

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE YÖNETİM SÜRECİ
VE KULLANILAN ARAÇLAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Duygu ÇIBUK

Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapım Proje Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sema ERGÖNÜL

HAZİRAN, 2019

**SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE YÖNETİM SÜRECİ
VE KULLANILAN ARAÇLAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Duygu ÇIBUK

Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapım Proje Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sema ERGÖNÜL

HAZİRAN, 2019

DUYGU ÇIBUK tarafından hazırlanan SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE adlı bu tezin
..... tezi olarak uygun olduğunu onaylarım. YÖNETİM SÜRECİ VE KULLANILAN ARAÇLAR


Tez Danışmanı

Bu çalışma, jürimiz tarafından YAPI MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Sema ERGÖNÜL 
Üye : Prof. Dr. Selin Gündes S. Gündes
Üye : DR. Öğr. ÜM. EDA SELÇUK 
Üye : _____
Üye : _____

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak yazılmıştır.

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Adı-Soyadı

İmzası

ÖNSÖZ

Öncelikle engin bilgisi, hoşgörüsü, yönlendirmesi ve yoğun işlerinin arasında bu tez çalışmamda önemli katkıları bulunan Mimarlık Fakültesi Dekanı kıymetli hocam Prof. Dr. Sema ERGÖNÜL'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu çalışmayı tamamlamamda maddi manevi her türlü desteğiyle yanımda olan sevgili eşim Gökcan ÇIBUK'a ve değerli aileme teşekkürü bir borç biliyorum. Aynı zamanda bu süreçte sonsuz sevgi ve şefkatiyle beni hep destekleyen sevgili hocam Prof. Dr. Feride ÖNAL'a ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Duygu ÇIBUK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER.....	xi
KISALTMALAR.....	xiii
TABLO LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
RESİM LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
ABSTRACT.....	xxiii
GİRİŞ.....	1
ÇALIŞMANIN AMACI.....	3
ARAŞTIRMA METODU.....	3
1. SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE YÖNETİMİ.....	4
1.1 Geleneksel Proje Yönetimi.....	4
1.2 Proje Yönetiminde Sürdürülebilirlik.....	8
1.2.1 Sürdürülebilirlik kavramı.....	8
1.2.2 Sürdürülebilirliğin proje yönetimine entegrasyonu.....	10
1.2.3 Sürdürülebilir proje yönetimi yaşam döngüsü.....	14
1.3 Sürdürülebilir Proje Yönetimi Safhaları.....	16
1.3.1 Fizibilite.....	16
1.3.2 Tasarım.....	17
1.3.3 Uygulama.....	17
1.3.4 İşletme/Kullanım.....	18
1.3.5 Yıkım.....	19

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAÇLAR VE YAKLAŞIMLAR.....	20
2.1 Sürdürülebilir Proje Yönetiminde Kullanılan Araçlar	20
2.1.1 Enerji analiz araçları.....	22
2.1.2 Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) araçları.....	26
2.1.3 Yapı bilgi modellemesi tabanlı (YBM/BIM) araçları	28
2.2 Yapım Proje Yönetiminde Sürdürülebilir Yaklaşımlar.....	29
2.2.1 Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD).....	31
2.2.2 Yaşam döngüsü maliyeti (YDM).....	31
2.2.3 Su verimliliği yönetimi	32
2.2.4 Risk yönetimi.....	33
2.2.5 Atık yönetimi	33
3. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE YAKLAŞIMI VE KULLANILAN ARAÇLAR	35
3.1 İnşaat Firmalarıyla Yapılan Görüşmeler.....	35
3.1.1 Altensis.....	35
3.1.2 Sera yapı.....	41
3.1.3 Fehmi kobal design mimarlık (FKDM).....	46
3.1.4 Erke Sürdürülebilir Bina Tasarım ve Danışmanlık	49
3.2 Bölüm Değerlendirmesi.....	53
4. SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE YÖNETİM SÜRECİ VE KULLANILACAK ARAÇLARA İLİŞKİN ÖNERİ.....	58
4.1 Sürdürülebilir Proje Yönetim Süreci.....	58
4.2 Süreçte ele alınan konular.....	60
4.3 Kullanılacak Araçlar	61
5. SONUÇ.....	64
REFERANSLAR.....	66
EK A.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	78

KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineer
BIM	: Building Information Modelling
ESC	: Erozyon ve Sedimentasyon Kontrol Planı
FKDM	: Fehmi Kobal Design Mimarlık
GBS	: Green Building Studio
IES-VE	: Integrated Environmental Solutions-Virtual Environment
PCR	: Product Category Rule
PRÜ	: Piri Reis Üniversitesi
PY	: Proje Yönetimi
SPY	: Sürdürülebilir Proje Yönetimi
YBM	: Yapı Bilgi Modellemesi
YDD	: Yaşam döngüsü değerlendirmesi
YDM	: Yaşam döngüsü maliyeti

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 : Geleneksel proje yönetiminde kullanılan metod, teknik ve araçlar	7
Tablo 1.2 : GPY ve SPY arasındaki farklılıklar.....	10
Tablo 1.3 : Sürdürülebilirliğin projelere ve proje yönetimine entegre edilmesinde kullanılan kontrol listesi.....	13
Tablo 1.4 : Mevcut SPY yaşam döngüsü ve safhaları	14
Tablo 2.1 : Sürdürülebilirlik Kapsamında Kullanılan Araçlar	21
Tablo 2.2 : Sürdürülebilir Proje Süreci Yaklaşımı	29
Tablo 3.1: Proje Yönetimi Sürecinde Uygulanan Sürdürülebilir Yaklaşımlar.....	56
Tablo 3.2: Firmaların kullandıkları araçlar.....	57
Tablo 4.1 Mevcut kullanılan araçlar	62
Tablo 4.2 Sektörde kullanılan araçlar.....	62
Tablo 4.3 Sürdürülebilir proje yönetim süreci ve araçlar.....	63

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Kapsam üçgeni	4
Şekil 1.2 : Proje yaşam döngüsünün dört aşaması	5
Şekil 1.3 : Üçlü-P kavramı.....	9
Şekil 1.4 : Zaman Çizelgesi.....	9
Şekil 2.1 : Tipik bir YDD Süreci.....	31
Şekil 2.2 : YDM'nin kavramsal çerçevesi	32
Şekil 2.3 Atık yönetimi hiyerarşisi	34
Şekil 3.1 LEED Proje yönetim süreci.....	37
Şekil 4.1 Öneri SPY Süreci.....	59

RESİM LİSTESİ

Sayfa

Resim 3.1 : AND Pastel Projesi.....	36
Resim 3.2. Piri Reis Üniversitesi (PRÜ).....	41
Resim 3.3. Allianz Tower	46
Resim 3.4. ERKE Tasarım Ofis Binası.....	50



SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE YÖNETİM SÜRECİ VE KULLANILAN ARAÇLAR

ÖZET

İnşaat sektöründe, kaliteli ve çevreye duyarlı yapıların ortaya çıkmasına yardımcı olabilecek bazı araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüz sürdürülebilir proje yönetim sürecinin yeni bir bakış açısıyla daha verimli bir şekilde yürütülmesi için, binaların sürdürülebilirlik performanslarını ölçmeye yarayan araçların varlığı oldukça önemlidir. Sürdürülebilirlik kavramının proje yönetiminde uygulamaya aktarılmasında büyük ölçüde rol oynayan, simülasyon ve analizlerle sürece katkıda bulunan bu araçların, projelerin başarıya ulaşmasında rolü çok büyüktür. Ancak, inşaat sektöründe yürütülen sürdürülebilir projelere bakıldığında, günümüz bilgi çağının olanaklarının yeterince kullanılmadığı gözlemlenmiştir. Sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda kullanılan ve uygulamalarda ortaya çıkan eksikliklerin, yeterince araştırılmadığı sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada günümüz bilgi çağının olanakları ile birlikte geleneksel proje yönetiminden farklı olarak, sürdürülebilir proje yönetimi yaşam döngüsü süreci ve bu süreçte kullanılacak araçlar değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

Çalışmanın ilk bölümünde, geleneksel proje yönetimi kavramıyla ilgili genel tanımlara yer verilmiş, sürdürülebilirlik kavramı ve proje yönetimi sürecine entegrasyonu ile ilgili çalışmalar incelenmiştir.

İkinci bölümde sürdürülebilir proje yaşam döngüsü süreçlerinde kullanılan araçlar ve yaklaşımlar üzerine geniş bir literatür çalışması yapılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, inşaat sektöründeki sürdürülebilir proje yönetimi süreçlerinde kullanılan araçların analiz edilmesi amacıyla dört inşaat firmasıyla görüşülmüştür. Görüşmeler sonucu elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Dördüncü bölümde, literatür araştırması ve görüşmeler sonucu yapılan değerlendirmelerle birlikte sürdürülebilir proje yönetimi süreci ve kullanılacak araçlar üzerine bir öneri geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Proje Yönetimi, Araçlar, Yaşam döngüsü aşamaları

SUSTAINABLE PROJECT MANAGEMENT PROCESS AND USED TOOLS

ABSTRACT

In the construction sector, there is a need for some tools that can help in the emergence of quality and environmentally sensitive buildings. In order to carry out today's sustainable project management process more efficiently with a new perspective, the existence of tools to measure the sustainability performance of buildings is very important. These tools, which play a major role in the implementation of the concept of sustainability in the project management and contribute to the process by making simulation and analysis, have a great role in the success of the projects. However, when we look at the sustainable projects carried out in the construction sector, it is observed that the opportunities of today's information age are not used sufficiently. It was concluded that the deficiencies that are used in line with the sustainability targets and which arise in the applications are not investigated sufficiently. This study aims to investigate the sustainable project management life cycle process and the tools to be used in contrast to traditional project management with the possibilities of today's information age.

In the first chapter of the study, general definitions related to the traditional project management concept are given and the studies related to the concept of sustainability and its integration into the project management process are examined.

In the second chapter, a large literature study has been conducted on the tools and approaches used in sustainable project life cycle processes.

In the third chapter of the study, four construction firms were interviewed in order to analyze the tools used in the sustainable project management processes in the construction sector. The datas obtained from the interviews were evaluated.

In the fourth chapter, a proposal has been developed on the sustainable project management process and the tools to be used with the literature research and the evaluations made as a result of the interviews.

Keywords: Sustainability, Sustainable Project Management, Tools, Life-cycle phases

GİRİŞ

Tarih boyunca insanların barınma, korunma ve kendilerini geliştirerek yeni medeniyetler kurup bu miraslarını ileriye taşıma kaygısı, inşaat kavramının o dönemlerden günümüze devam eden önemli bir konu olmasını sağlamıştır. Bunun sonucunda kapsamlı ve kompleks bir yapıya sahip olan projeler ve yönetimi oldukça önemli ve kritik hale gelmiştir.

Proje yönetimi, mevcut kaynakların kullanılarak ve hata riskinin en aza indirgenmesiyle, istenilen maliyet, kalite ve sürede başarılı projelerin gerçekleştirilmesini sağlayan bir disiplindir. Barron (2011)'a göre proje yönetimi, planlama, planın faaliyete geçirilmesi, ilerlemelerin takip edilmesi ve performansın ölçülmesine yarayan araçlar bütünüdür. Tipik olarak başlangıç, planlama, yürütme, kontrol ve kapanış süreçlerini içeren proje yönetimi, bütüncül bir çaba olarak tanımlanabilir. Herhangi bir aşamada meydana gelen değişiklik veya hata diğer aşamaları da etkileyebilir (PMBOK Guide, 2013).

Giderek artan ihtiyaçlara ve sorunlara cevap verebilmek adına proje yönetimi disiplini bazı değişimler yaşanmıştır. Bu değişimler projeleri ve bağlantılı olarak da projelerin yürütülme biçimlerini etkilemiştir. Son yıllarda dünyada yaşanan doğal kaynakların bilinçsizce kullanılması, küresel ısınma ve iklim değişikliklerinin yarattığı olumsuz etkiler küresel bir tehdit haline gelmiştir. Meydana gelen ekonomik, sosyal ve teknolojik gelişmeler ve beraberinde getirdiği sorunlar, “sürdürülebilirlik” kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bununla birlikte proje yönetimi disiplininin, sürdürülebilir projelerin gereksinimlerine cevap verecek şekilde değişmesi ve bu yönde gelişmesi gerektiği vurgulanmıştır (Silvius ve diğ., 2012).

Silvius and Schipper (2014), projelerde sürdürülebilirlik kavramının zaman, bütçe ve kalitenin yanısıra ekonomik, sosyal ve çevresel unsurların da yönetilmesi ile başarıya ulaşacağını vurgulamaktadır. Proje yaşam döngüsü boyunca (konsept aşamasından yıkım aşamasına kadar) sürdürülebilirliğin gereklilikleri dikkate

alınmalı ve sürece entegre edilmelidir (Labuschagne and Brent, 2006). Proje yönetimi disiplininde meydana gelen bu yenilikler, projelerin gerçekleştirilmesinde kullanılan araçların da sürdürülebilirliğin gerekliliklerine uygun olarak değişmesine ve evrilmesine sebep olmaktadır.

Shen ve diğ. (2007), inşaat faaliyetlerinin sürdürülebilir kalkınma üzerinde önemli etkilerinin olduğundan ve bir inşaat projesinin yaşam döngüsü boyunca daha iyi sürdürülebilirlik performansı elde etmek adına, çeşitli yönetim, yaklaşım ve araçların kullanılması gerektiğinden bahsetmiştir. Sürdürülebilir projelerdeki sorunların ölçülmesi ve yönetilmesinde yardımcı olan bu araçlar ayrıca, proje yöneticilerinin sürdürülebilirliğin çevresel, sosyal ve ekonomik yönlerini projelerine başarılı bir şekilde entegre etmelerine de yardımcı olmaktadır (Johnson, 2013).

Genel olarak bakıldığında inşaat sektöründe, daha kalite bir çevre oluşturmak ve çevreye duyarlı yapıların ortaya çıkmasına yardımcı olabilecek araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde sürdürülebilir proje yönetimi sürecinin yeni bir bakış açısıyla daha verimli bir şekilde yürütülmesi için bu araçların varlığı oldukça önemlidir. Sürdürülebilirlik kavramının proje yönetiminde uygulamaya aktarılmasında büyük ölçüde rol oynayan ve yardımcı olan bu araçların projelerin başarıya ulaşmasında rolü çok büyüktür. Ancak, yapılan araştırmalar sonucunda günümüz sürdürülebilir inşaat proje yönetiminde kullanılan mevcut araçların sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda ne şekilde fayda sağladıkları ve uygulamalarda ortaya çıkan eksikliklerinin yeterince araştırılmadığı sonucuna varılmaktadır. Bu kapsamda, konuyla ilgili mevcut çalışmaların az sayıda olduğu ve daha çok teorik bağlamda kaldığı tespit edilmiştir.

ÇALIŞMANIN AMACI

Sürdürülebilir proje yönetimi yaşam döngüsü evrelerinde geleneksel proje yönetiminden farklı olarak birçok noktanın dikkate alınması gerekmekte; katılımcı sayısının artması, projenin karmaşık hale gelmesi ve uzmanlık alanlarının çeşitlenmesi ile birlikte bilgi teknolojilerinin öneminin artması, katılımcılar arası eş zamanlı ve bütünsel bir koordinasyon sağlanması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Başarılı bir sürdürülebilir proje yönetiminin sağlanabilmesi noktasında kullanılan mevcut araçlarda bazı değişim ve yenilikler yaşanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, günümüz bilgi çağının olanakları kullanılarak geleneksel proje yönetiminden farklı olarak sürdürülebilir proje yönetimi yaşam döngüsü ve bu süreçte kullanılabilecek araç ve yaklaşımların nasıl ve ne şekilde fayda sağlayacağını araştırmak ve önerilerde bulunmaktır.

Çalışma kapsamında, sektörde sürdürülebilir proje uygulamaları olan 4 firma ile mevcut araçların kullanımına yönelik yüz yüze görüşmeler yapılmış, elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak bu alanda ihtiyaçlar tespit edilmiş ve öneride bulunulmuştur.

ARAŞTIRMA METODU

Araştırmanın amacına ulaşmak için aşağıdaki araştırma yöntemleri uygulanmaktadır;

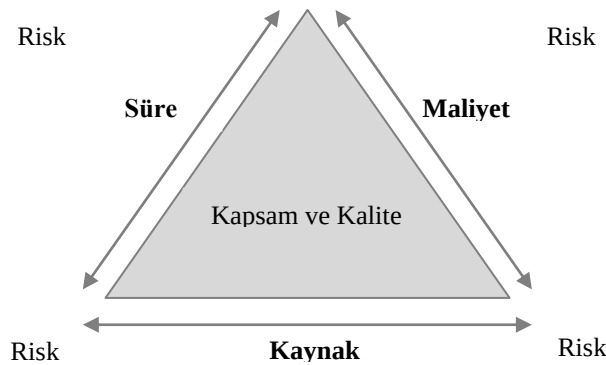
1. Geleneksel proje yönetimi, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir proje yönetimi kavramları üzerine literatür çalışması yapılması,
2. Sürdürülebilir proje yönetimine katkı sağlayacak araçların, kapsamlı bir literatür çalışması yapılarak analiz edilmesi,
3. Türk inşaat sektöründe, sürdürülebilir projelerin yöneticileriyle yapılan görüşmelerde, proje yönetim süreci, kullanılan araçlar, mevcut durum ve yeniliklerle ilgili bilgi edinilmesi,
4. Mevcut durum analizlerinin yapılması ve öneri sunulması.

1. SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE YÖNETİMİ

1.1 Geleneksel Proje Yönetimi (GPY)

Proje yönetimi kavramının tarihin başlangıcından bu yana var olduğunu söylemek mümkündür. Kavramın temelini başlangıcında 19.yüzyılın sonlarında Amerika’da ortaya çıkan büyük ölçekli devlet projelerinin büyük rolü olduğu düşünülmektedir (Barron, 2011). 1910 yılında Henry Gantt tarafından geliştirilen Gantt grafiği ile projelerin iş akış faaliyetlerini gösteren ve günümüzde yaygın olarak kullanılan bir teknik olan çubuk diyagramı proje yönetimi disiplinine dahil edilmiştir. Proje yönetimi döneminin asıl başlangıcı ise 1950’ler olarak kabul edilmiştir. Bu dönemde proje yönetimi disiplininde önemli yeri olan iki çizelgeleme tekniği (PERT ve CPM) geliştirilmiştir (Barron, 2011). 1950’lerden günümüze kadar olan bu süreçte proje yönetimi alanının projelerin daha karmaşık bir hal alması ile daha sistematik olarak ilerlediğini görmekteyiz.

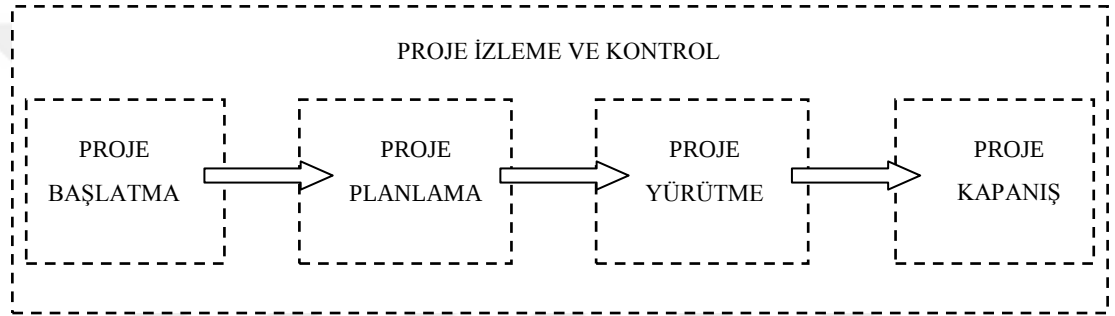
Wysocki (2014), projeleri dengede tutulması gereken dinamik sistemler olarak tanımlamıştır. Şekil 1.1’de de gösterildiği üzere kapsam üçgeni proje başlamadan önce dengede olan bir sistemi temsil etmektedir. Projede meydana gelebilecek olası değişiklikler sistemi dengesiz hale getirebilir. Bu kısıtlamadaki herhangi bir değişiklik, dengenin sağlanması adına diğer kısıtlamalardaki değişikliğe sebep olabilir.



Şekil 1.1 Kapsam üçgeni (Wysocki, 2014).

PMBOK Guide (2013), proje yönetimini en genel tanımı ile “belirli bir projenin gerekliliklerini karşılamak üzere bilgi, birikim, araç ve tekniklerin proje faaliyetlerine uygulanması” olarak tanımlamaktadır. Proje yönetimi, planlanan proje proje planını faaliyete geçirme, ilerlemeleri ve performansı ölçme ve olası değişikliklerin organize edilmesini içeren sistematik bir süreçtir (Barron, 2011).

Projelerin daha kontrollü ve verimli bir şekilde yürütülmesi adına proje yöneticisi ve ekibinin proje faaliyetlerini gerçekleştirmek adına ortak bir hedefi vardır. Projelerin daha sistematik bir şekilde yönetilmesi için bazı dönemlere ayrılması gerekmektedir. Standart bir proje, yaşam döngüsü adı verilen ve dört aşamadan oluşan bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Proje yaşam döngüsünün dört aşaması (Barron, 2011).

