowther P. , 2001). DfD, kullanım ömrünü daha verimli bir şekilde yönetme amaçlı bir yapının tasarımını ifade etmektedir. Bir yapının tasarım aşamasında bu amaçla tasarlanması, atık oluşumunun azalmasına, yapının kullanımının değişmesinde esnekliğe ve yeniden kullanım olanaklarına, yapı elemanlarında, bileşenlerde ve malzemelerde ise yeniden kullanım için sökme, geri dönüşüm için nitelikli geri kazanım gibi olanaklara imkan veren tasarım anlamına gelmektedir. Bir başka deyişle yapısöküm için tasarımda mevcut yapı gelecekteki yapının yapı elemanları, bileşenleri ve/veya malzemeleri için kaynak olabilmektedir. Yapısöküm (DfD) mevcut malzeme ve bileşenlerin yeniden kullanım oranını artırarak sürdürülebilir inşaat kavramını destekler. Temel olarak sökümün

yıkımdan en büyük farkı bu aşamada ortaya çıkmaktadır, yıkımda bileşenler ve elemanlar işe yaramaz hale gelmekte ve depolanma alanlarında biriktirilmektedir (Macozoma, 2002).

Yapısöküm için tasarım özellikle yapı elemanlarının, yapı bileşenlerinin faydalı ömrünün yapının kendisinden daha uzun olduğu durumlarda daha avantajlıdır (Dorsthorst & Kowalczyk, 2002). Bu işlemin düzgün uygulanması ve planlanması yapının yok edilmesi / sökümü aşamasında çevresel zararları, doğal kaynak kullanımını, enerji tüketimini ve benzer pek çok negatif çevresel etkiyi azaltacaktır ve sürdürülebilirliğe doğrudan katkıda bulunacaktır. Yapıların bu rolü başarıyla yerine getirmesi için, eleman, bileşen ve malzeme geri kazanımı imkanı tasarım yaklaşımının başarısına bağlıdır. Yapısöküm sürecinde söküm işleminin başarılı sayılabilmesinin temel belirleyicisi, elaman, bileşen ve malzeme geri kazanımının imkanı ve oranıdır. Bir yapının bölümlerinin, parçalarının ve bileşenlerinin farklı yaşam ömürlerine sahip olduğunun anlaşılması DfD için tasarım stratejisinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bir yapının her biri kendi içinde farklı hizmet ömrüne sahip katmanlar olarak okumak, faydalı ömür ve yapısöküm arasındaki ilişkiye dair önemli bir fikir vermektedir. Bir elemanın hangi katmanlardan oluştuğunu bilmek, o katmanın nerede başlayıp nerede bittiğini bilmek, katmanlar arası birleşimleri bilmek yapısöküm için tasarımda sökümün verimli olması açısından en önemli ve bilinmesi gereken bilgilerdir.

Yapısöküm (DfD), bina yaşam döngüsünün yıkım aşamasında gerçekleşecek bir eylem olmasına rağmen, yapısöküm sırasında ve sonrasında ortaya çıkacak tasarımsal sorunlarla da ilgilendiği için yapının tasarım aşamasında uygulanması gereken bir stratejidir. Mevcut yapıların sökümündeki en büyük problem ve karşılaşılan en büyük zorluk yapı elamanların, bileşenlerin ve malzemelerin birbirinden ayrılmamak üzere tasarlanmış olmasıdır (Macozoma, 2002). Bu nedenle tasarım aşamasında belirlenen stratejinin doğru uygulanması ve belgelenmesi yapının ömrü sona erdiğinde sökümün nitelikli olarak sağlanabilmesi için en önemli kriterdir. Sökümün uygulanması ve malzemelerin geri kazanımı, DfD kavramının geliştirilmesi, inşaat endüstrisinin kapalı bir çevrimde kalması ve hammadde kaynaklarının korunması açısından son derece önemlidir (EPA, 2008).

Geleneksel yıkım ve söküm arasında bulunan en büyük farklardan biri de yapıyı yok etme / yapısızlaştırma sürecidir. Binaların geri kazanım amacıyla sökülmesi genellikle

geleneksel yıkıma göre daha fazla insan gücü ve teknik ekipman gerektirir. Yıkım birkaç gün sürerken söküm birkaç hafta sürebilir. Sökümün planlanmamış olması durumunda ise sökümün tamamlanması için gereken süre daha belirsiz olacaktır ya da söküme yönelik tasarlanmaması durumunda geleneksel seçici yıkımda olduğu şekli ile çok düşük bir oranda birkaç parça bileşenin ve eklentinin sökümü ile basitçe tamamlanarak yapının büyük kısmı yapısal atık olarak faydalı ömrünün sonuna gelecektir.

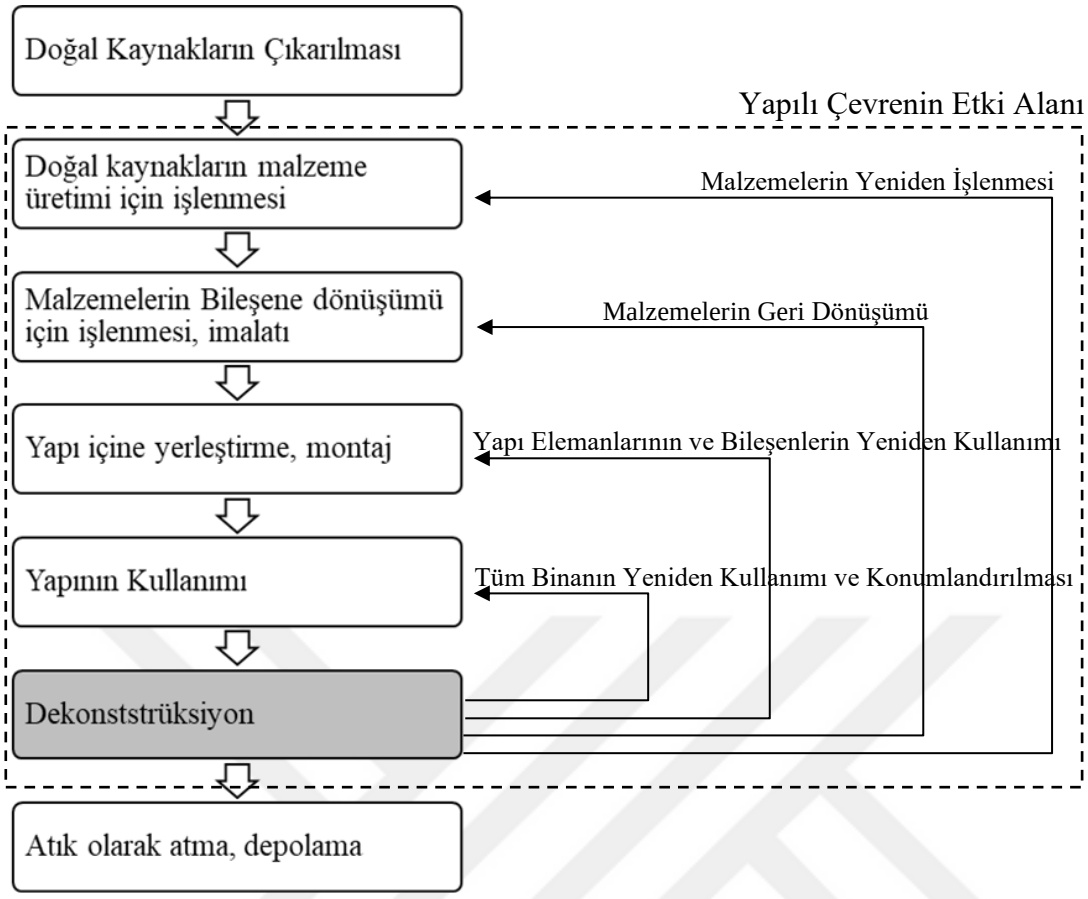
Bir yapının sökümü geleneksel yıkımdan çok daha fazla insan gücü, zaman ve çok çeşitli teknik araç gerektirdiği açıktır. Bu durum toplam maliyeti artıracaktır. Söküm için gereken süre, geleneksel yıkımın üç ila sekiz katı arasında değişebilmektedir (U.S. Department of Defense, 2002). Yapım ve yıkım faaliyetlerinin hızlı bir sirkülasyona sahip olduğu, zaman baskısının yoğun Türkiye gibi ülkelerde, yapımın sökümü yıkım için uygun bir alternatif olarak görünmeyebilir Fakat, bu gibi durumlarda önceden planlanama ve belgeleme süreci kısaltacağı açıktır. Bu süreci kısaltmak için;

- Tasarımcılar ve yıkım ekibi söküm aşamalarının fazlarını planlayabilir.
- Tasarım ve yapım süreci boyunca söküm ve geri kazanım süreçlerini kolaylaştırmak amacıyla yeterli belgeleme yapılabilir: Envanter, as-built...vb
- Doğru tasarımsal araç kullanımı ile- BIM -veri birikimi net yapılır ve tüm bileşenlerin, malzemelerin miktarı, etiketlenmesi hatasız yapılabilir.
- Tasarım aşamasında malzeme seçimlerinde söküm sürecini aksatacak ya da ara verilmesine neden olacak zararlı ve tehlikeli madde kullanımından kaçınılabilinir.
- İnşaat ekibine yapımda ve yıkım ekibine söküm aşamasında eğitimler verilebilir.

Söküm işlemi düzgün planlanmışsa yapının daha fazla iş gücü ile sökümünün maliyeti ile yıkımının maliyeti arasındaki farkı kapatacaktır. Almanya'da 1991-1999 yılları arasında yapısöküm üzerine yapılan vaka çalışmalarında % 95'in üzerinde olağanüstü yüksek bir geri kazanım oranı ortaya çıkmıştır. Fakat maliyet ve zaman konusunda geleneksel yıkımla arasında belirgin farklar bulunmaktadır. Günümüzde ise yapılan çalışmalarda yapısöküm yöntemleri yapının elle ve makine sökümünü birleştiren optimize edilmiş yapılanmanın % 97'lik bir geri kazanım oranı ile gereken süreyi 2 kat

azaltabileceğini göstermektedir ve bu da maliyeti düşürecektir (Kibert, Chini, & Languell , 2001). Almanya örneğinde incelediğimiz stratejilerde gördüğümüz üzere yıkım, geri kazanım, söküm ve yok etme gibi işlemleri maliyeti ile beraber ele almak bu nedenle önemlidir. Guy ve McLendon'ın çalışmaları bize yapının söküm sürecinin ilk maliyetinin geleneksel yıkımdan daha yüksek olduğunu, ancak satışlardan elde edilen gelirin toplam maliyetten ayrılmasından sonra net yapısızlaştırma maliyetinin geleneksel yıkımdan daha düşük olduğunu göstermiştir (Guy & McLendon, 2003). Bu nedenle amaç her zaman geri kazanımın basamağına göre olabildiğince çok sayıda yapı elemanının yeniden kullanılması, bileşenin yeniden kullanılması ve malzemenin geri dönüşümü amacıyla hasarsız sökülmesi olmalıdır. Geleneksel yıkım ve söküm arasındaki ekonomik faydanın yaygınlaştırılmasıyla, yönetimsel teşviklerle, imha edilecek malzemelerin miktarının ve maliyetinin düşmesiyle ve ikincil malzeme sektörünün gelişmesiyle bu fark daha da yüksek düzeyde olacaktır. Bu nedenle yapısöküm stratejisinin inşaat endüstrisi içinde başarılı olması ve yaygınlaşması çevresel sürdürülebilirlikle beraber teknik ve ekonomik olarak da sürdürülebilir olması ile mümkündür. Söküm sürecinin verimli ve planlı yürütülmesi ile ikincil kullanım ve geri kazanım için elemanların, bileşenlerin ve malzemelerin yüksek kalitede elde edilmesiyle bahsedilen bu ilk maliyetin ciddi miktarda düşeceği açıktır.

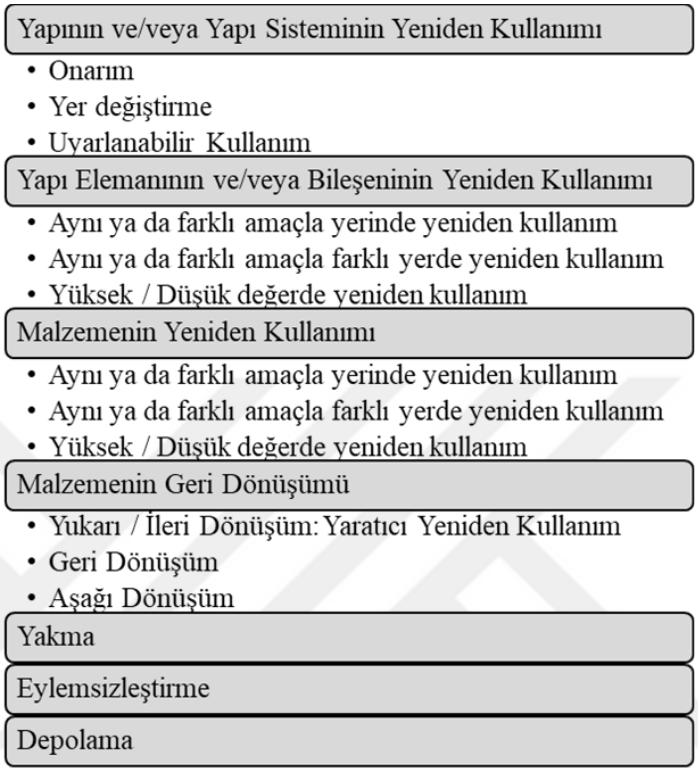
Şekil 2.9'da Yapılı Çevre için Olası Geri Kazanım Yöntemleri'nde de görülebileceği üzere bir yapının geri kazanımı için farklı olası geri kazanım basamakları vardır. Yapısökümde en yakın basamak her zaman hem hammadde, hem enerji, hem çevre hem de ekonomik açıdan çok daha etkili bir basamaktır. Örneğin, yapı için gerekli büyük boyutta bir kerestenin hasarsız sökülüp tekrar kullanılması ağaçtan keresteye dönüşümünden itibaren hammaddenin korunumu, nakliyesi, kesilmesi, işlenmesi, paketlenmesi ve depolama tesisine taşınmasına kadar geçen hiçbir adımın tekrarlanmayacağı anlamına gelmektedir. Tekrar ağaç kesilmeyecek, doğal kaynak korunacak ve tekrar işlenmesi için enerji harcanmayacak demektir.



Şekil 2.9 : Yapılı Çevre için Olası Geri Kazanım Yöntemleri (Crowther P. , 2001)

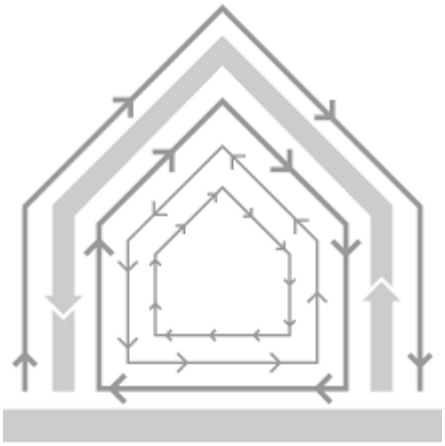
Bir diğer önemli husus ise neyin hangi amaçla sökületeceği sorusudur. Bu sorunun cevabı bize geri kazanımının hangi seviyede olacağını verecektir. Yapı elemanının geri kazanımı için ayrı, bileşenin geri kazanımı için ayrı, malzemenin geri dönüşümü için ayrı uygulamalar ve geri kazanım teknikleri bulunmaktadır. Bu nedenle yapı malzemelerinin ve bileşenlerinin geri kazanımının atık yönetimi hiyerarşisi ile ciddi bir ilişkisi vardır (Crowther P. , 2000). Macozoma bu nedenle "Olası Yaşam Sonu Seçenekleri Hiyerarşisi" adı altında geleneksel atık yönetimi hiyerarşisine ayrı bir bakış açısı getirerek bütüncül bir değerlendirmede bulunmuştur. Şekil 2.10 Olası Yaşam Sonu Seçenekleri Hiyerarşisi'nde de görüleceği üzere bir yapı, eleman, bileşen ya da malzeme değerlendirilirken birkaç seçenek bulunmaktadır. Söküm işlemine başlamadan önce neyin ne amaçla sökületeceği ve geri kazanım şekli belirlenmelidir ve söküm işlemi bu karara göre uygulanmalıdır. Yapısal düzeyde yeniden kullanım, yeniden işlevlendirme, uyarlanabilir kullanım olabileceği gibi, yapı elemanı düzeyinde aynı yerde kullanım ya da farklı bir yapıda kullanım da olabilmektedir. Yine malzeme düzeyinde malzemenin niteliğine göre ileri dönüşüm şeklinde daha iyi kalitede ve/veya

çevreye daha az zararla dönüştürülme imkanı olabileceği gibi, daha düşük kalitede malzemelere dönüşmesi de mümkündür. Yeniden kullanım ve geri dönüşümün olmadığı durumlarda ise yakma – enerji için yakma ve yok etme yakma- sonrasında eylemsizleştirme ve en son çare olarak da depolama seçeneklerini de görebilmekteyiz.



Şekil 2.10 : Olası Yaşam Sonu Seçenekleri Hiyerarşisi (Macozoma, 2002)

Yapının pek çok alt sistemden oluştuğunu göz önüne aldığımızda bu karmaşık halin sökümünün planlanması gerektiği açıktır. Söküm adımlarının bütün bir yapılı çevrede hangi sıra ile ilerleyeceğini bilmek yapısızlaştırma stratejisinde sürecin sağlıklı yürümesi açısından çok önemlidir. Brand'ın Mimar Frank Duffy'ye atıfta bulunarak yapılı çevre için ortaya koyduğu çoklu katmanlar teorisine göre her yapı katmanlara ayrılmıştır ve her katmanın kendi hizmet ömrü bulunmaktadır. Burada bahsedilen katmanlar yapılı çevrenin katmanlarıdır. Bu yapının genel tanımında da bahsettiğimiz çoklu yaşam döngülerine sahip olması durumunu da desteklemektedir. Brand'ın anlatmak istediği yapılı çevreyi oluşturan her katmanın ayrı yaşam döngülerine sahip olduğu ayrı ele alınması gerektiğidir. Her yapıda bu katmanların tamamı olmak zorunda değildir fakat her zaman ayrılabilecek şekilde ele alınması gerekmektedir. Bu şekilde düşünerek Brand 6 farklı katman sıralamıştır bunlar;



Katman	Beklenen Yaşam Ömrü (Yıl)
Tefrişler	Günlük
Yerleşim Planı	3-30
Servis Sistemleri	7-15
Yapı Kabuğu	20
Strüktür	30-300
Konum	Sonsuz

Şekil 2.11 : Yapılı Çevre Katmanları (Brand, 1995)

1. Tefrişler: Sandalyeler, masalar, telefonlar, resimler, mutfak aletleri, lambalar, saç fırçaları; her gün değişebilen, taşınabilen nesneler. Değişimler günlük ve haftalıktır.
2. Yerleşim Planı (Space Plan) - İç duvarlar, iç bölme sistemleri, kaplamalar ve mobilyalar. Duffy'nin ilk senaryolarına bağlı olarak sirkülasyonu yüksek bir ticari kullanımlı bir binada 3 yıl, durgun kullanımlı konutta 30 yıl olabilmektedir.
3. Servis Sistemleri - Elektrik, mekanik, havalandırma, iletişim, tesisat, asansörler ve yürüyen merdivenler gibi hareketli parçalar. Her 7 ila 15 yılda bir aşınır ve eskir. Birçok binada eski servis sitemleri kolayca değiştirilemeyecek kadar katmanlar arasına gömülüdür ve bu durumda müdahale etmek ya da onarım yapmak ancak yıkımla mümkün olur.
4. Yapı Kabuğu (Building Envelope) Dış duvarlar, giydirme cepheler ve çatılar: Estetik kaygıya, modaya veya değişen teknolojiye ayak uydurmak için ya da onarım için 20 yılda bir değiştiği kabul edilmektedir. Enerji maliyetlerine ya da yalıtım eksikliklerine bağlı olarak yeniden tasarlanmış kaplamalar şeklinde de görülebilmektedir.
5. Strüktür– Taşıyıcı Elemanlar (kirişler ve kolonlar) ve temeller. Bu elemanların değiştirilmesi tehlikeli ve pahalıdır, bu yüzden insanlar değiştirme yoluna gitmezler. Beklenen hizmet ömrü 30 - 300 yıl arasında değişmektedir.
6. Katman 0 - Konum : Binanın bulunduğu kentsel ortam, yasal olarak tanımlanmış parsel. "site" kavramı Duffy'e göre sonsuzdur. (Brand, 1995).

Görüldüğü üzere Brand yapının katmanlaşmasını ve bu katmanların ayrılığını anlatırken bir yapının sökümünde 0 noktasına ulaşmak için izlenmesi gereken yol haritasını da çıkarmıştır. Bir bütün olarak bina yaşam ömrünü devam ettirirken 2. adımda bulunan "Yerleşim Planı" yapının işlevinin değişmesi durumunda değişebilecektir ve bu değişimden sonraki adımlarda yer alan katmanlar etkilenmeyecektir, zarar görmeyecektir.

Bir diğer yaklaşım ise Sherman'ın yaklaşımıdır. Sherman'a göre sökümde izlenmesi gerek yol şu şekildedir:

1. Bitirmelerin, süsleme elemanlarının sökülmesi. (Kapı kasaları, pervazlar, kornişler dahil).
2. Tesisat, dolap, pencere ve kapıların sökülmesi.
3. Duvar kaplamalarının, yalıtımların, elektrik-mekanik sistem kablolarının ve tesisat borularının sökülmesi,
4. Çatının sökülmesi,
5. Dış duvarlar ve döşemelerin sökülmesi (Sherman, 1998).

Sherman'ın yapısızlaştırma süreci çok Brand'e göre daha katmansız kalmaktadır. Brand'in yapısöküm için sökme eylemi sürecine yaklaşımı ise daha detaylıdır ve daha bütüncüldür.

Çevresel açıdan sürdürülebilir bir yapım süreci için atık yönetimi hiyerarşisi, yaşam döngüsü ve yapı katmanları teorisi önemli referans noktalarıdır fakat sökümün nasıl tasarlanacağının cevabını direkt alabileceğimiz referanslar değildir. Daha önce de bahsedildiği gibi yapımın söküm aşamasında geri kazanımın kalitesi parçaların sökülebilme imkanına bağlıdır. Bu nedenle sökümün verimli olabilmesi için mimarlar / tasarımcılar için söküme uygun tasarım ilkelerinin neler olduğu bilinmeli ve belgelenmelidir. Uygulama aşamasına geçildiğinde ise bu ilkelere uygun olarak uygulama yöntemleri söküme imkan verecek şekilde uygulanmalıdır.

Günümüzde ise giderek karmaşıklaşan yapım işleminde bu yapısızlaştırma sürecinin çok daha detaylı hale getirilmesi, belgelenmesi ve sürecin daha iyi yönetilmesi gerekmektedir. Ulusal olarak rehber niteliğinde çalışmalar yapan SEDA'nın yayınladığı, "İskoçya'da Yapısöküm (DfD) için Tasarım" Yapısızlaştırma

Detaylandırma İlkeleri adlı rehberde tasarım anahtar prensipler ile şu şekilde açıklanmıştır.

1. Yapılar plan, kesit ve yapısal olarak farklı doluluk kalıplarına uyarlanabilecek şekilde tasarlamak.

2. Yapıların beklenen ömürlerine göre doğru katmanlaşma sıralamasına göre tasarlandığından emin olmak.

3. Onarım ya da değiştirme için tüm bileşenlere kolayca erişilebildiğinden ve çıkarılabildiğinden emin olmak.

4. Tüm bileşenlerin kolayca ve güvenli bir şekilde çıkarılmasına ve basit sabitlemeler kullanılarak değiştirilmesine imkan veren sabitleyicileri tercih etmek. Bileşenlerin hem bağımsız hem de değiştirilebilir olmasını sağlamak için uygun bağlantı elemanlarını kullanmak ve/veya tasarlamak.

5. Yalnızca tekrar kullanılabilen dayanıklı bileşenler kullanmak. Monomerik bileşenler kullanmaya çalışmak. Yeniden kullanım ve geri dönüşüm potansiyelini tehlikeye atacak yapıştırıcılar, reçineler ve kaplamalardan kaçınmak.

6. Çeşitli sebeplerle aşınması ya da bozulması olasılığı olan yüzeylerin, onarım ve değişim imkanına olanak verecek şekilde diğer katmanlardan ayrı olarak konumlandırmak.

7. Servis sistemlerini ve servis yollarını, yüzeylere ve binanın diğer bölümlerine zarar vermeden kolayca tanımlanabilecek, erişilebilecek ve değiştirilebilecek veya bakım yapılabilecek şekilde dikkatlice planlamak (Morgan & Stevenson, 2005).