Proje yönetimi sürecinin daha etkili ve kontrollü bir şekilde yürütülmesi için Şekil 1.2’de gösterilen proje yaşam döngüsünün her aşamasına gereken önemin verilmesi gerekmektedir. Barron (2011)’a göre başlangıç aşaması, proje hedefleri ve ihtiyaçların belirlenerek başlandığı yaşam döngüsünün ilk aşamasıdır. İlk olarak proje ihtiyacına uygun seçenekler tanımlanır. Her seçeneğin proje amacına hitap edip etmediğinin belirlenmesi için fizibilite çalışmalarına başlanır. Bu çalışmalar sonucunda nihai çözüm önerisi belirlenmiş olur. Böylece proje başlangıcı için onay verilmiş olunur. Turner (2009), projenin başlangıç aşamasında piyasa ve teknik koşulların sınırları dahilinde başarılı olabilmesi için her seçeneğin dikkatle gözden geçirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Başlangıç aşamasında yapılan fizibilite çalışmasının onaylanması ile planlama aşamasına geçilir. PMBOK Guide (2013), planlama aşamasının bir proje için çok önemli olduğunu ve proje ömrü boyunca devam eden bir çaba olduğunu ifade

etmektedir. Planlama aşaması proje yaşam döngüsünün kalbi olarak tanımlanmaktadır. Projenin yürütülmesi ve kapanış süreçlerinde proje ekibine yardımcı olacak nitelikte planlar oluşturulur. Maliyet, zaman, kalite ve risk ile ilgili tahminlerin yapılmasına yardımcı olunur. En önemli hedeflerinden biri projenin zamanında teslim edilmesidir. Planlama aşaması şüphesiz en zorlayıcı aşamadır. Personel, kaynak, ekipman ve tedarik faaliyetlerinin planlamasında rol oynar (Barron, 2011).

Proje yaşam döngüsünün üçüncü aşaması olan yürütme aşaması, proje planlamasının hayata geçirilmesi aşamasıdır. Yürütme aşamasında önemli olan oluşturulan planın takibinin ve kontrolünün yapılıp meydana gelebilecek sorunların çözülmesidir. Turner (2009)'ın belirttiği gibi proje yöneticisinin bu aşamada yapması gerekenler; iş devam ederken ilerlemelerin izlenmesi, kaynakların seçimi, uygulamanın planlaması ve oluşabilecek olası sapmaların nasıl önleneceğine yönelik çözümler üretmektir.

Proje yaşam döngüsünün son aşaması olan kapanış aşamasında, proje ekibinin işin zamanında, başarılı ve verimli bir şekilde tamamlamak için daha çok odaklanması gerekmektedir. Proje kapanmasındaki en önemli faaliyet, proje ile ilgili kayıtların toplanması ve projenin kapanması için gereken bilgilerin yayılmasıdır. Projenin kapanması genel olarak proje yönetiminin en sık ihmal edilen aşamasıdır (Barron, 2011).

Bu bölümde bahsedilen proje döngüsü aşamalarının etkili ve doğru bir şekilde yürütülmesini ve proje hedeflerine ulaşılmasında yardımcı bazı araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Proje yönetimi araçları süreci destekler ve işlerin yürütülmesinde kolaylık sağlar. Bu araçların sorumluluğu büyük oranda projenin başarısından sorumlu olan proje yöneticisindedir (Gonçalves and Wangenheim, 2015).

Tablo 1.1'de geleneksel bir proje yönetimi sürecinde kullanılan metodlar, teknikler ve bunların uygulamaya geçirilmesinde yardımcı yönetim araçları gösterilmektedir (Turner, 2009).

Tablo 1.1: Geleneksel proje yönetiminde kullanılan metod, teknik ve araçlar
(Turner, 2009)'dan uyarlanmıştır.

METOT	TEKNİKLER	ARAÇLAR
Paydaş yönetimi	Paydaş analizi	Paydaşların belirlenmesi
Kapsam yönetimi	Ürün dağılımı İş dağılımı Konfigürasyon yönetimi	Kilometre taşı planları Aktivite programları
Organizasyon yönetimi	Organizasyon dağılımı	Sorumluluk çizelgeleri
Kalite yönetimi	Kalite güvencesi Kalite kontrol Konfigürasyon yönetimi	Kalite planları Yorum ve denetimler Prosedür kılavuzları
Maliyet yönetimi	Maliyet kontrolü Kazanılmış değer	Tahmin teknikleri
Zaman yönetimi	PERT / CPM	Ağ diagramları / çubuk grafikleri
Risk yönetimi	Risk yönetimi	
Fizibilite	Başlangıç çalışmaları	Raporların tanımlanması
Tasarım	Çalışmaların tanımlanması	Proje el kitabı
Yürütme	Baselining	Yapılacaklar listesi
Kontrol	İleriye dönük kontrol	Geri dönüş belgeleri S-eğrileri
Kapanış		Kontrol listeleri

Geleneksel proje yönetiminde kullanılan araçlar günümüz proje yönetimi sürecini daha pratik hale getirmektedir. Ancak, sürdürülebilirlik kavramının proje yönetimine entegre edilmesi noktasında kullanılan araçlarda da birtakım değişiklikler meydana gelmektedir. Çalışmanın devamında, sürdürülebilirlik kavramı ve kavramın proje yönetimine entegrasyonundan detaylı olarak bahsedilecektir. Daha sonra sürdürülebilir proje yönetim süreçleri üzerinden kullanılan araçlar incelenecektir.

1.2 Proje Yönetiminde Sürdürülebilirlik

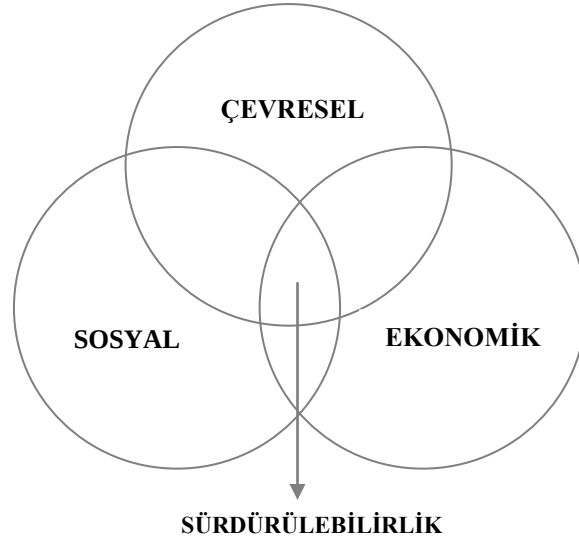
1.2.1 Sürdürülebilirlik kavramı

Sürdürülebilirlik kavramı, mevcut kaynakların etkin ve doğru bir biçimde kullanılması ve tüketimin gelecek nesiller de düşünülerek doğru yönlendirilmesi olarak tanımlanabilir (Brundlant, 1987). Yıllar önce ilk olarak Carson'un 'Silent Spring' (Carson, 1962) isimli kitabında doğal kaynakların fazla kullanımı ve çevre ile ilgili endişelere yer verilmeye başlanmıştır. Daha sonra 1972 yılında ortaya çıkan Club of Rome isimli bir grup bilim adamı ise yayınladıkları "The Limits to Growth" adlı kitapta dünya popülasyonunun ve ekonominin giderek büyümesiyle birlikte doğal kaynakların bu hızla giderse kısa bir süre içerisinde tükeneceğinden bahsetmiştir (Silvius and Schipper, 2010).

Sanayileşmenin sonucunda ortaya çıkan ve doğal kaynakların aşırı tüketilmesine tepki olarak ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı, ekonomik refaha, çevresel korumaya ve sosyal eşitliğe dikkat çekmektedir. Bu üç unsur her koşulda birbirinden ayrı düşünülmemelidir (Silvius and Planko, 2012).

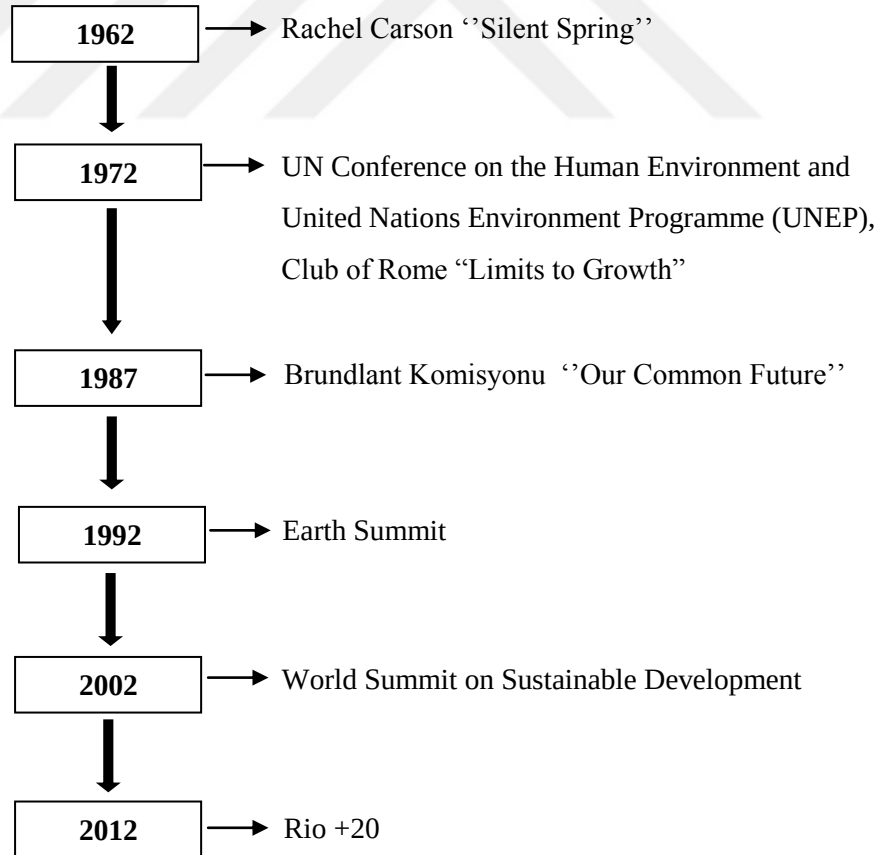
Sürdürülebilirlik ile ilgili endişeler 1987 yılında BM tarafından Brundlant Komisyonu olarak ta bilinen WCED'in kurulmasına neden olmuştur. Bu komisyon sürdürülebilirlik ilkelerinin listelendiği 'Our Common Future' isimli raporu yayınlamıştır. Komisyonun yayınladığı Brundlant Raporu'nda (1987) sürdürülebilirlik kalkınma kavramı, "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeden mevcut ihtiyaçları karşılayan gelişme" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım ayrıca sürdürülebilirliğin kavramsal bir başlangıç noktası olarak ta kabul edilmektedir (WCED, 1987).

Elkington (1997) "Cannibals with Forks" isimli kitabında ise sürdürülebilirlik kavramının sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki denge ve uyumla ilgili olduğundan bahsetmektedir. Bunu da 'Üçlü Bilanço Sistemi' veya 'Triple-P' (People, Planet, Profit) olarak ifade etmiştir. Elkington'a göre şirketler yaptıkları projelerin sadece ekonomik sonuçlarına değil, bunun yanında sosyal ve ekonomik başarılarına da odaklanmalı ve projelerinde bu üç unsuru bir bütün olarak düşünmeleri gerektiğini unutmamalıdır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 The Üçlü-P kavramı (Elkington, 1997).

Sürdürülebilirlik kavramının tarihsel dönüşümüne bakıldığında, sürekli bir gelişim içinde olduğu görülmektedir. Şekil 1.4’te, sürdürülebilirlik kavramının tarihsel gelişim sürecinde yer alan önemli kilometre taşları kronolojik olarak gösterilmektedir.



Şekil 1.4 Zaman çizelgesi (IISD, 2012).

1.2.2 Sürdürülebilirliğin proje yönetimine entegrasyonu

Sürdürülebilirlik kavramı sosyal, ekonomik ve çevresel amaçların gözetilerek; gelecek nesillerin daha iyi ve kaliteli bir yaşam sürmelerini sağlamak için tasarlanmış bir kavramdır. Gelişen teknoloji, küreselleşen ekonomi ve ortaya çıkan yeni gelişmeler inşaat sektöründe her geçen gün daha fazla değişiklik yaşanmasına neden olmaktadır. Silvius and Brink (2011)'e göre son yıllarda sürdürülebilirlik kavramının tanınması ve öneminin artmasıyla birlikte şirketler üzerindeki baskı ve stres durumu büyük oranda artmıştır. Şirketler üstlendikleri projeleri ve ayrıca yürütme biçimlerini de bu yenilikçi çağa uydurmak durumunda kalmışlardır. Sürdürülebilirlik kavramı şirketlerin proje süreçlerinde göz önünde bulundurmaları gereken önemli bir konu haline gelmiştir. Bu noktada teoriden pratiğe nasıl geçilmesi gerektiğini bilmek önemli hale gelmiştir (Daneshpour, 2015).

Şirketlerin bu değişime farklı çözüm yolları üreterek ve yeni yollar deneyerek ayak uydurmaları gerekmektedir. Doğru, etkili ve farklı yöntemleri seçip uygulamak birçok şirket için başarılı olma yolunda büyük rol oynamaktadır. Bu aşamada devreye giren sürdürülebilir proje yönetimi, bu değişikliklerin kontrollü bir şekilde yönetilmesi, yürütülmesi ve etkili olmasına yardımcı olmaktadır (Silvius ve diğ., 2012).

Silvius ve Schipper (2014)'ün ifade ettiği gibi sürdürülebilir proje yönetimi, projelerin hedeflenen sosyal, ekonomik ve çevresel kriterler dikkate alınarak planlamalarının yapılması, izlenmesi ve kontrol edilmesidir. Geleneksel proje yönetimi ile arasında bazı farklılıklar mevcuttur (Tablo 1.2).

Tablo 1.2: GPY and SPY arasındaki farklılıklar (Daneshpour, 2015).

Geleneksel Proje Yönetimi (GPY)	Sürdürülebilir Proje Yönetimi (SPY)
Kısa vadeli sonuçlar	Uzun vadeli sonuçlar
Paydaşların yararına yönelik	Şimdiki ve gelecek nesillerin yararına yönelik
Teslim odaklı	Yaşam döngüsü odaklı
Kapsam, zaman ve bütçe	İnsan, dünya ve kazanç
Basite indirgenmiş	Kompleks

Silvius and Schipper (2012), sürdürülebilirlik kavramının proje yönetimine uygulanmasında yol gösterici olabilecek altı temel ilkeyi kısaca şu şekilde özetlemektedir;

- Geleneksel proje yönetiminin odaklandığı zaman, maliyet ve kapsam unsurlarına ek olarak; sosyal, ekonomik ve çevresel unsurların birbirleri arasındaki uyumla ilgilidir.
- Kısa vadeli sonuçlardan uzun vadeli sonuçlara odaklanır.
- Yerel ve küresel yönelim ile ilgilidir. Şirketler ile birlikte proje yönetimi de küreselleşmelidir.
- Doğal sermayenin sağlam kalmasını işaret eder. Şirketler, ekonomik sermayenin yanında sosyal ve çevresel sermayeleri de yönetmelidir.
- Şeffaflık ve hesap verilebilirlik ile ilgilidir. Şirketler verdikleri kararların sonuçları ile ilgili tüm paydaşlara düzenli bilgi vermelidir.
- Kişisel değerler ve etik kavramını savunur.

İyi planlanmış bir inşaat doğal çevreye her zaman saygılıdır ve bütün yaşam döngüsünde çevreyi gözardı etmeyen uygulamaları barındırır. Başarılı bir sürdürülebilir proje için geri dönüşümlü malzemelerin daha fazla kullanılması ve enerji kullanımının azaltılması çok önemlidir. Projeler, oluşturulmuş yapı bir çevre olarak tanımlanabilir. Bunun sonucunda da tasarım, yapım, arazi planlaması ve organizasyonu, malzeme seçimi, atık yönetimi vb. birçok alanda sürdürülebilirlik kriterlerini sağlamayı gerektirir (Atombo ve diğ., 2015).

Miyatake (1996), sürdürülebilir bir inşaatın başarılı olmasını geri dönüştürülmüş ve yenilenebilen kaynakların kullanımındaki artışa, enerji ve diğer doğal kaynakların kullanımındaki azalmaya bağlamaktadır. Kilbert (2013) ise, başarılı bir tasarım ve yapım sürecinin her aşamasında kullanılabilmesi için yedi adet sürdürülebilir inşaat prensibi belirtmektedir;

- Kaynak tüketiminin azaltılması
- Kaynakların tekrar kullanımı

- Geri dönüştürülebilir kaynakların kullanılması
- Doğanın korunması
- Toksik maddelerin giderilmesi
- Yaşam döngüsü maliyetinin uygulanması
- Kaliteye odaklanması

Sürdürülebilir inşaat, aynı zamanda yukarıda bahsedilen bu prensiplerin binanın tüm yaşam döngüsü boyunca dikkate alınması ile gerçekleşmektedir. Sürdürülebilir proje yönetimi ise sürecin doğru teknik ve araçlar ile birlikte belirlenen kriterleri sağlamak üzere yürütülmesidir.

Gelecekte sürdürülebilir projelerin daha başarılı bir şekilde yürütülmesi için, üçlü kısıtlamanın (maliyet, zaman ve kalite) yanında ayrıca sürdürülebilirlik unsurlarının da (ekonomik, sosyal ve çevresel) entegre edilmesi gerektiğinden bahsedilmiştir. Bu unsurların projelerdeki değerlendirmesinde kullanılabilecek bir kontrol listesi Tablo 1.3'te gösterilmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramının proje yönetimine entegre edilmesinin ekonomik, sosyal ve çevresel olarak sağladığı faydaları şu şekilde özetleyebiliriz;

- Çevresel bağlamda; hava ve su kalitesinin iyileştirilmesi, enerji ve su tüketiminin en aza indirilmesi, doğal kaynakların korunması vb.
- Ekonomik bağlamda; işletim ve bakım maliyetlerinin azaltılması, enerji ve malzeme verimliliğinden dolayı azalan maliyetler vb.
- Sosyal bağlamda ise; kullanıcılara kaliteli ve sağlıklı bir ortam sağlanması vb. (Atombo et al., 2015)

Tablo 1.3: Sürdürülebilirliğin projelere ve proje yönetimine entegre edilmesinde kullanılan kontrol listesi (Silvius, 2010).

Ekonomik Sürdürülebilirlik	Yatırım getirisi	• Doğrudan finansal faydalar • Net bugünkü değer
	İş çevikliği	• Esneklik • Artan iş esnekliği
Çevresel Sürdürülebilirlik	Ulaşım	• Yerel tedarik • Dijital iletişim • Seyahat • Nakliye
	Enerji	• Enerji kullanımı • Emisyon
	Atık	• Geri dönüşüm • Bertaraf
	Malzeme ve Kaynaklar	• Yeniden kullanılabilirlik • Atık
Sosyal Sürdürülebilirlik	İşgücü	• Hizmet • İş sağlığı ve Güvenliği • Eğitim
	İnsan Hakları	• Eşitlik • Örgütlenme özgürlüğü
	Toplum ve Müşteriler	• Müşteri sağlığı ve güvenliği • Kamu politikası
	Etik Davranış	• Yatırım ve tedarik uygulamaları

1.2.3 Sürdürülebilir proje yönetimi yaşam döngüsü

1960'lı yıllardan itibaren geleneksel proje yönetiminde büyük değişimler yaşanmıştır (Labuschagne and Brent, 2006). Son yıllarda sürdürülebilirlik kavramının da devreye girmesiyle birlikte projelerin yürütülme biçimlerinde bazı farklılıklar meydana gelmiştir. Bununla birlikte proje sürecini oluşturan safhaların da sürdürülebilirlik kavramının etkisiyle değişime uğraması gerektiği ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Tablo 1.4'te farklı araştırmacılar tarafından önerilen sürdürülebilir proje yönetimi (SPY) yaşam döngüsü safhaları listelenmiştir.

Tablo 1.4: Mevcut SPY yaşam döngüsü ve safhaları.

(Kibert, 1994)	(Bendapudi and Gupta, 2014)	(Bragança ve diğ., 2014)	(Mills et al., 2009)
1. Planlama 2. Geliştirme 3. Tasarım 4. Uygulama 5. Kullanım ve İşletme 6. Bakım 7. Modifikasyon 8. Yıkım	1. Proje Fizibilite Değerlendirmesi 2. Nihai Yer Seçimi 3. Bütçe ve İş Programının Hazırlanması 4. Uygulama ve Taahhüt 5. Uygulama 6. Kontrol	1. Kavramsal Çalışma 2. Ön Tasarım 3. Tasarım 4. İhale 5. Uygulama 6. Kullanım	1. Hazırlık 2. Tasarım 3. Ön Uygulama 4. Uygulama 5. Kullanım
(Zulkiffli and Latiffi, 2018)	(Wang et al., 2013)	(Robichaud and Anantatmula, 2011)	(Ergönül and Gündes, 2011)
1. Tasarım 2. Uygulama 3. İşletme ve Bakım 4. Yenileme 5. Yıkım	1. İhale 2. Tasarım 3. Uygulama 4. İşletme	1. Fizibilite 2. Tasarım 3. Uygulama 4. Kapanış	1. Fizibilite 2. Tasarım 3. Uygulama 4. İşletme 5. Yıkım
(Yudelson, 2009)	(Liescheidt, 2012)		
1. Ön tasarım 2. Kavramsal ve Şematik Tasarım 3. İnşaat Belgeleri 4. Uygulama 5. Kullanım ve İşletme	1. Ön tasarım 2. Arazi Tasarımı 3. Bina Tasarımı 4. Uygulama 5. İşletme ve Bakım		

Bendapudi ve Gupta (2014), çalışmasında süreci altı aşamada gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Proje fizibilite çalışması yapılarak başlanan süreç, arazinin nihai seçimi, bütçe ve iş programının planlanması, sözleşme yönetimi, uygulama ve kontrol aşaması ile birlikte sonlanmaktadır.

Sürdürülebilir binaların yönetilmesinde tasarımın inşaat aşamasına entegre edilmesi ve uygun işletme aşamasına geçilmesinin sağlanması çok önemlidir. Geleneksel proje yönetim sürecinden farklı olarak her bir aşamada görev alan tarafların koordineli olarak çalışması gerekmektedir. Wang ve diğ. (2013)'e göre, entegre yönetimin ihale, tasarım, inşaat ve işletme aşamalarının bütününde sağlanması proje başarısı açısından önemlidir. Sürdürülebilir inşaat ömrü ekonomik, sosyal ve çevresel unsurlar dikkate alınarak gerçekleştirilen inşaat hizmetleri sürecidir. Zulkifli ve Latiffi (2018) yaptığı çalışmada, bu sürecin tasarım, inşaat, işletme-bakım, yenileme ve yıkım aşamalarından oluşması; bunların yanısıra enerji, malzeme, saha yönetimi, iç ortam kalitesi konularının dikkate alınması gerektiğini belirtmektedir. Sürdürülebilir proje yönetimi süreci için oluşturulan prensiplere zaman ve kaynak boyutlarının da eklenmesiyle yeni bir model öneren Kilbert (1994), kaynak verimliliği ve çevresel zararın önlenmesini hedeflemiştir. Sürdürülebilir proje yönetim sürecinin ise sekiz aşamadan oluşması gerektiğinden bahsetmiştir. Robichaud and Anantatmula (2011)'in önerdiği çalışmada süreç; fizibilite çalışmaları ile başlayıp tasarım ve uygulama aşamaları ve son olarak ta kapanış aşaması ile sonlanmaktadır.

Mills ve diğ. (2009), sürdürülebilir proje yönetimi yaklaşımına farklı bir şekilde yaklaşmıştır. Süreci; ihale vb. hazırlık işlerini ve inşaat öncesi uygulamaları içeren tasarım evresi ve mobilizasyon gibi işleri içeren inşaat aşaması olarak ikiye ayırmıştır. Ergönül ve Gündeş (2011)'e göre ise yönetim süreci fizibilite, tasarım, inşaat, işletme ve yıkım aşamalarından oluşmaktadır.

Tablo 1.4'ten de anlaşıldığı üzere sürdürülebilirlik kavramının proje yönetimine entegre edilmesiyle birlikte olması gereken sürecin farklı çalışmalarda farklı şekillerde ele alındığı görülmektedir. Sürdürülebilir bir inşaat projesinin yönetimi süreci olarak fizibilite, tasarım, uygulama, işletme/kullanım ve yıkım aşamaları kabul edilip çalışmanın kapsamında bu aşamalar referans alınarak devam edilecektir.

1.3 Sürdürülebilir Proje Yönetimi Safhaları

Bu bölümde, çalışma kapsamında referans alınan beş sürdürülebilir proje yönetimi (SPY) yaşam döngüsü safhası detaylı olarak anlatılacaktır.

1.3.1 Fizibilite

Sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için proje sürecinin erken safhasında çevresel, sosyal ve ekonomik etkiler dikkate alınarak birtakım çalışmalar yapılmaktadır. Fizibilite çalışmalarının gerçekleştirildiği bu safhada alınan doğru kararlar projenin sürdürülebilir olmasında oldukça etkili olmaktadır.

Patel ve Fortuna (2006), fizibilite aşamasının iki nedenden dolayı önemli olduğunu belirtmektedir; bunlardan ilki projenin sürdürülebilir olup olmadığını anlamak için yapılan çerçeve çalışması, ikincisi ise farklı kriterlerin değerlendirilebileceği bir sistem kurulmasıdır. Corrie (1991) fizibilite kavramını, bir projenin finansal, risk, sosyal ve çevresel konular açısından değerlendirmesi olarak tanımlamaktadır.

Fizibilite çalışması, bir inşaat projesine başlarken ilk aşamada giriş niteliğinde yapılan çalışmalar bütünüdür. İlk amacı gerçekleştirilecek olan projenin makul olup olmadığına karar vermektir. Bir diğer amacı ise proje için olası alternatiflerin belirlenmesini sağlamaktır. Fizibilite çalışmasının etkinliği ne kadar iyiye projenin başarısı da bir o kadar iyi olacaktır (Heralova, 2017).

Sangree (2012) ise daha detaylı olarak fizibilite çalışmalarının ana bileşenlerini şu şekilde tanımlamaktadır;

- Alan, demografik ve komşuluk analizlerinin gerçekleştirilmesi. Bu analizler yerel ekonominin değerlendirilmesine katkı sağlayacak olup, yeşil bina projeleri için önerilen kalkınma performansını etkilemektedir.
- Şantiye alanının gözden geçirilmesi. Bu analizler şantiye alanına dair su, kanalizasyon vb. unsurların büyüklüğünü, ulaşılabilirliğini, topografik özelliklerini ve kullanılabilirliklerini değerlendirmektedir.
- Yeşil projelere duyulan ihtiyaç ve talep doğrultusunda kapsamlı bir pazar analizinin yapılması. Elde edilen veriler tasarım faktörünü, sürdürülebilirlik ortamını ve proje maliyetini büyük ölçüde etkilemektedir.

- Tasarım konsepti önerilerinin ve fiyatlandırma analizlerinin yapılması. Bu analizler yeşil bina projelerinde önerilen kalkınmaya katkı sağlamaktadır.
- Finansal analizlerin yapılması. Finansal konular projenin en başından itibaren bütün olası seçenekleri etkilemektedir. Bu analizler yeşil bina projesinin kapasitesini büyük oranda etkilemekte olup, ileriki zamanlarda önerilen gelişme için finansal projeksiyonlar yapmaktadır.
- Değerleme analizlerinin yapılması.

1.3.2 Tasarım

Sürdürülebilir tasarım aşaması, geleneksel bir tasarım aşamasından daha fazla karmaşık ve kapsamlıdır. Tasarım aşaması oldukça önemlidir; çünkü bu aşamada alınan kararların çoğu kullanım aşamasında binanın performansını etkilemektedir.

Bu aşamada tasarım ekibi ile müşteri arasındaki iletişim, proje konseptinin geliştirilmesi için önemlidir. Proje iş programının yapılması, proje ile alakalı gereksinimlerin ve kısıtlamaların tanımlanmasına yardımcı olmaktadır. Bu aşamada arazi bilgisi tüm yönleri ile araştırılmış olmalıdır. Bina kullanımı, ısıtma, soğutma, enerji, aydınlatma, su, atık ve malzeme seçimi proje tasarlanırken düşünülmesi gereken önemli konulardan birkaçıdır. Ayrıca satın alma yönteminin seçimi, detaylı proje maliyeti de tasarım aşamasında ele alınmaktadır (Bragança ve Andrade, 2014). Tasarım aşamasında oluşturulan çözümlerinin uygunluğunun ve performansının kontrolünün sağlanması için çeşitli simülasyon ve analiz araçları kullanılmaktadır.

Özetleyecek olursak; etkin brifing süreci, tasarım ekibinin konu ile alakalı bilgilendirilmesi, yaşam boyu maliyet yöntemlerinin kullanılması, kaynak planlaması ve tasarımın kullanım aşaması dikkate alınarak tasarlanması işleri, tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken önemli konulardır (Ergönül ve Gündeş, 2011).

1.3.3 Uygulama

Bir proje yaşam döngüsünün inşaat aşaması, binanın sürdürülebilir şekilde teslim edilmesinin sağlanmasındaki en kritik aşamalardan birisidir. Yeşil bir binanın inşaat aşaması sürdürülebilirlik uygulamalarını içermek zorundadır. İnşaat aşamasının alt bileşenleri şu şekilde tanımlanmaktadır (Delnavaz, 2012);

- Atık yönetimi uygulamalarının yapılması. Pitt ve diğ. (2009), inşaat atıklarının azaltılmasının ancak imha ve diğer vergiler ile alakalı maliyetlerin artırılması ile mümkün olacağını vurgulamaktadır. Ayrıca atık yönetimi stratejilerinin uygulanması ve tüm aktörlerin bu sürece dahil edilerek sorumlulukların belirlenmesi de önemli olmaktadır. İyi bir atık yönetim programıyla atıkların çevreye zarar vermeden gruplandırılması gerekmektedir.
- Enerji kullanımının optimize edilmesi. İnşaat uygulamaları sırasında enerji kullanımı oldukça kritik konulardan bir tanesidir. Enerji kullanımının en aza indirgenmesiyle yeşil yapının bir parçası olunabilir.
- Suyun kullanımı. İnşaat uygulamaları sırasında su kullanımını azaltabilecek nitelikteki teknolojiler kullanılmaktadır.
- Geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir malzemelerin kullanımı.
- Maliyet yönetiminin uygulanması. Çevresel hasarın ve riskin azaltılmasının yanısıra insangücünü koruyan ve toplam maliyeti azaltan bina metodlarının seçimi ile maliyet yönetimi istenilen şekilde yapılabilmektedir (Hills ve diğ., 2008).
- İş sağlığı ve güvenliği yönetiminin uygulanması. İnşaat uygulamalarında sağlık ve güvenlik tehlikelerinin en aza indirgenmesi çok önemli olmaktadır.
- İnşaat ekibinin eğitiminin yapılması. Robichaud ve diğ. (2011), saha ekibinin bilgilendirilmesi ve eğitim almasının projenin sürdürülebilirlik gerekliliklerini sağlaması açısından önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Bu aşamada ayrıca proje yöneticisinin planlamada meydana gelen değişikliklerin revize edilmesinde, süre ve maliyet kontrolünde, oluşabilecek risklerin raporlanmasında büyük ölçüde rolü vardır (Montes, 2017).

1.3.4 İşletme/Kullanım

Geleneksel proje yönetiminden farklı olarak dikkat çeken en önemli aşama kullanım aşamasıdır. Binanın yapım sonrasında planlanan şekilde fayda sağlayabilmesi çok önemlidir. Kullanım, bina sahiplerinin ve kiracıların binayı kullanması ve işletmesi anlamına gelmektedir.

Kullanım aşamasında binanın performans raporlaması, periyodik olarak değerlendirilmesi, kullanıcıların konu ile alakalı bilgilendirilmesi vb. konular öne çıkmaktadır (Ergönül ve Gündeş, 2011). Binanın kullanım aşamasında ağırlıklı olarak belge ve teknik inceleme yapılmaktadır (Guo ve diğ., 2012).

1.3.5 Yıkım

Yıkım aşaması sürdürülebilir proje yönetimi yaşam döngüsünde yer alan en önemli aşamalardan birisidir. Bu aşamada, ortaya çıkan atıkların yeniden kullanımı ve geri dönüşümlerinin sağlanması önemli olmaktadır (Enshassi ve diğ., 2016). Yeniden kullanım, atıkların herhangi bir işleme tabi tutulmadan aynı döngü içerisinde tekrar kullanılması olarak düşünülebilir. Geri dönüşüm ise, atıkların bazı fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçirilerek hammaddeye dönüştürülmesi ve yeniden üretime dahil edilmesidir (Roslan ve Hamid, 2016).

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAÇLAR VE YAKLAŞIMLAR

2.1 Sürdürülebilir Proje Yönetiminde Kullanılan Araçlar

Çevreye saygılı ve sürdürülebilirlik kriterlerine uygun inşaat projelerinin yönetim sürecinde birtakım araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araçlar, proje yaşam döngüsü boyunca bina tasarımından, analizlere ve raporlamalara kadar olan süreçlerde rol oynamaktadır.

Sürdürülebilir tasarım gerçekleştirmek için, tasarım sürecinin başından itibaren bazı analizlerin ve performans değerlendirmelerinin yapılması gerekmektedir. Alınan kararların doğru bir şekilde uygulanması, analizlerin yapılması ve performanslarının değerlendirilebilmesi için bazı modelleme ve analiz araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Sürdürülebilir proje yönetim süreci içerisinde bu araçlar, olası olumsuz durumlarla karşılaşmamak için çeşitli analiz ve simülasyonlar üreterek katkıda bulunmaktadırlar (Harputlugil, 2011). Sürdürülebilirlik kriterlerini planlamak, uygulamak ve değerlendirmek için kullanılan bu araçlar;

- Enerji verimliliği,
- Su verimliliği,
- Doğal havalandırma,
- Gün ışığı,
- Karbon emisyonu hesaplaması vb. konularda gerçekleştirdikleri analiz ve simülasyonlarla sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesine katkıda bulunmaktadırlar.

Tablo 2.1’de, mevcut sürdürülebilir araç kullanımıyla ilgili araştırmalar yapan 12 farklı araştırmacının önerdiği araçlar listelenmektedir.

Tablo 2.1 Sürdürülebilirlik Kapsamında Kullanılan Araçlar.

MEVCUT ARAÇLAR	(Khasreen ve diğ., 2009)	(Persson, 2009)	(Sousa, 2012)	(Jarić ve diğ., 2013)
	*ATHENA *BEE *BEES *Boustead *Eco-it *EcoQuantum *ENVEST *GABI *LCAiT *LISA *SimaPro *Umberto	*ATHENA *Build-It *BEAT 2000 *Escale *LCA House *EcoQuantum *EcoEffect *ENVEST *NABERS *GABI	*EnergyPlus *ESP-r *IDA ICE *IES-VE *TRNSYS	*EnergyPlus *IDA ICE *IES-VE *TRNSYS *Eco Designer *Green Building Studio *Ecotect *Revit
	(Wu ve diğ., 2016)	(Lu ve diğ., 2017)	(Mahmud ve diğ., 2018)	(Raoufi ve diğ., 2019)
	*ATHENA *EcoEffect *Eco-Quantum *ENVEST *EQUER	*Green Building Studio *Bentley Hevacomp *IES-VE *Design Builder *EnergyPlus *AECOSim *HEED *eQUEST *DOE2 *TRNSYS	*Dia Lux *eQUEST *EnergyPlus *Energy-10 *Open Studio *Design Builder	*GABI *SimaPro *OpenLCA *Eco Audit *SolidWorks Sustainability
	(Carvalho ve diğ., 2019)	(Ansah ve diğ., 2019)	(Alwisy ve diğ., 2019)	(Sandanayake ve diğ., 2019)
	*Revit *SimaPro *ATHENA Impact Estimator *GABI *Green Building Studio (GBS) *Vico *IES-VE *Design Builder *DAYSIM *RADIANCE *EASE *TRNSYS	*AECOSim *ArchiCAD *Green Building Studio *Revit *Hevacomp *Design Builder *DOE2 *eQuest *EnergyPlus *Navisworks *One Click LCA	*EnergyPlus *TRNSYS *DOE-2 *ESP-r *eQuest *ENVEST	*SimaPro *ATHENA *GABI *BEES *LCAiT *ENVEST

Literatür çalışması sonucunda (Tablo 2.1) tespit edilen mevcut sürdürülebilir araçlardan en çok tercih edilenlere bu bölümde daha detaylı olarak yer verilecektir. Daha iyi anlaşılır olmaları açısından seçilen bu araçlar, işlevleri açısından üç başlık altında toplanmıştır;

- Enerji analiz araçları
- Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) araçları
- Yapı bilgi modellemesi tabanlı (YBM/BIM) araçları

2.1.1 Enerji analiz araçları

Enerji analiz araçlarının en büyük hedefi, enerji analiz ve hesaplamalarını yaparak bina enerji maliyetlerin düşürülmesini sağlamaktır (Sousa, 2012). Bu araçlar binanın enerji, gün ışığı, aydınlatma vb. parametrelerinin simulasyonlarının gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır. EnergyPlus, DesignBuilder, Green Building Studio (GBS), DOE-2, TRNSYS, Ecotect, IES-VE (Integrated Environmental Solutions-Virtual Environment) ve Equest, Tablo 2.1’den çıkan sonuca göre en çok kullanılan enerji analiz araçlarındandır.

- **Energy Plus**

EnergyPlus, en çok kullanılan ve bilinen enerji ve termal yük analizi yapan bir simülasyon aracıdır. Entegre bir yaklaşıma sahiptir ve daha çok tasarım aşamasının ilk evresine yönelik çalışmalar yapar. Energy Plus, CAD programlarıyla arasında girdi-çıkı alımına imkan verir. Isı dengesi hesaplamaları yapar. (Jarić ve diğ., 2013). Genel olarak, bina sistemlerinin enerji, su, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma modellerinin oluşturulmasını gerçekleştirir (Sousa, 2012).

Energy Plus programının en önemli hedefi, iyi tasarlanmış bir modüler yapı oluşturarak diğer programlara bazı özellik ve bağlantıların eklenmesini sağlamaktır (ASHRAE Journal, 2000).

Kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir;

*Enerji modellemesi, karbon emisyonu hesaplaması, gün ışığı analizleri, su verimliliği hesaplamaları vb. (Lu ve diğ., 2017).

- **DesignBuilder**

DesignBuilder, yapı tasarımlarının enerji modellemesi ve optimizasyonlarını gerçekleştiren EnergyPlus tabanlı bir analiz aracıdır. Tasarım alternatiflerinin hızlı bir şekilde performans olarak karşılaştırmasını yapar. Ayrıca bina enerji maliyetinin hesaplamasında da kullanılır. DesignBuilder, ısıtma-soğutma sistemlerinin analizi ve bina cephelerinin simülasyonunda EnergyPlus ile birlikte çalışır (Mahmud ve diğ., 2018).

DesignBuilder'in en önemli özelliği, sonradan yapılan bir değişikliğin genel performans üzerinde ne gibi etkiler yarattığının araştırılmasını sağlamaktır.

Kullanım alanları özetle şu şekilde sıralanabilir;

*Enerji modellemesi ve optimizasyonu, karbon emisyonu hesaplaması, doğal havalandırma hesaplamaları, gün ışığı analizleri, ekonomik analizler vb. (Lu ve diğ., 2017).

- **Green Building Studio (GBS)**

GBS, bütün binanın enerji, karbon ayakizi hesaplaması ve daha birçok konuda analizler yapılmasını sağlayan ve binanın kaynak tüketiminin nasıl olacağını ve bütün bunları raporlamalarla gerçekleştiren web tabanlı bir araçtır. Ayrıca mühendisler ve mimarlar gibi farklı disiplinlerin sisteme eş zamanlı müdahale etmelerini sağlar (Lu ve diğ., 2017). Dosyaların tasarım döngüsünün başlarından itibaren disiplinler arasında paylaşılarak daha verimli ve düşük maliyetli bir tasarım oluşturulmasını sağlar.

Green Building Studio, CAD programlarıyla arasında girdi-çıkı alımına imkan verir. Isı dengesi hesaplamalarını yapar. Tahminleri, tablo veya raporlar halinde kullanıcıya sağlar (Jarić ve diğ., 2013). GBS ayrıca, enerji analizlerinde önemli bir girdi olan hava durumu verilerini almak için Google Maps uygulamasını sistemine dahil eder (Le, 2014).

Kullanım alanları özetle şu şekilde sıralanabilir;

*Enerji analizleri, karbon emisyon hesaplaması, doğal havalandırma, gün ışığı analizleri, su verimliliği, rüzgar enerjisi analizleri vb. (Lu ve diğ., 2017).

- **DOE-2**

DOE-2, binanın enerji kullanımının tasarımı gerçekleştiren, havalandırma simülasyonları yapan, herkes tarafından kolayca anlaşılır özellikte bir araçtır. Enerji kullanımı ve maliyet tahminleri yapar. (Curtis ve diğ., 1984). Ayrıca enerji kullanımı ve maliyetlerin raporlanmasını sağlar. DOE2, kullanıcılar tarafından oluşturulan bina yerleşimi, yapılar, iklimlendirme sistemleri vb. girdileri hava durumu verileriyle birlikte kullanarak binanın saatlik simülasyonunu gerçekleştirir ve maliyet tahmini yapar.

Kullanım alanları özetle şu şekilde sıralanabilir;

*Enerji analizleri, doğal havalandırma, gün ışığı analizleri vb. (Lu ve diğ., 2017).

- **TRNSYS**

1970'lerde ortaya çıkan TRNSYS, enerji, doğal havalandırma, gün ışığı, elektrik sistem ve ekipmanları analiz eden, binanın bütün sistem performansını farklı bileşenlere bölerek simülasyonunun sağlayan bir araçtır (Jarić ve diğ., 2013). TRNSYS, ısı dengesi hesaplamalarında kullanılır. Programın en büyük kısıtlayıcı özelliği, CAD yazılımıyla bağlantı kuramamasıdır (Sousa, 2012). TRNSYS, gerçek senaryolara dayanarak enerji sistemlerini temsil eden ve kullanıcı isteklerine göre çıktılar alan bir simülasyon programıdır (Murray ve diğ., 2009).