Söküme Uygun Tasarımın temel ilkeleri Guy & Ciarimboli'ye göre ise şu şekilde sıralanmıştır;

1. Yapısökümü için malzemelerin ve uygulama tekniklerinin düzgünce belgelenmesi,
2. Söküme imkan verecek bağlantı ve birleşimleri kullanmak. Örneğin, kimyasal ve kaynak bağlantılarını en aza indirmek ve yerine modüler ya da ön üretimli strüktürler kullanarak vidalı birleşimlerle bağlantıları sağlamak,

3. Mekanik, Elektrik ve Tesisat sistemleri gibi geri dönüştürülemeyen, tekrar kullanılamayan ve bertaraf edilemeyen sistemleri ayırmak,
4. Bileşenlerin ve Elemanların standartlaştırılmasını / modülerleştirilmesini sağlayan basit yapı ve formları tercih etmek,
5. Emeği, üretkenliği ve güvenliği yansıtan tasarım yapmak (Guy & Ciarimboli, 2005)

Crowther'a göre ise bu ilkeler daha detaylı ve daha geniş tasarımsal kararları kapsamaktadır;

1. Geri dönüştürülmüş ve geri dönüştürülebilir malzemeler kullanılmalı,
2. Farklı malzeme türlerinin sayısını en aza indirilmeli,
3. Zehirli ve tehlikeli malzemelerden kaçınılmalı ve bu tür malzemeler kullanılmamalı,
4. Kompozit malzemelerden kaçınılmalı ve aynı malzemeden ayrılmaz alt montajlar yapılmalı,
5. Malzemelere ikincil bitirme işlemlerinden kaçınılmalı,
6. Malzeme türleri, tanımını ve içeriği net şekilde belgelenmeli,
7. Farklı bileşenlerin sayıları en aza indirilmeli,
8. Kimyasal, harçla ya da yapıştırma ile bağlantı yerine mekanik bağlantılar tercih edilmeli,
9. Binanın parçalarının daha özgürce değiştirilebilir olduğu esnek plan şemasına sahip sistemler kullanılmalı,
10. Modüler tasarım yöntemlerinden faydalanılmalı,
11. Standart, basit ve high-tech yerine daha "düşük teknolojili" bina uygulamaları bilindik inşa teknolojileri ile uygulanmalı,
12. Yapı strtüktürü cephe elemanlarından, iç duvarlardan ve servisler elemanlarından ayrılmalı,
13. Binanın tüm bölümlerine tüm elemanlarına ve bileşenlerine erişim sağlanabiliyor olmalı,
14. Amaçlanan taşıma yöntemlerine uygun boyutta bileşenler ve malzemeler kullanılmalı.
15. Montaj ve söküm prosedürleri sırasında bileşenlerin ve malzemelerin taşınması gerekli araçlar planlanmalı ve sağlanmalı,

16. Söküm sırasında manevra yapabilmek için gerçekçi tolerans aralıkları sağlanmalı,
17. En az sayıda bağlantı elemanı ve bağlayıcılar kullanılmalı,
18. En az türde bağlantı elemanı ve bağlayıcılar kullanılmalı,
19. Tekrarlanan kullanımlara olanak verecek ve dayanacak şekilde bağlantı elemanları ve eklentileri kullanılmalı,
20. Sıralı sökme yerine paralel sökme işlemine izin verecek şekilde eleman ve bileşen tasarımı yapılmalı,
21. Bileşen türünün net ve detaylı tanımı yapılmalı,
22. Gridal sistemli strüktürler kullanılmalı,
23. Prefabrik alt montajlar ve seri üretim sistemler kullanılmalı,
24. Hafif malzemeler ve bileşenler kullanılmalı,
25. Sökme noktalarını kalıcı olarak tanımlanmalı,
26. Yedek parçalar, bağlantı elemanları vb için depolama alanları tanımlanmalı,
27. Bina yapım sistemleri, montajı ve söküm prosedürleri ile ilgili tüm bilgiler belgelenmeli ve saklanmalı (Crowther P. , 2005)

Bu ilkeleri inceledikten sonra "Söküme Uygun Tasarım" için uyulması gereken temel prensipleri şekil 2.12'deki gösterimi ile beraber; belgeleme, tasarım, malzeme seçimi, bağlantılar ve geri kazanım olarak sıralayabiliriz ve detaylandırabiliriz. Bu şekilde sıralamak ve detaylandırmakla beraber, sökümün başarısı ancak elemanların ve bileşenlerin ayrılma kabiliyeti oranında başarılı olacaktır. Bağlantı detayları ve türleri sökümün başarısı için tartışmasız şekilde en önemli noktadır. Bu nedenle bağlantı çeşitlerinin ve bağlantıların ayrılma imkanının detaylı şekilde ele alınması gerekmektedir. Bu değerlendirme ile Morgan ve Stevenson'a göre bağlantılar, bileşenlerle ve elemanlarla nasıl bir arayüz oluşturduklarına üç kategoriye ayrılmaktadır.

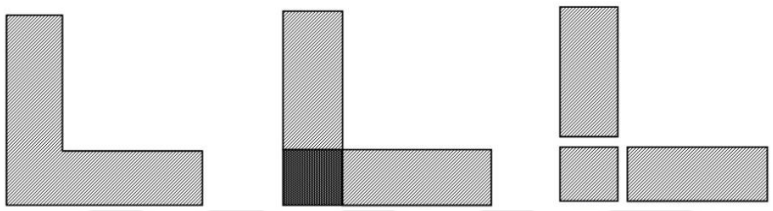
- Doğrudan Bağlantılar - Birleşimler
- Dolaylı Bağlantılar - Birleşimler
- Dolgulu Bağlantılar - Birleşimler

Belgeleme	Her türlü çizimin belgelenmesi; mimari, statik... vb. Kullanılan bileşenlerin ve malzemelerin belgelenmesi Her türlü uygulama ve bağlantı detayının bir veritabanı olarak her zaman ulaşılabilir şekilde biriktirilmesi.
Tasarım	Mekan ve yapı elemanı perspektifinde çeşitlenmeye yapısal esnekliğe imkan vermesi. Yapı, yapı elemanı, bileşen ya da malzeme düzeylerinde modülerleşmeye imkan sağlayan basit yapı ve formları tercih etmek. Mekanik, Elektrik ve Tesisat sistemleri gibi sistemleri söküme uygun yapı elemanından ayırmak. Yapı Elemanı katmanlaşmasında katmanın beklenen ömrübe göre doğru katmanlaşma sıralamasına göre tasarlandığından emin olmak.
Malzeme Seçimi	Kompozit, zehirli ya da zararlı malzeme kullanımından kaçınma, kompozit malzeme kullanımını minimuma indirme. Geri dönüşüm oranı yüksek malzemeler kullanma. İkincil malzemeler kullanma. Çok çeşitli malzemelerden kaçınma, katmanlaşmada standartlaşmaya gitme. Yeniden kullanım ve geri dönüşüm potansiyelini tehlikeye atacak yapıştırıcılar, reçineler ve kaplamalardan kaçınma.
Bağlantılar	Her zaman söküme imkan veren bağlantılar ve birleşimler kullanmak. Kimyasal ve kaynak bağlantıları yerine mekanik bağlantı gibi kuru birleşimler kullanmak. Az sayıda ve az çeşitte bağlantı kullanmak. Bağlantılarda standartlaşmaya gitmek ve karışıklıktan kaçınmak.
Kazanım	Yapıda kullanılması için seçilen ya da tasarlanan her bir elemanın, bileşenin ve malzemenin sürdürülebilirlik hiyerarşisine göre hangi basamakta geri kazanım yöntemi ile kazanılacağına karar vermek.

Şekil 2.12 : Söküme Uygun Tasarım için Temel Prensipler (Crowther , 2005; Guy & Ciarimboli, 2005 ve Morgan & Stevenson, 2005)

Doğrudan bağlantılara kenetlenme, geçme ve bindirme şeklindeki bağlantılarla örneklenebilir. Montajı nedeniyle nedeniyle söküm aşamasında zorluk yaratması muhtemeldir. Dolaylı bağlantıların ayrıştırılması çok daha kolaydır, çünkü bunlar değiştirilebilir ve bileşenlerden bağımsızdır. Vida ve cıvata gibi mekanik ve kuru bağlantılar / bağlantı elemanları olarak örnekleyebiliriz. Söküm aşamasında en zorlayıcı bağlantı türleri ise dolgulu birleşimlerdir. Yapıştırma ve kaynak gibi dolgulu bağlantılar, kireç harcı gibi çok yumuşak formda olmadıkça yapıdan çözmek neredeyse imkansızdır (Morgan & Stevenson, 2005). Tasarımcılar sürdürülebilir bir yaşam döngüsü yaklaşımı benimsemezlerse, yeniden kullanım ve geri dönüşüm

faaliyetleri gelecekte mümkün olmayacaktır Örneğin harçla birleştirilmiş tuğla ile örülerek duvar gövdesi haline getirilmiş bir duvar elemanının sökülmesi, birleşimin ıslak birleşim olması, harcın çözülme problemi ile beraber sökülen bileşenlerin zarar görme ihtimali, tuğlaların tek tek sökülmek zorunda olması ve bunun da emek yoğun bir söküm faaliyeti anlamına gelmesi gibi sebeplerle tercih edilmemelidir. Sonucunda duvar sökülmüş olsa dahi bileşenler zarar görmüş olacaktır ve muhtemelen yeniden kullanım imkanına sahip olmayacaktır. Şekil 2.13'te farklı bağlantı tiplerinin söküm imkanı görselleştirilmiştir. a) Aynı Malzeme ile Kalıcı Bağlantı – Zor Söküm, b) Farklı Malzeme ile Kalıcı Bağlantı – Zor Söküm, c) Aynı ya da Farklı Malzeme ile Bağlantı ve Kolay Söküm



Şekil 2.13 : Bağlantı Türlerine ve Söküm İmkanı Gösterimi Örneği (Couto & Mendonça, 2011)

Söküme uygun tasarımda bağlantı detayında en büyük hedef söküm sırasında yapı elemanlarının yapısal bütünlüğünü koruyacak bağlantı elemanının seçimi olmalıdır. Birleşimler tasarlanırken elemanın yeniden kullanımı hedefleniyorsa delik açma gibi gereklilikleri olan birleşimler daha az tercih edilmelidir fakat geri kazanım şekli olarak geri dönüşüm hedefleniyorsa bu kriter göz ardı edilebilecektir. Benzer bir problem yapıştırma ile birleşimlerde de geçerli olacaktır. Yapıştırıcıların pek çoğu kimyasal bileşenlerdir ve uygulandıkları yüzeyin yapısını bozma ihtimalleri bulunmaktadır, bu durum ise uygulandığı nesnenin geri dönüştürülerek geri kazanım imkanını dahi yok etmektedir.

EPA verilerine göre yapı malzemeleri ve bileşenler arasındaki derzler gittikçe karmaşıklaşmaktadır ve bu durum kurtarılması ihtimali olan malzemelerin geri dönüştürülebilirliğini azalttığını göstermiştir. Tasarımcılar eğer sürdürülebilir bir yaşam döngüsü yaklaşımı benimsemezlerse, yeniden kullanım ve geri dönüşüm faaliyetlerinin gelecekte mümkün olmayacağı açıktır (EPA, 2008). Şekil 2.14 üzerinden bağlantı türlerinin birkaçı örneklenmiş, avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiş olsa da her yapı elemanı ve alt öğeleri yapılı çevrenin kendi tasarım

performansı üzerinden değerlendirilmektedir ve çoğu durumda projeye özel olmaktadır.

Birleşim Türü	**Avantajı**	**Dezavantajı**
Vida ile Birleşim	Kolay Sökülür	Hem vida deliğinin hem de vidaların yeniden kullanımı sınırlıdır. Söküm maliyeti yüksek olacaktır.
Cıvata ile Birleşim	Çok fazla sayıda kullanılabilir, sağlam birleşimler yapar ve dayanımı yüksektir.	Cıvata sökmeyi zorlaştırabilir, sıkışabilir. Söküm maliyeti yüksek olacaktır.
Çivi ile Birleşim	Hızlı tespit edilir, maliyeti düşüktür.	Birleşim sonrası sökülmesi zordur ve bu söküm işlemi genellikle bağlantısını sağladığı öğelere zarar verir.
Sürtünme ile Birleşim	Söküm sırasında öğenin yapısal bütünlüğünü korur, zarar vermez.	Yapısal olarak zayıf, gelişmemiş ve kötü bir birleşim seçeneğidir.
Harçla Birleşim	Çeşitli dayanım derecelerinde uygulanabilir.	Kil olmadığı sürece çoğunlukla tekrar kullanılamaz ve birleştirilen öğeler kolayca ayrılamaz. Karışımın mukavemeti genellikle yüksek olur ve bağlı katmanların ayrılması zorlaşır.
Reçine ile Yapıştırma	Dayanıklı ve verimli. Olağandışı bağlantılarda işe yarayabilir.	Bağlı katmanları ayırmak neredeyse imkansızdır. Kolayca geri dönüştürülemez veya tekrar kullanılamaz.
Yapıştırma	İhtiyaca göre farklı dayanımlarda elde edilip, uygulanabilir.	Kolayca geri dönüştürülemez veya tekrar kullanılamaz. Bir araya getirilen öğelerin ayrılması neredeyse imkansızdır.
Perçinle Birleşim	Hızlı tespit edilir.	Birleşim sonrası sökülmesi zordur ve bu söküm işlemi genellikle bağlantısını sağladığı öğelere zarar verir.

Şekil 2.14 : Birleşim Alternatiflerinin Söküm İmkanına Göre Değerlendirilmesi (Morgan & Stevenson, 2005)

Bağlantılar ve birleşimler düşünülürken unutulmaması gereken temel prensip bu bağlantı elemanlarının mümkün olduğu kadar yapı elemanlarının ve alt bileşenlerinin hem bağımsız hem de değiştirilebilir olmasını sağlayacak şekilde ayrı olarak ve söküm sırasında yapı elemanının ve alt öğelerinin yapısal bütünlüğünü bozmayacak şekilde tasarlanması ya da tercih edilmesi gerekmektiğidir.

Bütün bu stratejiler ve ilkeler sürdürülebilirlik bağlamında tasarım hakkında düşünmede bir başlangıç noktasıdır. Doğası gereği her tasarım her proje benzersizdir. Dolayısıyla her tasarım ve yapım süreci için uygulanabilecek evrensel bir ilkeler dizisinin oluşturulması mümkün olmayacaktır. Fakat temel amaç olan sökümü kolaylaştırma hedefi için tasarım aşamasında yapılabilecek, tasarımcı insiyatifinde belirli farklı çalışmalardan yola çıkarak belirlenebilmektedir. Yapının çevresel performansını iyileştirmeye yönelik tüm girişimlerde olduğu gibi, söküme uygun tasarımda da tüm değerlendirmelerde bina yaşam döngüsü ile birlikte bütüncül bir şekilde düşünülerek hareket edilmelidir. Bu sürece yardımcı olmak ve yapı sökümünün hem teknik hem de ekonomik yönlerini kapsayacak şekilde sürecin bilgisayar destekli modellenmesi gerekmektedir.

3. BIM İLE SÖKÜME UYGUN YAPI ELEMANI TASARIMI

BIM – Yapı Bilgi Modellemesi dediğimiz sistem özellikle son 10 yılı daha baskın olmak üzere bir süredir inşaat endüstrisi ve profesyonelleri açısından büyük önem arz eden bir kavramdır. Mimari tasarım süreci ve araçları bu teknolojinin gelişmesi ile büyük değişimler geçirmektedir. BIM – Yapı Bilgi Modellemesi ile beraber projelendirmenin başından sonuna kadar büyük avantajlar elde edilmiştir. Bu amaçla tez çalışmasında en büyük yardımcı girdi olarak BIM araç olarak da Revit seçilmiştir Bu bölümde mimari tasarımda BIM girdisinin tezde oluşturulan stratejiye etkisi, avantajları ve yöntemi araştırılmıştır.

İnşaat endüstrisinin büyük çerçevede çevresel, ekonomik ve sosyolojik etkilerini ve alt ölçekte karmaşıklaşan yapım sürecini ve üretilen yapısal atık miktarını göz önüne aldığımızda BIM aracılığıyla sürdürülebilirlik temelli tasarımsal bir yaklaşımın geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir. BIM kullanımıyla yapıların alt parçaları olan yapı elemanlarının 3 boyutlu modellerinin de desteğiyle tüm tasarım, yapım ve yıkım bilgilerini içeren bir veritabanına dönüştürülmesi ve bu amaçla yaşam döngüsü boyunca ve sonucunda bir sürdürülebilirlik değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Tezde geliştirilen sökülebilir yapı tasarımı yaklaşımı stratejisinin başarılı olabilmesi için önceki bölümde de açıklanan “belgeleme kalitesi” en önemli girdilerden biridir. Stratejinin geliştirilmesi için BIM olmazsa olmaz bir girdi değildir fakat sürdürülebilirlik amacıyla yapısızlaştırmanın kalitesi sahip olunan verilerin niteliğine bağlıdır. Bu nedenle BIM’in çalışma prensibinin projeye dair verilerin gömülmesinde ve senkronizasyonunda sahip olduğu imkanların büyük avantaja sebep olacağı düşünülmektedir. Bunların yanında sonraki bölümlerde örneklenecek çalışmalarda da görüleceği üzere BIM sürdürülebilir bir inşaat sektörü için yoksayılamayacak bir araç konumundadır.

Literatür araştırmaları yapısal atıkların en yüksek yüzde ile onarım ve yıkım aşamalarında ortaya çıktığını ve tasarım kararlarının yapısal atık üretimi üzerinde yüksek etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır göstermektedir. Tasarım aşamasında alınan kararların yapısal atığı en aza indirmek büyük bir fırsat yaratmasına

rağmen, mevcut atık yönetim araçları (NETWaste, DoWT-B, SMARTWaste...vb) gerçekte tasarımcılara süreç boyunca yardımcı olmamamaktadır (Osmani, Glass, & Price, 2008). Bu durumun en büyük nedeni bu mevcut atık yönetim araçlarının tasarım sürecinden tamamen ayrılmış olması ve ancak metraj listesi hazırlandıktan sonra kullanılabilmeleridir (Akinade O. O., ve diğerleri, 2018). Her ne kadar mimarlar bu sorumlulukla hareket etmeye istekli olsa da bu veri problemi şüphesiz ki mimarların ve tasarımcıların yapısal atığı azaltmak amacıyla alacakları kararlarda tasarımda büyük değişiklikleri yapabilme ihtimallerini projelendirme süreci düşünüldüğünde çok geç yapar. Stratejinin BIM ile sürdürülmesinin bir diğer sebebi de bu nedenle bütüncül tasarım yaklaşımı, tasarım sürecine hakimiyeti, çalışma prensibi gereği revizyonların çok daha olanaklı olması ve sürdürülebilirlik kararlarının alınması imkan verebilecek olmasıdır. Tezin bu bölümünde öncelikli olarak BIM kavramından, sürdürülebilirlik potansiyelinden bahsedilerek söküme uygun yapı elemanı tasarımı ile BIM kavramının nasıl koordine olduğu açıklanmıştır.

Tezde sürdürülebilirlik stratejisi girdisi olarak avantajları nedeniyle BIM seçilmiş olsa da BIM bir atık yönetimi aracı ya da bir atık değerlendirme aracı değildir. Fakat gelişime ve strateji geliştirmeye çok açık bir araçtır. Bu amaçla yapısal atığı azaltmaya yönelik pek çok çalışma BIM üzerinden ilerletilmektedir ve sektörün geleceği BIM ile birbirine bağlı durumdadır.

3.1 BIM Kavramı ve Sürdürülebilirlik Potansiyeli

BIM olarak tanımladığımız yaklaşımlar ve metodolojiler oldukça uzun süredir hayatımızdadır. 1970'li yılların sonunda ve 1980'li yılların başlarında Avrupa'da (Özellikle İngiltere'de), erken dönem araştırma ve geliştirme çalışmalarına rastlanmaktadır (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). BIM dediğimiz sistem Avrupa'da BIM çalışmalarında öncü ülkelerden olan İngiltere'de; bir projenin tasarım ve yapımında koordine, tutarlı ve hesaplanabilir bilginin oluşturulması ve kullanımı olarak tanımlanmıştır (AEC (UK) BIM Protocol, 2012). Başka bir deyişle BIM, bir yapının fiziksel ve işlevsel özelliklerinin sayısal bir temsilidir. Bu nedenle bu yapıya ait bilgilerin güvenilir bir kaynağı olarak, tasarımından yapı işletimine kadar bina yaşam döngüsü boyunca hizmet etmektedir (NIBS, 2015).

Bunların yanında bir binayı hayata geçirmek için tasarımından, yapımına ve işletimine kadar çok geniş bir zaman aralığı gerekmesi, çok çeşitli proje katılımcılarına sahip olması ve bunların da genellikle koordinasyon halinde çalışmak zorunda olması da göz önüne alındığında BIM kavramının önemi daha kolay anlaşılacaktır. Bu açıdan BIM tanımına tekrar bakmamız gerekmektedir. Bina Bilgi Modellemesi (BIM), mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrilerindeki en umut verici gelişmelerden biridir. BIM teknolojisi ile bir binanın doğru bir sanal modeli sayısal olarak oluşturulmuştur ve tamamlandığında bilgisayar tarafından oluşturulan bu model, binanın gerçekleştirilmesi için gereken inşaat, imalat ve tedarik faaliyetlerini desteklemek için gereken kesin verileri içerir (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). Bu sistem sayesinde binayı gerekirse birkaç kez sayısal olarak inşa edip, gerçek yapım başlamadan pek çok veriyi, süreçte çıkabilecek hataları, yapımda gerçekleşebilecek çakışmaları öngörebilmemiz ve önlem alabilmemiz, düzeltebilmemiz mümkündür. Bunların yanında BIM ayrıca, bir binanın yaşam döngüsünü modellemek için gereken fonksiyonların çoğunu barındırarak, yeni inşaat yetenekleri ve proje ekibindeki rol ve ilişkilerde değişiklikler için temel oluşturur (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

BIM'in standart bir 3D modelleme program olduğu yanılgısına sık sık düşülmektedir. Fakat BIM sahip olduğu neredeyse sonsuz gelişim potansiyelinin yanında bir yapının inşaatının öncesinde ve sonrasında yer alan tüm aşamalarının bir fragmanına sahip olur. Standart bir programdan ayrılan en büyük özelliği de budur. Bir inşa sürecini ele aldığımızda; belirli bir anda belirli bir yapının hangi aşamada olduğu, hangi malzemelerin kullanıldığı ve detaylarının ne olduğu, ne kadar ilerleme kaydedildiği, o süreçte yer alan tedarik zincirinin ne durumda olduğuna dair verilerin tamamına sahip olacağımız anlamına gelmektedir. Bu noktada Autodesk'in BIM tanımında yer alan akıllı 3D modeller tanımı daha anlamlıdır. BIM (Bina Bilgi Modellemesi), mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) profesyonellerine bina ve altyapıyı daha verimli planlama, tasarlama, inşa etme ve yönetme konusunda bilgi ve araçlar sunan akıllı 3D model tabanlı bir süreçtir (Autodesk, 2019). BIM kısaca mimarlık, mühendislik ve diğer proje paydaşlarını ortak bir veri tabanında buluşturan ve koordine şekilde çalışmalarına imkan veren, nesne tabanlı yapı bileşenleri, elemanları, aileleri ile bir yapının, bir projenin dijital bir öngösterimidir.

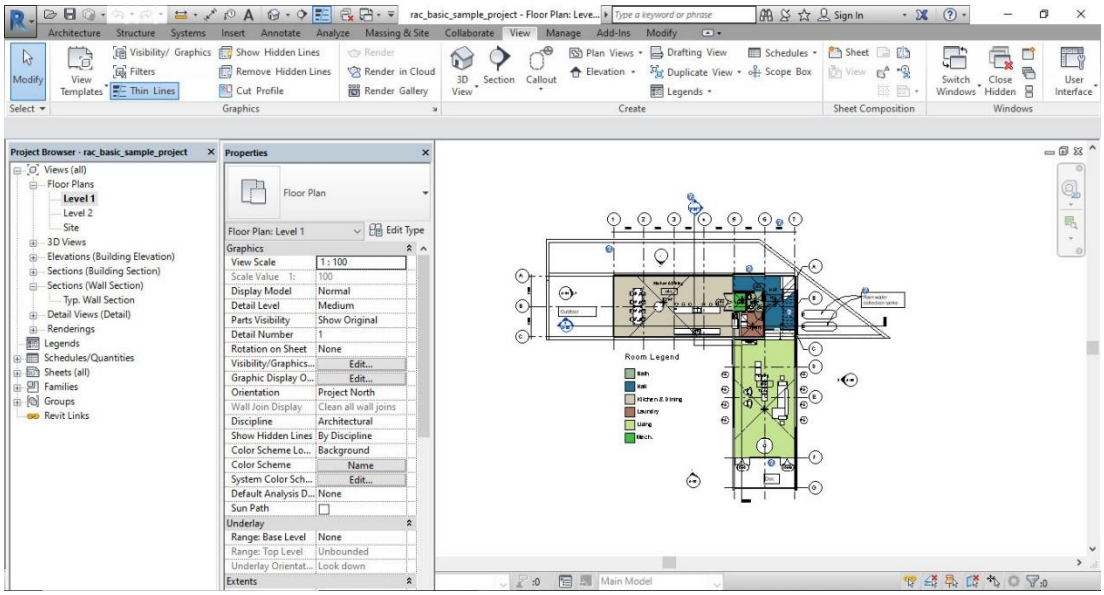
Akıllı 3D modeller, detayda geleneksel 2D modeller gibi çizgisel bir anlama sahip değildir. BIM temelli programlar parametrik tasarım temeli üzerinden hareket etmektedir. Standart bir 2D programında bir duvarı ele aldığımızda bu temel olarak 2 çizgiden ibaret bir grubu oluşturmaktadır ve özelliklerine dair bir bilgi içermemektedir. BIM tabanlı bir programda ise bu duvar bir akıllı model bir nesne olarak yer almaktadır. Tasarımcı programa yüklü standart nesneleri kullanabileceği gibi bu nesneler üzerinde istediği şekilde oynama imkanına da sahiptir. Detayına baktığımızda ise seçilen bu duvarın; duvar gövdesinin malzemesine, katmanlarına, üretici firma bilgilerine, metraj bilgilerine (tekrar metraj hesaplanmasına gerek kalmadan program arka planında hesaplanmaktadır) kadar pek çok bilgiye ulaşmamız mümkündür. Bu duvar ve proje dair tüm detaylar tasarım süreci ilerlerken hem 3D olarak hem de 2D olarak program arka planında işlenmeye devam eder. Sonuç projesine baktığımızda ise BIM içerisinde inanılmaz bir veri birikiminin olduğunu görmemiz mümkündür.