Kullanım alanları özetle şu şekilde sıralanabilir;

*Enerji analizleri, doğal havalandırma, gün ışığı analizleri vb. (Lu ve diğ., 2017).

- **Ecotect**

Ecotect, diğer araçların aksine en baştan bir analiz modeli oluşturur ve tasarım aşamasının kavramsal noktasından itibaren sürece dahil olur. Birbirinden farklı çok sayıda format programa aktarılabilir. Başlıca avantajı ise kullanıcının analiz sonuçlarını görsel olarak hızlı bir şekilde görebilmesini sağlamak ve kararının hızlıca programa aktarılmasını kolaylaştırmaktır. Ecotect, CAD tabanlı programlardan girdi sağlayabilir, fakat çıktı sağlayamaz. (Jarić ve diğ., 2013).

Mimarlar ve mühendisler tarafından sıklıkla kullanılan Ecotect'in en önemli özelliklerinden birisi de binaların çevre tüketimlerini simule edip enerji tüketimine dair hesaplamalar yapmasıdır. Revit yazılımıyla uyumlu olarak çalışabilir (Trisnawan, 2017).

Kullanım alanları özetle şu şekilde sıralanabilir;

*Doğal havalandırma, rüzgar enerjisi, ısısal performans, gölge analizleri, akustik analizleri, aydınlatma analizleri, ısıtma-soğutma analizleri vb. (Jarić ve diğ., 2013).

- **IES-VE**

IES-VE, enerji ve konfor optimizasyonları yaparak farklı enerji analiz programlarıyla kolayca etkileşim içinde olunmasını sağlar. Isıtma-soğutma analizleri, doğal havalandırma analizleri, gölgeleme analizlerinin yapılmasını sağlayan bina simülasyon aracıdır (Sousa, 2012). Bina performansını araştırmak için analizler yapar ve bunu BIM iş akışıyla bütünleşmesini sağlayan bir ortam sağlar. Bir inşaat projesinin tasarım aşamasında veya geriye dönük performansını araştırmak için kullanılır ve bir dizi entegre araçtan oluşur (Jarić ve diğ., 2013).

Kullanım alanları özetle şu şekilde sıralanabilir;

*Enerji analizleri, karbon emisyon hesaplaması, doğal havalandırma, gün ışığı analizleri, su verimliliği analizleri vb. (Lu ve diğ., 2017).

- **e-QUEST**

e-QUEST, bina enerji modellemesi, analizi ve optimizasyonunda ayrıca da ekonomik analizlerin yapılmasında kullanılan yaygın bir araçtır (Mahmud ve diğ., 2018). Ayrıca, inşaat dokümantasyon aşaması, işletme/kullanım ve işletme sonrası aşamalarındaki enerji performans analizlerinde de kullanılmaktadır (Lu ve diğ., 2017). e-QUEST, saatlik hava durumu verileriyle bina enerji tüketiminin hesaplanmasını sağlar. Gölgeleme, iç yapı kütlesi, ısıtma-soğutma ve iklimlendirme gibi sistemlerin simülasyonunu gerçekleştirir (Hirsch ve Associates, 2010).

Kullanım alanları özetle şu şekilde sıralanabilir;

*Enerji analizleri, doğal havalandırma, gün ışığı analizleri vb. (Lu ve diğ., 2017).

2.1.2 Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) araçları

Proje yaşam döngüsü boyunca bir ürünün veya sürecin oluşması için enerji ve ham maddeye ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanılan enerji ve ham madde sonucunda oluşan atık oluşumunun çevresel etkilerini incelemek ve iyileştirmek için de bazı YDD araçları kullanılmaktadır (Sandanayake ve diğ., 2019).

GABI, Athena, SimaPro, ENVEST ve Eco-Quantum, Tablo 2.1’de de belirtildiği üzere en çok kullanılan yaşam döngüsü değerlendirme araçlarındandır. Bu araçlara aşağıda daha detaylı olarak yer verilecektir.

- **GABI**

GABI, diğer yaşam döngüsü değerlendirme araçlarına kıyasla daha kapsamlı özelliklere sahiptir. İleri derecede modellemeler oluşturarak senaryo analizleri yapar. Farklı olarak statik raporlama yapılmasını sağlar. Ürün sürdürülebilirliğinin yanı sıra maliyet faktörlerinin de takibini gerçekleştirir. Geniş kullanım alanı ile ürünlerin sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesinde önemli rol oynar. Değer zincirlerinin verimliliğinin artmasında, çevreye duyarlı az su ve atık kullanımı sağlayan ürünlerin geliştirilmesinde kullanılır (Sandanayake ve diğ., 2019).

GABI, bir ürünün tüm yaşam döngüsü analizlerini gerçekleştirir. Paydaş katılımlarından, verilerin toplanmasına kadar olan bütün süreçte bir YDD’nin her aşamasında bulunur. Modüler yapısıyla birlikte, çok karmaşık işlemlerin bile hızlı bir şekilde modellenmesini sağlar. Bu yapı aynı zamanda, ekonomik ve sosyal verilerin de bu modele eklenmesini kolaylaştırır (PE International, 2012).

- **Athena**

Athena, yapıyı oluşturan elemanların, malzemelerin ve yapı bütünüünün çevresel etkilerini değerlendirebilen YDD tabanlı bir araçtır. Bu aracın bir diğer özelliği de değerlendirmede coğrafi konumu dikkate almasıdır (Sandanayake ve diğ., 2019).

Athena ayrıca, ekonomik analizlerin de yapılması için kullanıcılara tüm malzemelerin miktarlarının listelendiği bir malzeme maliyet raporu sağlar (Han ve Srebric, 2011).

- **SimaPro**

SimaPro, bir ürünün bütün yaşam döngüsü aşamalarının analiz edilmesinde kullanılır. Çok sayıdaki eklentisi ve raporlama özellikleri ile öne çıkmaktadır. Bir ürün veya sistemin sürdürülebilirliğinin izlenmesi ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır. SimaPro'nun karbon ve su ayak izi değerlendirmesinde birtakım uygulamaları vardır. Ayrıca yeni bir ürün tasarımında ve sürdürülebilirlik değerlendirme raporlamalarında rol oynamaktadır (Sandanayake ve diğ., 2019).

SimaPro, yaşam döngüsü analizleriyle ilgili tüm ayrıntıları kapsar. Bina modelinin oluşturulması, yöntemin seçilmesi ve sonuç değerlendirmesi olmak üzere üç aşamadan oluşur. Programın dezavantajlı tarafı ise pahalı ve karmaşık bir yapıda olmasıdır (Han ve Srebric, 2011).

- **ENVEST**

ENVEST, yapıların karmaşık olan tasarım süreçlerindeki çevresel etkiyi basite indirgeyerek değerlendiren web tabanlı bir araçtır. Bir ürün veya sistemin hem çevresel hem de maliyet analizleri için ayrı analizler yapar. Çevresel etkilerin kolayca değerlendirebilmesi için tasarım sürecini kolaylaştırır (Sandanayake ve diğ., 2019). Karmaşık yapıdaki tasarım sürecinin basite indirgenmesini sağlar.

- **Eco-Quantum**

Eco-Quantum, binanın hammaddelerin çıkarılmasından başlayarak üretim aşamasında, uygulamasında, binada kullanılmasında, yıkımında ve yeniden kullanımındaki çevresel etkilerin hesaplarında kullanılan YDD tabanlı bir araçtır. Buna ek olarak; enerji ve su kullanımının etkisi ve kullanımdaki bakımları içermektedir (Kortman ve diğ., 1998).

2.1.3 Yapı bilgi modellemesi tabanlı (YBM/BIM) araçlar

- **Revit**

Revit, Autodesk tarafından geliştirilen binanın 3 boyutlu modelini oluşturup tasarım optimizasyonları, görselleştirme, enerji ve gün ışığı analizlerinin yapılmasını sağlayan BIM tabanlı bir araçtır. Tasarımın en başından itibaren devreye giren, kavramsal çalışmalardan dokümantasyonlamaya kadar sürece dahil olan bir sistemi kapsar ve binanın bütünüyle ilgili gereken tüm sürdürülebilirlik analizlerini yapar. (Moakher, 2012).

Revit, binaların tasarlanması, planlanması, inşa edilmesi ve yönetilmesi sürecinde çok disiplinli işbirliğine dayalı bir tasarım sürecini destekler. Tasarım süreci başında eklenen her veri, yalnızca bir kere eklenir. Yapılan bir değişiklik sistemin bütününe yansır. En çok dikkat çeken özelliği ise, farklı alanlardaki disiplinlerin sisteme eş zamanlı olarak müdahale edilebiliyor olmasıdır.

Bina tasarımının grafiksel olarak ifade edilmesinin yanında, sürdürülebilir tasarım için gereken verilerin çoğu tasarım süreci ilerledikçe doğal olarak sisteme yansıtılır (Autodesk, 2003).

Kullanım özellikleri özetle şu şekilde sıralanabilir;

- Eskiz veya serbest biçimli modellerin oluşturulması,
- Tasarım alternatiflerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi,
- Bina performansının optimize edilmesi,
- Genel koordinasyonun sağlanması,
- Gün ışığı, enerji analizlerinin yapılması,
- Malzemelerin yeniden kullanımı, geri dönüştürülmesi yüzdelерinin belirlenmesi vb. (Autodesk, 2003).

2.2 Yapım Proje Yönetiminde Sürdürülebilir Yaklaşımlar

Sürdürülebilirliğin yapım projelerine uygulanması noktasında, geleneksel proje yönetiminden farklı olarak çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar, projelerin sürdürülebilirlik performanslarının artmasında büyük ölçüde etkili olurken; inşaat süreci boyunca da projelerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarına da yardımcı olmaktadır. Bu bölümde, proje yaşam döngüsü boyunca farklı safhalarda farklı şekillerde ortaya çıkan sürdürülebilir yaklaşımlara, daha detaylı yer verilecektir.

Tablo 2.2’de Fleming (2009), Shen ve diğ. (2010) ile Ergönül ve Gündeş (2011) tarafından önerilen sürdürülebilir proje süreci ve her süreçte dikkat edilmesi gereken konular belirtilmiştir. Araştırmacılar, sürdürülebilir yaşam döngüsünü beş safhada incelemiştir. Fizibilite, tasarım, uygulama, işletme ve yıkım olarak inceledikleri bu beş safha içerisinde sürdürülebilir yaklaşımlar listelenmiştir. Listelenen bu yaklaşımlar arasında, sürdürülebilirlik performansının en çok etkileyecek olanlar altı çizili olarak belirtilmiştir.

Tablo 2.2: Sürdürülebilir Proje Süreci Yaklaşımı (Fleming, 2009; Shen ve diğ., 2010; Ergönül ve Gündeş, 2011).

SÜRDÜRÜLEBİLİR YAKLAŞIMLAR				
Fizibilite	Tasarım	Uygulama	İşletme	Yıkım
*Sözleşme yönetimi	<u>*Sürdürülebilir tasarım</u>	<u>*Kalite yönetimi</u>	<u>*İşletme planı</u>	*Proje değerlendirme
*Kalite yönetimi	*Değer mühendisliği	*Değer mühendisliği	<u>*Test devreye alma</u>	<u>*Yıkım planı ve kontrolü</u>
<u>*Risk yönetimi</u>	<u>*Risk yönetimi</u>	*İş programı kontrolü	*As-built dokümantasyonu	<u>*Çevre dostu yıkım planı</u>
*Maliyet kontrolü	<u>*Kalite kontrol / güvence</u>	<u>*Maliyet kontrolü</u>	<u>*Performans raporlama</u>	<u>*Atık sınıflandırılması</u>
<u>*Yaşam döngüsü maliyet analizi</u>	*Proje maliyetinin izlenmesi	<u>*Atık yönetimi</u>	*Kullanıcı değerlendirme raporları	<u>*Atık geri dönüşümü ve yeniden kullanımı</u>
<u>*Yaşam döngüsü değerlendirmesi</u>	*Proje çıktı tasarımı	<u>*Enerji yönetimi</u>	<u>*Atık yönetimi</u>	
*Yatırım bütçesinin	*Malzeme seçimi	<u>*İş sağlığı ve yönetimi</u>		
		*Proje		

hazırlanması	<u>*Yaşam döngüsü tasarımı</u>	organizasyonu		
*Finans planının hazırlanması	*Paydaş analizi	<u>*Çevre yönetimi</u>		
*Yatırım planı	*Benchmarking	*Değer analizi		
<u>*Çevresel değerlendirme</u>	<u>*Yaşam döngüsü maliyet analizi</u>	*CPM / PERT		
<u>*Su verimliliği</u>	<u>*Yaşam döngüsü değerlendirmesi</u>	*Benchmarking		
<u>*Atık yönetimi</u>	<u>*Bütünleşik tasarım</u>	<u>*Maliyet yönetimi</u>		
*Paydaş analizi	*Değer mühendisliği	<u>*Tedarik sürecinin izlenmesi</u>		
*Benchmarking	*Kalite yönetimi			
	*MCDM			
	*CPM / PERT			
	<u>*Maliyet tahmin teknikleri</u>			

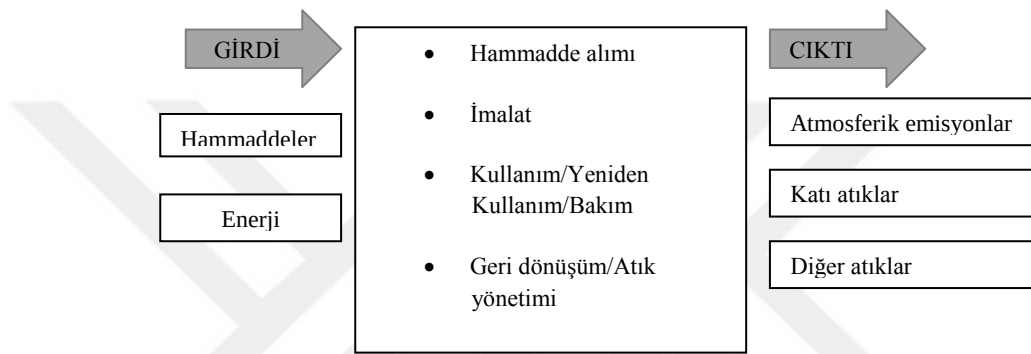
Tablo 2.2’de de belirtildiği üzere projelerin sürdürülebilir olarak gerçekleştirilmelerine katkı sağlayan yaklaşımların olduğunu görmekteyiz. Bu yaklaşımlardan bazıları diğerlerine göre sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesi konusunda daha ağır basmaktadır. Tablo 2.2’de altı çizili yaklaşımlardan en önemli olanlar şu şekilde sıralanmaktadır;

- Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD)
- Yaşam döngüsü maliyeti (YDM)
- Su verimliliği yönetimi
- Atık yönetimi
- Risk yönetimi

Bahsedilen bu yaklaşımlara aşağıdaki bölümde daha detaylı olarak yer verilecektir.

2.2.1 Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD)

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD), tüm yaşam döngüsü boyunca bir sürecin, veya ürünün çevresel performansını değerlendirmek ve iyileştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, sürdürülebilir bina uygulamalarında başarılı olmak için kullanılan yaklaşımlardan birisidir. Değerlendirme süreci; üretim, nakliye, yeniden kullanım, bakım, geri dönüşüm, elden çıkarma vb. (Beşikten mezara) aşamalarını içerir (Khasreen de diğ., 2009). YDD yöntemi, çevresel olarak verimli bir yaşam döngüsü oluşturmak için giderek daha da görünür hale gelmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Tipik bir YDD Süreci (Life Cycle Assessment, 2010).

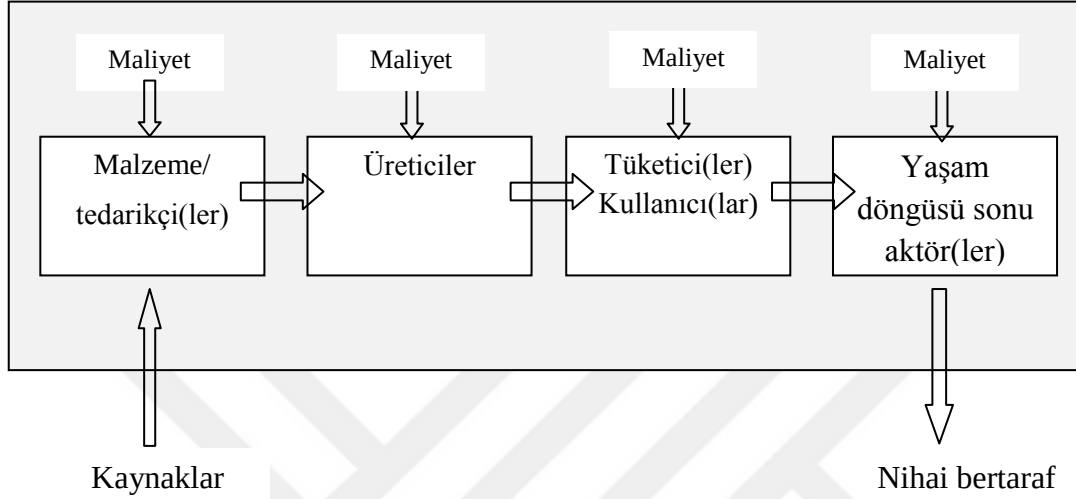
Özellikle tasarım aşamasında alınan kararları bilimsel olarak desteklemektedir. Malzeme seçimi, inşaat planı geliştirme ve atık yönetimi planlamasında büyük rol oynar. Aynı zamanda, yaratılan farklı alternatifleri analiz etme fırsatı yaratarak en uygun seçimin yapılmasını sağlar (Antón ve Díaz, 2014).

YDD yöntemi çevresel değerlendirme araçlarından biri olmasına rağmen, bazen bir işlem veya ürünün ekonomik yönlerini ele almadığı için uygun olmayabilir. Bu durumda kullanılacak araçlardan biri de yaşam döngüsü maliyeti yöntemi olmaktadır (UNEP, 2009).

2.2.2 Yaşam döngüsü maliyeti (YDM)

Yaşam döngüsü maliyeti (YDM); bir işlem, ürün veya binanın, yıkımdan yıkıma kadar olan toplam maliyetini hesaplamak için bir yöntemdir (UNEP, 2009). Sermaye maliyetleri, kurulum ve satın alma maliyetlerini içeren başlangıç maliyetleri ve enerji

maliyetleri, işletme maliyetleri, bakım maliyetleri vb. YDM'nin temel amacı, oluşturulan proje alternatiflerinin toplam maliyetlerini hesaplamak ve en uygun olanı seçmektir. İstenilen performansı karşılayan ancak farklı maliyet değerleri içeren tasarım alternatiflerini değerlendirmek için uygundur (Kubba, 2010). Şekil 2.2, YDM'nin kavramsal çerçevesini göstermektedir.



Şekil 2.2 YDM'nin kavramsal çerçevesi (Rebitzer ve Hunkeler, 2003).

2.2.3 Su verimliliği yönetimi

Su tasarrufu, günümüzde yeşil binaların ortaya çıkarılma sürecinde dikkat edilmesi gereken en dikkat çekici konulardan birisidir. Artan su talebinin de etkisiyle, yeşil binaların tasarımında suyun çeşitli yöntemlerle korunması gerekmektedir. Sürdürülebilir binalardaki amaç, su kullanımının önemli derecede azaltılması ve kalitesinin korunmasıdır.

Das ve diğ. (2015)'e göre, en temel su tasarrufu yöntemi, yağmur suyu toplama ve gri su geri dönüşümü ve yeniden kullanımı ile gerçekleşmektedir.

- **Yağmur suyu toplama**

Yağmur suyu toplama sistemleri, su ve maliyet tasarrufu sağlayarak bina ve bina kullanıcıları için de birçok avantaj sağlar. Bu sistemler için kullanılan teknoloji, oldukça basittir ve bina ömrü boyunca az bakım gerektirir (Wiley ve Sons, 2011). Yağmur suyu doğal bir kaynaktır ve su tasarrufu için oldukça ucuz ve basit bir teknoloji içerir. Temel bir yağmur suyu toplama sistemi toplama, dağıtım ve depolama olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır (Das ve diğ., 2015).

- **Gri su geri dönüşümü ve yeniden kullanımı**

Gri su, yapılardaki evsel atık sularını ifade etmektedir. Banyo, lavabo ve duşlardan gelen sular “gri su” olarak ifade edilmektedir. Gri sular, düşük miktarda organik madde içerdikleri ve kolay arıtılabilme özellikleri sayesinde geri kazanım olarak tercih edilmektedirler. Burda dikkat çeken en önemli şey, kirlilik oranının az olmasıyla birlikte az maliyetle arıtılabilmesidir. Arıtılan gri su, rezervuarlarda, yapının genel temizliğinde, bahçe sulama vb. yerlerde kullanılmaktadır (Das ve diğ., 2015).

Gri su geri kazanım sistemleri genelde yapıların en alt katlarında olmalı ve pis su hattından ayrılmalıdır. Bir diğer önemli nokta, arıtılan gri suyun içme suyuna karıştırılmamasıdır.