Bu temel yaklaşımla anlaşılmaktadır ki BIM bir tasarım yöntemi olduğu kadar bir veri biriktirme ve belgeleme yöntemidir. Bu veri içeriğinde yapı elemanına ait her türlü özellikle beraber geometrik bilgiler, mekansal bilgiler, coğrafik bilgiler beraber yer almaktadır. Bunlara ek olarak ise her türlü analiz ve modelleme sonuçları ve bina yaşam döngüsüne ait bilgiler de alabilmektedir (Haagenrud, Björkhaug, Wix, Trinius, & Huovila, 2008).

İnşaat endüstrisi ve mimari tasarım açısından BIM'in getiriği en büyük yenilik kuşkusuz nesne tabanlı modellemeye imkan vermesidir. Bu modelleme ile yapı elemanları birbiri ile bağımsız çizilen kesit ve plan şeklinde 2D halinden çıkarak 2D ve 3D olarak birbiri ile tam koordineli olarak çalışan akıllı nesnelere dönüşmektedir (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). Geleneksel CAD tabanlı sistemler 2D çizgilerden ve bunların birleştirilmesinden bir nesneye, bir eleman oluşturmaya giderken BIM nesne tabanlı bir sistem olarak kapılar, pencereler, duvarlar, kolonlar... vb yapı elemanları üzerinden 3D modeller üretmektedir. Bu yapı ailelerine / familyalarına ek olarak ise bu nesnelerin konumları, malzeme detayları gibi bilgiler de gömülebilmektedir. Yani BIM sayısal ortamda 2D olarak tasarlanan her bir öğeyi üçüncü boyuta bağlamaktadır ve bunu yaparken de daha bir çok veriyi de ekleme imkanı vermektedir. Örneğin bir yapıya ait bir kapı tasarlamamız durumunda, geleneksel CAD sisteminde birkaç 2D çizgi üzerinden bu kapının planı, kesiti ve

görünüşünü oluşturmamız gerekmektedir. BIM'de ise kapı kavramı halihazırda bir nesnedir ve bu nesne üzerinden mimar 2D ve 3D boyutta düzenlemeler yapabilmekte ve bu nesneyi proje için özelleştirebilmektedir. Buradaki en büyük fayda ise plan düzleminde yaptığımız bir düzenlemenin, kesite olduğu gibi yansımasıdır; yine nesnenin görünüşü üzerinden yaptığımız bir değişikliğin 0 hata ile plana ve kesit yansımasıdır. Bu akıllı nesne üzerine ekleyebileceğimiz onlarca veriye de imkan vermektedir. Bu veriler direkt malzeme üreticisine ait veriler olabildiği gibi ürün miktarına yönelik, rengine yönelik ya da konumuna yönelik veriler de olabilmektedir. Bu elemanları bu şekilde kişiselleştirebileceğimiz gibi bazı firmalar kendi ürünlerine ait kendi verilerini gömdükleri nesneleri de piyasaya sürmektedirler. Bu ise projenin üretimi ve yapımı aşamasında çok büyük kolaylıklar sağlamaktadır. BIM'in veri biriktirmeye ve saklamaya imkan veren bir sistem olması tez çalışmasının stratejisinin geliştirilmesinde önemli bir yere sahip olmasına neden olmuştur. Söküme uygun yapı elemanı tasarımı stratejisinde hedeflenen tasarımsal kriterlerin uygulamaya ve söküm işlemine dair verilerinin model içerisinde saklanabilmesi ve bu bilgilerin tamamının proje paydaşlarının da görebileceği bir veri tabanında saklanabilmes büyük avantaj olarak görülmektedir.

Günümüzde BIM tabanlı ArchiCAD ve Revit gibi yazılımlar üreten birkaç şirket bulunmaktadır. En yaygın kullanılan yazılım ise Revit'tir. 2000 yılında Charles River Software Cambridge firması tarafından yayınlanmıştır. 2006 yılında ise Autodesk firması tarafından 2006 satın alınarak Revit Architecture, Revit MEP, Revit Structure olarak bütüncül şekilde hizmet vermektedir. Bu yaklaşımla Revit mimari, statik, mekanik, elektrik, proje yönetimi, metraj, görselleştirme, tesis yönetimi... vb gibi pek çok alanda bütüncül olarak hizmet verebilmektedir (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). Tez kapsamında Revit yazılımı kullanılmaktadır. Şekil 3.1, örnek mimari proje üzerinde de görülebileceği üzere kat planlarından, 3D ekranlara, görünüşlerden, hesap ekranlarına kadar proje tasarımı ve yapımına dair çok fazla ekrana sahiptir. Revit ekran görüntüsü alınırken, detay seviyesinin okunabilmesi için pencereler uzatılmış ve ekran ortasına getirilmiştir.



Şekil 3.1 : Revit Örnek Mimari Proje Ekranı

BIM kullanımı dünya genelinde gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu durumu en net McGraw Hill Construction'ın her yıl yayınladığı raporlarda görmekteyiz. 2014 yılında yayınlanan raporda BIM kullanım oranı en yüksek ABD'de görülürken, İngiltere, Almanya, Fransa gibi ülkeler peşinden gelmektedir (McGraw-Hill Construction, 2014). Son 5 yılda bu oranın daha da arttığını düşünmek yanlış olmayacaktır. Bununla beraber ABD'de yönetimsel düzeyde ya da çeşitli ajanlar aracılığı ile BIM standartları geliştirilmiş durumdadır. İngiltere, Çin, Fransa, Almanya, Japonya ve pek çok ülkede ise BIM sistemine geçişin hızlı ve problemsiz olması amacıyla yayınlanmış BIM Yönergeleri, Standartları, El Kitapları veya BIM Destek Materyalleri bulunmaktadır. Bu ülkelerden bazıları ise bu geçişe bağlı olarak yönetimsel düzeyde ihale edilen kamu projelerinde BIM kullanımını zorunlu tutmuştur (McGraw-Hill Construction, 2014). Şu açıktır ki BIM, inşaat endüstsinin gelişiminin, verimliliğinin ve geleceğinin en önemli anahtarlarındandır ve ülkeler yönetimsel düzeyde bu hedefe yönelik adımlar atmaktadır.

BIM kullanımında önemli olan bir diğer unsur da "Detay Seviyeleri- LOD (Level of Development)"dir. LOD proje paydaşlarının projenin her aşamasında daha kolay ve net koordine olmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiş grafiksel olarak BIM nesnesinin içermesi gereken detay seviyeleridir. AIA'nın Amerikan Mimarlar Enstitüsü'nün yayınladığı BIM protokolünde projenin aşamalarına bağlı olarak 5 detay seviyesine yer verilmiştir. Bunlar sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.

LOD:100: 3D modelin en temel ve en basit seviyesidir. Nesneler grafiksel seviyededir.

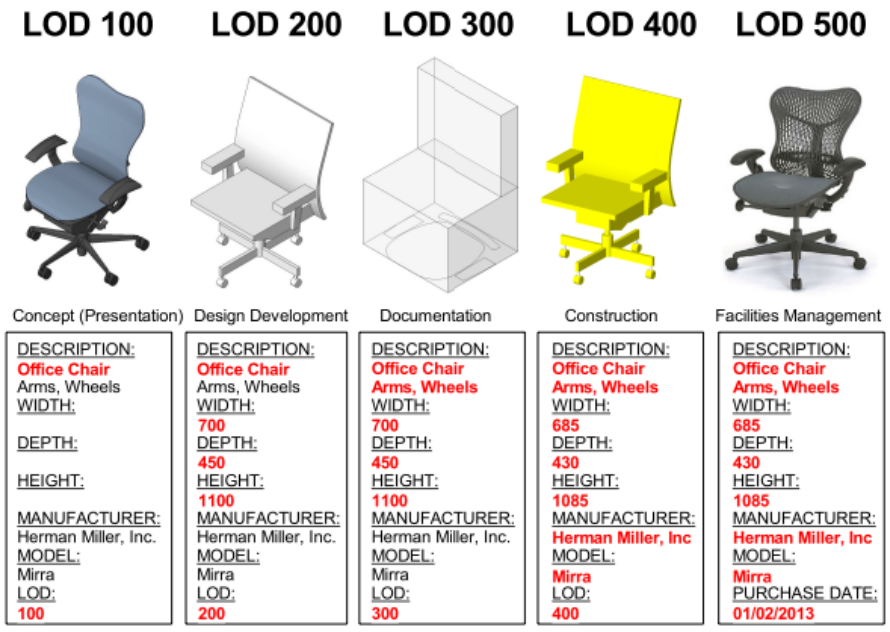
LOD 200: Lod 100'e ek olarak yaklaşık boyut, şekil, konum, miktar, metraj gibi teknik bilgilerin veri olarak girildiği modeldir.

LOD 300: Lod 200' e ek olarak boyut, şekil, konum, miktar, metraj gibi verileri içeren model seviyedir. Bu seviyede artık detaylı bir nesne haline gelmeye başlamıştır.

LOD 400: Önceki seviyeyelere ek olarak artık detaylı şekilde montaj ve uygulama bilgilerinin de yer aldığı seviyedir.

LOD 500: Alt seviyelerdeki girdilerin tamamının kesinleştiği ve doğrulandığı seviyeye ek olarak tesis yönetimi, bakımı ve onarımına dair bilgilerin de girildiği seviyedir (AIA, 2013).

Şekil 3.2'de bir sandalye örneği üzerinden şekilde LOD seviyeleri gösterilmektedir. LOD seviyeleri yükseldikçe nesnenin detay seviyesi, verilerin kesinliği ve netliği artmaktadır. Bunun yanında her bir LOD seviyesi bir alt seviyenin verilerini de içermektedir. Dolayısıyla LOD seviyesi arttıkça nesnenin biriktirdiği veri miktarı da artmaktadır. Her ne kadar LOD seviyeleri projenin aşamalarının okunmasına netlik kazandırılmak için oluşturulmuş olsa da pratik uygulamalarda LOD100 ya da LOD200 gibi seviyeler kullanılmamaktadır.



Şekil 3.2 : BIM – LOD Seviyeleri

BIM'in amacı proje düzeyi ne olursa olsun her türlü veriyi ve her türlü detayı barındırma ve proje paydaşlarının kullanımına sunma olması nedeniyle her proje LOD400 seviyesinde ya da LOD 500 seviyesinde modellenmektedir (Akkoyunlu, 2015). Bu detayda ve bütüncül bir veri birikimi sürdürülebilirlik stratejisinde yapım ve söküm aşamasında ihtiyaç duyulan tüm verilerin her zaman ulaşılabilir olacağı anlamına gelmektedir. Geleneksel 2D çizim programlarından farkı da burada daha belirgin olarak gözükmektedir. Pek çok detayda ve tarzda verilerin yapım aşamasından sonra da erişilebilmesidir. Geleneksel olarak çizilmiş bir projenin bir detayının ölçeği her zaman bellidir ve bu detay proje teslim edildikten sonra söküm aşamasında eğer biri gelip tekrar çizmeyecek ise değişmeyecektir. Bu da ciddi bir vakit, emek ve enerji kaybı demektir.

BIM modelinin en büyük avantajlarından biri metraj hesaplamayı kolaylaştırmasıdır. Bir nesne modellenirken ve paydaşlar nesne üzerine verilerini girerken metrajlar program arkaplanında her zaman hazır tutulur ve hatasız şekilde hesaplanır durumda olur. Herhangi bir revizyon durumunda metrajlar da aynı şekilde program arkaplanında revize edilir ve hazır hale getirir. BIM'in bu özelliği tez kapsamında girdi olarak seçilmesinde önemli bir etken durumundadır. Bir yapının içerdiği malzeme, bileşen ve yapı elemanı miktarının ve/veya sayısının yapım aşamasından önce hatasız olarak bilindiği durumda yapım aşamasında malzeme zaiyatını düşürme / önleme ve tam olarak gereken miktarda malzeme, bileşen kullanarak yapısal atık miktarını azaltma imkanına sahip olacağız. Bunun yanında tez kapsamında ele alınan yapı elemanının yıkımında ya da sökümünde ortaya çıkacak yapısal atık miktarını, geri dönüşüm miktarını ve yeniden kullanım miktarını bilmek de mümkün olacaktır.

BIM kavramını ve CAD sisteminden farkını açıkladıktan sonra görebilmekteyiz ki "Yapısal Sürdürülebilirlik Bağlamında Söküme Uygun Yapı Elemanı Tasarımı Yaklaşımı" stratejisi için BIM en avantajlı ve en etkili araç konumundadır. Tez çalışması için bu avantajları şu şekilde listeleyebilmekteyiz.

- Hatasız ve revize edilebilir metraj verilerini elde edebilmek. Bu sayede malzemelerin ve bileşenlerin geri dönüşüm, yeniden kullanım miktarını öngörebilmek ve tasarım aşamasında bu miktarları göz önünde bulundurarak yapı elemanını gözden geçirebilmek.

- Hatasız bir şekilde belgemeye imkan vermesi. Hangi tür malzemelerin, hangi bileşenlerin geri dönüşüme elverişli hangi bileşenlerin ya da elemanların yeniden kullanıma elverişli olduğunun seçilip veri olarak saklanabilecek olması.
- Söküme uygun yapı elemanı tasarımında uygulamaya ve söküme dair verilerin saklanabilmesi ve bütün paydaşlarla koordineli olarak kullanılabilmesi. Yapının yıkımı, onarımı ve/veya sökümü durumunda bu verilere ulaşım imkanının olması ve ortaya çıkarak malzeme ve bileşenlerin nasıl elde edileceğinin her zaman bilinmesi.
- Sürdürülebilir ve söküme uygun yapı elemanlarının bir "generic" tip bir 3D model halinde saklanabilmesi sayesinde bu tip yapı elemanlarının çeşitli projelerde tekrar kullanılabilmesi ve bir sökülebilir yapı elemanı kütüphanesi oluşturumaya imkan vermesi. Bu sayede yapısal atık miktarını ve bu atıklarla her zaman ne yapılacağının farklı projelerde de bilinmesi.
- BIM'in nispeten yeni bir sistem olmasını, bina yaşam döngüsünün her her aşamasında hizmet vermesini ve gelişime çok açık olmasını da göz önünde bulundurarak söküme uygun yapı elemanı tasarımı için de kullanılabilmesini teşvik etmek.

3.2 BIM ve Söküme Uygun Yapı Elemanı Tasarımı

Yapının alt öğeleri olan yapı elemanlarının söküme uygun tasarımı ile bir bina yaşam döngüsü ve yapısal sürdürülebilirlik irdelenmeye çalışılmaktadır. Türkiye özelinde daha belirgin olmakla beraber geliştirilen her sürdürülebilirlik stratejisinin kabul görme ve uygunma açısından zorlukları olacaktır. Çalışmanın bu aşamasında daha önceden ortaya konulan sökülebilir yapı tasarımı kriterleri yapı elemanı, bileşen ve malzeme ölçeklerinde değerlendirilerek geri dönüşüm, yeniden kullanım gibi sürdürülebilirlik olanakları ortaya konulmaya çalışılacaktır. Özellikle bölüm 2.2.3. Yapısökümü ve Söküme Uygun Tasarım kısmında detaylı olarak açıklanan ilkeler doğrulturunda yapı elemanı katmanlaşmaları söküme uygun yapı elemanı tasarımında önem arz etmektedir. Katmanlar, bileşenler ve bazı durumlarda malzemeler bağlı bulundukları yapı elemanınına hasar vermeden, yapısal bütünlüğünü bozmadan ve geri kazanım imkanlarını engellemeden söküme ve onarıma imkan verecek şekilde tasarlanmalıdır.

Tez çalışması boyunca ortaya konulduğu üzere sökülebilirlik stratejisinin girdilerinin ve çıktılarının hatasız ve detaylı şekilde belgelenmesi gerekmektedir. Söküm işleminin organizasyonu ve tasarımı ise yüksek koordinasyon gerektirmektedir. Bu bölümde bahsedilecek olan Loblolly Evi örneğinde de açıklandığı üzere BIM'in söküm sürecine katkısı üst düzeyde olmuştur. Bu tez çalışmasında ise kullanılacak araç bir önceki bölümde avantajlarıyla pek çok açıdan ortaya konulduğu üzere BIM'dir.

Tez çalışmasının bu bölümünde yapısöküm ilkeleri doğrultusunda standart boyutlu bileşenler, kuru birleşim ve/veya mekanik bağlantılar ile (yapıştırma, kaynakla birleşim gibi birleşimler yerine) geri dönüşüm ve yeniden kullanım işlemlerini kolaylaştıran daha basit bileşimlere sahip malzemelerin kullanımı yapı elemanı tasarımında temel amaçtır. Bu amaçla yapı elemanı tasarımı farklı seviyelerde geri kazanım yöntemleri doğrultusunda 3 başlıkta yapı elemanı, bileşen ve malzeme şeklinde detaylı olarak ele alınmaktadır. Şekil 3.3 ve bölüm 2.2.3. Söküme Uygun Tasarım kısmında yer alan ilkeler ile beraber değerlendirilerek sürdürülebilirlik stratejisi açısından olumlu olup olmadığı sorgulanmıştır. Tasarım sonrasında elde edilen listelerle ise üretilen yapı elemanı tipolojisinin verimliliği değerlendirilmiştir.

Öte yandan her her yapı, tasarım sürecinin doğası gereği benzersiz olacaktır. Yeni alt tasarımlara, yeni bağlantı detaylarına ihtiyaç duyacaktır. Her ilkeyi her yapı elemanında kullanmak mümkün olmayacaktır fakat tezde de bahsedilen yapısal sürdürülebilirlik stratejisi doğrultusunda yapı elemanı tasarlanırken, sorgulanması gereken ve strateji doğrultusunda geri kazanım açısından olumlu bulunan başlıkları bütüncül olarak değerlendirmek önemlidir. Yapı elemanının geri kazanımı açısından problem yaratacak katmanlaşmaların, sistemlerin ve/veya birleşimlerin yeniden değerlendirilerek tasarımda değişikliğe gidilmesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak tasarım ve katmanlaşma aşamalarında alınacak kararların tekrar düşünülmesi ve yaşam sonu senaryolarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Amaç her zaman en üst seviyede geri kazanım olmalıdır ve buna yönelik adımlar atılmalıdır.

	Olası Geri Kazanım Yöntemleri	Yapı Elemanının Yeniden Kullanımı	Bileşenin Yeniden Kullanımı	Malzemenin Geri Dönüşümü	Malzemenin Yeniden İşlenmesi
1	İkincil ya da geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı.	-	-	Olumlu	Olumlu
2	Farklı malzeme, bileşen ve yapı elemanı türlerinin sayısını azaltma.	Olumlu	Olumlu	Olumlu	Olumlu
3	Zehirli ya da zararlı malzeme kullanmama.	Olumlu	Olumlu	Olumlu	Olumlu
4	Kompozit malzemeden kaçınma	-	-	Olumlu	Olumlu
5	Aynı malzemeden, aynı bileşenden alt montajlar yapma	Olumlu	Olumlu	Olumlu	Olumlu
6	İkincil bitirmelerden kaçınma	Olumlu	Olumlu	Olumlu	Olumlu
7	Detaylı belgeleme: Bina sistemi, montajı, sökümü, malzeme türü, bileşen türü, yapı elemanı ve niteliği...vb	Olumlu	Olumlu	Olumlu	Olumlu
8	Kimyasal, harç, kaynak ya da yapıştırma yerine kuru birleşimler kullanma	Olumlu	Olumlu	-	Olumlu
9	Her zaman erişime izin veren esnek sistemler kullanma	Olumlu	Olumlu	-	-
10	Modüler sistemlere yer verme	Olumlu	-	-	-
11	Yapı strüktürünü yapı elemanlarından, servis sistemlerinden ayırma	Olumlu	Olumlu	-	-
12	Söküm sırasında gerekli manevra alanı için gerçekli tolerans aralıkları bırakma	Olumlu	Olumlu	-	-
13	Farklı bağlantı türlerinin sayısını azaltma, prefabrik montajlar ve seri üretim sistemler kullanma	Olumlu	Olumlu	-	-
14	Tekrarlanan kullanımlara olanak verecek ve dayanımlı bağlantı elemanları kullanma.	Olumlu	Olumlu	-	-
15	Söküm ve bağlantı noktalarını detaylı tanımlama	Olumlu	Olumlu	Olumlu	Olumlu
16	Gridal sistemli strüktürler kullanma	Olumlu	Olumlu	-	-

Şekil 3.3 : Yapı Elemanının ve Alt Öğelerinin Farklı Basamaklarda Geri Kazanım İmkanlarının Değerlendirilmesi

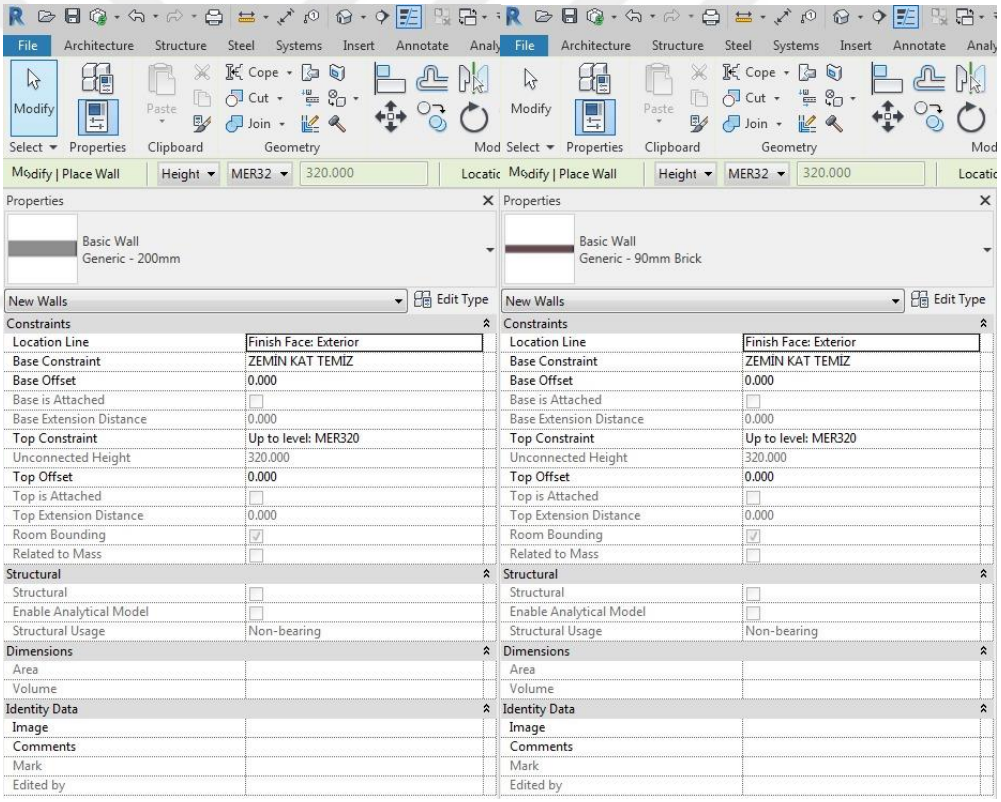
3.2.1 Yapı elemanının sayısal modelinin sürdürülebilirlik strateji doğrultusunda tasarlanması

Yapıların amacı bir bütün olarak kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda sağlıklı ve konforlu ortamlar oluşturmaktır. Bu bölümde tez stratejisi doğrultusunda Revit üzerinden yapı elemanının tasarımının yapılması ve örneklenen dış duvar tiplerinin sürdürülebilirlik stratejisi doğrultusunda seçim sorgulanması yer alacaktır. Tasarımı yapılacak yapı elemanı – örnekleme üzerinden duvar- bir yapının bütününe ait bir sistemin alt sitemleri durumundadır. Brand'in yapı katmanları teorisinde de açıklandığı şekliyle farklı hizmet ömrüne sahip yapılı çevrenin katmanlarının birbirinde ayrı çalışabilmesi ve hizmet ömürlerinin birbirinden bağımsız şekilde sürdürülebilmesi gerekmektedir. Tez çalışmasında yapı elemanı düzeyinde ele alınmış olsa da yapının bütün olarak modellenmesi durumunda bu dış duvar yapı elemanının hala strüktürden sıyrılmış (örneğin taşıyıcı olmayan bir duvar) ama döşeme ve çatı elemanları ile olan bağlantılarının uygun şekilde çözülmüş olması beklenmektedir. Fakat bu aşamasında bu durum göz ardı edilmiştir. Aynı şekilde bir bütün olarak Dış Duvar Sistemine baktığımızda yan sistem ya da bağlı eleman olarak görebileceğimiz kapılar ve pencereler gibi direkt olarak duvar sistemine ait olmasa da ona bağlı olan öğeler bulunabilmektedir. Bu durumlarda ise her öğenin duvar sisteminden ayrı çalışacak şekilde bağlantı detaylarının çözülmesi beklenmektedir. Böylece bir söküm durumunda duvar sisteminin yapısal bütünlüğüne zarar vermeden öğeler sökülebilecektir. Sökülen öğeler zarar görmeyecek ve yeniden kullanılabilir durumda olacaktır.