2.2.4 Risk yönetimi

Proje riski, bir projenin zamanlamasını, bütçesini ve maliyetini etkileyebilecek bir olay veya durumdur. Proje risklerini iki ana kategoriye ayırabiliriz (Fleming, 2009);

- Tasarım / inşaat riskleri; hava koşulları, müteahhitlerin projeyi yürütememesi, öngörülemeyen saha koşulları, gecikmelere izin verilmesi.
- Finansal riskler; gelir eksiklikleri, projedeki değişiklikler, nakit talepleri, faiz oranlarındaki değişiklikler.

Risk değerlendirme sürecinin ilk aşamasında, proje riskleri tanımlandıktan sonra, oluşma olasılıkları ve maliyet uygulamalarına göre sıralanırlar. Ardından, proje yöneticisi, risk azaltma önlemlerinin yaratıldığı ve uygun taraflara önceliklendirilen risklerin atandığı bir risk yönetimi planı hazırlar (Fleming, 2009). Bugün risk yönetiminin uygulanmasına yardımcı olacak bazı araçlar mevcuttur.

2.2.5 Atık yönetimi

İnşaat sektöründe atık oluşumu, binanın tüm yaşam döngüsüne bakılarak dikkate alınmalıdır. Atık yönetimi, sürdürülebilir bina uygulamaları için büyük önem taşımaktadır. Bu noktada ülke ekonomisine katkıda bulunan ve çevreyi en aza

indirecek atık hiyerarşi sistemi en uygun seçenektir. Şekil 2.3, atık hiyerarşi sistemini grafiksel olarak göstermektedir (Roslan ve Hamid, 2016).



Şekil 2.3 Atık yönetimi hiyerarşisi (Roslan ve Hamid, 2016).

Kapalı devre yaklaşımına dayanan atık yönetimini incelediğimizde yaşam döngüsünün her aşamasında önemli olduğu görülmektedir. Sistematik bir süreç olduğunu düşündüğümüzde, yaşam döngüsü aşamalarında olması gereken ana başlıkları şöyle sıralayabiliriz;

1. Atık azaltma / gereksinim hedeflerinin belirlenmesi
2. Atık yönetim planının geliştirilmesi
3. İnşaat atık yönetimi uygulama planının uygulanması
4. Eğitim ve farkındalık
5. İşletme ve bakım atık yönetimi uygulama planının uygulanması
6. Yıkım atık yönetimi uygulama planının uygulanması

3. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE YAKLAŞIMI VE KULLANILAN ARAÇLAR

3.1 İnşaat Firmalarıyla Yapılan Görüşmeler

Bu bölümde Türkiye'deki sürdürülebilir proje süreçleri ve bu süreçlerde kullanılan araç ve yaklaşımlarının neler olduğu analiz edilmiştir. Bu kapsamda dört inşaat firmasıyla görüşmeler yapılmıştır. Görüşmelerde yetkili kişilere Ek A'da verilen sorular sorulmuştur. Sorular dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, firmayla ilgili genel soruları içermektedir. İkinci bölümde, sürdürülebilir proje/projeler hakkında daha fazla bilgi edinilmesi amaçlanmıştır. Üçüncü bölüm, çalışmada bahsedilen sürdürülebilir proje safhalarına ilişkin baz alınarak sorulan soruları ve son bölümde ise kişilerin konu ile ilgili görüşlerine yer verilmiştir. Firmaların anket sorularına yanıtları aşağıda 14 başlıkta açıklanmıştır. Bölüm sonunda dört firmanın yaklaşımları karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir. Görüşme yapılan kişilerin belirlenen başlıklar için vermiş oldukları ifadeler italik olarak belirtilmiştir.

3.1.1 Altensis

Yapılan birinci görüşme, Altensis adına Mimar Binnur TEKİN BAYKAL ile 10 Mayıs 2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Altensis, sürdürülebilir (LEED sertifikalı) projeler yürüten ve danışmanlık hizmeti veren bir firmadır. Firmanın 10-50 arası çalışanı bulunmaktadır. Firmanın yürüttüğü sürdürülebilir projeler çoğunlukla LEED hedefli projelerdir ve sürdürülebilir olarak tercih edilmesinde genellikle işveren isteği veya bölge şartlarının getirdiği yaptırımlar etkili olmuştur. Projelerde öncelikle enerji ve su tasarrufuna önem verilmiş, akabinde malzeme seçimleri de önemli hale gelmiştir. Firma projenin tasarım, planlama, yapım ve işletme (test devreye alma) safhasının ilk aşamalarında sürece dahil olmuştur. Resim 3.1'de Altensis tarafından yürütülen AND Pastel projesi görülmektedir.

Süreçteki Zorluklar

TEKİN BAYKAL, “LEED’in bazı sistemleri ve kredileri Türkiye’de tam karşılık gelmeyebiliyor veya altyapısı kurulmamış oluyor. Bu yüzden bazı kriterler en baştan hedeflenemiyor. Türkiye’de özellikle de enerji anlamında altyapı kurulduğu ve geliştiği zaman daha rahat hale gelecektir. Malzeme konusunda da bazı problemler vardı fakat son birkaç yıldır Türkiye’deki malzeme üreticileri LEED’in yeni versiyonuna iyi adapte oldukları için bu sorun yavaş yavaş ortadan kalkıyor. Projede bu anlamda aksayan işler yüzünden süre açısından bazı sıkıntılar yaşanmıştır.”



Resim 3.1. AND Pastel Projesi (URL 1).

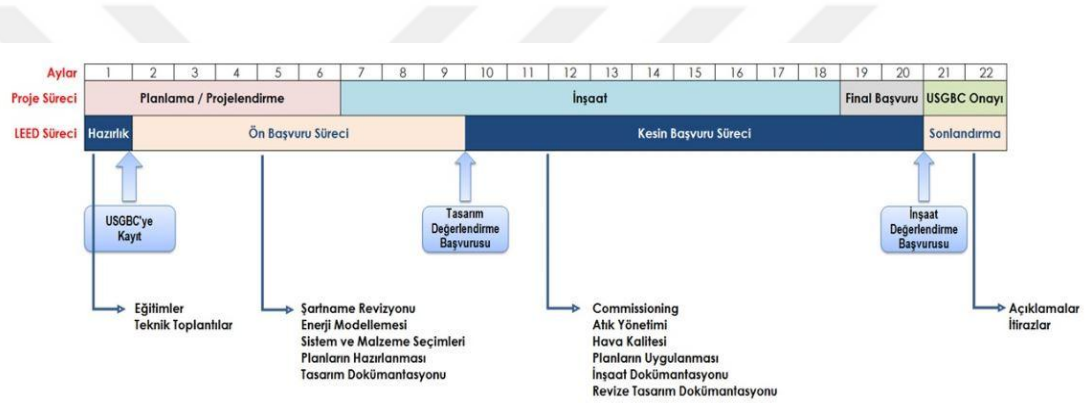
Maliyet

“Maliyet açısından değerlendirildiğinde pasif enerji korunumunda cephede alınan uygulamalarla ısıtma-soğutma gibi konularda avantaj sağlandığı görülmüştür. Bununla birlikte verimli sistemlerin seçilmesiyle birlikte geri dönüşlerin olumlu olduğu görülmüştür. Enerjinin az kullanılmasıyla maliyetin de bundan etkilendiğini, iç ve dış mekan su tasarrufunun sağlanmasıyla birlikte su maliyetinin düşürüldüğü

gözlemlenmiştir. Yani genel olarak enerji ve su konularında alınan önlemler ile operasyon sürecinde maliyetin düşürülmesi hedeflenmiştir.”

Proje Yönetimi Yaklaşımı

“Projenin ön tasarım aşamasından itibaren sürece dahil olunmuştur. Düzenli olarak yapılan kick-off toplantılarına dahil olunarak alınan her kararın sürdürülebilirlik açısından uygunluğu izlenmiştir. Gereken yerlerde müdahale ederek ve seçilecek yöntemin avantajlarını hem işverene hem de diğer ekiplere anlatarak süreç yönetimine dahil olunmuştur. Ayrıca oluşturulan bir LEED proje sürecine göre proje yürütülmüştür”. Şekil 3.1 Altensis firmasının da projelerinde uyguladığı proje yönetim sürecini göstermektedir.”



Şekil 3.1 LEED Proje yönetim süreci

Enerji Verimliliği

“Aydınlatma, elektrik mekanik sistemlerin verimli çalışmasındaki stratejiler, bina kabuğunun seçimi konularında enerji verimliliği açısından en avantajlı olan seçildi. Bina kabuğu, verimli mekanik ve elektrik sistemler, gün ışığından yararlanma, enerjiye yönelik düşük emisyonlu araç kullanımı, malzemelerin yerel bölgelerden seçilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önemli olmuştur.”

Doğal Aydınlatma ve Su Tasarrufu

“Ürünlerin üretimi sırasında hammaddelerin tedariği sırasında ne tür enerji kaynaklarının kullanıldığının araştırması yapıldı. Çevreye zarar vermeyen ve

yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak üretim yapanlar avantaj sağlamıştır. Design Builder ile gün ışığı modellemesi gerçekleştirildi.”

Malzemeler ve Tedarik Süreci

“Projelerde sürdürülebilir malzemelerin kullanımı teşvik edildi. Malzemelerin gereken kriterleri baştan belirlendi ve şartnamelerin içinde yer alması sağlandı. Satın alma öncesinde bunun kontrolünü sağlanıp, onay verdikten sonra satın alma gerçekleşti. Malzemelerin tedarik edilmesinde bazı sorunlar yaşandı. Malzemelerin tedarik edildiği firmalara bakıldı ve onların uzaklıklarını beyan etmeleri istendi. Bu süreçte üretici firmaların hammadde tedarik ettikleri yerden kendi fabrikalarının bulunduğu konuma ve proje alanına olan mesafeler çok önemli oldu. Bunlar da üretici firmaların beyanlarıyla belirlendi.”

Atık Yönetimi

“Projenin başından itibaren atık yönetimiyle ilgili bazı şablonlarımız mevcuttu. Erozyon ve Sedimentasyon Kontrol Planı (ESC) planı, atıklardan hangi malzemelerin geri dönüşüme gönderileceği konularında çalışmalar yapıldı ve senaryolar düzenlendi.

Mobilizasyon aşamasında, işçilerin sağlıklı koşullarda çalıştırılmasından şantiyeden dışarıya toz kaçmaması, şantiye içi temizlik düzeni, gelen malzemelerin nasıl istifleneceği ve atıkların nasıl bertaraaf edileceğini içeren seminerler düzenlendi. İnşaat sürecinde çıkan moloz atıkların geri dönüşüm sahalarına gönderilmesi konusunda raporlar alındı ve yerinde giderek fotoğraflandı. Aynı şekilde sahadan çıkan plastik, cam, karton, metal, kağıt, ahşap gibi atıkların geri dönüşüm sahalarına gönderilmesi sağlandı. Burdaki önemli olan şey kayıtlı ve geri dönüşüm amaçlı kullanılabilecek bir saha olmasıydı. Bununla birlikte ön tasarımdan itibaren bu uygulamaya yönelik binanın içinde hatta her katta bulunan geri dönüşüm atık noktaları olması gerektiği söylendi. Elektronik atık gibi tehlikeli atıkların da binanın en azından bir noktasında toplanması gerektiği sağlandı. Bu atıkların işletme sürecinde nasıl bertaraaf edileceği, hangi ana noktada toplanacağı, ne sıklıkta geri dönüşüme verileceği düşünüldü. Ayrıca konut projeleri için duman sızdırmazlığı testi yapıldı.

İşletme safhası için de kat bazında geri dönüşüm atık noktaları konuldu. Ana toplama noktaları, toplanma periyodu, bertaraf periyodu senaryoları düzenlendi.”

Risk Yönetimi

“Riskler önceden belirlendi ve buna uygun stratejiler uygulandı. Sürdürülebilirlik çok geniş kapsamlı bir konu olduğu için projelerde projenin yapısına göre, işverenin tercihlerine göre nelerin hedeflenip hedeflenemediği belirlenmişti. Olası senaryolar üzerinden ilerlendiği için riskler en başında by-pass edildi. Projenin hemen her aşamasında alternatif bir şey sunulduğu için inşaatın son aşamasında bile uygulanamayan bir şey olduğunda başka bir alternatif sunulma şansı oldu. Kalite açısından ise en baştan itibaren konfor hedeflendi. Su ve enerji verimliliğinin yanında kullanıcıların da konforunu bozmayacak şekilde optimum çözümler sunuldu. Kullanılan malzemelerin içerikleri açısından binayı kullanacak kişilerin de sağlığına zarar vermeyecek şekilde çözümlemeler getirildi.”

Tasarım Süreci

“Mimarlar tarafından yapılan tasarıma sürdürülebilirlik entegre edilmeye çalışıldı. Yapılan tasarıma çok fazla müdahale edilmeden işveren isteği ve tasarım kriterlerine göre optimum çözümler sunulup, ona göre stratejiler belirlendi.”

Tasarım ve Uygulama Arasındaki Farklılıklar

“Sürdürülebilirlik anlamında da optimum çözümleri sunulan tercihler değişebiliyor. Projede, mekanik-elektrik müelliflerin ilk çözümlerinden farklı olarak bazı değişiklikler oldu ve daha enerji verimli sistemlere geçildi.”

“Beşikten Beşiğe” Yaklaşımı

“Tüm malzemelerin kullanılması maalesef mümkün olmuyor. Ama mümkün mertebe geri dönüştürülebilen malzemeler ile sağlanmaya çalışılıyor. Malzemelerin zararlı, uçucu organik bileşen içermemesi gerekiyor.”

Kullanılan Araçlar

- **“BIM: Kullanıldı.**
- **Revit:** *Tasarım ekibi revit üzerinden gittiyse o dilden devam edildi. Tasarım kısmına dahil olmadığımız için daha çok tasarım aşamasından sonra kendi raporlamamıza uygun hale getirirken ve projeleri incelerken kullanıldı.*
- **Energy Plus:** *Mekanik ekip yoğun bir şekilde kullandı. En son binanın ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers) baz binaya göre ne kadar enerji verimliliği sağladığını ortaya çıkarıldı. Enerji verimliliğini hesaplandı. Raporlama da Energy Plus ile yapıldı.*
- **Design Builder:** *Enerji ve gün ışığı modellemesinde kullanıldı. Enerji verimliliği hesaplamak için Design Builder daha sonrasında raporlama için Energy Plus kullanıldı. Gün ışığı ise direkt Design Builder üzerinden raporlandı.*
- **Ecotect:** *Enerji verimliliği ve optimizasyonunda kullanıldı.*
- **LCA:** *Malzeme üzerinden bazı hesaplamalar yapmak istediğimizde ve yaşam döngüsü hesapları için kullanıldı.*
- **DIALux:** *İç mekan aydınlatma şiddetlerinin hesaplanması için kullandı.*
- **LEED Calculator:** *LEED’in kendi formatı da oluyor (bazı krediler için). Satın alma şeklinde ya da proje kayıt yaptırdığınız zaman size sunuluyor. Ortak bir dil üzerinden gidilmesi gerektiğinde sunuluyor. Excel formatında oluyor.”*

BIM Uygulamaları

“Farklı bütün disiplinlerin (elektrik-mekanik ekip, mimarlar vb.) bir bütün olarak aynı anda entegre bir şekilde çalışmalarında etkili olmuştur.”

Yazılım Araçlarının Katkısı

“Genel anlamda çok faydalı oldu. Projelerin daha hızlı analiz edilmesinde yardımcı oldular. Sürece pek çok farklı konu da dahil edilebildi. Birçok girdiyi tek bir yerde süzülebildiği için hız kazandırdı ve işimiz kolaylaştı. Bu sayede nerede ne gibi önlemler alınması gerektiği kolaylaştı. Özellikle de enerji modellemesi ile birlikte cephe kararları kolaylaştı ve alternatif çözümler önerildi.”

3.1.2 Sera Yapı

Yapılan ikinci görüşme Sera Yapı adına Mimar Göksu Güzey ile 16 Mayıs 2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Sera Yapı, sürdürülebilir (LEED ve BREEAM sertifikalı) projeler yürüten ana yüklenici bir firmadır. Firmanın 414 çalışanı bulunmaktadır. Firmanın yürüttüğü sürdürülebilir projeler arasında LEED ve BREEAM hedefli projeler yer almaktadır (Resim 3.2). Sürdürülebilir olarak tercih edilmesinde genellikle işveren isteği etkili olmuştur. Projelerin konumuna göre zaten hedeflenen bütün kriterler gerçekleştirilmiştir. Firma projenin yapım safhasında sürece dahil olmuştur. Görüşmeler sonucunda elde edilen diğer bilgiler aşağıdaki alt başlıklar altında ele alınacaktır.



Resim 3.2. Piri Reis Üniversitesi (PRÜ) (URL 2).

Süreçteki Zorluklar

“Türkiye’deki yerel yönetim engeli karşımıza çıkmıştır. Türkiye’de ABD sistemi kullanmanın gerektirdiği yerel zorluklar bizi zorlayan etmenlerden birisi olmuştur. Belediyeler ve arıtma tesislerinden alışılmışın dışında sistemle ilgili bilgi alma zorlukları meydana gelmiştir. Belediyelerin bazı malzemelerin geri dönüşüm özelliklerini yerine getirmede bazı sıkıntıları vardı. Örneğin kimyasal atıkların belediyelerde şartı bulunmuyordu ve bu yüzden özel firmalara vermek gerekiyordu. Sürdürülebilir proje olarak atıkları yerel yönetimin geri dönüştürmesi ve bunun proje için maliyet gerektirmemesi gerekiyordu. Buna ek olarak, malzemelerin üreticilerinden alınmasında bazı zorluklar yaşandı. “Beşikten Mezara” sorumluluğuyla yola çıkıldığı için fabrikadan atık olana kadar süreçte ya da geri dönüşüm tekrar kullanım aşamasında takip ve bilgi alma güçlükleri ile karşılaşıldı.”

Maliyet

“Maliyet analizlerinin; tasarım, yapım ve yaşam halindeki mali ve konfor analizinin yapılabilmesinde, müdahale edilerek düzenlenebilmesinde katkıları oldu. Öncelikle bütün projenin ilk değerlendirmesi yapıldı. Maliyet açısından projelerin sürdürülebilir olması enerji, su, elektrik tüketimi açısından oldukça yararlı olmuştur. Hem çevreye hem de geri dönüştürülen malzeme açısından bile maliyet olarak katkısı bulunmuştur.”

Proje Yönetimi Yaklaşımı

“Yalın Yönetim uygulandı. Gerekli teknik şartnameler incelenip uygulama safhasında uygun yapım yöntemi yazıldı. Ayrıca uyguladığımız yalın yönetimde yaptığımız küçük çözümlerle bütün projeyi küçük bölümlere ayırarak sistemleri kendi içinde hızlandırdık. Örneğin fabrika projelerinde konveyör hattı üzerindeki malzemelerin banta koyulduğu en yakın noktaya istiflenmesi ile süre kaybının önlenmesi gibi çözümler yapıldı. Veya betonun döküldüğü nokta, ince işlerin yapılırken malzemelerin istiflendiği yer gibi yapılan küçük çözümler ile yeşil bina şartlarının aksamaması için süreç gerçekleştirilmiş oldu.”

Enerji Verimliliği

“Çatı için güneş enerjisi istendi. Kaç tane lazım olduğu ve bu sistemin verimliliğinin ne olduğu ile ilgili çalışmalar yapıldı. Alternatif çözümler üretildi. Onun dışında enerji kimlik belgesi alındı. PRÜ’de trijenerasyon sistemi vardı. Elektrik ve mekanik sistemlerin biraraya gelip bir yerden yönetilmesi gibi. Bu sistem sayesinde olası arızalar kontrol edilebildi.”

Doğal Aydınlatma ve Su Tasarrufu

“Her ıslak mahalin girişine kelebek vana, her vananın üstüne de sayaç konuldu. Bu da otomasyona bağlandı. Otomasyon bağlandığı zaman her bir olası su kaçağının nereden olduğu tespit edildi. Bu sayede istendiği zaman sistem kapanıyor hale geliyordu. Onun dışında su tüketiminin izlenmesi için bazı işlemler yapıldı. Örneğin el yıkama suyu ayrı bir tankta birikiyor daha sonra bu tanktan arıtma sistemine giriyor ve çıkan su da bahçe sulama da kullanılıyordu. Bu akışın izlenmesi de BIM ile gerçekleşti. Artan yağmur suyu rezervuarlarda kullanıldı. Rezervuarlar da ona uygun olarak seçildi. Musluğun armatürü bile önemli hale geliyordu.

Elektrik konusunda ise enerji verimliliği için halojenli armatürler kullanıldı. Doğal aydınlatmada, proje türüne bağlı olarak örneğin çalışan bir insanın yanındaki pencere 1 m den daha yükseklikte olmamalı gibi sayısal değerler ile çalışan kişinin psikolojisi önemseniyordu.”

Malzemeler ve Tedarik Süreci

“Malzemenin fabrikadan çıkıp şantiyeye gelecek sürede getiren aracın harcadığı yakıtı kadar hesaplamalar yapıldı. Malzemenin proje sahasına en yakın hangi fabrikadan alınması gerektiğine kadar dikkat edildi. Bu sırada malzemenin kalitesinden de ödün verilmek istenmiyordu. Bazı malzemeler yerel tedarikçiden alınırken bazı malzemeler de ithal olabiliyordu. Örneğin ahşap kullanılacaksa bu ürünlerin FSC (Forest Stewardship Council) sertifikalı olması gerekiyordu. Bu endüstriyel amaçlı dikilen ağaçlardan yapılan anlamına geliyordu. Bunun dışında ithal olarak alınan malzemenin üretimi durdu. Kullanılan mermerle ilgili rezerv bitti. Bu konudaki sorumluluk tamamen yükleniciye ait oluyordu.”

Atık Yönetimi

“ISO 14001’e göre bir plan oluşturuldu. Bunun bir döngüsü mevcut, bütün atıkların sahada kaç gün tutulacağı yasada yazıyor. Atık suları vidanjör ile çekilip atık su tesisine gitmesi sağlandı. Beton yıkama suyunun döküleceği yere kadar talimatları içeren yasalara uygun bir plan oluşturuldu. Çok ciddi bir atık yönetim takip sistemi vardı. Atık minimizasyonunun sağlanması gerekti. Bunun için bir prosedür yazıldı. Örneğin malzemelerin paletli geldiği için taşıma esnasında zaiyatın olmaması veya olacaksa da oranının düşürülmesi, yağmurdan korunması gibi önlemler alındı. Atıkların ayrı yerlerde ayrı şekillerde toplanması düşünüldü. Bunlar için yazılan prosedür her alt yüklenici ve iş için belirtildi. Projede kullanılan her malzeme için bir yöntem geliştirildi. Çoğunlukla her katta atık sahası bulunuyordu. Toplanan atıklar da geri dönüşüme verildi. Buna ek olarak atıkların geri dönüşüme verildiği yerlerin çevre bakanlığından onaylı sertifikalı olması gerekiyordu.

Türkiye’de belediyelerin geri dönüşümü yapmaları zorunlu, belirli bir kilo üstündeki atığı almak zorundalar. Ancak kimyasal atık için belediyede bir şart yok. Tıbbi atık için belediyede şart var ama ücretli. Bu yüzden kimyasal atığın özel bir firmaya verilmesi gerekiyordu. Yerel şartlara göre de firmaya hem atığı geri dönüştürdüğü için de hem de taşıma için ücret veriliyor.

Proje tasarlanırken inşaat sahasında aralara kurulan atık sahası proje yaşanmaya başladığında oradan kaldırıldı. Her katta atık alanları kurgulandı, çöp kanalları oluşturuldu.”

Risk Yönetimi

“Her projenin ISG (İş Sağlığı ve Güvenliği) gibi zorunluluğu oluyordu. Kalite müdürü ve kalite inspektörü vardı. Sahada uygulanması planlanan prosedürler ve formlar vardı. Bunlar müşavirin kontrolü altındaydı. Ayrıca firmanın kendi iç denetimi de bulunuyordu. İstenilen malzemeyi bulup bulmama konusunda riskler oldu. Örneğin doğal taş kullanılıyordu, rezerv biterse sıkıntıya girilecekti veya bir firmadan malzeme seçiliyordu ama üretimden kalkabiliyordu. Bu yüzden tasarım aşamasında bütün firmalar ile en baştan görüşüldü. Örneğin taş malzemede sorunlar yaşandı.”

Tasarım Süreci

“Mimari ekip tarafından hazırlanan tasarım sürecine dahil olmadık.”

Tasarım ve Uygulama Arasındaki Farklılıklar

“Farklılıklar oldu. Örneğin korten diye bir malzeme kullanıldı ve uygulama yapıldıktan sonra yağmur ile birlikte malzemenin pası aktı.”

“Beşikten Beşiğe” Yaklaşımı

“Tüm malzemeler için mümkün olmuyordur. Ama tüm malzemelerin takibi yapılabilir.”

Kullanılan Araçlar

- **“BIM:** Mekanik, elektrik ve inşai sistemin çakıştırılmasında kullanıldı. Çoğu sistem bir otomasyona bağlanarak kontrol edilebiliyor hale geldi. BIM bütün binayı bir otomasyon sistemine bağlamada kullanıldığı için olası engeller görülmüş oldu. Ayrıca su tüketimi gibi izlenmesi gereken sistemler rahatça takip edilebildi. Binayı kullanacak kişilerin maksimum ve minimum değerleri BIM’de girilerek ortalama kullanıcı sayısı çıkarıldı ve sistemler ona göre tasarlanıp, çözümleme yapıldı.
- **Revit:** Bina modellemesi ve enerji analizlerinde kullanıldı.
- **Energy Plus:** Enerji analizlerinde kullanıldı.
- **Design Builder:** Enerji analizlerinde kullanıldı.”

BIM Uygulamaları

“Projeyi çözme açısından çok yararlı olduğunu düşünüyorum. Çünkü çakışan problemlerin tespit edilmesinde ve çözümler üretilmesinde çok yararlı olduğunu düşünüyorum.”

Yazılım Araçlarının Katkısı

“Özellikle projelere süresel olarak çok artı sağladı. Kullanılan yöntemler aslında Türkiye’deki bütün riskleri içermelidir. Birçok şeyi öngörebiliyorsun.”

3.1.3 Fehmi Kobal Design Mimarlık (FKDM)

Yapılan üçüncü görüşme Fehmi Kobal Design Mimarlık adına Mimar Fehmi Kobal ile 17 Mayıs 2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. FKDM, sürdürülebilir (LEED sertifikalı) projeler tasarlayan ve yürüten bir firmadır. Firmanın 6-12 arası çalışanı bulunmaktadır. Firmanın yürüttüğü sürdürülebilir projeler çoğunlukla LEED hedefli projelerdir (Resim 3.3) ve sürdürülebilir olarak tercih edilmesinde genellikle işveren isteği, pazarlanma isteği veya yabancı yatırımcıların getirdiği zorunluluklar etkili olmuştur. Firma projenin tasarım, planlama, yapım ve bütçe yönetimi aşamalarında sürece dahil olmuştur. Görüşmeler sonucunda elde edilen diğer bilgiler aşağıdaki alt başlıklar altında ele alınacaktır.



Resim 3.3. Allianz Tower (URL 3).

Süreçteki Zorluklar

“Bu sistemlerin kullanılması proje sürecini zorlaştıran değil, kolaylaştıran bir çalışma şeklini sağlamıştır.”

Maliyet

“Otoparkın azaltılıp bisiklet park yerlerinin artırılmasıyla daha az hafriyat yapılması sağlandı. Verimli sıhhi tesisat sistemleriyle su tasarrufu sağlandı ve maliyet düşürüldü.”

Proje Yönetimi Yaklaşımı

“LEED proje yönetim sürecinden sorumlu bir ekip ile süreç yönetildi.”

Enerji Verimliliği

“Bununla ilgili bir çalışma yapılmadı.”

Doğal Aydınlatma ve Su Tasarrufu

“Cepheden içeri ne kadar girerseniz o kadar fazla elektrik tüketirsiniz. Katlardaki toplam derinlik 9 mt olarak planlandı. Binanın ana çekirdeği statik veriler doğrultusunda optimize edildi ve minimum alan için de maximum kullanım sağlandı. Tuvaletlerde kullanılan wc ve pisuarlar su kullanımını minmuma indiren elemanlardan seçildi.”

Malzemeler ve Tedarik Süreci

“Bununla ilgili bir çalışma yapılmadı.”

Atık Yönetimi

“Bununla ilgili bir çalışma yapılmadı.”

Risk Yönetimi

“Yangın, statik vb risklerden bahsediyorsak tabi ki statik açıdan proje Türkiye’den bir kaç firma ve New York’tan bir firma ile ortak olarak statik projeleri yapıldı. Yangın açısından yangın danışmanı ile çalışıldı ve türk yangın yönetmeliği baz alındı. Tüm malzemeler ve tüm yangın geçirimi olarak düşünülen yerler, şaftlar, asansör boşlukları yangını geçirmeyecek şekilde planlandı.”

Tasarım Süreci

“Tasarım süreci binanın arsası ve işverenin ihtiyaçları değerlendirilerek oluşturulan farklı modellemeler yapılarak ve işveren ile belli aralıklarda toplantılar yapılarak geliştirildi.. Burada farklı etkenler, bina yüksekliği, maliyetler, yapım zorlukları, imar verileri ve arsa verileri değerlendirilerek belli tasarım çalışmaları yapıldı.”

Tasarım ve Uygulama Arasındaki Farklılıklar

“Yok denecek kadar az ve minimum farklılıklar olmuştur.”

“Beşikten Beşiğe” Yaklaşımı

“Bütün malzemelerin yeniden kullanılabileceği söylenemez, fakat genel olarak bu tip bir yapıda mimari elemanlar olarak düşündüğünüzde cephe camları, metal güneş kırıcıları, iç mekanlarda kullanılan metal, cam, ahşap ve doğal taşların yeniden kullanımı mümkündür.”

Kullanılan Araçlar

- **“BIM:** Burada mimari olarak BIM modellemesi yapıldı.
- **Revit:** Binanın modellemesi ve enerji analizlerinde kullanıldı.

Bunun dışında enerji modellemeleri de yapıldı. Bunlar için kullanılan programları tam olarak bilemiyorum, fakat verilere göre cam hesapları, doğrama hesapları, rüzgar testlerine göre farklı cephelerde kullanılacak cam ve doğrama kalınlıkları tespit edildi.”

BIM Uygulamaları

“BIM modelleri son zamanlarda oldukça yoğun kullanılmaya başlanmıştır. Burada BIM modeli dediğinizde tüm disiplinlerin bir bütün olarak tek bir obje üzerinde koordineli olarak çalışabilecekleri koordine olacakları bir mecradan bahsediyoruz. Fakat bazı programlar mimari açıdan daha iyi sonuç vermekte olup bazı programlarda diğer disiplinler tarafından tercih edilmektedir. Tecrübelerimize dayanarak şunu söyleyebilirim ki burada biraz daha zaman ve tecrübeye ihtiyaç vardı.”

Yazılım Araçlarının Katkısı

“Proje yönetim araçları projelerin olmazsa olmazıdır. Bu tip projeler yüksek yatırımlı ve belli bir zaman aralığında yapıldıkları için bu süreci farklı açılardan kontrol edebilmeli ve yönetebilmelisiniz. Proje yönetimi, leed yönetimi, inşaat yönetimi, maliyet yönetimi gibi konuların bir bütünlük içinde ve koordineli olarak yapılması gereklidir.”

3.1.4 Erke Sürdürülebilir Bina Tasarım ve Danışmanlık

Yapılan dördüncü görüşme Erke adına Cemil Yaman ile 20 Mayıs 2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Erke, sürdürülebilir (LEED sertifikalı) projeler yürüten ve danışmanlık hizmeti veren bir firmadır. Firmanın 8-10 arası çalışanı bulunmaktadır. Firmanın yürüttüğü sürdürülebilir projeler çoğunlukla LEED hedefli projelerdir (Resim 3.4) ve sürdürülebilir olarak tercih edilmesinde genellikle işveren isteği, pazarlanma isteği veya yabancı yatırımcıların getirdiği zorunluluklar etkili olmuştur. Firma projenin tasarım, planlama, yapım ve işletme (test devreye alma) safhasının ilk aşamalarında sürece dahil olmuştur. Görüşmeler sonucunda elde edilen diğer bilgiler aşağıdaki alt başlıklar altında ele alınacaktır.

Süreçteki Zorluklar

“Örnek olarak; ulaşım and lokasyon kategorisinde yer alan bisiklet kredisinde bazı zorluklar yaşandı. Bu krediye göre kullanıcının binanın dışına çıktıktan sonra bisiklete ulaşabilmesi ve temel servislere (Hastane, okul vb.) gidebilmesi hedeflenmiştir fakat bu Türkiye’de mümkün olmamıştır. Enerji ve atmosfer kategorisindeki talep katılım kredisini, Türkiye’deki trafo sistemleri farklı olduğu için takip edemedik. Malzeme ve kaynaklar kategorisinde green guardlı ürünlerin kullanılması isteniyordu. Ancak bu ürünlerin Türkiye’deki satışı olmadığı için takip etmede zorlandık. En çok aslında malzeme ve kaynaklarda sıkıntı çektik. Çünkü o kadar sertifikalı ürün mevcut değildi.”



Resim 3.4. ERKE Tasarım Ofis Binası (URL 4).

Maliyet

“Maliyet açısından yeşil bir bina yapıldığında ilk yatırım maliyeti %2-4’ü kadar ek bir maliyet yapılıyordu. Ancak yapmış olduğumuz sistemler su ve enerji verimli sistemler olduğu için işletme sürecinde bunun bir amortisman süreci oluyordu. Bu da ne kadar verimli sistemler kullandığınıza göre değişiyordu. LEED’te sertifika seviyeleri var ve en yüksek sertifikayı almak için daha fazla maliyet yapmak gerekti. Ancak yenilenebilir enerji gibi yüksek maliyetli sistemler kullandığınızda bunlarda tasarruf fazla olduğu için bu şekilde orantı sağlandı.”

Proje Yönetimi Yaklaşımı

“Projenin ön tasarım aşamasından itibaren devreye girip inşaat ve işletme aşamasına kadar olan sürecin yönetimine dahil olduk. LEED’in bütünsel süreç yönetimi kategorisinde multidisipliner çalışma isteniyordu. Geleneksel projelerde çok fazla meslek dalı biraraya gelmiyor, ancak bu tarz projelerde akustik danışmanı, ekoloji danışmanı, yangın danışmanı vb. daha ayrıntılı kategorilerdeki disiplinler devreye girdi. Süreç, ön değerlendirme toplantısı ile başladı ve tasarım aşamasında projenin sürdürülebilir olması için gereken müdahaleler yapıldı. İnşaat aşamasında

da sürecin sürdürülebilirlik kriterlerine uygun olarak ilerlediğine dair raporlamalar yapıldı ve şantiyeye aylık ziyaretler gerçekleştirildi.”

Enerji Verimliliği

“Proje üzerinde sistemlerin seçimi çok önemli oluyordu. Proje türüne göre de değişebiliyordu. Enerji modellemesi yapılarak analizler yapıldı.”

Doğal Aydınlatma ve Su Tasarrufu

“Su tasarrufu için LEED’in kendi calculator vardı ve bununla hesaplamalar yapıldı.”

Malzemeler ve Tedarik Süreci

“Malzeme konusunda birçok problem yaşandı. Çoğunlukla istenilen malzeme Türkiye’de satılmayabiliyordu. Malzeme ve kaynaklar kategorisi zorunlu olduğu için EPD’li malzemeler takip edildi.”

Atık Yönetimi

“Atık yönetim planları hazırlandı. Kişi sayısına göre ne kadar atık çıkacağı, ne kadarlık bir atık kutusunun gerekeceği gibi hesaplamalar yapıldı ve değerlendirildi. Atıkların ayrı toplanması, ilgili geri dönüşüm tesislerine yollanması, tehlikeli atıkların ayrı toplanması ve onların ilgili akredite yerlere yollanması vb. işlemler yapıldı.”

Risk Yönetimi

“Bununla ilgili bir çalışma yapılmadı.”

Tasarım Süreci

“Mevcut projelere fazla müdahale etmeden sürdürülebilirlik entegre edilmeye çalışıldı.”

Tasarım ve Uygulama Arasındaki Farklılıklar

“Tasarım ve uygulama arasında farklılıklar oldu.”

“Beşikten Beşiğe” Yaklaşımı

“Bütün malzemeler için mümkün olmayabilir. Her malzeme için belirtilen bir Product Category Rule (PCR) kılavuzu mevcuttu. Bu kılavuzda kullanılan malzeme için “cradle to cradle” veya “cradle to grave” yapacağınız belirtiliyordu.”

Kullanılan Araçlar

- **“BIM: Kullanıldı.**
- **Revit:** *Gün ışığı, aydınlatma modellemesinde kullanıldı.*
- **Energy Plus:** *Enerji modellemesinde kullanıldı.*
- **Design Builder:** *Enerji modellemesinde kullanıldı.*
- **Gabi:** *Product LCA olarak kullanıldı. Bir ürünün prosesinde neler yapıldığı incelenerek modellemesi yapıldı.*
- **IESVE:** *LEED, BREEAM, enerji, gün ışığı modellemesinin yapılabildiği kompakt bir programdı.*
- **One Click LCA:** *Building LCA olarak kullanılıyordu. Kat bazında hangi malzemelerin kullanıldığını ve kendi içindeki veritabanları ile kıyaslama yapılarak küresel ısıtma faktörü ve karbon ayak izinin ortaya konması.”*

BIM Uygulamaları

“Projenin birçok disiplin tarafından aynı anda kontrol edilmesi ve çözümler üretilmesinde çok yararlı olmuştur.”

Yazılım Araçlarının Katkısı

“Projelerde kullanılan programlar olmadan analizleri yapmamız mümkün olmuyor. Enerji modellemesi için enerji analiz programları ya da LCA programı olmadan bir veritabanı olmadan bir ürünün yaşam döngüsünün analizi gerçekleştirilemiyor.”

3.2 Bölüm Değerlendirmesi

İnşaat sektöründe aktif rol olan dört inşaat firmasıyla yapılan görüşmeler neticesinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

- Ana yüklenici firma dışındaki firmaların sürdürülebilir proje yönetimi sürecinin yıkım safhası dışında neredeyse bütün safhalarında sürece dahil olduklarını görülmektedir.
- Projelerin sürdürülebilir olarak düşünülmesinin ana sebebinin çoğunlukla işveren isteği üzerine olduğu; bölge şartları ve projenin pazardaki yeri gibi etmenlerin de kısmen etkilediği sonucuna varılmıştır.
- Türkiye’deki sürdürülebilir projelerin çoğunlukla LEED sertifikası almaya yönelik olduğu ve bu süreçte bazı sıkıntıların yaşandığı görülmüştür. Bunun en büyük sebebinin, Türkiye’deki yerel yönetimlerin çıkardığı zorluklar ve LEED sistemini kullanmanın getirdiği zorluklar olduğu düşünülmektedir.
- Görüşmeler, dört firmadan üçünün projenin başından itibaren atık yönetimine dair planlar yaptığına işaret etmektedir. Bununla ilgili formatların hazırlandığı, atık minimizasyonun sağlanabilmesi için prosedür yazılıp diğer disiplinlerle paylaşıldığı belirtilmiştir. Sürecin en başından itibaren atıkların ayrıştırılıp hangilerinin geri dönüşüme gideceği konularında çalışmalar yapılmıştır. İnşaat sürecinde çıkan moloz atıkların kayıtlı ve geri dönüşüm amaçlı kullanılan sahalara, tehlikeli atıkların ise ilgili akredite yerlere gönderilmesi amaçlanmıştır. Atık sularının döküleceği yere kadar talimatları içeren bir plan uygulanmıştır. İşletme aşamasında ise atık alanları ve çöp kanallarının oluşturulması sağlanmıştır.
- Projenin yapısına veya işverenin tercihlerine göre nelerin hedeflenip nelerin hedeflenmediği projenin başında belirlendiği için firmaların olası riskleri bu şekilde by-pass ettiği belirtmiştir. Bu yüzden çoğu firmanın riskle alakalı çalışma yapmadıklarını görmekteyiz. Proje müellifi dışındaki diğer firmaların

projenin tasarlanması sürecine çok fazla müdahale etmeden optimum çözümler sunup ona göre stratejilerini belirledikleri görülmüştür.

- Enerji verimliliği konusuna geldiğimizde, çoğu firmanın enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar yaptığı tespit edilmiştir. Modelleme araçlarının da yardımıyla yapılan enerji modellemelerinin projenin sürdürülebilir olma yolundaki en önemli aşamalarından birisi olduğu görülmüştür. Örneğin bina kabuğu seçiminde, verimli elektrik ve mekanik sistemlerin seçilmesi, enerjiye yönelik düşük emisyonlu araçların kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına teşvik gibi konularda çalışmalar yapılmıştır.
- Firmaların doğal aydınlatma, su tasarrufu ve malzeme verimliliği konularında da birtakım çalışmalar yaptıkları görülmüştür. BIM kullanılarak oluşturulan bir takip yönetim sistemiyle olası arızaların ve olumsuzlukların takip edilmesi ve gerektiğinde çözüm üretilmesi hedeflenmiştir. Atık sularının bahçe suları veya başka işlevli kullanılması, ıslak hecimlerde su kullanımını minimuma indiren elemanların seçilmesi gibi konularda çalışmalar yapılmıştır. Malzemeler ve tedarik sürecine geldiğimizde üç firmanın buna yönelik çalışmalarının olduğu ancak bu süreçte birtakım zorluklar yaşadıkları görülmüştür. Öncelikle yerel malzemelerin seçilmesi hedeflenmiştir. Malzemenin fabrikadan çıkıp şantiyeye gelecek sürede getiren aracın harcadığı yakıt kadar hesaplamalar yapılmıştır. Bu aşamada üretici firmaların hammadde tedarik ettikleri yerden kendi fabrikalarının bulunduğu konuma ve proje alanına olan mesafeler çok önemli olmuştur. Malzemelerin tedarik sürecinde karşılaşılan en önemli problemlerden birisinin kullanılan malzemelerin üretiminin durmuş olması veya istenilen malzemenin Türkiye’de satılmıyor olması sonucuna varılmıştır.
- Firmalardan ikisinin yaşam döngüsü değerlendirme çalışmalarını ilgili araçları kullanarak gerçekleştirdikleri görülmüştür. Bununla birlikte yaşam döngüsü maliyeti adına hiçbir çalışmanın yapılmadığı gözlemlenmiştir. Görüşmeler bütün firmaların bütünleşik tasarımı projelerinde uyguladıklarını göstermiştir.