Yapı elemanı tasarımının Revit üzerinden oluşturulması stratejisinin temel dayanak noktalarından biri de Revit'te "familya" olarak adlandırılan ve türetilebilen kavramdır. Bu familyalar tipik olarak;

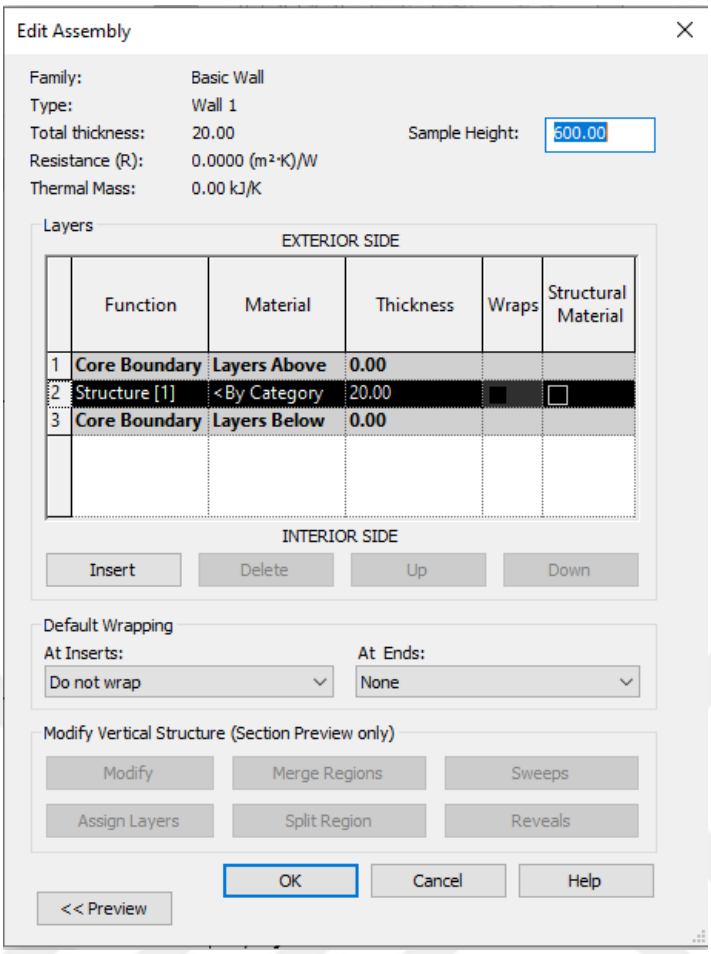
- Duvarlar
- Döşemeler
- Tavanlar
- Çatılar
- Giydirme Cepheler
- Projeye özel türetilen ya da eklenen her tür elemanlar olarak bulunmaktadır.

Bu familyalar şekil 3.4'te gösterildiği üzere revit içerisinde generic olarak belirli çeşitlerde yer almakla beraber "Yüklenebilir /Bileşen Familyalar" adı altında projeden bağımsız olarak dışarıdan da bazen üreticiden de alınıp yüklenebilmektedir. Son olarak ise "Yerinde Oluşturulmuş Familyalar (In-Place Families)" bulunmaktadır. Revit içerisinde bulunmayan ama projeye özel üretilebilecek duvar, döşeme, çatı...vb elemanaları modelleyerek proje içinde yaratabilme imkanına sahip oluruz. 2D çizimlerde yer alan bloklardan farklı olarak bunlar akıllı nesnelere dönüşmektedir. Revit üzerinden yaratılan her nesne 3D, 2D, grafiksel olmayan metin verileri (maliyet gibi) ve bilgilerin toplamından oluşur ve bunları bir veritabanı olarak bünyesinde tutar. Üretilen tasarım bir bütün olarak ele alınır, 2D olarak tasarımını yaptığınız bir nesne aslında 3D olarak da üretilmektedir ve kesiti 3D üzerinden otomatik olarak oluşturulur (Baykal & Aydın, 2015).



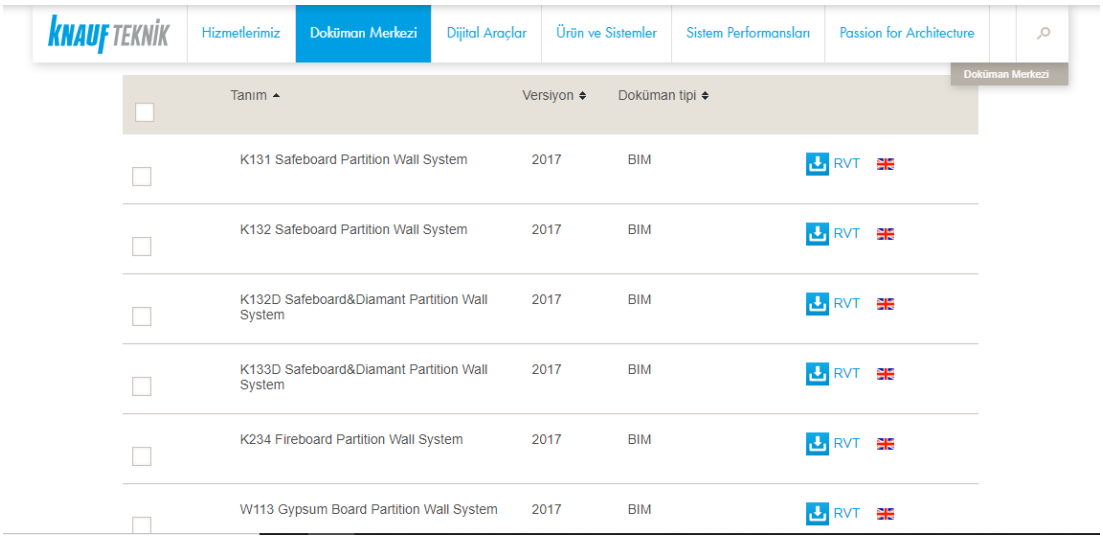
Şekil 3.4 : Örnek Duvar Familyası "Basic Wall" Ekranı

Bu aşamada Revit familyaları üzerinden çoğaltarak projeye özel pek çok tipoloji üretmemizin ve bunları imalat hassaslığında modellememizin mümkün olduğundan bahsetmek de önemli olacaktır. Her temel duvar tipolojisi şekil 3.5'te gösterildiği şekli ile kaplama, strüktür, yalıtım gibi detayları ile beraber değerlendirilebilmektedir.

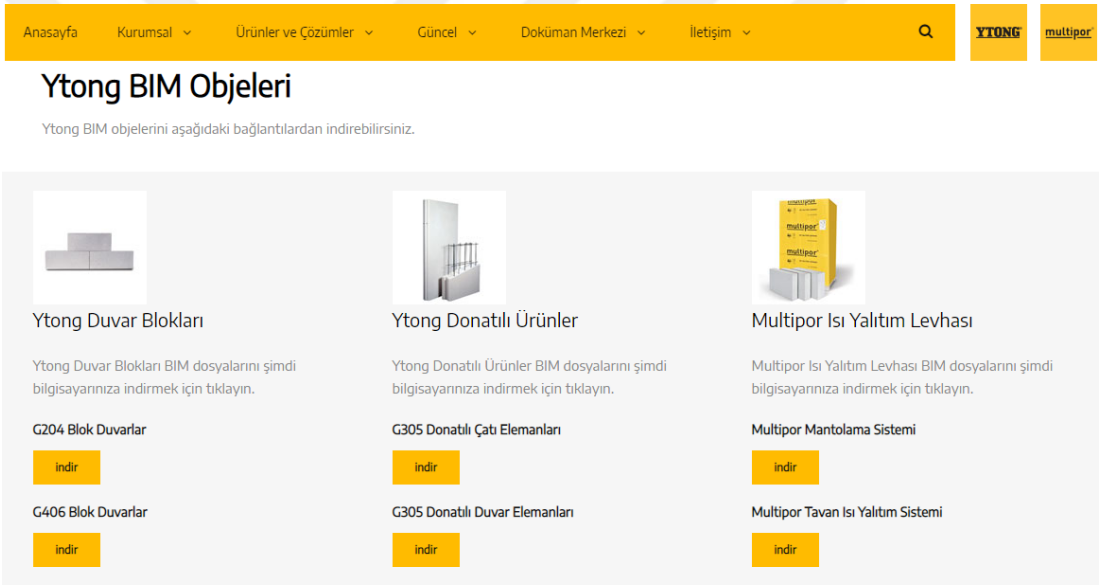


Şekil 3.5 : Revit Familya Katmanlaşması / Kurgusu

Bunların yanında ise inşaat endüstrisi içerisinde büyük bir yere sahip olan malzeme firmaları kendi ürünleri için kullanıma hazır tipolojiler üretmektedir ve BIM objeleri olarak sunulan nesnelerin sayısı her yıl hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu objeler ile bağlantı detayları, metraj verileri, yalıtımlar... vb her türlü bilgi gömülü olarak tasarımcıya sunulabilmektedir. Özellikle ön üretimli eleman düzeydinde sunulan akıllı nesneler yapım ve söküm sırasında tasarımdaki görevine bağlı olarak yapısal atık üretiminde oldukça düşük seviyededir ve büyük avantaj sağlamaktadır. Şekil 3.6 ve şekil 3.7 örneklerinde de görebileceğimiz üzere pek çok firmanın tasarımcının kullanımına sunduğu kendi malzemelerini, ürünlerini ve alt sistemlerini içeren BIM kütüphaneleri bulunmaktadır. Genellikle bu kütüphanelerden katmanlaşmaların ev ürünün bütün diğer özelliklerinin de gömülü olduğu akıllı nesnelere erişilebilinmektedir.



Şekil 3.6 : Knauf BIM Akıllı Nesne Ekranı (Knauf Teknik, 2020)



Şekil 3.7 : YTONG BIM Akıllı Nesne Ekranı (YTONG, 2020)

Revit üzerinden değerlendirilecek bir diğer kısım ise net verilerin kapasitesidir. Geleneksel yöntemle 2D olarak çizilen bir yapı elemanı daha sonrası başka bir program ile 3D olarak görselleştirilir. Bu programların çoğunda malzemeler bitirme malzemesi olarak dış yüzeye atanarak görselleştirme desteği olarak kullanılır. Revit'te ise yapı elemanları standart yapı malzemeleri ile berber bulunmaktadır fakat yapı elemanı projeye özel hale getirilebilmektedir. Bunu yaparken malzemeleri de özelleştirmiş oluruz ve bu veriyi; görselleştirme amacıyla, metraj ve maliyet tahmininde, çeşitli hesaplamalar ve çevresel analizlerde hatasız bir şekilde kullanabiliriz. Bunların arasında geri kazanım oranına en çok etki edecek olan kısım

metraj listelerinin kalitesi, doğruluğu ve güncellenebilirliğidir. Metraj hesapları standart bir projelendirme sürecinde ciddi vakit alan ve dikkat gerektiren bir işlemdir. Geleneksel yöntemlerle metraj verileri hataya çok açıktır hatta hatasız olarak hazırlanması imkansızdır. Revit bu noktada kritik durumdadır. 3D olarak tasarım boyunca hazır halde bulunan model üzerinden hatasız olarak adet, uzunluk, alan ve hacimlerin hesabı çok kısa sürede yapılabilmektedir. Tasarım üzerinde yapılan bir revizyonun bir malzeme değişiminin olması durumunda yine otomatik olarak metrajı düzenleyecektir. Bu da tüm süreç boyunca büyük bir zaman kazanımı olduğu kadar her zaman elimizin altında net olarak değerlenirip, sürdürülebilirlik hedefi doğrultusunda zaman kaybına yer bırakmadan kararlar alınmasına imkan veren net verilerin imkanıdır.

Revit üzerinden yapı elemanının tasarımı yapılırken yapı elemanını tasarım aşamasında 2.2.1'de örneklendiği üzere temel katmanlaşma olan Gövde, Yalıtım ve Kaplama başlıkları altında sürdürülebilirlik kriterleri üzerinden değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir. Bu düşünce sistemine göre iki tip duvar gövdesi seçimi üzerinden değerlendirme yapılacaktır.

Duvar gövdesinin dolgu duvar olarak tasarlandığı bir seçenekte avantajlar şunlar olacaktır;

- Söküme uygun bir harç kullanıldıysa, zaman problemi yoksa sorunsuzca sökülüp yeniden kullanılabilir.
- Kullanılan malzeme diğer katmanlar nedeniyle hasar görmemiş ise geri dönüşüm imkanı yüksek olur.

Öte yandan dezavantajları da bulunmaktadır;

- Blokların yeniden kullanılması zordur. Yeniden kullanılabilmeleri için özel tasarımlar gerekir. Harçla birleşimlerde yeniden kullanılabilmesi için çözünebilen ve daha yumuşak bağlayıcıya ihtiyaç duyar, bu da gövdenin çevresel yüklere karşı dayanımını azaltır ve yapılı çevrede risk yaratır.
- Söküme genellikle uygun değildir. Örneğin güçlü bir harç kullanılması durumunda onarım aşamasında duvar gövdesini yıkılması gerekir. Bu durumda da duvar gövdesi yaşam ömrünü tamamlamasa bile işlevini yerine getiremeyecek hale gelir.
- Bina taşıyıcı sisteminde ek yüke neden olur.

İkinci bir seçenek olarak ise panel sistem avantajları ve dezavantajları ile incelenmiştir.

- Tasarımda esnekliğe, doluluk ve boşluk seçeneklerine imkan verir.
- Katmanlaşmada yalıtım ve kaplama malzemelerinden ayrı kurgulanabilir ve müdahaleye izin verir.
- Yeniden kullanılabilecek şekilde sökülebilir ve geri dönüştürülebilir.
- Bina için ek yük oluşturmaz, genellikle hafiftir.
- Daha önceki bölümlerde örneklendiği gibi çeliğin ise yeniden kullanımı Almanya, İngiltere, ABD gibi ülkelerde oldukça yüksektir. Yine benzer sistemle kullanılan gövde için ahşap malzemelerin yeniden kullanımı Avustralya, ABD ve Kanada gibi ülkelerde çok yüksektir. Bu imkanın yanında çeliğin ve ahşap malzemenin (malzeme doğal halini koruyorsa) geri dönüşüm imkanı çok yüksektir.

Dezavantajları olarak ise;

- Bağlantı ve birleşim tercihleri önemlidir. Doğru uygulamalar yapılmazsa söküm aşaması verimsiz olur. Örneğin yapıştırma ile birleşim geri kazanım olasılıklarını düşürürken, birleşim detaylarında fazla sayıda delme gibi işlemler varsa yeniden kullanım imkanının da ortadan kalması ihtimali bulunmaktadır (Morgan & Stevenson, 2005).

Yalıtım başlığı altında incelediğimizde ise katmanlaşma sistematiğinin doğru kurgulanmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Yapının yaşam ömrü devam ederken yalıtımlar genellikle onarım ya da değişim gerektirebilmektedir. Bu nedenle yalıtım katmanının ayrı olarak düşünülmesi ve değişime uygun şekilde sökülebilir olarak tespit edilmesi gerekmektedir (Morgan & Stevenson, 2005). Yalıtım malzemelerinin duvar sisteminin yapısal bütünlüğünü bozmadan onarılabilmesini veya değiştirilebilmesini sağlamak önemlidir. Önemli olan bir diğer husus ise malzeme seçimidir. Hem sert ve levha yalıtım malzemeleri darbe almadığı sürece, keçe gibi daha esnek yalıtım malzemeleri teorik olarak yeniden kullanılabilir. Bunların yanında ikincil malzeme, geri dönüştürülebilir malzeme ya da ekolojik malzeme seçmek önemlidir.

Kaplama başlığında incelediğimizde ise estetik kaygılar kadar yapı elemanını ve yalıtım malzemesini de korumak gibi işlevler de bulunmaktadır (Morgan & Stevenson,

2005). Kaplamaların alt katmana ve duvar gövdesine zarar vermeyecek, yapısal bütünlüğünü bozmayacak şekilde sökülebilmesi teoride yalıtım malzemesine erişmek ya da estetik kaygı (kirlenme) gibi durumlarda en doğru seçenektir. Bu söküm işlemi her zaman mümkün olmasa da yapılabildiği durumda çok avantajlıdır.

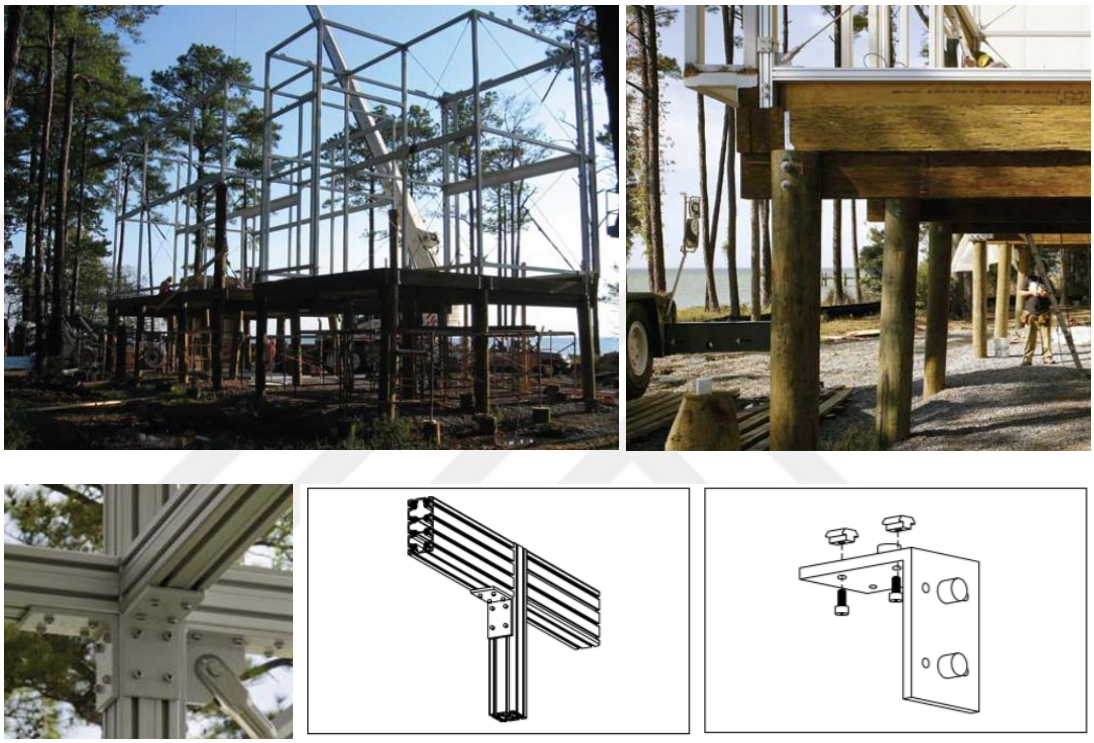
Tezde üretilmeye çalışılan tasarım stratejisinde bir yapı elemanının BIM üzerinden hem familyalar hem de malzemeler ölçeğinde özelleştirilerek tasarlanabileceği düşünülmüştür. Sürdürülebilirlik ve/veya diğer gerekli revizyonlarda kolaylık, metraj listelerinin elde edilmesinde kolaylık, veri netliği ve verilerin güncel olması gibi zaman kazanıma yönelik avantajların yapı elemanının sökümünde ve planlanmasında zaman kazandıracağı düşünülmüştür. Bu avantajın da tasarımcıları ve proje paydaşlarını zaman baskısından kurtaracağı ve sürdürülebilir seçeneklere yönlendirebileceği düşünülmektedir. Bu yöntem hala oldukça basit olmakla beraber uygulamada bir tasarım stratejisinin en verimli hangi araçla yapılabileceğini aramaya yönelik bir yöntem arayıştır. Türkiye ölçeceğinde tasarım aşamasında nispeten faydalı olabileceği ve farkındalık yaratabileceği düşünülmektedir ve Revit'in varolan fonksiyonları üzerinden oluşturulmuştur ve gelişmeye açıktır.

BIM'in sürüdürlebilirlik hedefi stratejisi ile kullanılmasında avantajlarını ortaya koyan bir diğer önemli örnek ise 2006'da Maryland, ABD'de inşa edilen Loblolly Evi'dir. Loblolly Evi önyapımlı ve modüler ev konseptini teknolojiyi kullanma biçimimizi de değiştirerek bütüncül olarak ele alan bir yaklaşım getirmiştir. Bu yaklaşım ile tasarlanan Loblolly Evi inşaa sırasında birleştirilerek üretilmesi kadar yaşam ömrünün sonunda da hızlı bir şekilde sökülebilmesine, daha sonrasında ise farklı bir yerde aynı tasarımın yeniden kurgulanmasına ve/veya bina parçalarının yeniden kullanılımına imkan veren bir sistem önermektedir (Kieran & Timberlake, 2008).



Şekil 3.8 : Loblolly Evi Proje Görselleri (Kieran & Timberlake, 2008)

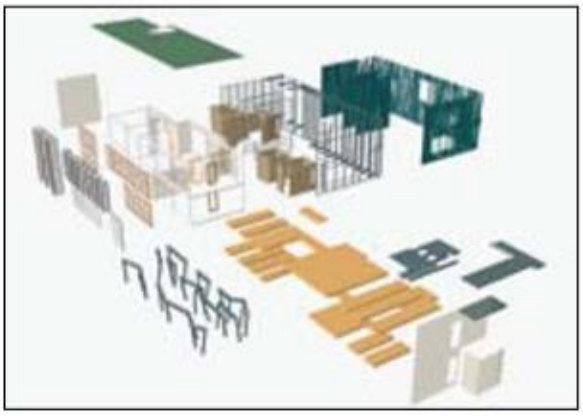
Şekil 3.9'da detaylı olarak gösterildiği şekli ile Loblolly Evi, doğal zemin ile az miktarda temas etmektedir ve ahşap ahşap kazık temeller üzerine yerleşmektedir. Daha çok endüstriyel yapılarda kullanılan çekme alüminyum çerçeve sistem ile strüktürü oluşturulmuştur. Bu strüktürün yeterli olmadığı durumlarda ise 5 adet bağlantı elemanı geliştirmiştir. Bu bağlantılar sayesinde kabuğun stabilizasyonunu sağlayan strüktürel çerçeve bir İngiliz anahtarı ile birleştirilebilmiştir. Bu aynı zamanda bir ingiliz anahtarı ile sökülebileceği anlamına da gelmektedir (Kieran & Timberlake, 2008).



Şekil 3.9 : Loblolly Evi Bağlantı Detayları Örnekleri (Kieran & Timberlake, 2008)

Şekil 3.10'da ön yapımlı elementlerin aksonometrik gösterimi ile yapının modülerliği aktarılmıştır. Yapı tamamen sökülebilir ve yeniden kullanılabilir şekilde tasarlanmış ve birleştirilmiştir. Tasarım tamamen ön yapımlı, inşaat sahası dışında imal edilen elemanlardan ve hazır bileşenlerden oluşturulmuştur. Eleman ve bileşen çeşidi en aza indirilmiştir. Yapı kabuğında ise üç cephede ahşap giydirme cephe kullanılmıştır. Giydirme cephede kullanılan sedir panellerin altında ise duvar sisteminin alt öğeleri strüktürel çerçeve, dış ve iç kaplama ve yalıtım elemanı bulunmaktadır. Servis sistemleri ise bütüncül olarak düşünülerek tesisat, havalandırma, elektrik gibi servis sistemlerine hizmet eden akıllı kartuşlar olarak adlandırılan proje özel zemin ve tavan

panelleri olarak kurgulanmıştır. Bu paneller aynı zamanda döşeme ve tavan kaplaması olarak da hizmet etmektedir (Kieran & Timberlake, 2008).



Şekil 3.10 : Ön yapımlı Elementlerin Aksonometrik Gösterimi (Kieran & Timberlake, 2008)

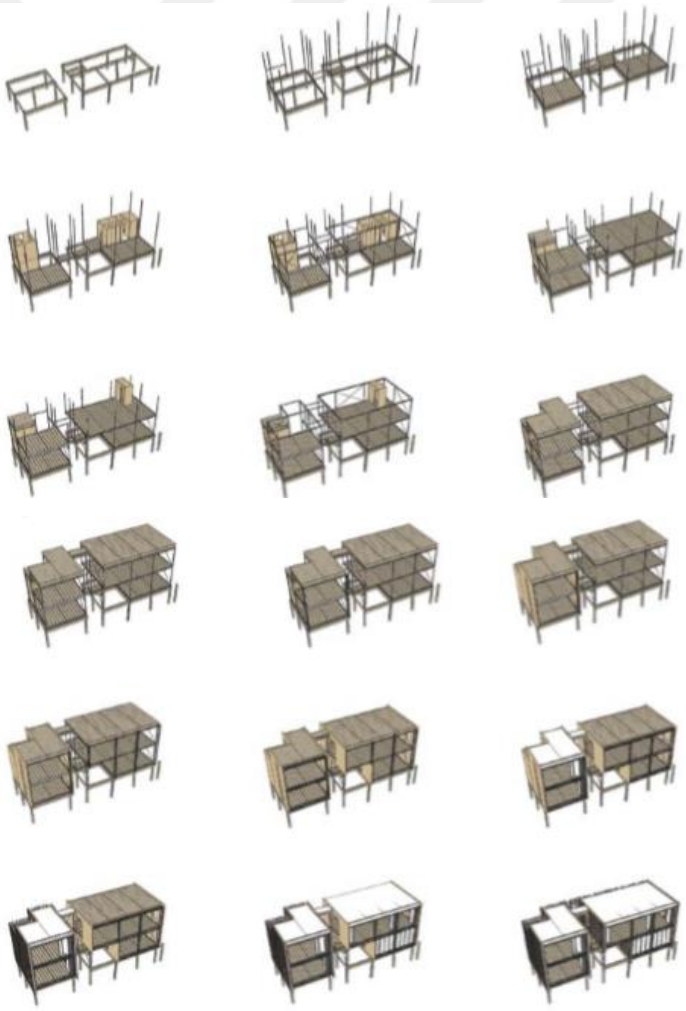
Yeniden kullanım imkanı düşünüldüğünde önyapımlı sistemlerin kullanımı çok birleşim ve söküm aşamalarında büyük avantajlar sağlamaktadır. Bunun yanında en büyük avantajlarından biri ise yapım aşamasında üretilen yapısal atık miktarında en düşük seviyede olmasıdır. Loblolly Evi özelinde konuştuğumuzda ise projenin hedefi söküm aşaması sonrasında sıfır atık üretimidir.