- Yapılan görüşmelerden çıkan sonuca göre, sürdürülebilir projelerin bakım-onarım (işletme) süreçlerine firmaların başında dahil oldukları ve binanın daha uzun ömürlü olmasının sağlanması adına hiçbir çalışmanın yapılmadığı görülmektedir. Ayrıca en önemli eksik olan bakım-onarım kılavuzunun bütün projelerde olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Firmaların ayrıca kentsel dönüşüm projesi deneyimi yaşamadıkları görülmüştür.
- Görüşmeden çıkan bir diğer önemli sonuç firmaların “beşikten beşiğe” anlayışı hakkındaki görüşleri olmuştur. Buna göre bütün firmalar “beşikten beşiğe” anlayışında malzemelerin yeniden kullanımının mümkün olmadığı sonucuna varmıştır.
- BIM ile ilgili görüşleri sorulduğunda, projeyi çözme açısından çok yararlı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Farklı bütün disiplinlerin bir bütün olarak aynı anda entegre bir şekilde çalışmalarını sağlamada, çakışan problemlerin tespit edilmesinde ve çözümler üretilmesinde çok yararlı olduğu düşünülmektedir.
- Son olarak projelerde kullanılan araçların projeleri daha hızlı bir şekilde tasarlamada, modellemede ve analiz etmede çok yararlı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Bütün firmalar, bu araçları kullanarak süreci hızlandırdıklarını ve nerede ne gibi önlemler alınması gerektiğini kolaylaştırdığını ifade etmiştir.

Tablo 3.1 firmalarla yapılan görüşmeler sonucunda proje yönetimi sürecinde uygulanan sürdürülebilir yaklaşımları göstermektedir. Burada dikkati çeken noktalardan birisi de firmaların projenin işletme/kullanım sürecine fazla dahil olmamalarıdır. Ayrıca bina kullanım kılavuzunun oluşturulmasında da bir eksiklik olduğu, firmaların bina yıkım süreciyle ilgili görüşlerinin olmadığı görülmüştür.

Tablo 3.1: Proje Yönetimi Sürecinde Uygulanan Sürdürülebilir Yaklaşımlar

	ALTENSİS	SERA YAPI	FEHMİ KOBAL DESİGN	ERKE
Süre Planlaması	-	✓	✓	-
Maliyet Planlaması	-	✓	✓	-
Atık Yönetimi	✓	✓	-	✓
Risk ve Kalite Yönetimi	✓	✓	✓	-
Enerji Verimliliği	✓	✓	-	✓
Doğal Aydınlatma	✓	✓	✓	✓
Su Verimliliği	✓	✓	✓	✓
Malzeme Verimliliği	✓	✓	✓	✓
YDD	✓	-	-	✓
YDM	-	-	-	-
Bütünleşik Tasarım	✓	✓	✓	✓
Bakım Onarım Kılavuzu	✓	✓	-	-
Kentsel Proje Deneyimi	-	-	-	-
Yıkıma Yönelik Görüşler	✓	✓	-	✓

Tablo 3.2: Firmaların kullandıkları araçlar

	ALTENSİS	SERA YAPI	FEHMİ KOBAL DESİGN	ERKE
Kullanılan Araçlar	*BIM *Revit *Energy Plus *Design Builder *Ecotect *DiaLux *One Click LCA *Simple-box modeli	*BIM *Revit *Energy Plus *Design Builder	*BIM *Revit	*BIM *Revit *Energy Plus *Design Builder *Gabi *IESVE *One Click LCA
Maliyet Etkisi	-	-	-	-
Süre Etkisi	+	+	+	+

Tablo 3.2’de görüldüğü üzere, projede kullanılan araçlarda aslında her firmada aktif olarak kullanılan BIM uygulamaları olmuştur. Revit, modelleme ve raporlamada kullanılan ortak bir program olmuştur. Enerji verimliliğinin hesaplanması ve raporlanmasında Energy Plus ve Design Builder en çok tercih edilen araçlardan birkaçı olmuştur. Bina yaşam döngüsü değerlendirmesinde One Click LCA, ürün yaşam döngüsünde ise GABI araçları kullanılmıştır.

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli sonuç, kullanılan araçların projeye ek bir maliyet getirmesiye; süre olarak projeye avantaj sağlamasıdır.

4. SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE YÖNETİM SÜRECİ VE KULLANILACAK ARAÇLARA İLİŞKİN ÖNERİ

4.1 Sürdürülebilir Proje Yönetim Süreci

Çalışmanın bu bölümünde, literatür ve görüşmelerden elde edilen bulgularla sürdürülebilir proje yönetim sürecine dair bir öneri sunulacaktır. Bölüm 1.3'te sürdürülebilir proje yönetimi safhalarıyla ilgili yapılan literatür çalışmasında 12 farklı araştırmacı tarafından önerilen proje yaşam döngüsü safhaları incelenmiştir. Bu safhalar arasından ortak olarak önerilen beş safha tespit edilmiştir. Bunlar, fizibilite, tasarım, uygulama, işletme/kullanım ve yıkım safhalarıdır.

Bölüm 3'te ise Türk inşaat sektöründe sürdürülebilir projeler yürüten dört firmaya süreçle ve uygulanan yaklaşımlarla ilgili sorular yöneltilmiştir. Yapılan değerlendirmeler neticesinde süreçte yaşanan bazı eksiklik ve aksaklıklar tespit edilmiştir. Bunlar;

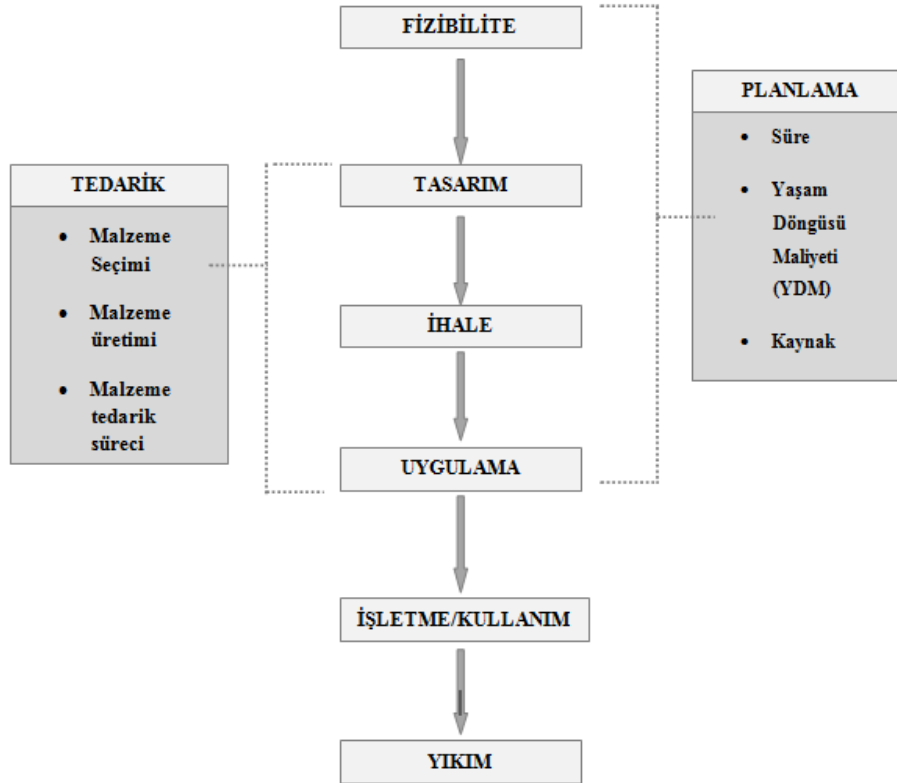
- Süre ve maliyet planlamasındaki eksikler
- Malzeme seçimleri ve tedarik sürecinde yaşanan aksaklıklar

Görüşmelerde, firmaların projelerin süre ve maliyet planlamalarına gereken önemi göstermedikleri görülmüştür. Geleneksel proje yönetim sürecinde gerçekleştirilen süre ve maliyet planlamalarına ek olarak, daha kompleks yapıda olan sürdürülebilir proje yönetim sürecinde süre ve maliyet konularına daha fazla yoğunlaşılmalıdır. Proje süresi, fizibiliteden yıkım safhasına kadar sürdürülebilirliğin gerekliliklerine uygun sistematik bir şekilde ilerlemelidir. Özellikle de malzeme tedarik sürecinin, projenin başından itibaren takibinin yapılması gerekmektedir. Daha verimli bir sürdürülebilir proje için, maliyet analizlerinin en baştan itibaren yapılması gerekmektedir. Yaşam döngüsü maliyet (YDM) analizleri ile tüm proje seçeneklerinin toplam maliyetleri hesaplanarak, en düşük maliyetli olanlar seçilmektedir. Bu sayede yapının tüm maliyetleri en baştan itibaren öngörülebilmektedir.

Malzeme konusuna gelindiğinde, firmaların en çok, malzeme seçimi, üretimi ve tedarik süreçleri konularında sıkıntı yaşadıkları görülmüştür. Sürdürülebilir projelerin olmazsa olmazı olan malzeme konusu, binaların istenilen kriterleri sağlaması sürecinde dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur. Projeye uygun sürdürülebilir malzemelerin seçiminin, üretiminin ve üretim yerlerinden şantiye alanlarına ulaştırılmaları sürecinin, projelerin sürdürülebilirlik bağlamında istenilene uygun gerçekleştirilmesinde rolü çok büyüktür.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda ortaya çıkan bir diğer önemli sonuç ise sürdürülebilir projelerin ihtiyaçlarına yönelik düzenlenmesi gereken sözleşmelerdir. Özellikle de atık, su, enerji, sürdürülebilir projelere uygun paydaş ve ana yüklenici seçimi çok önemli olmaktadır. Tasarım safhasından sonra sürece dahil edilmesi gereken ihale safhasında hazırlanan sözleşmelerde bu konuların yer alması gerekmektedir.

Şekil 4.1’de, tespit edilen eksiklik ve aksaklıklar sonucunda planlama, tedarik ve ihale süreçlerinin eklenmesiyle sekiz safhadan oluşan öneri bir sürdürülebilir proje yönetim sürecini gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Öneri SPY Süreci

Şekil 4.1’de gösterildiği gibi, önerilen sürdürülebilir proje yönetim süreci sekiz safhadan meydana gelmektedir. Planlama safhasının geleneksel projelerden farklı olarak daha kompleks yapıda olan sürdürülebilir proje yönetimi sürecinde iyi yönetilmesi gerekmektedir. Süresel olarak aksaklıkların yaşanmaması, projenin en baştan itibaren verilen sürdürülebilirlik hedeflerini gerçekleştirmesi açısından çok önemlidir. Sürdürülebilir projeler için önemli olan bir diğer konu ise maliyetin düşürülmesidir. İyi bir maliyet planlaması ve uygulaması proje için çok kritiktir.

Eklenen tedarik safhasıyla malzeme konusunda yaşanan engel ve zorlukların aşılması hedeflenmiştir. Malzeme üreticisinin seçimi, istenilen malzemenin stok durumu ve tedarik süreçlerinin iyi planlanması bu açıdan oldukça önemlidir.

4.2 Süreçte ele alınan konular

Bölüm 2.2’de sürdürülebilir yaklaşımlar üzerine yapılan araştırmalar ve görüşmeler sonucunda elde edilen veriler, sürdürülebilir proje yönetim sürecinde bazı yaklaşımların ele alınması gerektiğini ortaya çıkarmıştır;

- Fizibilite safhasında, yaşam döngüsü değerlendirmesi ve yaşam döngüsü maliyetinin uygulanması, atık yönetim planlarının hazırlanması, su verimliliği hesaplamalarının yapılması, risk yönetim planlarının hazırlanması, maliyet tahminlerinin yapılması, çevresel değerlendirmelerin yapılması gibi konular öne çıkmaktadır.
- Planlama safhasında, daha çok süre ve maliyet planlamasıyla ilgili yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Sürdürülebilirliğin de etkisiyle artan iş kolu ve aktivitelerle birlikte, projenin süre olarak olarak iyi planlanarak gecikmelerin önlenmesi önemli hale gelmiştir.
- Tasarım safhasında, yapının sürdürülebilirlik kriterleri doğrultusunda modellenmesi çok önemlidir. Risk yönetiminin tasarım aşamasında yapılması, uygulama öncesinde oluşabilecek risklerin belirlenmesi ve önlemlerin alınması açısından önemlidir. Bunun yanı sıra, yaşam döngüsü değerlendirmesi ve maliyeti tasarım safhasında da öne çıkan önemli konulardandır. Bütünleşik tasarım süreci, ele alınması gereken bir diğer önemli konudur.

- İhale safhasında, sürdürülebilirlik kriterlerine uygun, çevresel yönetim planlarının şart koşulduğu, paydaşların ve ana yüklenici seçim kriterlerinin yer aldığı sözleşmelerin hazırlanması çok önemlidir.
- Tedarik safhasında, önemli olan malzemelerin seçimi, üretimi ve tedarik sürecidir. Özellikle sürdürülebilir projelerde, doğayı kirletmeyen, yerel bölgelerden seçilmiş malzemelerin kullanımı dikkat edilmesi gereken bir konudur. Malzemelerin üretim sonrasında uygulama alanlarına ulaştırılması ve bu süreçte herhangi bir olumsuz durumun yaşanmaması gerekmektedir.
- Uygulama safhasında, atık yönetimi ön plana çıkmaktadır. Bu süreçte ortaya çıkan atıkların planlı bir şekilde toplanması ve ilgili yerlere gönderilmesi çok önemlidir. Tedarik edilen malzemelerin izlenmesi ve kontrolünün sağlanması gerekmektedir.
- İşletme safhasında, bina kullanım süreci için hazırlanan işletme planlarının olması gerekmektedir. Ayrıca, kullanılacak verimli sistemlerin testlerinin yapılması da gerekmektedir. Atık yönetimi, işletme aşamasında da öne çıkan konular arasındadır.
- Yıkım safhası, günümüz sürdürülebilir projelerde en az önem verilen bir safhadır. Önceden hazırlanmış olan yıkım planının doğru, kontrollü ve çevreye zarar vermeyecek şekilde uygulanması çok önemlidir. Atık yönetimi, yıkım aşamasında da karşımıza çıkmaktadır. Ortaya çıkan atık malzemelerin sınıflandırılması, geri dönüşümü ve yeniden kullanımı gibi bazı yaklaşımların dikkate alınması gerekmektedir.

4.3 Kullanılacak Araçlar

Bu bölümde, literatürden ve görüşmelerden elde edilen bulgularla sürdürülebilir bir proje yönetim sürecinde kullanılması önerilen araçlara dair bir öneri sunulacaktır. Bölüm 2.1’de sürdürülebilir proje yönetimi araçları ilgili yapılan literatür çalışmasında farklı yazarların araştırmalarında yer verdikleri araçlar listelenmiştir. Genel durum değerlendirilip ortak kullanılan sürdürülebilir proje yönetim araçları tespit edilmiş ve kullanım amaçlarına göre üçe ayrılmıştır;

- 1) Enerji analiz araçları
- 2) Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) araçları
- 3) Yapı bilgi modellemesi tabanlı (YBM/BIM) araçlar

Tablo 4.1 Mevcut kullanılan araçlar.

Enerji Analizi Araçları	YDD Araçları	YBM/BIM Tabanlı Araçlar
• EnergyPlus • DesignBuilder • Green Building Studio • DOE-2 • TRNSYS, • Ecotect • IES-VE • eQUEST	• GABI • Athena • SimaPro • ENVEST • Eco-Quantum	• Revit

Bölüm 3’te firmalarla yapılan görüşmelerde sürdürülebilir proje yönetiminde kullanılan araçlarla ilgili sorular yöneltilmiştir. Görüşmeler sonucunda projelerde kullanılan araçlar Tablo 4.2’de listelenmiştir.

Tablo 4.2 Sektörde kullanılan araçlar.

Kullanılan Araçlar
• Enerji, aydınlatma, gün ışığı analizleri: EnergyPlus, DesignBuilder, Revit, Ecotect, IES-VE, DiaLux, BIM
• Yaşam döngüsü değerlendirme analizleri: GABI, One Click LCA

Literatür ve görüşmelerden çıkan verilere göre enerji, aydınlatma, gün ışığı vb. konulardaki analizler için EnergyPlus, Design Builder, Revit ve Ecotect araçlarının ortak olarak kullanıldıkları görülmüştür. Yaşam döngüsü değerlendirmesi analizlerinde ise GABI ve IES-VE araçlarının tercih edildiği görülmektedir. Bunun

yanısıra, aslında sürdürülebilir proje yönetimi süreçlerinde kullanılan araçların BIM ile birlikte bütünleşik çalıştıkları görülmektedir.

Tablo 4.3'te, sekiz safhadan oluşan proje yaşam döngüsü ve kullanılacak araçlar listelenmiştir.

Tablo 4.3 Sürdürülebilir proje yönetim süreci ve araçlar

	Fizibilite	Planlama	Tasarım	İhale	Tedarik	Uygulama	İşletme	Yıkım
BIM	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Revit			✓		✓	✓		✓
EnergyPlus			✓			✓		
DesignBuilder		✓	✓			✓		
Ecotect			✓			✓		
IES-VE			✓			✓	✓	
DiaLux			✓			✓		
GABI		✓	✓		✓			
One Click LCA		✓	✓		✓			

5. SONUÇ

İnşaat sektöründe yürütülen sürdürülebilir projelere bakıldığında günümüz bilgi çağının olanaklarının yeterince kullanılmadığı gözlemlenmiştir. Daha kalite bir çevre oluşturmak ve çevreye duyarlı yapıların ortaya çıkmasına yardımcı olabilecek araçlara her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Sürdürülebilir proje yönetimi sürecinin yeni bir bakış açısıyla daha verimli bir şekilde yürütülmesi için bu araçların varlığı oldukça önemlidir. Ancak, yapılan araştırmalar sonucunda günümüz sürdürülebilir inşaat proje yönetiminde hangi araçların sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda kullanıldıkları ve uygulamalarda ortaya çıkan eksikliklerinin yeterince araştırılmadığı sonucuna varılmaktadır.

Bu çalışmada, tespit edilen bu sorunun üzerine gidilmiştir. Öncelikle literatür araştırması yapılarak izlenen sürdürülebilir proje yönetimi süreçleri ve kullanılan araçlar tespit edilmiştir. Daha sonrasında sektörde sürdürülebilir projeler yürüten dört firmaya kullanılan araç ve sürdürülebilir proje yönetim süreciyle alakalı sorular yöneltilmiştir. Bunun sonucunda elde edilen sonuçlar neticesinde literatür ve görüşmelerden ortak elde edilen veriler biraraya getirilerek sürdürülebilir proje yönetimi süreci ve araçları üzerine bir öneri sunulmuştur.

Literatür araştırmasına göre, sürdürülebilir proje yönetimi sürecini oluşturan bazı safhaların daha fazla öne çıktığı görülmüştür. Fizibilite, tasarım, uygulama, işletme/kullanım ve yıkım olarak belirlenen bu safhaların, projelerin sürdürülebilirlik kriterlerini sağlamasında oldukça yararlı oldukları tespit edilmiştir. Görüşme analizlerinden çıkan sonuçlar ise, SPY sürecinde bazı aksaklık ve eksikliklerin oluştuğuna işaret etmiştir. Bunlardan ilki, malzemeler ve tedarik süreçleri olmuştur. Malzemelerin üretiminden tedarik edilmesine kadar olan sürecin sıkıntılı geçtiği görülmüştür. Tespit edilen diğer eksiklik süre ve maliyet planlamasında yaşanmıştır. Görüşmelerde sürdürülebilir projelerin gerekliliklerine yönelik düzenlenmesi gereken sözleşmelerin, özellikle de atık, su, enerji, sürdürülebilir projelere uygun paydaş ve ana yüklenici seçimi gibi konuları kapsamaması gerektiği sonucuna

varılmıştır. Bu da sürdürülebilir proje yönetim sürecine dahil edilmesi gereken bir ihale sürecine işaret etmiştir.

Tespit edilen bu eksiklikler, geleneksel proje yönetiminden farklı olarak literatür araştırması sonucunda belirlenen fizibilite, tasarım, uygulama, işletme/kullanım ve yıkım aşamalarına planlama, tedarik ve ihale safhalarının eklenmesini sağlamıştır. Bununla birlikte bu çalışma kapsamında sekiz safhadan oluşan bir sürdürülebilir proje yönetim süreci önerisinde bulunulmuştur.