Şekil 3.11 : Loblolly Evi İç Mekan Görselleri (Kieran & Timberlake, 2008)

Loblolly Evi bütün bu karmaşık sistemlerin hatasız yönetilebilmesi açısından BIM ile koordine edilmiştir. Kieran ve Timberlake bu projede bir ev üretmek değil yeni bir üretim süreci, yeni bir tasarım süreci peşinde olduklarını ve bunu da BIM ile kurguladıklarını açıklamışlardır. 2007 BIM Awards ödüllerinde ise BIM Kullanılarak Üstün Bir Mimari Yaratmak ve BIM Kullanarak İmalata Uygun Üstün Tasarım alanlarında birincilik ödülüne sahiptir. BIM ile yapının tasarım ve söküm süreci

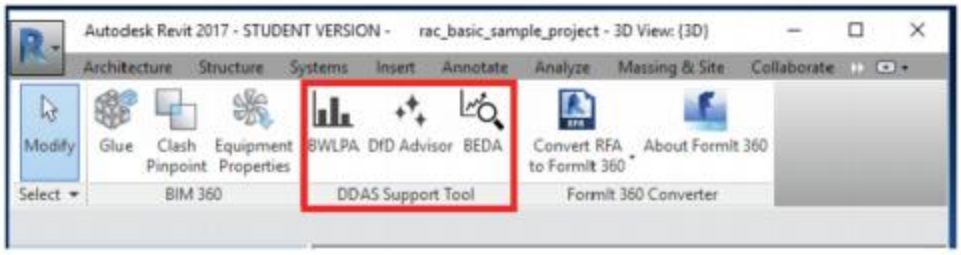
planlanmış ve her element modellenerek sonrasında imalata gönderilmiştir. BIM'in sunduğu parametrik modelleme gibi imkanlar sayesinde bu elementler büyük bir netlik ile üretilmiş ve yerinde birleşimlerinde çok küçük, milimetrelik hasssasiyet ile birleştirilebilmiştir (Kieran & Timberlake, 2008). Daha önce de BIM'in avantajları kısmında bahsedildiği şekilde yapı inşa edilmeden önce sanal ortamda inşa edilmiş ve sorunlar (maliyet sorunları, zaman sorunları, tedarik sorunları...vb) görülerek gerekli olan düzenlemeler ve revizyonlar sürece büyük bir zarar vermeden yapılabilmiştir. Üretilen bu model ise bir bilgi veritabanı haline gelmiştir. Bütün detay çizimlerini, imalat çizimlerini, parça listelerini, iş programını, üretici bilgilerini... vb girdileri kapsamaktadır. Bu model aynı zamanda birleşim ve yapısöküm aşamalarını da göstermektedir. Şekil 3.12'de detaylı olara birleşim ve söküm aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 3.12 : Loblolly Evi Birleşim ve Yapısöküm Aşamaları BIM Model Ekranı (Kieran & Timberlake, 2008)

Görüldüğü üzere yapısöküm ve birleşim için gereken detay miktarı, organize edilmesi gereken bilgi miktarı üst seviyededir. BIM'in kullanımı ile bu projede geleneksel yöntemlerle elde edilemeyecek hassaslıkta veriler elde edilebilmiş ve bu netlikte imalata geçilebilmiş daha sonrasında ise aynı hassaslıkla sahada birleştirilebilmiştir. Binanın tüm birleşim ve demontajı kurgulanabilmiştir. Atık miktarı öngörülebilmiş ve engelellenebilmiştir. Kieran ve Timberlake pek çok kez BIM koordinasyonu ve imkanları olmasa tasarımın bu hassasiyet ile gerçekleştirilmesinin mümkün olmayacağını dile getirmişlerdir. BIM'in kullanımı ile bu şekilde sürdürülebilirlik temelli bir demontaja yönelik tasarım fikri, stratejisi artık yeni bir mimari tasarım sürecini ifade etmektedir.

Bunun yanında İngiltere'de de farklı açıdan detaylı ve ileri çalışmalar uzun süredir yapılmaktadır. Benzer bakış açısı ile bir performans değerlendirme yöntemi "Yapısökülebilirlik Değerlendirme Puanına -DAS-" oluşturulmuş ve BIM ile entegre edilerek BIM-DAS şeklinde çalışılmıştır (Akinade O. O., ve diğerleri, 2015). Daha sonra bu değerlendirme sistemi üzerinden D-DAS (Disassembly and Deconstruction Analytics System) oluşturularak ve sonrasında söküm faaliyetlerini Revit üzerinde görebilmek adına Autodesk Revit 2017 için D-DAS plug-in'i tasarlanmıştır. Şekil 3.13 üzerinde eklentiyi görebilmekteyiz.



Şekil 3.13 : Birleşik Krallık çalışmalarından D-DAS Plug-In Eklentisi (Akanbi , ve diğerleri, 2019)

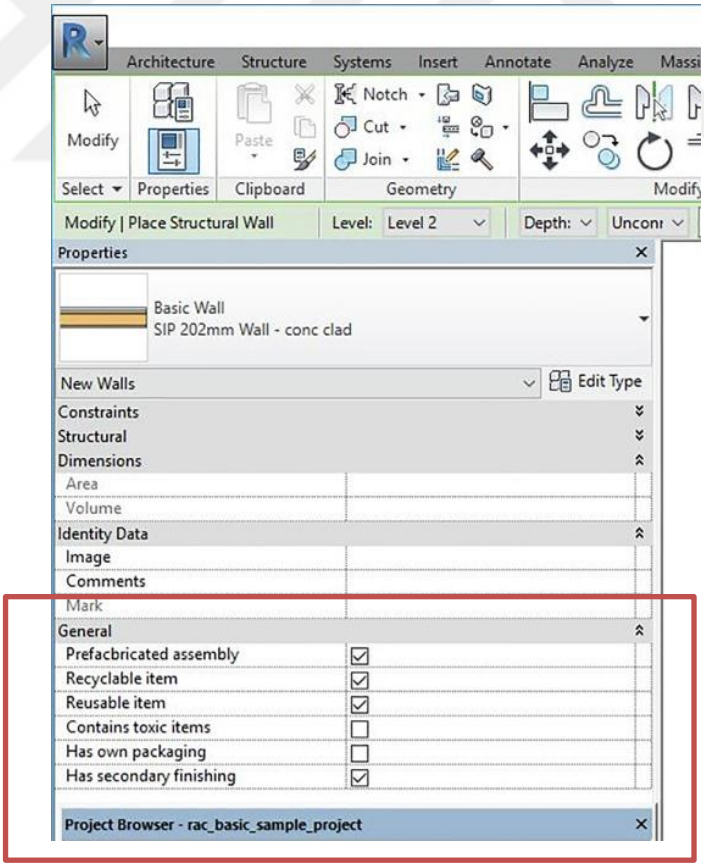
Bu plug-in'in amacı tasarım aşamasından binaların kullanım ömrü sonu performans değerlendirmesini sağlamak için bir sökme ve yapısöküm analiz sistemidir. Sistem mimarisi, bina tasarımı ve yapım sürecini yönetmede mevcut bina bilgisi modelleme yetenekleri üzerine tasarlanmıştır. sökme ve yapısöküm analiz sisteminin üç temel işlevi şu şekilde sıralanmıştır:

- Tüm Yaşam Performans Analitiği Oluşturmak

- Yapı Elemanları Yapısöküm Analitiği
- Yapısöküm için Tasarım Danışmanlığı

Bu eklenti ile, binanın ömrünün sonunda yıkımın yerine yapısökümünü destekleyip desteklemeyeceğini belirlemek için bir binanın BIM modelinin kullanılabileceği düşünülmüştür (Akanbi , ve diğerleri, 2019).

Plug-in BIM verilerinin ise üç veri kategoride biriktirmektedir; yapı tasarım bilgisi, yapı malzemesi spesifikasyon bilgisi ve yapı yapısöküm ve yıkım verileri. Bina tasarım bilgileri, parametrik bina modellerini, bina yapımı için malzeme spesifikasyonlarını ve malzeme miktarını içerir. Bu tasarım bilgisinin tamamı binanın BIM modelinden elde edilmektedir. Yapı malzemeleri bilgisi yoğunluk, boyut, durumun yeniden kullanımı veya geri dönüştürülmüş gibi malzeme özelliklerini içerir. Yıkım verileri, bina özellikleri ve ilgili yıkım atıkları ve geri kazanılabilir malzemeler hakkında bilgi içerir. Şekil 3.14 üzerinden bu detaylar basic wall ekranı üzerinden gösterilmektedir.



Şekil 3.14 : Basic Wall Ekranı ve Plug-In Verileri (Akanbi , ve diğerleri, 2019)

Eklentide yer alan sökme ve yapısöküm görselleştirme modülü söküm planının oluşturulmasından ve sökme işleminin görüntülenmesinden sorumludur. Binaların sökümünün nasıl yapılacağına dair talimatları içeren söküm protokolünü de üretmektedir. Söküm protokolüne bağlı olarak, yapı için söküm ve yapısöküm işleminin simülasyonu da üretilir. Bu çıktının, yıkım mühendislerinin bina hakkında önceden fikir sahibi olmalarına ve bina elemanlarının sökümüne ve söküm işlemine başlama noktalarına yardımcı olacağı öngörülmektedir. Binadan geri kazanılabilecek farklı malzemelerin ve olası yollarının (yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir, enerji geri kazanımı ve depolama sahası) görselleştirilmesinin sağlanması beklenmektedir (Akanbi , ve diğerleri, 2019). BIM ve yapısöküm üzerine yapılan uzun çalışmalar sonrasında gelinen nokta henüz deneme aşamasında olsa da yapılan çalışmaların model uygulamaları sanal ortamda yapılmaktadır. Yönetimsel olarak da desteklenmektedir. Sonraki süreçte ise yapısal atık üretim miktarına, yapının sökümüne yararlı olacağı açıktır.

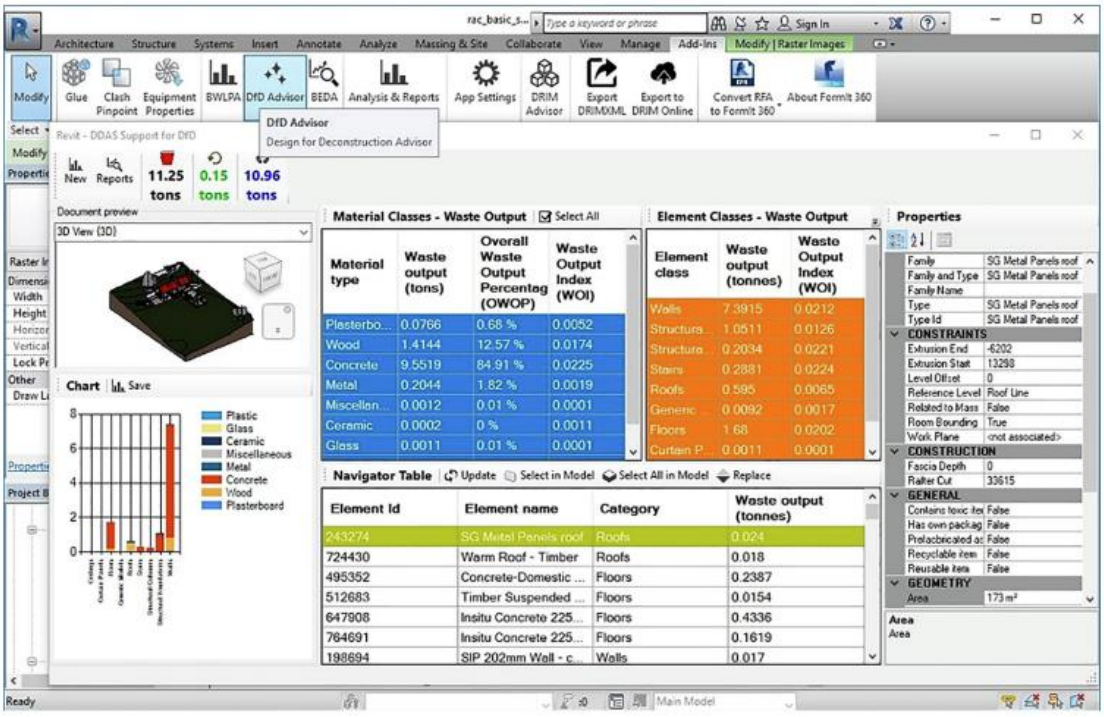


Fig. 7. Design for deconstruction advisor implementation in Autodesk Revit 2017.

Şekil 3.15 : Autodesk Revit 2017 için Yapısökümü için Tasarım Danışmanlığı Uygulama Ekranı (Akanbi , ve diğerleri, 2019)

İnşaat endüstrisi üzerinde Bina Bilgi Modellemesinin farklı amaçlarla kullanılmasına yönelik araştırmaların varlığı açıktır. Birleşik Krallık başta olmak üzere ciddi

çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan en önemlisi yapısal atık bağlantılı sürdürülebilirlik başlığı olmasına rağmen BIM yapının ve/veya alt sistemlerin kullanım ömrü, sürdürülebilirlik performans analizi gibi yazılımları bina tasarımı ve inşaat sürecine entegre etme imkanı henüz tam gelişmemiştir. Varolan çevresel değerlendirme sistemleri tasarım sürecinden bağımsızdır (Akinade O. , ve diğerleri, 2018). İngiltere özelinde yapılan çalışmalar uzun süreli ve detaylıdır. Öte yandan tez çalışması kapsamında oluşturulmaya çalışılan strateji günümüz şartlarında farkındalık yaratarak var olan yazılımın kullanımına yönelik bir tasarım stratejisinin uygulanabilirliğinin arayışıdır.

3.2.2 Listelerinin elde edilmesi: Yapım metrajlarının ve eleman / bileşen / malzeme ölçeklerinde geri kazanım oranlarının değerlendirilmesi

Tezin bu bölümünde stratejiye bağlı olarak modellenen ve veri birikimi Revit üzerinde yapılan özelleşmiş yapı elemanlarının ve malzemelerinin model bilgisi üzerinden veri değerlendirilmesi yapılması hedeflenmiştir. Yöntem, tasarım aşamasında Revit üzerinden biriken verilerin basitçe yapısal atığı azaltmaya yönelik bir tasarım stratejisinin uygulanabilirliğini ve okunabilirliğini artırmak için kullanıp kullanılamayacağına yönelik bir denemedir. Amaç var olan bilgilerin strateji doğrultusunda değerlendirilmesi ve bir tablo olarak ortaya konularak yapı elemanının söküme uygunluğunun, geri kazanım oranının değerlendirilmesidir. Profesyonel uygulamalarda hedef eğer doğrudan söküme uygun yapı tasarlamak ya da yapısöküme hedefli değilse bu oranın çok yüksek olması beklenmez fakat örneklenen ve alternatif seçenekleri de sunulabilen yapı elemanları üzerinden farkındalık yaratılırsa yeniden kullanım imkanında, malzeme seçiminde, bağlantı detaylarında daha az yapısal atık hedefi ile hareket edilebilir.

Yapı Elemanı Kimlik Tablosu: Yapı elemanının genel değerlendirmesini ifade etmektedir. Yapı elemanının yapılı çevrede aldığı işleve göre türünü, genel çerçevede geri kazanım, söküm imkanını, yaşam ömrüne bağlı yapısal bütünlüğünü ve içerdiği malzeme türlerini gösteren bir tablodur. Tasarlanan yapı elemanını eğer tamamen sökülebilir ve hasarsız durumda ise 1. tercih olarak yeniden kullanılması öngörülmektedir. Yarı sökülebilir durumda ise bir sonraki tabloda da açıklanacak şekilde malzeme ve bileşenlerin yeniden kullanımı ve/veya geri dönüşümü öngörülmektedir. Aynı "Dış Duvar" işlevini gören aynı mekana hizmet eden

alternatifler arasında geri kazanım oranı yükek olan yapı elemanı tipinin yaygınlaştırılması ve farkındalık yaratılması amaçtır.

YAPI ELEMANI TIP 1	
Yapı Elemanı Türü	Dış Duvar
Geri Kazanım İmkanı	Yüksek
Yapısöküm Olanağı	Sökülemez / Yarı Sökülebilir / Tamamen Sökülebilir
YE Fiziksel Durumu	Hasarsız, Darbe almış...vb
Malzeme Türleri	...

Şekil 3.16 : Yapı Elemanı Kimlik Tablosu

Yapı Elemanı Detay Değerlendirme Tablosu: Yapı elemanına ait detay uygulama ve söküm yöntemi, öngörülen geri kazanım basamağı ve toplam metrajı içeren verilerin olduğu değerlendirme tablosudur. Yapı elemanının tamamının kullanılamadığı durumlarda, alt bileşen ve malzemelerin geri kazanım oranı önemli olacaktır. Bu amaçla yapı elamanının çözümün yine gövde, yalıtım ve kaplama katmanları dışında ek bileşenler (kapı kolu gibi) ile yapılmıştır. Bu katmanların geri kazanım imkanı, uygulama yöntemi (vidalı, çivi ile, yapıştırma...vb), sökülüp sökülemeyeceğine dair tasarım bilgisi de bulunmaktadr. Revit verisi üzerinden hasatsız metraj verileri ise burada toplam metraj şeklinde gösterilmiştir. Bu tablonun son değerlendirmesi ise metraj üzerinden toplam yapı elemanının ne kadarının geri kazanılabileceğinin ve yapı elemanı özelinde ne kadar yapısal atık üretileceğinin basitçe gösterilebilmesidir.

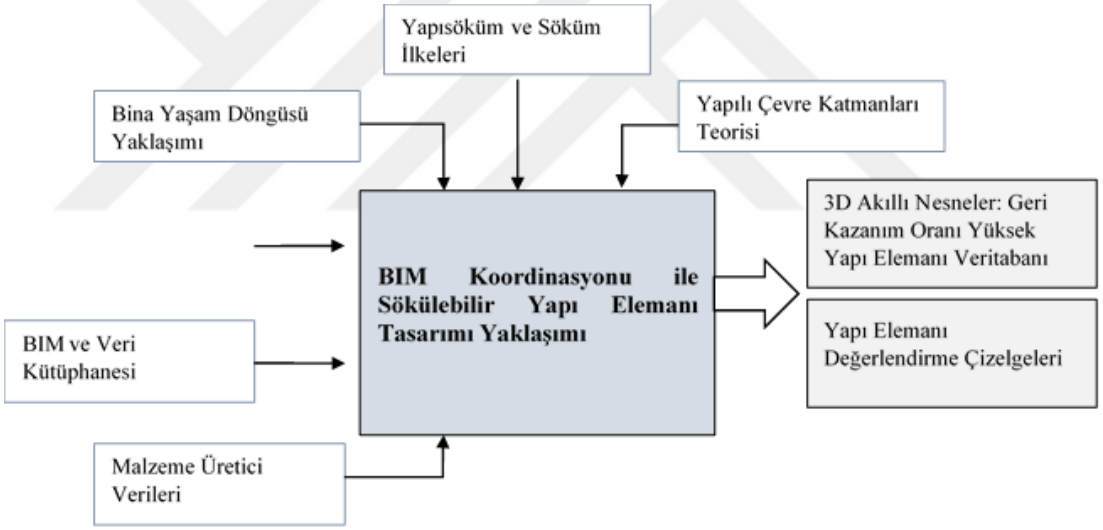
YAPI ELEMANI TİP 1						
Katman	**İşlev**	**Malzeme**	**Uygulama Yöntemi**	**Söküm Yöntemi**	**Öngörülen Kazanım**	**Toplam Metraj**
Gövde					Yeniden Kullanım	
Yalıtım	Isı Yalıtımı				Yeniden Kullanım	
Kaplama	İç Yüzey K.				Geri Dönüşüm	
	Dış Yüzey K.				Geri Dönüşüm	
Ek Bileşen					Atık	

Şekil 3.17 : Yapı Elemanı Detay Değerlendirme Tablosu

Tasarımla beraber Revit'te gelen 3D modelle ve plan, kesit, görünüş olarak revit çizimleri ile desteklenerek bir daha sürdürülebilir yapı elemanı seçeneği değerlendirilmesine imkan verebileceği düşünülmektedir. Bu tablolar sürdürülebilirlik stratejisi doğrultusunda Revit üzerinden üretilen net verileri anlamlandırmaya yöneliktir. Revit ile berar BIM sistemi bir atık yönetimi aracı ya da bir atık değerlendirme aracı değildir. Fakat gelişime ve strateji geliştirmeye çok açık bir araçtır. Güncel çalışmaların pek çoğu da bu nedenle BIM üzerinden yürütülmektedir.

4. UYGULAMA: BIM İLE DIŞ DUVAR ELEMANININ SÖKÜME YÖNELİK TASARIMI

Bu bölümde tez stratejisi doğrultusunda daha önce avantajları ve dezavantajları belirlenen duvar sistemin revit ile tasarımı yapılacaktır ve yapısal sürdürülebilirlik açısından değerlendirmeleri ele alınacaktır. Bu amaçla daha önce bahsedilen ve açıklanan şekil 4.1'de gösterildiği şekli ile Yapılı Çevre Katmanları Teorisi, Yapısökümü ve Söküm İlkeleri, Bina Yaşam Döngüsü Yaklaşımı, Bina Alt Sistemleri ve Katmanlaşmalar, BIM ve Veri Kütüphanesi, Malzeme Üreticileri verileri strateji açısından girdi konumundadır. Çıktı olarak ise 3D Akıllı Nesneler ve Yapı Elemanı Değerlendirme tablolarını elde edilmektedir.



Şekil 4.1 : Tez Yaklaşımı Girdileri

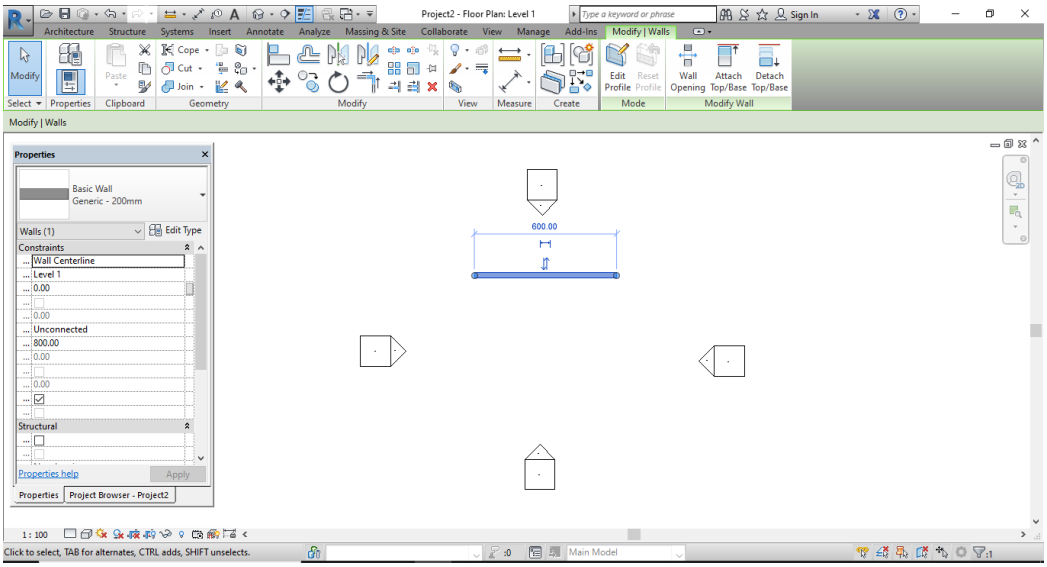
Tezin bir strateji yaklaşımı ortaya koyması amacıyla katmanlaşma ve detaylar Bölüm 2.1.1'deki gibi sınırlı tutulmaktadır ve kavramsal olarak ele alınmıştır. Strateji doğrultusunda BIM kullanımını göstermeyi amaçlayan tezin bu bölümünde kaplama, yalıtım, gövde ve kaplama olarak ele alınmaktadır. Birleşim detayları yapı elemanının kendi içerisinde ele alınmıştır. Saha uygulamalarında döşeme ve çatı sistemleri bağlantılarının bahsedilen ilkeler doğrultusunda tasarlanması gerekmektedir. Loblolly Evi örneğinde olduğu gibi gerçek bir projenin tasarımında ve inşaasında projeye özel

elemanların ve detayların üretilmesi gerekmektedir. Bunun yanında ise bilinen mekanik ve kuru bağlantıların yanında proje özelinde 5 adet yeni bağlantı şekli, bina alt sistemlerinin birleşimi için tasarlanmıştır ve proje içerisinde kullanılmıştır. Loblolly Evi örneğinde sistemler tasarlanarak ön üretimli olarak imal edilmiş ve sahada mekanik bağlantılarla birleştirilerek yapısal atık miktarı sıfırlanmıştır. Bu elemanların sökülmesi ve yeniden kullanılması sırasında ise yine tek parça olarak kullanılması öngörüldüğü için yapısal atık üretimi olmayacaktır. Fakat bu elemanın zarar görmesi durumunda onarımının ve değişiminin nasıl olacağı sorusunun cevabı bilinmemektedir.

Öte yandan bina alt sistemleri için bir diğer önemli girdi de malzeme ve sistem üreticileri ve onların verileridir. Pek çok firma kendi duvar sistemlerini ön üretim şeklinde modellemekte, üretmekte ve hazır veri olarak sunmaktadır. Bölüm 4.2'nin sonunda firmaların ürettikleri verilerin detay çizimleri görülebilmektedir. Her projeye özel üretilen yapı elemanları olabileceği ve bu elemanlar imal edilip birleştirilebileceği gibi, hazır veriler de kullanılabilmektedir. Tez stratejisi doğrultusunda ise firma verileri ve uygulama projesi detayında veriler yerine kavramsal olarak bir katmanlaşma belirlenmiş ve standart revit familyaları uyarlanarak BIM'in veri biriktirme potansiyeli ve olanakları örnek üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır.

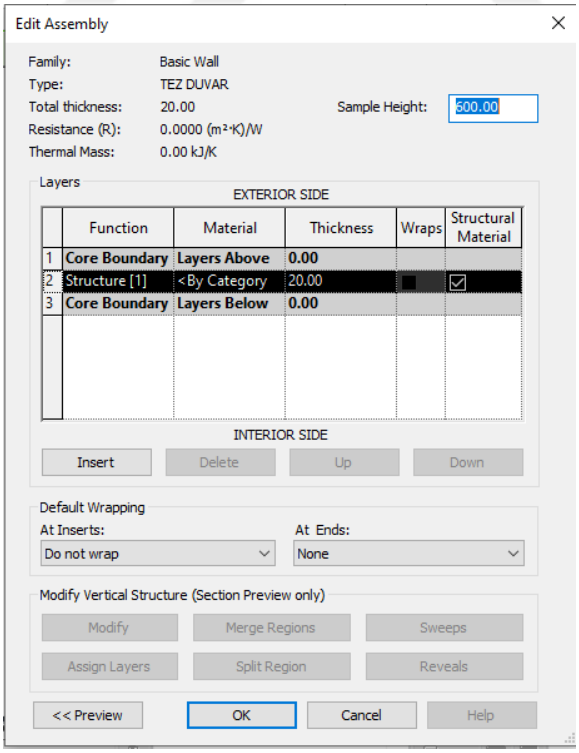
4.1 Dış Duvar Elemanlarının Örnek Modelinin Sürdürülebilirlik Stratejisi Doğrultusunda BIM ile Oluşturulması

Örneklenen duvarların boyutları 3 m yüksekliğinde ve 3.08 m genişliğinde olarak ele alınmaktadır. Tip 1 olarak ifade edilen duvar örneği Dünya'da sıkça tercih edilen karkas sistemli bir duvar tipolojisidir. Bu tipolojide duvar gövdesi ahşap olabileceği gibi hafif çelik de olabilmektedir. Hem ahşabın hem de çelik materyallerin geri dönüşüm ve yeniden kullanım imkanı yüksektir. Harçlı birleşime sahip yine sık kullanılan bir tuğla duvar sistemi yerine alternatif olarak çelik karkas ya da ahşap karkas sistemli duvar tipolojisinin tekrar eden detaylar, kolay müdahale etme, basit birleşimler gibi özellikleri açısından söküm olanaklarının ve sürdürülebilirlik olanaklarının daha verimli olacağı düşünülmektedir. İlk aşamada şekil 4.2 ekranında da görüleceği üzere temel olarak revit familyalarında yer alan standart bir duvar tipolojisi üzerinden projeye özel yapı elemanı tasarımına başanmıştır. Bu duvar tipolojisi üzerinden projeye özel yapı elemanı uyarlanmasına başlanacaktır.



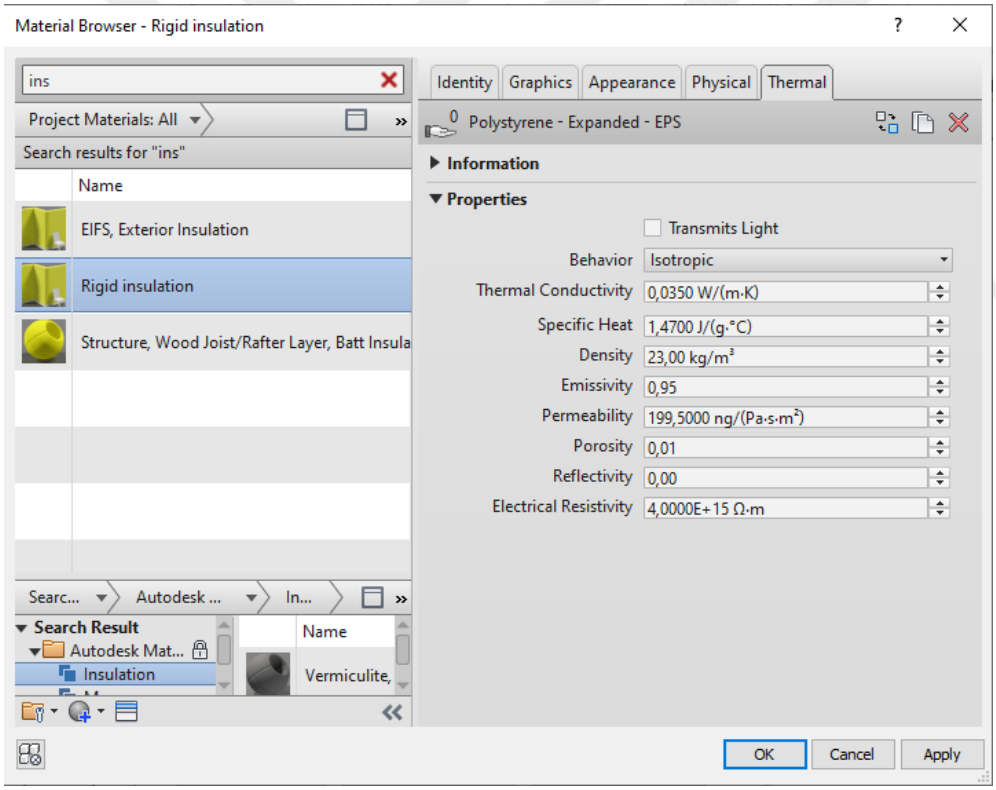
Şekil 4.2 : Standart Duvar Tipolojisi ve Revit Ekranı

Standart duvar tipolojisinin uyarlanmasına, düzenleme ekranı üzerinden türetilen "TEZ DUVAR" adlı projeye özel yeni duvarın oluşturulmasına ve sonrasında katmanlaşma detayları ekranı ile devam edilmiştir. Duvarın sisteminin alt öğelerinin ve malzemelerinin girişi şekil 4.3'deki gibi, erişilebilirlik sıralamaları ve daha önce 2.1.1 Bina, Eleman, Bileşen ve Malzeme bölümünde de bahsedildiği gibi kaplama, gövde strüktürü ya da gövde, yalıtım şeklinde detaylandırılmaktadır.



Şekil 4.3 : Revit Standart Duvar Familyası Düzenleme Ekranı

Şekil 4.4 katman detay düzenleme ekranında görebileceğimiz gibi bu aşamada duvar tipolojisinde yer alan katmanlara yükleyebileceğimiz verilerin miktarı ve detayı sayısızdır. Bu bilgiler katman maliyetine dair olacabileceği gibi görselleştirme özelliklerine dair ya da sadece bina alt sistemi içerisinde yüklendiği işleve yönelik kimlik bilgileri de olabilmektedir. Bunun yanında firmalar kendi ürünlerini projelerde kullanılmak üzere her türlü detayı ile beraber hazırlayabilmektedir. Örneğin dış duvarda kullanacağımız bir rijit ısı yalıtımı özellikleri şekil 4-4'teki gibi olabilmektedir. Bu bilgilerin proje içerisinde gömülü olması pek çok açıdan önemlidir ve proje paydaşlarını büyük zaman kayıplarından kurtarmaktadır. Isı yaşıtımı örneği üzerinden devam edersek eğer, bu duvar tipolojisini içeren bir bina için yapılacak bir enerji analizinde ya da ısıl performans analizinde tekrar modelleme ve malzeme için tekrar detay girme problemi oluşmayacaktır. Günümüzde pek çok yazılım firması da revit programının bu potansiyelini görüp uyumlu çalışabilecek analiz yazılımları geliştirmektedir ve/veya kendi yazılımlarını uyarlamaktadır.

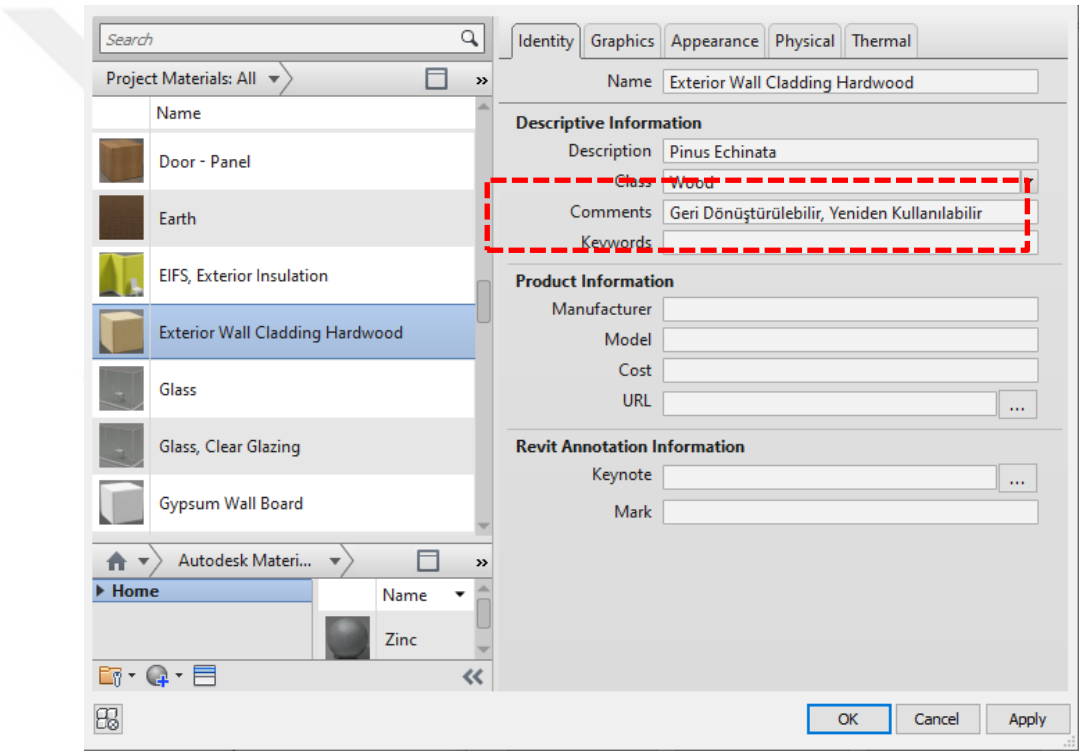


Şekil 4.4 : Revit Malzeme Düzenleme ve Veri Ekranı

Benzer şekilde kalınlığını giremeyeceğimiz buhar kesiciler ya da membran özellikli yalıtım malzemeleri için de veri girişi yapabilmekteyiz. Bunların yanında projelendirme sürecinin önemli adımlarından olan görselleştirme aşamasına dair veri girişleri büyük bir netlikle yapılabilmektedir. Tüm malzemeler ve katmanlaşmaların

aynı zamanda 3D olarak özelliklerini, renklerini, render karakterlerini görebilmekteyiz. Özelliklerini ayarlayabilmekte ve gerçekçi sonuçlar alabilmekteyiz.

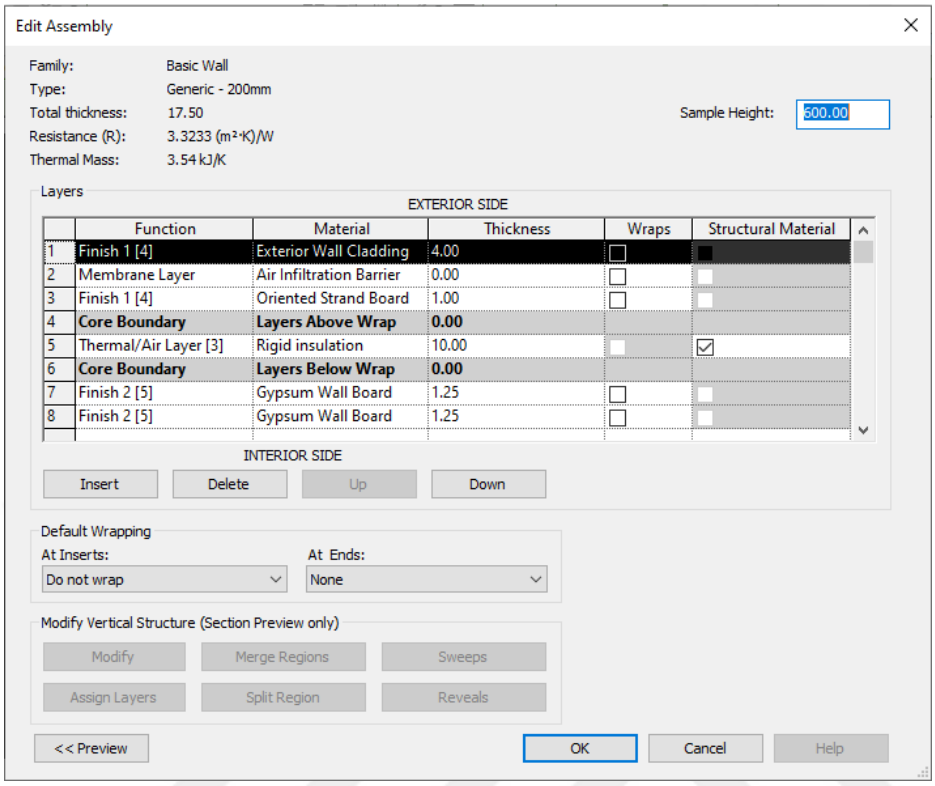
Tez kapsamında malzeme kimlik detayları girilmemekle beraber süreci anlatması açısından tasarımcı yorumları şekil 4-5'teki gibi eklenmiştir. Bu ekranın kullanım sonrası listeler halindeki çıktı detayları bölüm 4.2'de gösterilmiştir. Bu detayları tasarımcı kendisi girebilmekle beraber pek çok marka kendi ürünlerinin özelliklerini bu şekilde tipolojilere gömebilmektedirler. Bu aşamada eklenen notlarda şekil 4.5 örneğinde olduğu gibi geri dönüşümüne ya da yeniden kullanımına dair tasarım kararları girilebilmektedir ve değerlendirilebilmektedir. Çoğu firma ise ülkelerin sürdürülebilirlik üzerine aldığı yönetimsel kararları da dikkate alarak göre ürettikleri malzemelerin sürdürülebilirlik oranlarını ve imkanlarını da ekleyerek malzemelerini BIM kullanımına hazır hale getirmektedir.



Şekil 4.5 : Revit Malzeme Düzenleme ve Veri Ekranı

Tasarım aşamasında en büyük avantajlardan biri de katmanlaşmaların sıralamaları ve görevleri konusunda sağladığı kolaylıktır. Şekil 4.6 Revit Uyarlanmış Duvar Familyası Düzenleme Ekranı'nda görebileceğimiz gibi alt öğenin ya da da malzemenin görevi, kalınlığı, sıralaması ve sistem içerisinde aldığı görev üretilen tipoloji içerisinde ayarlanabilmekte ve görülebilmektedir. Daha önce şekil 4.4 ve şekil 4.5 ekran örneklerinden de görüleceği üzere her malzemenin ayrı kimlik ekranı ve özelliklerine göre verilerin girilebileceği çeşitli ekranlar bulunmaktadır. Tez çalışmasında

uygulanan örnekte malzeme girişi yerine şekil 4.6'da görüleceği üzeri alt öğenin ve malzemenin aldığı görev ve genel adı kullanılmıştır.



Şekil 4.6 : Revit Uyarlanmış Duvar Familyası Düzenleme Ekranı

Çizim aşamasında ise bu duvar tipolojisi seçildiği anda bütün bu detaylara ve gömülü verilere sahip olarak duvar proje içerisinde çizilmeye devam edilecektir ve tekrar bu detay girişlerinin ayrı ayrı yapılmasına gerek kalmayacaktır. Geleneksel 2D çizimin olumsuz yönlerinden olan katmanlarda karışıklık, kayma, sıralamada ya da detaylar bozulma ve kontrol edememe gibi problemler oluşmayacaktır. Şekil 4.7'de gösterildiği üzere geleneksel 2D çizim tekniği yerine akıllı nesne olarak modellenen duvar tipolojisi birleştirilmiş çizgiler yerine 3D bir modelden oluşmaktadır. Bu modeli biz plan düzleminde görebileceğimiz gibi 3D olarak da görüp müdahale edebilmekteyiz. Bu aşamada yine görselleştirme özelliklerine göre gerçekçi malzeme görüntüleri ya da standart gösterimlerle de tasarım sürecini kontrol edebilmekte ve kararlar alabilmekteyiz. Yine pek çok firma malzemelerini, alt sistemlerinin detaylarını katmanlaşmaları ile beraber sunabilmektedir. Tez uygulamasının gösteriminde ise basit bir uyarlama yapıldığı için alt birleşimler görmezden gelinmiştir. Bu aşamada bahsedilmesi gereken önemli bir konu ise duvar tipolojisinin strüktüründen sorumlu olan duvar gövdesinde sadece yalıtım malzemesinin görülmesi durumudur. Ahşap dikmelerin girişi bir sonraki aşamada şekil 4.10'da strüktür olarak ayrıca tasarıma dahil edilecektir.

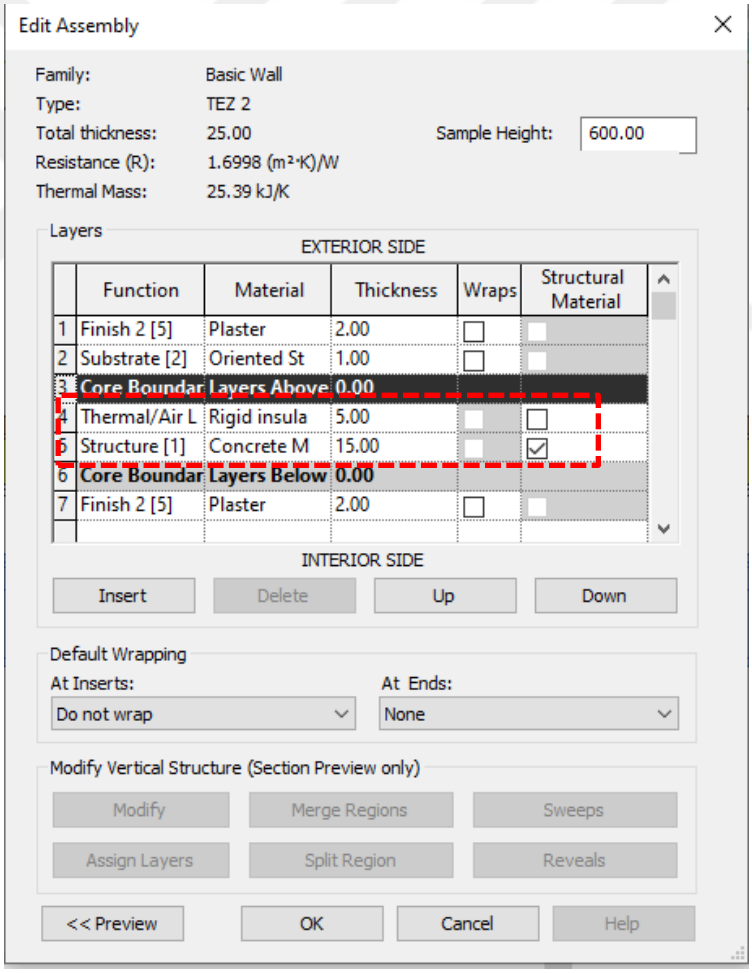


Şekil 4.7 : Uyarlanmış Tez Duvar Çalışması Plan Görselleştirme Ekranı

Tasarlanan duvar tipolojisi eğer şekil 4.8'deki gibi bir dolgu duvar olsaydı, şekil 4.9 Dolgu Duvar Katmanlaşma Örneği ekranda bu duvarın strüktürünü de görebilecektik.

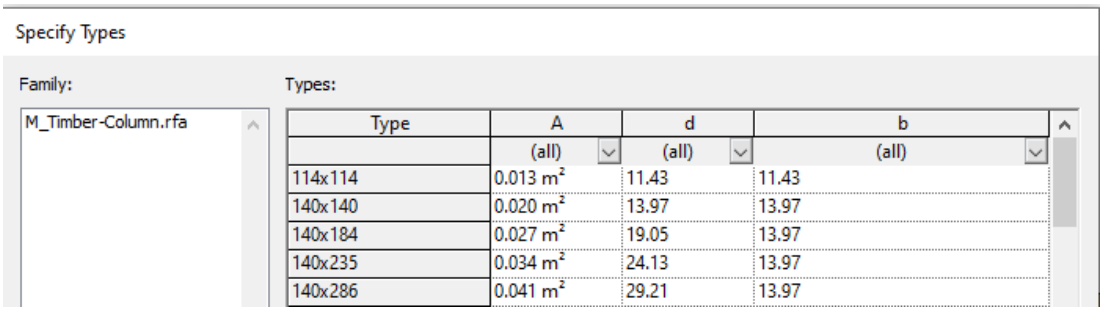


Şekil 4.8 : Dolgu Duvar Katmanlası Plan Görselleştirme Ekranı



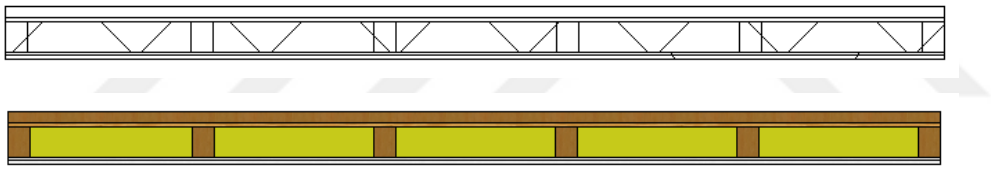
Şekil 4.9 : Dolgu Duvar Katmanlaşma Örneği

Tez uygulaması kapmasında bu aşamada duvar tipolojisinin gövde katmanının strüktürünü tamamlamak için şekil 4.10'daki gibi ahşap taşıyıcı dikmelerin girişi yapılacaktır ve dikmelerin boyutu projeye özel olarak uyarlanacaktır.

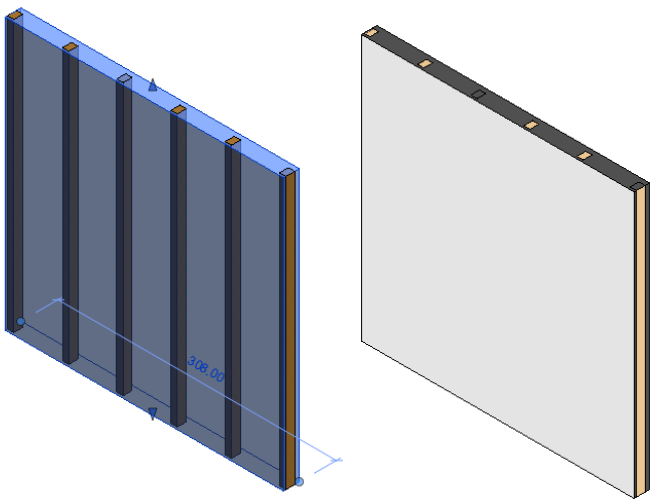


Şekil 4.10 : Duvar Strüktürünün Uyarlanması

Şekil 4.11 Duvar Tipolojisi Plan Çizim ve Görselleştirme Ekranı ve şekil 4.12 Uyarlama Duvar Perspektif 3D örneklerinde görüldüğü üzere aynı anda hem çizim ekranına, hem gerçekçi görselleştirme ekranına, hem 3D modellere ve perspektiflere hem de detay verilerine aynı anda kolaylıkla sahip olabilmekteyiz. Proje koordinasyonu ve projelendirme sürecinde zamanın verimli kullanımı açısından bu imkanlar büyük avantajlar sağlamaktadır.



Şekil 4.11 : Duvar Tipolojisi Plan Çizim ve Görselleştirme Ekranı

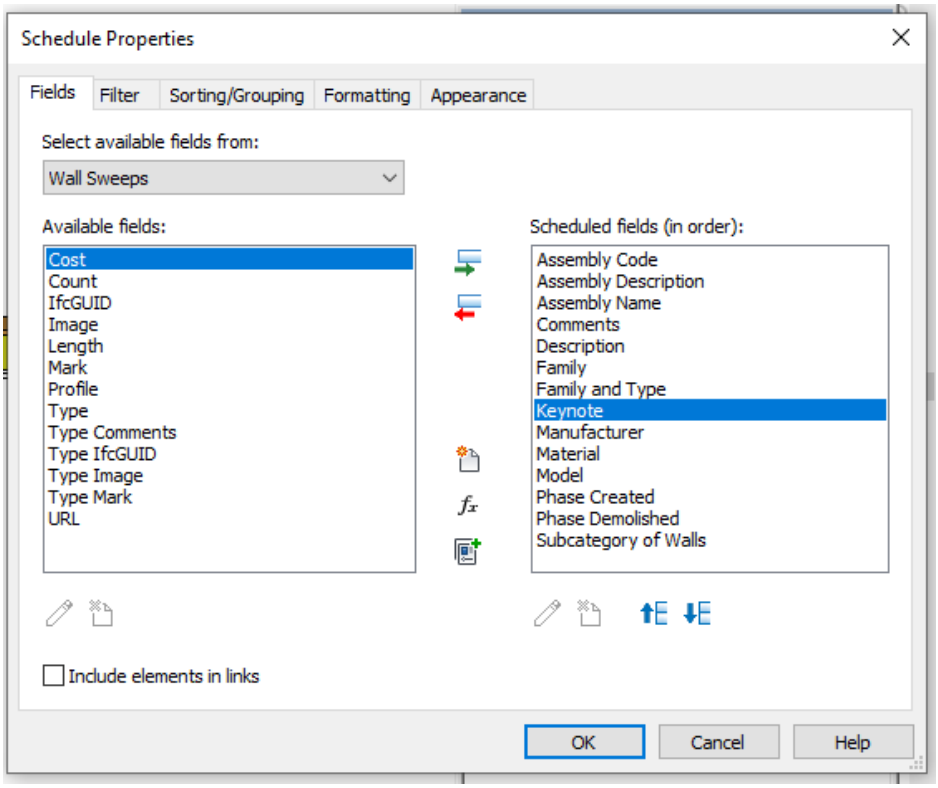


Şekil 4.12 : Uyarlama Duvar Perspektif 3D

Bu noktada duvar tipolojisi temel olarak tamamlanmış durumdadır. Tez çalışmasının gösteriminde ifade kolaylığı açısından katmanlaşmalar ve detaylar basit tutulmuştur. Tasarımın devamında uygulamaya yönelik detayların, döşeme ve çatı birleşimlerinin, detaylı firma verilerinin girişlerinin ve noktasal detayların da çözülmesi gerekmektedir. Sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda ahşap dış duvar sisteminde geçmeli bir birleşimin daha olumlu olduğu düşünülmesine rağmen tipolojinin ve katmanlaşmanın basit tutulması nedeniyle çivili birleşim detayı tercih edilmiştir.

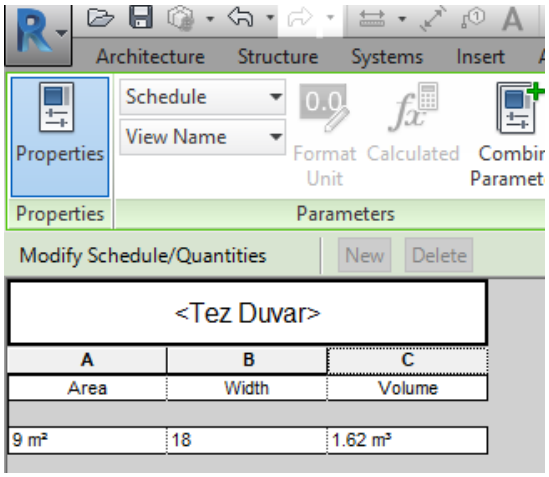
4.2 Listelerin Elde Edilmesi: Yapım Metrajlarının ve Eleman / Bileşen / Malzeme Ölçeklerinde Geri Kazanım Yöntemlerinin Belirlenmesi

Revit üzerinde familyalardan uyarlanarak ve veri girişi ile desteklenen her bir duvar tipolojisi proje içerisinde saklanmaktadır. Bu tipolojiyi Hem 3D hem de 2D olarak görebilmekteyiz. Bu imkanın yanında daha önce detay ve düzenleme ekranlarında girdiğimiz veriler ve proje içerisinde modellediğimiz her katmanın boyutsal ve hacimsel metrajları da arkaplanda hazırlanarak tutulmaktadır. Tasarımımızda ürettiğimiz yapısal atık miktarını değerlendirebilmemiz ve önüne geçebilmemiz açısından en büyük avantajı net metraj verilerini elde edebilecek olmamızdır. Sistemli bir şekilde her proje paydaşı ortak çalışma alanı olan projeden istediği metrajları ve projeye dair girilmiş bütün verileri listeler halinde elde edebilmektedir. Şekil 4.13 Revit Metraj Ekranı'nda elde edebileceğimiz listelerin örneklerini görmekteyiz. İhtiyacımız olan listeleri sağ tarafta bulunan ekrana atarak yazılımdan bizim için bu verileri akıllı nesnelerin içinden çekmesini sağlayabilmekteyiz. Bu listeler duvar familyası için birleşim şekli, familyanın tanımı, hangi aşamada yıkılacağına dair veriler, firma verileri, eklenen özel açıklamalar ve daha onlarca liste de elde akıllı nesneler üzerinden toplanarak listelenmektedir. Bu veriler üzerinden değerlendirme yaparak verinin ait olduğu öğeyi seçip sürdürülebilirlik yaklaşımı doğrultusunda çalışabilmekteyiz.



Şekil 4.13 : Revit Metraj Ekranı

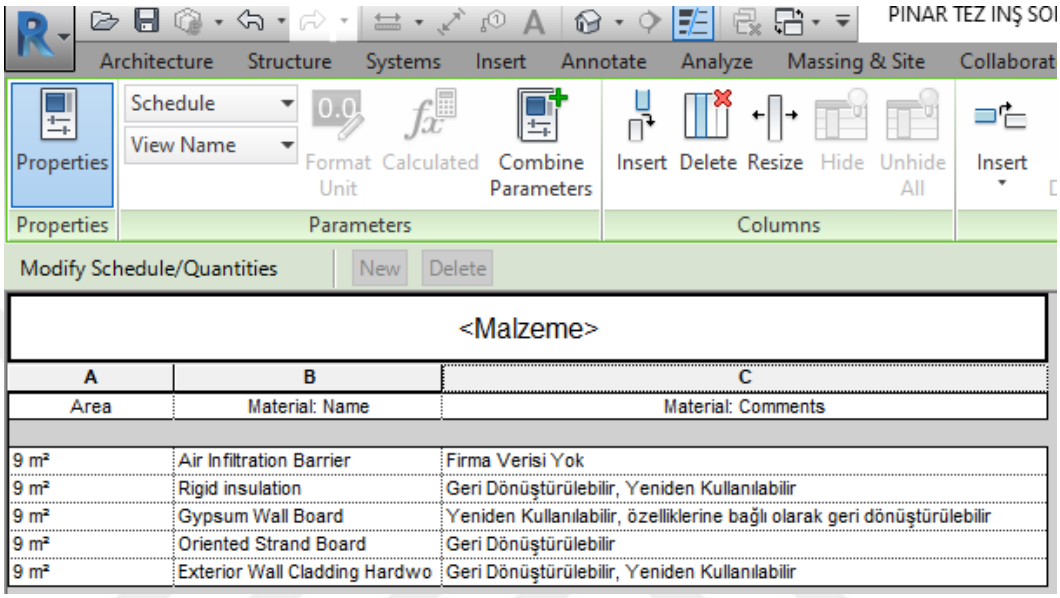
Revit birkaç farklı kategoride metraj oluşturulabilmektedir. Tüm bina elemanları ve alt öğelerine ait bir metraj listesi oluşturulabilineceği gibi malzemeye bağlı metrajlar da oluşturulabilmektedir. Şekil 4.14 Duvar Familyası Metrajı ekranında duvar elemanı ölçeğinde metraj listesi elde edilmiştir.



Şekil 4.14 : Duvar Familyası Metrajı

Tez yaklaşımının değerlendirilmesinde ise ağırlıklı olarak şekil 4.15 ekranında listelenen malzeme metrajı verileri kullanılacaktır. Malzeme metrajı oluşturulurken de listeleyebileceğimiz onlarca seçenek bulunmaktadır. Bu seçenekler içerisinden

ihtiyacımız olanları seçip listeleyerek kontrollerimizi sağlayabilmekteyiz. Bu aşamada görmekteyiz ki ilk aşamalarda yapı elemanı katmanlaşmasını kurgularken seçtiğimiz malzemeler ve kimlik ekranında aldığımız kararlara göre kimlik kısmına eklediğimiz yorumları detaylı listelerde metrajları görebilmekteyiz. Yapısal sürdürülebilirlik açısından bu imkan oldukça büyük önem ifade etmektedir.



<Malzeme>

A	B	C
Area	Material: Name	Material: Comments
9 m²	Air Infiltration Barrier	Firma Verisi Yok
9 m²	Rigid insulation	Geri Dönüştürülebilir, Yeniden Kullanılabilir
9 m²	Gypsum Wall Board	Yeniden Kullanılabilir, özelliklerine bağlı olarak geri dönüştürülebilir
9 m²	Oriented Strand Board	Geri Dönüştürülebilir
9 m²	Exterior Wall Cladding Hardwo	Geri Dönüştürülebilir, Yeniden Kullanılabilir

Şekil 4.15 : Malzeme Metrajı ve Malzeme Kimliği

Bölüm 4.1, şekil 4.7 Uyarlanmış Tez Duvar Çalışması Plan Görselleştirme Ekranı'nda açıklandığı üzere dış duvar elemanının gövde strüktürü tipolojiden ayrı olarak taşıyıcı sistem şeklinde modellenmiştir. Bu nedenle bu taşıyıcı elemanların metrajları duvar metrajlarında listelenmemektedir ve ayrı olarak şekil 4.16 Dış Duvar Strüktür Metraj Ekranı'nda listelenmiştir. Eğer bu duvar tipolojisi bir dolgu duvar olarak seçilmiş olsa ve modellenseydi ise şekil 4.8 Alternatif Dolgu Duvar Katmanlası ve şekil 4.9 Dolgu Duvar Katmanlaşma Örneği'nde açıklandığı üzere tek bir metaj listesi olarak elde edilebilecekti, ayrıca bir strüktür metrajına gerek kalmayacaktı.

<Structural Column Schedule>

A	B	C	D	E	F
Count	Family	Length	Volume	Structural Material	Comments
1	M_Timber-Column	300	0.02 m³	Timber	Yeniden Kullanılabilir, Geri Dönüştürülebilir
1	M_Timber-Column	300	0.02 m³	Timber	Yeniden Kullanılabilir, Geri Dönüştürülebilir
1	M_Timber-Column	300	0.02 m³	Timber	Yeniden Kullanılabilir, Geri Dönüştürülebilir
1	M_Timber-Column	300	0.02 m³	Timber	Yeniden Kullanılabilir, Geri Dönüştürülebilir
1	M_Timber-Column	300	0.02 m³	Timber	Yeniden Kullanılabilir, Geri Dönüştürülebilir
1	M_Timber-Column	300	0.02 m³	Timber	Yeniden Kullanılabilir, Geri Dönüştürülebilir

Şekil 4.16 : Dış Duvar Strüktür Metraj Ekranı

Projenin bütün tasarım ve çizim aşaması sırasında atılan her adımda metraj verileri ve liste verileri arkaplanda hazır tutulmaya ve güncellenmeye devam edilir. Revit için istediğimiz noktadan kesit alma ile metraj çıkarma işlemleri arasında bir fark yoktur. İkisini de aynı kolaylıkla yapabilmektedir. Bu kolaylık yapacağımız herhangi bir malzeme değişimi durumunda ya da sürdürülebilirlik açısından yapısal atık miktarının yüksek olacağını görebilmemiz durumunda gelecek revizyonlarda çok büyük bir zaman kazancı sağlayacaktır. Öte yandan bir diğer önemli avantaj ise bu metraj verilerinin kesinliğidir. Örneğin her bir betonarme kolon için beton metrajı verilerinin listelenmesini istediğimizde, elde edeceğimiz liste hatasız, donatı demirlerinin dahi düşülmüş olarak verileceği hassas bir metraj listesi olacaktır. Sadece metraj verileri değil modele eklediğimiz her türlü verinin listeler halinde büyük bir hassaslıkla listelenebilecek olması ve bu olanağın proje revizyonlarında bile büyük bir koordinasyon ile her zaman hazır listelenebilecek olması projelendirme süreci açısından baktığımızda büyük bir avantajdır.

Tez uygulamasının son aşamasında olarak ise bir yapı elemanı kimliği olarak adlandırılabilen ve tez çalışması kapsamında oluşturulan değerlendirme tabloları oluşturulacaktır. Brand'in yapı katmanları teorisini düşündüğümüzde bir kabul ile değerlendirme yapabilmekteyiz. Yapının yaşam ömrünün sonuna gelmeden yıkılma durumunda olduğunu ve duvar sisteminin hasarsız durumda olduğunu kabul etmekteyiz.

Şekil 4.17 Dış Duvar Elemanı Kimlik Tablosu'nda tasarımını yaptığımız yapı elemanının gelen değerlendirmesi verilmiştir. Yapısal sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda tasarlananan ve modellenerek verileri listelenen yapı elemanının kısa değerlendirmesini göstermektedir.

YAPI ELEMANI TIP 1	
Yapı Elemanı Türü	Dış Duvar
Geri Kazanım İmkanı	Yüksek
Yapısöküm Olanağı	Sökülebilir
YE Fiziksel Durumu	Hasarsız
Malzeme Türleri	Isı Yalıtımı, Ahşap Dış Kaplama, Buhar Kesici, OSB Levha, Alçıpanel

Şekil 4.17 : Dış Duvar Elemanı Kimlik Tablosu

Tip 1 olarak adlandırılan Dış Duvar Yapı Elemanı, yüksek seviyede geri kazanım imkanına sahip, sökülebilir, hasarsız durumdadır. Yapı elemanının alt katmanları ise ısı yalıtımı, ahşap dış kaplama, buhar kesici, OSB levha ve alçıpanel'dir. Bu aşamada herhangi bir metraj verisine yer verilmemiştir.

Şekil 4.18 Dış Duvar Elemanı Detay Değerlendirme Tablosu'nda katmanlar, alt öğeler ve malzemeler değerlendirilmektedir.

YAPI ELEMANI TİP 1						
Katman	**İşlev**	**Malzeme**	**Uygulama Yöntemi**	**Söküm Yöntemi**	**Öngörülen Kazanım**	**Toplam Metraj**
Gövde	Taşıyıcı	Ahşap	Çivi ile Birleşim	Elle söküm	Geri Dönüşüm	6 adet
Yalıtım	Isı Yalıtımı	Taş Yünü	Firma verisi	Elle söküm	Geri Dönüşüm	9 m2
	Buhar Kesici	Polietilen folyo	Bant ile birleşim	Elle söküm	Yapısal Atık	9 m2
Kaplama	İç Yüzey K.	Alçıpanel Levha	Çivi ile Birleşim	Elle Söküm	Yeniden Kullanım	9 m2
	Dış Yüzey K.	Ahşap Panel Kaplama	Çivi ile Birleşim	Elle Söküm	Geri Dönüşüm	9 m2
Ek Bileşen	OSB Levha	Ahşap	Çivi ile Birleşim	Elle Söküm	Geri Dönüşüm	9 m2

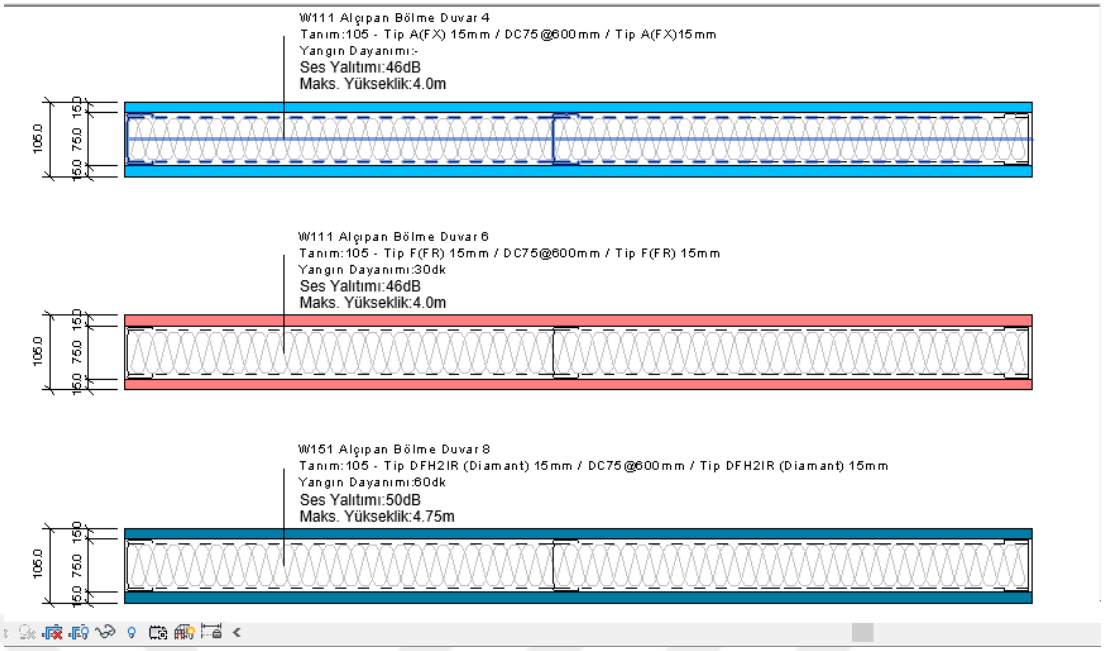
Şekil 4.18 : Dış Duvar Elemanı Detay Değerlendirme Tablosu

Basit birleşim tercihinden ve bu birleşimin zayıflığından dolayı alt öğelerin söküm işlemi sırasında hasar görmesi muhtemeldir. Birleşim ve bağlantı detaylarının değerlendirilmesi aşamasında da bahsedildiği gibi mekanik birleşim olmasına rağmen çivi ile birleşimde söküm aşamasında bağlantılı malzemeler zarar görmektedir. Bu nedenle yapısal atık yönetimi hiyerarşisinde bir alt basamakta yer alan geri dönüşüm imkanının daha olası olacağı düşünülmektedir. Ahşap malzemelerin geri dönüşüm imkanı yüksek olsa da birleşiminin geçmeli tercih edilmemesi durumunda problemler yaşanmaktadır. Ahşap bir sistem kurgulamak yerine çelik karkas sistem ve vidali birleşimi tercih etmek yeniden kullanım basamağı açısından daha verimli olacaktır. Böylece söküm sonrasında malzemeleler daha az hasarla ya da hasarsız olarak birbirinden ayrılabileceklerdir ve pek çok katman seviyesinde tekrar kullanılabileceklerdir. Katmanlaşmada en üstte yer alan panellerde ise iç kısımda kullanılan kaplamada seçilen malzemenin dayanımına göre yeniden kullanım imkanı tercih edilmiştir. Dış kısımda kullanılan kaplamada malzemesinin doğa koşullarına karşı yıpranabileceği düşünülerek yeniden kullanım yerine geri dönüşümü öngörülmüştür. Alçıpanellerin geri dönüşüm imkanı uzun yıllar boyunca düşük

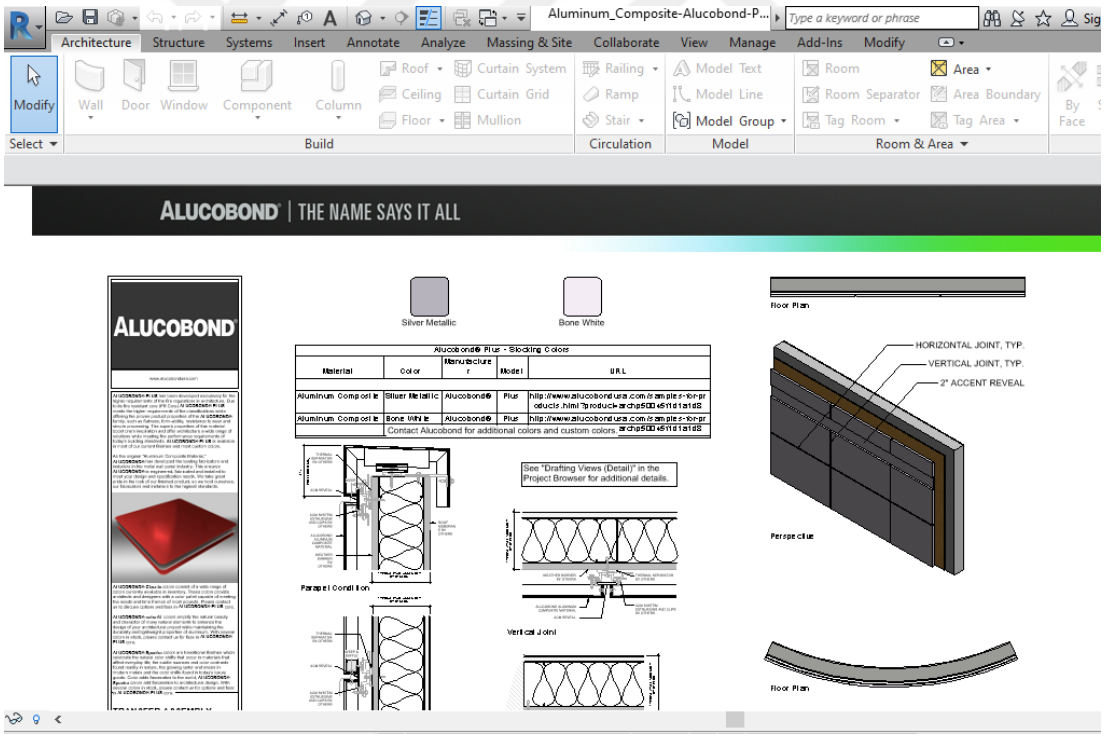
olmasına rağmen son yıllarda ekolojik ve geri dönüşüm oranı yüksek ürünler piyasaya sürülmektedir. Bu aşamada tercih edilen firma belirtilmemiş olsa da yeniden kullanım ve geri dönüşüm imkanına sahip olan bir panel seçilmesi durumunda sürdürülebilirlik olanağı daha yüksek olacaktır. Hava bariyerinde ise birleşim türü yeterli görülse de, üzerinde yer alan katmanların uygulama tercihi –çivi- nedeniyle yeniden kullanılamayacak durumda olacaktır. Fiziksel bütünlüğünü koruyamayacaktır. Geri dönüşümüne dair ise bir öngörüde bulunulmamıştır ve yapısal atık olarak değerlendirilmiştir.

Bu tabloların oluşturulmasında temel amaç, üretilen ya da daha sonraki çalışmalarda geliştirilecek ve sürdürülebilirlik oranı yüksek yapı elemanına ait oluşturulabilecek bir kimlik kurgusudur. Revit üzerinden alınabilecek veri sayısız olduğu için bu tabloların kurgusu ve tasarımı gelişime açık durumdadır ve sonraki çalışmalarda ele alınmalıdır. Bu tablolarda yer alan birleşimler ve malzeme seçimleri her zaman en üst basamakta geri kazanım hedeflenerek tekrar düşünülmeli ve tasarımda revizyona gidilmelidir. Örneğin; buhar kesici olarak tercih edilen polietilen folyonun tasarım sonucunda yapısal atık olacağı öngürülmüştür. Bu problemi yapım öncesinde görerek kaplama malzemesi için bir alt strüktür ya da bağlantı elemanının tasarlanması sürdürülebilirlik açısından daha doğru olacaktır ki yeniden kullanım imkanına sahip olunabilsin. Alternatif olarak ise geri dönüştürülebilir malzeme tercih edilmesi daha doğru olacaktır.

Son olarak bu şekilde projeye özel elemanların üretilmesinde uyarlama şeklinde tasarımı basit seviyede yapılan ve gösterilen sürdürülebilirlik yaklaşımının yanında firma verileri de tasarımda önemli bir etkendir. Tezin bu aşamasında ise kısaca revit için malzeme ve sistem üreten firmaların hazırladıkları ve modelleyerek tasarımcının kullanımına sundukları birkaç firmadan detay seviyesi ve malzeme örnekleri eklemek doğru olacaktır. Şekil 4.19 Knauf Doküman Merkezi BIM Dosyaları detay örneğinde ve Şekil 4.20 Alucobond Doküman Merkezi, Plus Rainscreen detay örneğinde görülebileceği üzere pek çok firma verisi uygulama detayında akıllı nesneler üreterek kullanıcılara sunmaktadır.



Şekil 4.19 : Knauf Doküman Merkezi BIM Dosyaları (Knauf Teknik, 2020)



Şekil 4.20 : Alucobond Doküman Merkezi, Plus Rainscreen (Alucobond, 2020)

Geleneksel olarak metraja dayalı sürdürülebilirlik stratejileri tasarım sürecinden bağımsız ve daha sonraki bir aşamada hazırlanmaktadır. Bu problem ise projede revizyon yapma imkanını çoğu zaman ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle BIM temelli

revit ve benzer yazılımların sağlağı imkanlar çok değerli ve açıktır. Sağladığı koordinasyon netliği öncelikli olmak üzere sağladığı imkanlarla inşaat endüstrisinin BIM yazılımı ve başlıca destekçisi Revit üzerinden olacağı açıktır. Modelde yer alan akıllı nesnelere yüklenebilecek veri miktarı çok yüksektir, bu verilerle elde edilebilecek ve uyarlanacak familyaların ve kurguların imkanı ise sayısısız olacaktır. İnşaat Endüstrisi için geliştirilecek bir sürüdülebilirlik stratejisini BIM'den bağımsız düşünmek mümkün olmayacaktır.

5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde inşaat endüstrisi kaynaklı yapısal atıklar kontrol edilemez şekilde doğal yaşamın pek çok alanını tehdit eder düzeye gelmiştir. Bu etkileri doğal kaynakların kirlenme düzeyinde, yapısal atık üretimi kaynaklı karbon salınımlarında, tüketilen enerji miktarında, ham madde tüketimininin kontrolsüzce artmasında ve bu durumun neden olduğu ekonomik problemlerde görebilmekteyiz. Bu problemlerin önüne geçebilmek ve verilen tahribatı dengeleyebilmek için ülkeler bireysel düzeyde ya da birlik düzeyinde çeşitli politikalar gelmiştirmektedir. Bu politikaların temelinde ise inşaat endüstrisinin kapalı bir döngüde kalmasına yönelik çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmaları temel olarak kaynak tüketimini en aza indirme, yeniden kullanımı artırma, yenilenebilir ve/veya geri dönüştürülebilir kaynakların kullanımını artırma, doğal çevreyi koruma, enerji korunumunu artırma ve sağlıklı yapılı çevre oluşturma şeklinde basitçe özetleyebiliriz. Bu hedefle yapı kavramını yaşam döngüsü ile ele almak temel yöntemlerden biridir. İnşaat endüstrisi tarafında üretilen yapılar sonsuz varlıklar değildir. Yapılar birbiri ile uyumlu olarak çalışması ve belirli bir performansı sağlaması beklenen çoklu yaşam ömürlerine sahip yapı elemanlarını, bileşenleri ve malzemeleri barındırmaktadır. Çeşitli sebeplerle yapının kendisinin olduğu kadar barındırdığı alt sistemlerin ömürlerinin de sonu gelmektedir. Yapılı ortamda stoklanan yapı malzemelerini ve bileşenlerini doğru değerlendirmek ve bu yapısal parçaların sunduğu fırsatları verimli değerlendirmek en önemli adımlardan biridir. Bu alt sitemlerin her birinin üretimi, onarımı ve özellikle yıkımı sırasında ciddi düzeyde yapısal atık ortaya çıkmaktadır. Bu atık miktarını kontrol altına almak amacıyla Avrupa'da üretilen politikalardan en önemlilerinden biri Atık Yönetim Çerçeve Direktifi ile ortaya konulan temel atık yönetimi hiyerarşidir. Bu hiyerarşik yaklaşıma göre atıkların önem sırasına göre önlenmesi / azaltılması, yeniden kullanımı, geri dönüşümü, diğer geri kazanım yöntemleri ve imha etme olarak bertaraf edilme seçeneği sıralanmıştır. Bu temel yaklaşımın geliştirilmesinin yanında ise kaynak verimliliği artırmak amacıyla geri dönüşüm için tasarım, ekolojik tasarım, yapısal

esneklik için tasarım ve yapısökümü için tasarım gibi pek çok yöntem daha sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla geliştirilmiştir.

Yapısal atık miktarının kontrol edilmesi, azaltılması ve bertaraf edilmesi bütüncül olarak sürdürülebilir bir dünyadan bahsedebilmemiz için önemlidir, bunun yanında ise sürdürülebilir bir ekonomiden bahsedebilmemiz için de en önemli adımlardır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda ekonomik girdiler ve çıktılar da yönetimsel düzeyde teşviklerle ele alınmalıdır. Yeniden kullanıma ve geri dönüşüme ait maliyet analizi çalışmaları, yıkım ve söküme dair işgücü imkanı ve oranı gibi farklı açılardan bütün sektöre bütüncül yaklaşılması gerekmektedir. Günümüde pek AB, İngiltere, Çin, Amerika gibi pek çok birlik ve/veya ülke inşaat endüstrisine sürdürülebilirlik perspektifinde yönetimsel düzeyde önem vermektedir ve detaylı çalışmalar yapmaktadır. Türkiye gibi inşaat endüstrisinin ekonomik kalkınmada önemli yer tuttuğu ülkelerin ise bu konunun yönetimsel olarak ele alınması ve ülkece sorumluluk alarak adım atılması çok önemlidir ve gereklidir.

Türkiye'de inşaat endüstrisi oldukça hızlı bir yapım-yıkım sirkülasyonuna sahiptir. Bu durumun yol açtığı zaman baskısı da geleneksel yıkımın uygulanmasına yol açmaktadır. Türkiye'de yıkıma dair yönetmelikler bulunmasına rağmen uygulama ve denetleme aşamasında çeşitli başarısızlıklar söz konusudur. Yıllık olarak üretilen toplam yapısal atık miktarı bile bilinmemektedir. Öte yandan yıkım işini üstlenen profesyoneller yıkım öncesi, yıkım faaliyeti karşılığında çeşitli yapı elemanlarını ve bileşenlerini sökerek 2. el yapı elemanı ve bileşeni satışında bulunabilmektedir. Fakat tasarımın söküme imkan vermemesi ve bu amaçla tasarlanmamış olması başta olmak üzere, uygulanan söküm faaliyetinin plansızlığı ve satışına kadar geçen sürede depolanmasındaki yetersizlikler nedeniyle bu ürünler hurda düzeyinde kalmaktadır. Toplam geri dönüştürülen ya da satılan yapısal atık miktarı bilinmemektedir. Yapısal atık sorunu Türkiye'de ulusal düzeyde ele alınması gereken bir sorundur ve inşaat endüstrisinin kapalı bir döngüde kalması amacıyla yapılan çalışmalar ulusal düzeyde desteklenmelidir, yasal olarak atlıkları oluşturulmalı ve gerekli yatırımları yapılmalıdır. Bu sürdürülebilirlik stratejilerini desteklemek amacıyla şu an Türkiye'de yetersiz sayıda olan geri dönüşüm tesisleri yaygınlaştırılmalıdır ve geri dönüştürülmüş malzeme ve bileşen kullanımı teşvik edilmelidir. Kentsel ve ulusal düzeyde yapısal atık miktarını kontrol altında tutmak ve miktarını bilmek amacıyla üretilen yapı elemanları tipolojilerinin yaygınlaşması, bunun bir veritabanı olarak biriktirilmesi ve

yeni yapım faaliyetlerinde kullanılmasının verimli olacağı stratejinin önemli bir parçası olduğu düşünülmektedir. Akademik olarak proje paydaşlarının mesleki derslerinde sürdürülebilirlik bilincini artırmak amacıyla çeşitli etkinlikler, eğitimler verilmelidir.

Tezde ele alınmış olan yapısökümü için tasarım; yapının kullanım ömrünü, doğal kaynakları, enerji miktarını daha verimli şekilde yönetmeliyi hedefleyen ve süreç boyunca atık miktarını kontrol altında tutmayı hedefleyen temel bir bakış açısını ifade etmektedir. Bir yapının, bir elemanın çeşitli sebeplerle yaşam ömrünü tamamladığı ve onarım gerektirdiğinde durumlarda farklı ölçeklerde bazen elemanın kendisinin direkt kullanımına bazen bileşenin yeniden kullanımına imkan veren bazen ise malzemenin geri dönüşümünü için sökümüne imkan veren yapının sürdürülebilirlik hedefli tasarımının yöntemidir. Temel amaç yapının çeşitli basamaklarda geri kazanımına imkan verecek şekilde sökülmesinin tasarımıdır. Araştırmalar göstermektedir ki yapının sökümünün verimli olması çevresel olduğu kadar maliyet açısından da avantajlara sahiptir. Hammadde kaynaklarının korunumu, enerji kaybının engellenmesi, malzemelerin geri dönüştürülmesi gibi avantajların yanısıra elemanların ve bileşenlerin yeniden kullanımına yönelik satışı gibi seçenekleri sunması ile de ekonomik olarak avantajlar yaratmaktadır. Geneleksel yıkımdan farkı da bu durumlarda ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, yapı malzemelerinin miktarı ve boyutu, parçaların sökülmesini kolaylaştıran birleştirme yöntemleri ve malzemelerin bileşiminin karmaşıklığı mevcut tasarımla ilgili ortak zorluklardır ve tüm yapım sektörü ile beraber kolektif şekilde gelişime açıktır. Söküme yönelik tasarım ile yapısöküm ilkelerine göre yeni binalar tasarlamak yapısal atık probleminin çözülmesinin önündeki engelleri aşabilir.

Geleneksel yıkım yöntemlerinde stok yapı malzemeleri, bileşenleri ve elemanları çoğunlukla yapısal atığa dönüşmektedir. Basit düzeyde ele alınan birkaç bileşen ve eklenti dışında yapının yıkımından kaynaklı pek çok malzeme ve yapı elemanı düzenli depolama tesislerine gönderilir ya da doğaya kontrolsüzce atılır. Bu faaliyetlerin sonucunda ise doğa tahribatının yanında bu malzemelerin, bileşenlerin ve yapı elemanlarının üretimi için kullanılan doğal kaynaklar, üretim ve nakliye enerjileri boşa harcanmış olur. Ek olarak ise aynı amaçla kullanılacak bir malzemenin tekrar sıfırdan üretiminde tekrar doğal kaynak kullanımı, tekrar üretim ve nakliye enerjisine ihtiyaç duyulur. Yapının sökümüne yönelik tasarımının önemi bu aşamada sürdürülebilirliğe

katkıda bulunarak kaynak verimliliğini üst seviyede ele alır. Söküme uygun tasarım stratejisinin uygulanabilirliği sadece mimarın sorumluluğunda değildir. Diğer proje paydaşları ve malzeme üreticileri de hassas bir şekilde tasarım stratejisini ele almalı ve tezde de bahsedilen, mekanik bağlantı ve kuru birleşim detaylarının çeşitlenmesi ve malzeme boyutlarının standardı gibi pek çok alanda gelişmeye ve sorumluluk almaya açık olmalıdırlar. Üst ölçekte geliştirilen bu yöntemlerin yanında ise tez kapsamında yapım sürecinin merkezinde bulunan mimarın tasarım aşamasında alacağı kararlar ile yapısal atık üretimi miktarının kontrolünün olup olamayacağı ve mimarın sorumluluğu sorgulanmıştır. En çok yapısal atık üretimine sahip aşama olan yıkım ve onarım aşamalarında işini yapan profesyonelin olduğu kadar mimarın da sorumluluğu bulunmaktadır. Yıkım ve onarım aşamasındaki profesyoneller ancak diğer proje paydaşlarının duyarlı oldukları kadar duyarlı olacaklardır. Bu hedefle Türkiye'de uygulanan ve yüksek miktarda yapısal atık üreten ve ürettiği atık miktarının hacmi hala yeterince bilinmeyen inşaat endüstrisinin uyguladığı geleneksel yıkıma karşın alternatif bir strateji geliştirmek amacıyla yapısökümüne yönelik sökülebilir yapı tasarımı araştırılmıştır ve bu strateji üzerinde yapı elemanı düzeyinde sökülebilir yapı elemanı ele alınmıştır.

Yukarıda bahsedilen ihtiyaca cevap olarak üretilen bu tezin amacı yapısökümü başta olmak üzere farklı yapısızlaştırma yöntemlerinin kombinasyonu ile mevcut bir varlığın tamamen sökümü ve/veya seçimi sökümünün planlanması amacıyla yapıda stok halde bulunan elemanların, bileşenlerin ve malzemelerin kalan faydasının ve değerinin en verimli şekilde kullanılmasına yönelik bir tasarım optimizasyonu geliştirmektir. Bu strateji ile bir yapıda biriken stok haldeki yapı elemanı, yapı bileşeni ve malzemesinin yaşam ömürleri ve yaşam ömürleri bittiğinde üreteceği yapısal atık miktarının bilinmesi ve bu bilgi üzerinden de çeşitli geri kazanım stratejilerinin bir model olarak uygulanması hedeflenmektedir. Bu çalışma söküme yönelik tasarım stratejisini açıklamayı anlaşılabilir ve denenebilir düzeyde tutmak amacıyla makul bir katmanlaşma ile basitleştirilmiş durumdadır. Bu nedenle çeşitli yapım sitemleri, çok çeşitli malzemeler ve bileşenleri de kapsayacak şekilde daha detaylı araştırmalara ihtiyaç duymaktadır. Gelecekteki çalışmalarda bir söküm planının oluşturulması hedefi ile yapısöküm faaliyetleri için yönetimsel düzeyde teşvikler, yeniden kullanıma ve geri dönüşüme ait maliyet analizi çalışmaları, yıkım ve söküme dair işgücü oranı gibi farklı açılardan da ele alınması gerekmektedir. Çeşitli yönetmeliklerde yıkım

türleri seçici yıkım ya da söküm gibi alternatiflerle ayrılmış durumda olsa bile uygulamada geçerliliği çok düşük düzeydedir. Söküme uygun yapı elemanı tasarımı stratejinin için hala malzeme, bileşen, eleman düzeyinde araştırılması, detaylandırılması ve geliştirilmesi gereken adımlar bulunmakatadır. Her ne kadar dar bir ölçekte strateji sayısal olarak uygulanmış olsa da inşaat endüstrisi açısından sayısal yöntemler ve bunların etki alanları hala gelişme aşamasındadır ve tez kapsamında hala daha az gelişmiş bir aşama olan sökülebilir tasarım ve planlama parametrelerine dayanmaktadır ve konunun en önemli girdilerinden biri olan ekonomik kriterleri gözardı etmektedir. Bu tez kapsamında geliştirilen stratejinin sayısal olarak uygulanabilirliği sınırlı şekilde kanıtlanmış olsa da pratikte uygulanmasında önemli problemler çıkacaktır. Stratejinin sağlamlığı üretilecek yapının sayısallaştırılma bilgisinin kalitesine ve yapı verilerinin kalitesine bağlıdır. Yapılı çevrenin sayısal ortamda kurgulanması ayrı bir çalışma alanı olmasına rağmen tez kapsamında sürecin uygun araçlardan biri olan BIM üzerinden sayısallaştırılmasının stratejinin verimi açısından en önemli adımlardan biri olduğu görülmektedir. BIM'in araç olarak kullanımı tez çalışmasında basit düzeyde ele alınmıştır. Gelecek çalışmalar için BIM ile söküme uygun yapı tasarımı, uygulanması, işletilmesi, onarımı ve yıkımı gibi yaşam döngüsünün her aşamasında stratejinin uyarlanabilirliği için geliştirilmesi gerekmektedir, bu durum çok açıktır. Sadece BIM değil, pek çok sayısal ortam araçlarının yapısal atığı azaltmaya yönelik geliştirilen stratejileri destekleyecek arayüzlere ve eklere dair araştırmalara dahil olması gerekmektedir.

Son olarak tasarımcılar / mimarlar söküme yönelik tasarım yöntemlerini kullanmaya başladığında ve bu malzemelerin kullanımını tercih etmeye başladığında, talep doğal olarak artacaktır. Bu geniş çapta kabul gören bir protokol haline gelirse daha da yayılacaktır, yeniden kullanım pazarı artacaktır ve pek çok kişiye ilham verecektir. Tasarımcının inşaat endüstrisindeki bu problem karşısında rolü, yapının kullanıcılarının ve diğer paydaşların yapısöküm ve geri dönüşüm konusundaki eğitiminde önemli olacaktır.

KAYNAKLAR

AEC (UK) BIM Protocol. (2012). *Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction Industry.* Birleşik Krallık.

AIA. (2013). *Document G202–2013: Project Building Information Modeling Protocol Form.* American Institute of Architects.

Akanbi , L. A., Oyedele , L. O., Omoteso, K., Bilal, M., Akinade, O. O., Ajayi, A. O., . . . Owolabi , H. A. (2019). Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*.

Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Ajay, S. O., Bilal, M., Alaka, H. A., Owolabi , H. A., & Arawomo, O. O. (2018). Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders'expectations for industry deployment. *Journal of Cleaner Production*, 375-385.

Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Bilal, M., Ajayi, S. O., Owolabi , H. A., Alaka, H. A., & Bello, S. A. (2015). Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS). *Resources, Conservation and Recycling*, 167-176.

Akinade, O., Oyedele, L., Ajayi, S., Bilal, M., Alaka, H., Owolabi, H., & Arawomo, O. (2018). Designing out Construction Waste using BIM Technology: Stakeholders' Expectations for Industry Deployment. *Journal of Cleaner Production* (180). doi:10.1016/j.jclepro.2018.01.022

Akkoyunlu, T. (2015). *Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı.* İstanbul.

Alucobond. (2020). *BIM Objects.* https://www.bimobject.com/en-us/alucobond/product/alucobond-006 adresinden alındı

Augenbroe, G., & Pearce, A. (1998). *Sustainable Construction in the USA: A Perspective to the Year 2010.* Georgia Institute of Techhnoology.

Autodesk. (2019). *Designing and Building Better with BIM*. https://www.autodesk.com/solutions/bim adresinden alındı

Baykal, G., & Aydın, U. (2015). *Profesyoneller için Revit Architecture.* İstanbyl: Abaküs Kitap Yayın.

Brand, S. (1995). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built?* Penguin Books.

Brundtland, G. H. (1987). *Our common future: Report of the World Commission on Environment and Development.* Oxford O.U.P.

Chini, A. R. (2005). *Deconstruction and Materials Reuse: An International Overview.* International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB General Secretariat.

Chini, A., & Bruening, S. (2003). Deconstruction and Materials Reuse in the United States.

Couto, J., & Mendonça, P. (2011). Deconstruction Roles in the Construction and Demolition Waste Management in Portugal - From Design to Site Management.

Craven , D. J., Okraglik , H. M., & Eilenberg, I. M. (1994). *Construction Waste and a New Design Methodology.* Susrainable Construction. Florida: CIB Publication.

Crowther, P. (2000, Ağustos). Building Deconstruction in Australia. *CIB Report: 252 Overview of Deconstruction in Selected Countries*. https://www.iip.kit.edu/downloads/CIBpublication252.pdf adresinden alındı

Crowther, P. (2001). *Developing an Inclusive Model for Design for Deconstruction.* Wellington: CIB Publication.

Crowther, P. (2005). *Design for Disassembly-Themes and Principles* . Environment Design Guide. The Royal Australian Institute of Architects.

ÇŞB. (2004). Yıkım İşlemleri ile Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

DEFRA. (2018). *Digest of Waste and Resource Statistics, Department for Environment Food & Rural Affairs - Digest of Waste and Resource Statistics.* https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/710124/Digest_of_Waste_and_Resource_Statistics_2018.pdf adresinden alındı

Ding, G. (2008). Sustainable Construction—The Role of Environmental Assessment Tools. *Journal of Environmental Management*(86(3)), 451-464. doi:10.1016/j.jenvman.2006.12.025

Diyamandoglu, V., & Fortuna, L. M. (2015). Deconstruction of Wood-Framed Houses: Material Recovery and Environmental Impact. *Resources, Conservation and Recycling*.

Dorsthorst, B., & Kowalczyk, T. (2002). *Design for Recycling.* Proc. of the CIB Task Group 39 - Deconstruction Meeting CIB World Building Congress. Karlsruhe: CIB Publication 272.

Dorsthorst, B., & Kowalczyk, T. (2005). *State of Deconstruction in the Netherlands.* CIB Report 300, Florida.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (2nd Edition b.). John Wiley & Sons.

Elias-Özkan, S. T. (2002). An overview of demolition, recovery, reuse and recycling practices in Turkey. *Design for Deconstruction and Materials* (s. 128-138). içinde Germany: CIB Publication 272.

EPA. (2007). *Construction Waste Management.* U.S. Environmental Protection Agency .

EPA. (2008). *Lifecycle Construction Resource Guide.* Atlanta: U.S. Environmental Protection Agency.

EPA. (2012). *Waste Reduction Model (WARM)*. https://www.epa.gov/warm adresinden alındı

EPA. (2019). *Facts and Figures about Materials, Waste and Recycling*. Construction and Demolition: Material-Specific Data: https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/construction-and-demolition-material-specific adresinden alındı

EU Waste. (2011). 2011/753/EU: Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 2008/98 / EC sayılı Direktifinin 11 (2) Maddesinde belirlenen hedeflere uyumu doğrulamak için kurallar ve hesaplama yöntemleri belirleyen 18 Kasım 2011 tarihli Komisyon Kararı.

European Comission. (2008). *Guidance on Interpretation of Key Provisions of Directive 2008/98/EC on Waste.* European Comission. https://ec.europa.eu/environment/waste/framework/pdf/guidance_doc.pdf adresinden alındı

European Commission. (2005). *Construction and Demolition Waste (C&DW).* https://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm adresinden alındı

European Commission. (2015). *Buildings as Material Banks: Integrating Materials Passports with Reversible Building Design to Optimise Circular Industrial Value Chains.* https://cordis.europa.eu/project/id/642384 adresinden alındı

Eurostat. (2019). Waste Statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation.

Guy, B., & Ciarimboli, N. (2005). *DFD Design for Disassembly in the Built Environment: A Guide to Closed-Loop Design and Building.* Pennyslvania, ABD.

Guy, B., & McLendon, S. (2003). *Building Deconstruction: Reuse and Recycling of Building Materials.* Center for Construction and Environment. Florida: Florida Department of Environmental Protection .

Haagenrud, S., Björkhaug, L., Wix, J., Trinius, W., & Huovila, P. (2008). EU Project STAND-INN Integration of Standards for Sustainable Construction into Business Processes Using BIM/IFC. *ECPPM 2008 eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction* (s. 487-495). içinde

Hobbs, G., & Hurley, J. (2001, Nisan). Deconstruction and the Reuse of Construction Materials. (A. Chini, Dü.) *Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy, CIB Publication 266*, 98-124.

ISO 6707. (2017). *Buildings and civil engineering works — Vocabulary — Part 1: General.*

Kay, T. (2000). *The Salvo Guide.*

Kibert, C. J. (2013). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery.* John Wiley & Sons.

Kibert, C., & Chini, A. (2000). *Overview of deconstruction in selected countries. Innovation inbuilding construction. In: CIB report No. 52. Task group 39: deconstruction.* CIB Report, Rotterdam, The Netherlands.

Kibert, C., Chini, A., & Languell , J. (2001). *Deconstruction is an Esstential Component of Sustainable Construction.* CIB World Building Congress, Wellington. Kasım 2019 tarihinde https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB3122.pdf adresinden alındı

Kieran, S., & Timberlake, J. (2008). *Loblolly House: Elements Of A New Architecture.* New York: Princeton Architectural Press.

Knauf Teknik. (2020). *Doküman Merkezi*. http://www.teknik.knauf.com.tr/tr/teknik-araclar/dokueman-merkezi/index.php?t=0&p=8-2&s=2&q= adresinden alındı

Kohn, E., & Kats, P. (2002). *Building Type Basics for Office Buildings.* New York: Wiley.

Laquatra, J., & Pierce, M. (2011). Waste Management at the Construction Site. *Integrated Waste Management - Volume I*. doi:10.5772/16501

Leitfaden Nachhaltiges Bauen. (2019). *Leitfaden Nachhaltiges Bauen: Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden.* Bundesministerium des Inner für Bau und Heimat.

Macozoma, D. (2001). *Building Deconstruction.* South Africa: CIB publication.

Macozoma, D. (2002). *Understanding The Concept of Flexibility in Design For Deconstruction.* Rotterdam: CIB Publication.

McGraw-Hill Construction. (2014). *The Business Value of BIM for Owners.* McGraw-Hill Construction. http://i2sl.org/elibrary/documents/Business_Value_of_BIM_for_Owners_SMR_(2014).pdf adresinden alındı

McGraw-Hill Construction. (2014). The business value of BIM in Australia and New Zealand: How building information modeling is transforming the design and construction industry. *Smart Market Report.* McGraw Hill Construction. https://download.autodesk.com/temp/pdf/McGraw_Hill_Business_Value_of_BIM_ANZ.pdf adresinden alındı

Metin, B. (2010). Cephe Kaplama Sistemlerinin Uygulama Süreçlerinin Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*.

Morgan, C., & Stevenson, F. (2005). *Design for Deconstruction: SEDA Design Guides for Scotland : No. 1.* İskoçya: SEDA (Scottish Ecological Design Association). https://static1.squarespace.com/static/5978a800bf629a80c569eef0/t/5aa999f7652deaa430532afd/1530223259684/Design+%26+Detailing+for+Deconstruction.pdf adresinden alındı

NIBS. (2015). *National BIM Standard-United States (NBIM-US).* National Institute of Building Science.

Osmani, M., Glass, J., & Price, A. (2008). Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste Management*, 1147-1158.

Peterson, K., & Dorsey, J. (2000). Roadmap for Integrating Sustainable Design into Site-Level Operations. doi:10.2172/965212

Reilly, J. M. (1997). Selection of Green Building Materials. *Yüksek Lisans Tezi*. New York Medical College, ABD.

Schultmann, F., Garbe, E., Seemann, A., & Rentz, O. (2001). *Methodologies and Guidelines for Deconstruction in Germany and France.* CIB Publication 266, University of Karlsruhe. Kasım 2019 tarihinde alındı

Sev, A. (2009). How can the Construction Industry Contribute to Sustainable Development? A Conceptual Framework. *Sustainable Development*(17(3)), 161-173. doi:doi:10.1002/sd.373

Sherman, R. (1998). *Deconstruction: Giving Old Buildings New Lives.* North Carolina USA: Raleigh: N.C. Cooperative Extension Service.

Stein, J. S. (1993). *Construction Glossary An Encyclopedic Reference and Manual* (Second Edition b.). New York, ABD: John Wiley&Sons.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2016). *2016 yılı Türkiye Çevre Durum (ÇED) Raporu.* Ankara. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/tcdr_tr_2015.pdf adresinden alındı

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2018, Aralıkk). İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yapı Tespit Sayıları.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2019, Aralık). *Belediye Atıkları Miktarı ve Bertaraf Miktarı.* https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/belediye-atiklari-miktari-ve-bertaraf-miktari-i-85749 adresinden alındı

TDK. (2019). https://sozluk.gov.tr/ adresinden alındı

Toydemir, N., Gürdal, E., & Tanaçan, L. (2000). *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme.* İstanbul: Literatür Yayıncılık.

TÜİK. (2018). *TÜİK Çevre İstatistikleri - Belediye Atık İstatistikleri.*

U.S. Department of Defense. (2002). *Selection of Methods for the Reduction, Reuse and Recycling of Demolition Waste.* U.S. Department of Defense.

UK Environment Protection. (2008). The Site Waste Management Plans Regulations. İngiltere. http://www.legislation.gov.uk/uksi/2008/314/made adresinden alındı

Webster, M. D. (2007). Structural Design for Adaptability and Deconstruction: A Strategy for Closing the Materials Loop and Increasing Building Value. doi:10.1061/40946(248)27

WRAP. (2009). *Overview of Demolition Waste in the UK.* http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/CRWP-Demolition-Report-2009.pdf adresinden alındı

WRAP. (2009). *Reduce Total Waste - In Design and on Site.* https://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Reduce%20total%20waste%20-%20in%20design%20and%20on%20site.pdf adresinden alındı

YTONG. (2020). *YTONG BIM Objeleri*. https://ytong.com.tr/bim-dosyalari.asp adresinden alındı

ÖZGEÇMİŞ

Ad – Soyad	**:**	Pınar SOYLU
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Ankara, 1989
E-Posta Adresi	**:**	pinarpsoylu@gmail.com
Lisans	**:**	İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Mimarlık