Sürdürülebilir projelerde kullanılan araçların analizinde ise aynı metod izlenmiştir. Öncelikle literatür araştırmasında farklı yazarlar tarafından önerilen araçlar listelenmiş ve ağırlıklı olarak kullanılanlar değerlendirme kapsamına alınmıştır. Görüşmelerde ise mevcut sürdürülebilir çalışmaları devam eden firmalara kullandıkları araçlarla ilgili sorular sorulmuş ve en çok kullanılanlar tespit edilmiştir. Hem literatür hem de görüşme analizleri bize, projelerde kullanılan araçların BIM ile bütünleşik bir çalışma şekli içinde olmaları gerektiğini ve bununla birlikte, projenin sürdürülebilir olmasından dolayı daha çok enerji ve yaşam döngüsü değerlendirme analizlerine yönelik olarak seçilmeleri ve tercih edilmelerini göstermiştir.

Enerji, su, aydınlatma, malzeme ve atık konularındaki çalışmalar üzerine yoğunlaşan proje sürecinin tespit edilen bir diğer eksikliği ise işletme/kullanım ve yıkım safhalarına gereken önemin gösterilmemesidir. Binaların sürdürülebilirlikleri açısından işletme/kullanım aşamasında bazı bakım-onarım faaliyetlerinin yapılması ve ileriki dönemlere yönelik planların oluşturulması oldukça önemlidir. Aynı şekilde, yıkım aşamasının da gözardı edilmemesi gereken bir safha olduğu sonucuna varılmıştır.

REFERANSLAR

- Alwisy, A., BuHamdan, S. and Gül, M. (2019). *Evidence-based ranking of green building design factors according to leading energy modelling tools*. Sustainable Cities and Society. 47, 101491, doi: 10.1016/j.scs.2019.101491
- Andersen, N.J.H. and Branstrup, J. (2008). *Monte Carlo Simulation in Crystal Ball 7.3*. Analytics Group, Aarhus University.
- Ansah, M.K., Chen, X., Yang, H., Lu, L. and Lam, P.T.I. (2019). *A review and outlook for integrated BIM application in green building assessment*. Sustainable Cities and Society. 48, 101576, doi: 10.1016/j.scs.2019.101576
- Antón, L.A. and Díaz, J. (2014). *Integration of LCA and BIM for Sustainable Construction*. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering. Vol:8, No:5
- Atomo, C., Dzantor, J.C.K. and Agbo, A.A. (2015). *Integration of Sustainable Construction in Project Management: A Case Study in Ghana*. International Journal of Construction Engineering and Management. 4(1), 13-25, doi: 10.5923/j.ijcem.20150401.02
- Barron, M. and Barron, A.R. (2011). *Project Management for Scientists and Engineers*. Rice University, Houston, Texas.
- Bragança, L., Vieira, S.M. and Andrade, J.B. (2014). *Early Stage Design Decisions: The Way to Achieve Sustainable Buildings at Lower Costs*. Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal Volume 2014, Article ID 365364, 8 pages, doi: 10.1155/2014/365364
- Brundtland, G. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. United Nations General Assembly document A/42/427.
- Carson, R., Darling, L. and Darling, L. (1962). *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Carvalho, J.P., Bragança, L. and Mateus, R. (2019). *Optimising building sustainability assessment using BIM*. Automation in Construction. 102, 170–182, doi: 10.1016/j.autcon.2019.02.021
- Crawley, B., Lawrie, L.K., Pedersen, C.O., Winkelmann, F.C. (2000). *EnergyPlus: Energy Simulation Program*. Ashrae Journal.

Curtis, R.B., Birdsall, B., Buhl, W.F., Erdem, E., Eto, J., Hirsch, J.J., Olson, K.H. and Winkelmann, F.C. (1984). *The Doe-2 Building Energy Analysis Program*. The ASEAN Conference on Energy Conservation in Buildings in Singapore, 5/84.

Daneshpour, H. (2015). *Integrating Sustainability into Management of Project*. International Journal of Environmental Science and Development. Vol. 6, No. 4, 321-325

Delnavaz, M. (2012). *Project Managers' Role in Sustainable Building Process*. Master's Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.

Elkington, J. (1998). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Gabriola Island, BC. New Society Publishers.

Enshassi, A., Kochendoerfer, B. and Al Ghoul, H. (2016). *Factors Affecting Sustainable Performance of Construction Projects during Project Life Cycle Phases*. International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology. (ISSN: 2180-3242) Vol 7, No 1.

Ergönül, S. and Gündeş, S. (2011). *Sürdürülebilir Yapımın Gelişme Süreci ve Proje Yönetimi*

Fleming, G. (2009). *Construction Project Management Handbook*. Prepared for Federal Transit Administration Office of Research, Demonstration and Innovation U.S. Department of Transportation Washington, DC.

Gonçalves, R.Q. and Wangenheim, C.G. (2015). *Comparison of educational project management tools*. ICSEA 2015: The 10th International Conference on Software Engineering Advances. Barcelona, Spain, 184–191.

Guo, H.L., Li, H. and Skitmore, M. (2010). *Life cycle management of construction projects based on Virtual Prototyping technology*. Journal of Management in Engineering. Volume 26, doi: 10.1061/(ASCE)0742-597X(2010)26:1(41)

Halil, F.M., Nasir, N.M., Hassan, A.A. and Shukur, A.S. (2016). *Feasibility Study and Economic Assessment in Green Building Projects*. Procedia - Social and Behavioral Sciences. Volume 222, 56 – 64, doi: 10.1016/j.sbspro.2016.05.176

Hamid, Z.A., Zain, M.Z.M. and Roslan, A.F. (2016). *Sustainable Construction Waste Management*. The Ingenieur. Vol 66.

Han, G. and Srebric, J. (2011). *Life-Cycle Assessment Tools for Building Analysis*. The Pennsylvania Housing Research Center.

Han, G., Srebric, J., & Enache-Pommer, E. (2014). *Variability of Optimal Solutions for Building Components Based on Comprehensive Life Cycle Cost Analysis*. Energy and Buildings, 79, 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.10.036>

Heralova, R.S. (2017). *Life cycle costing as an important contribution to feasibility study in construction projects*. Procedia Engineering. Volume 196, Pages 565-570

Hirsch, J.J. and Associates (2010). *eQUEST Introduction Tutorial*, version 3.64. Camarillo, USA.

IISD, (2012). *SD Timeline*. International Institute for Sustainable Development.

Jarić M., Budimir, N., Pejanović, M. and Svetel, I. (2013). *A Review Of Energy Analysis Simulation Tools*. 7th International Working Conference "Total Quality Management – Advanced and Intelligent Approaches", Belgrade, Serbia.

Johnson, M.P. (2013). *Awareness and Application of Sustainability Management Tools in Small and Medium-Sized Enterprises*. Academy of Management Annual Meeting Proceedings. 16036, 1-34, doi: 10.5465/AMBPP.2013.16036abstract

Khasreen, M.M., Banfill, P.F.G. and Menzies, G.F. (2009). *Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review*. *Sustainability*. ISSN 2071-1050. 1, 674-701, doi: 10.3390/su1030674

Kibert, C.J. (1994). *Establishing Principles and A Model for Sustainable Construction*. CIB TG 16, Sustainable ConstruCtion , Tampa, Florida, USA.

Kibert, C.J. (2013). *Sustainable construction: Green building design and delivery*. Hoboken, N.J: John Wiley.

Kortman, J., and van Ewijk, H. (1998). *Presentation of Eco-Quantum, the LCA-based computer tool for the quantitative determination of the environment impact of buildings*. Proceeding of the CIB World Building Congress 1998. Gävle, Sweden.

Kubba, S. (2010). *Green Construction Project Management and Cost Oversight*. Elsevier, Burlington, USA.

Kumar, B.S.C. and Gupta, S.K. (2014). *Sustainable Construction Management*. International Journal of Applied Engineering Research. ISSN 0973-4562 Volume 9, Number 22, 15573-15584

Labuschagne, C. and Brent, A.C. (2006). *Social indicators for sustainable project and technology life cycle*. The International Journal of Life Cycle Assessment. Volume 11, Issue 1, 3–15, doi: 10.1065/lca2006.01.233

Le, M.K. (2014). *Autodesk Green Building Studio For An Energy-Efficient, Sustainable Building*. University of Applied Sciences.

Lu, Y., Wu, Z., Chang, R. and Li, Y. (2017). *Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions*. Automation in Construction. 83, 134–148, doi: 10.1016/j.autcon.2017.08.024

Mahmuda, K., Aminb, U., Hossainb, M.J. and Ravishankara, J. (2018). *Computational tools for design, analysis, and management of residential energy systems*. Applied Energy. 221, 535–556, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.03.111

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. and Behrens III, W.W. (1972). *The Limits to growth; a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York :Universe Books.

Mills, F.T. and Glass, J. (2009). *The Construction Design Manager's Role in Delivering Sustainable Buildings*. Architectural Engineering and Design Management. 5:1-2, 75-90, doi: 10.3763/aedm.2009.0908

Miyatake, Y. (1996). *Technology Development and Sustainable Construction*. Journal of Management in Engineering. Vol. 12, Issue 4, 23-27, doi: 10.1061/(ASCE)0742-597X(1996)12:4(23)

Moakher, P.E. and Pimplikar, S.S. (2012). *Building Information Modeling (BIM) and Sustainability – Using Design Technology in Energy Efficient Modeling*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSRJMCE). ISSN : 2278-1684 Volume 1, Issue 2, 10-21

Montes, S.F. (2017). *Sustainable Building Project Execution: Impact of Construction Project Management on DGNB Sustainability Certification*. 4th semester – Building Energy Design, Aalborg University.

Murray, M.C., Finlayson, N., Kummert, M., Macbeth, J. (2009). *Live Energy TRNSYS – TRNSYS Simulation within GOOGLE SKETCHUP*. Eleventh International IBPSA Conference. Glasgow, Scotland.

Oracle White Paper, (2017). *Proper Risk Assessment and Management: The Key to Successful Banking*. Oracle Crystalball, Redwood Shores, CA 94065, USA.

Patel, H. and Fortune, C.J. (2006). *An Exploration of Sustainable Construction Procurement Practice at the Project Briefing Phase*. Symposium On Sustainability And Value Through Construction Procurement CIB W092 Procurement Systems and University of Salford, United Kingdom, 420-429

PE International (2012). *GaBi Paper Clip Tutorial, Introduction to LCA and modelling using GaBi*. PE International.

Persson, U. (2009). *Management of sustainability in construction works*. Doctoral Dissertation, Lund University, Sweden. doi: 10.13140/2.1.4468.7684

Project Management Institute. (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. Newtown Square, Pa: Project Management Institute.

Raoufi, K., Wisthoff, A.K., DuPont, B.L. and Haapala, K.R. (2019). *A questionnaire-based methodology to assist non-experts in selecting sustainable engineering analysis methods and software tools*. Journal of Cleaner Production. 229, 528e541 doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.016

Rebitzer, G. and Hunkeler, D. (2003). *Life Cycle Costing in LCM: ambitions, opportunities, and limitations, discussing a framework*. International Journal of Life Cycle Assessment. 8 (5), 253-256.

Robichaud, L.B. and Anantatmula, V.S. (2011). *Greening Project Management Practices for Sustainable Construction*. Journal of Management in Engineering © ASCE. 48-57, doi: 10.1061/ ASCE ME.1943-5479.0000030

Sandanayake M., Zhang, G. and Setunge, S. (2019). *Estimation of environmental emissions and impacts of building construction – A decision making tool for contractors*. Journal of Building Engineering 21. 173–185 doi: 10.1016/j.job.2018.10.023

Shen, L.Y., Hao, J.L., Tam, V.W.Y. and Yao, H. (2007). *A checklist for assessing sustainability performance of construction projects*. Journal of Civil Engineering and Management. 13:4, 273-281, doi: 10.1080/13923730.2007.9636447

Silvius, A.J.G. (2010). *Report Workshop 2, IPMA Expert Seminar Survival and Sustainability as Challenges for Projects, Zurich*. (Publication forthcoming).

Silvius, A.J.G. and Schipper, R. (2010). *A maturity model for integrating sustainability in projects and project management*. 24th International Project Management Association (IPMA) World Congress, Istanbul, Turkey.

Silvius, A.J.G. and Schipper, R.P.J. (2014). *Sustainability in project management: A literature review and impact analysis*. Social Business, Vol. 4, No.1, 63-96, doi: 10.1362/204440814X13948909253866

Silvius, A.J.G. and van den Brink, J. (2014). *Taking Responsibility: The integration of Sustainability and Project Management*. Advances in Project Management: Narrated Journeys in Uncharted Territory, 137.

Silvius, A.J.G., Schipper, R., Planko, J., van den Brink, J. and Köhler, A. (2012). *Sustainability in Project Management*. England: Grower Publishing Limited, Surrey.

Sousa, J. (2012). *Energy Simulation Software for Buildings: Review and Comparison*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Srdić, A. and Šelih, J. (2011). *Integrated Quality And Sustainability Assessment in Construction: A Conceptual Model. Technological and Economic Development of Economy*. Volume 17(4), 611–626, doi: 10.3846/20294913.2011.603177

Trisnawan, D. (2017). *Ecotect design simulation on existing building to enhance its energy efficiency*. 2nd international Tropical Renewable Energy Conference. doi :10.1088/1755-1315/105/1/012117

Turner, J.R. (2009). *The Handbook of Project-Based Management: Leading Strategic Change in Organizations*. 3rd Edition. The McGraw-Hill Companies

UNEP and SETAC. *Life Cycle Management*. Power Editing, Ireland.

URL 1 AND Pastel Projesi, <https://www.altensis.com/proje/and-pastel-turuncu-1-blok>. Erişim tarihi: 10.05.2019

URL 2 Piri Reis Üniversitesi (PRÜ) Denizcilik Fakültesi ve Uygulamalı Deniz Eğitim Merkezi, http://www.sera.com.tr/tr_piri-reis-universitesi-denizcilik-fakultesi-ve-uygulamali-deniz-egitim-merkezi-p22.php#9. Erişim tarihi: 16.05.2019

URL 3 Allianz Tower, <http://www.fehmikobaldesign.com/portfolio/allianz>. Erişim tarihi: 17.05.2019

URL 4 ERKE Tasarım Ofis Binası, <https://www.erketasarim.com/referans/erke-green-academy>. Erişim tarihi: 20.05.2019

Wang, N., Wei, K. and Sun, H. (2014). *Whole Life Project Management Approach to Sustainability*. Journal of Management in Engineering. 30(2), 246-255, doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000185

Wu, Z., Shen, L., Yu, A.T.W. and Zhang, X. (2016). *A comparative analysis of waste management requirements between five green building rating systems for new residential buildings*. Journal of Cleaner Production. 112, 895e902, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.073>

Wysocki, R.K. (2014). *Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme*. 7th Edition. John Wiley & Sons, Inc.

Yates, J.K. and Lacouture, D.C. (2016). *Sustainability in Engineering Design and Construction*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.

Yeheyis, M., Hewage, K., Alam, M.S., Eskicioglu, C. and Sadiq, R. (2012). *An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability*. Clean Techn Environ Policy. 15, 81-91, doi: 10.1007/s10098-012-0481-6

Zulkiffli, N.A. and Latiffi A.A. (2019). *Review on Project Manager's Leadership Skills in the Pre-Construction Phase of Sustainable Construction Projects*. MATEC Web of Conferences 266, 01011, doi: 10.1051/mateconf/2019266010

EK-A

SÜRDÜRÜLEBİLİR PROJE YÖNETİM SÜRECİ VE KULLANILAN ARAÇLAR

(Soru ve Cevaplar akademik araştırma amaçlıdır.)

Bu araştırma, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı Yapım ve Proje Yönetimi Yüksek Lisans Programı dahilinde, yürütülmekte olan “Sürdürülebilir Proje Yönetim Süreci ve Kullanılan Araçlar” konulu yüksek lisans tezi için yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, günümüz bilgi çağının olanakları kullanılarak geleneksel proje yönetiminden farklı olarak sürdürülebilir proje yönetimi süreçlerinde kullanılan değerlendirme ve analiz araçlarının nasıl ve ne şekilde fayda sağladığı yönünde analizler yapmaktır. Kimlik bilgileriniz ile verdiğiniz bilgilerin hiçbir surette başka bir amaçla kullanılmayacağı ve 3. şahıslara verilmeyeceği teminatımız altındadır. Katkılarınız için teşekkür ederiz.

BÖLÜM 1 – FİRMA İLE İLGİLİ BİLGİLER

(Lütfen boşlukları doldurunuz ya da (X) koyarak işaretleyiniz.)

1. Firma Adı :

.....

2. Firma Büyüklüğü (Çalışan sayısı) :

.....

3. Firmanın Yürüttüğü Projeler:

.....

4. Proje Adı (LEED, BREEAM Sertifikalı Proje/Projeler) :

.....

5. Proje Türü :

- | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| ☐ Konut | ☐ AVM | ☐ Ofis | ☐ Endüstriyel | ☐ Ulaştırma |
| ☐ Üniversite | ☐ Hastane | ☐ Diğer..... | | |

6. İşveren Türü:

☐ Proje Müellifi

☐ Ana Yüklenici

☐ Alt Yüklenici

☐ Danışman

☐ Müşteri

☐ Üçüncü Şahıslar

7. Cevaplayan Kişinin Adı-Soyadı (İsteğe Bağlı) :

.....

8. Cevaplayan Kişinin Mesleği (Ünvanı) :

.....

9. Cevaplayan Kişinin Firmadaki Pozisyonu :

.....

10. Projede Görev Aldınız mı?

.....

11. Projede Hangi Aşama(lar)da Aktif Rol Aldınız?

☐ Tasarım

☐ Planlama

☐ Yapım

☐ Bütçe yönetimi

☐ Diğer.....

BÖLÜM 2 – PROJE İLE İLGİLİ BİLGİLER

Anket soruları ile inşaat sektöründeki sürdürülebilir proje yönetimi süreçlerinde kullanılan değerlendirme ve analiz araçlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

1. Proje hangi sertifika sistemine sahip ve neden bu sertifika sistemi tercih edildi? Sertifika sisteminin hangi kriterleri gerçekleştirildi ve bu süreçte yaşanan zorluklar ne oldu?

.....

2. Maliyet açısından sürdürülebilir projelerin gelenekselden farklı olarak size ne gibi katkıları oldu?

.....

3. Projenin, sürdürülebilir proje (LEED, BREEAM Sertifikalı) olarak gerçekleştirilmesindeki çıkış noktası neydi? Sürdürülebilir olarak yapılması işveren isteği üzerine mi oldu (başka bir nedeni varsa lütfen belirtiniz)?

.....

4.Proje yönetimi açısından izlediğiniz yöntem nedir?

.....

5.İzlediğiniz proje yönetimi safhaları nelerdir, bu safhalar nasıl şekillendi? Geleneksel proje yönetimi sürecinden farklı olarak ne yaşadınız?

.....

6. Bu süreçte ne tür araçlar tercih ettiniz? Tercih edilen araçları hangi safha(lar)da kullandınız? Kullandığınız araçların size ne gibi faydaları oldu, bunları nasıl gözlemlediniz? (Lütfen kullandığınız araçları (X) koyarak işaretleyiniz.)

- | | | |
|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| ☐ BIM | ☐ Green Building Studio | ☐ GABİ |
| ☐ Revit. | ☐ TRNSYS | ☐ Sima Pro |
| ☐ DOE-2 | ☐ Eco-Quantum | ☐ IES VE |
| ☐ Energy Plus | ☐ Design Builder | ☐ LCA / LCC |
| ☐ ENVEST | ☐ Ecotect | ☐ eQUEST |
| ☐ ATHENA | ☐ Diğer..... | |

7. Kullanılan araçların seçiminde sizi etkileyen ne oldu? Süre, maliyet vb. unsurlar açısından size katkısı nasıl oldu? Ek bir maliyet veya süre gerektirdi mi?

.....

8. Proje(ler)nin sürdürülebilir olmasını geleneksel bir proje ile karşılaştırdığınızda karşınıza çıkan engeller neler oldu?

.....

9. Fizibilite, tasarım ve uygulama süreçleri nasıl gerçekleşti? Ne gibi zorluklar ortaya çıktı ve bu zorlukları nasıl aştınız?

.....

BÖLÜM 3

PROJE SAFHALARI	SORULAR
FİZİBİLİTE SAFHASI	10. Fizibilite sürecinde rol alan aktörler kimlerdi ve sorumlulukları nelerdi? 11. Süre ve maliyet planlaması hangi araç(lar) ile ne şekilde gerçekleştirildi? 12. Atık yönetimine dair yaptığınız çalışmalar neler oldu? 13. Risk ve kalite açısından yaptığınız çalışmalar neler oldu?
TASARIM SAFHASI	14. Tasarım süreci nasıl gelişti? 15. Tasarım sürecinde rol alan aktörler kimlerdi ve sorumlulukları nelerdi? 16. Enerjiye yönelik ne gibi çalışmalarınız oldu? Hangi araç(lar) ile ne şekilde gerçekleştirildi? 17. Doğal aydınlatma, su tasarrufu, malzeme ile ilgili çalışmalarınız nelerdi? Hangi araç(lar) ile ne şekilde gerçekleştirildi?

	18. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA)'ne yönelik çalışmalarınız nelerdi? Hangi araç(lar) kullanıldı? 19. Yaşam Döngüsü Maliyeti (LCC)'ne yönelik çalışmalarınız nelerdi? Hangi araç(lar) kullanıldı? 20. *Bütünleşik tasarım (Integrated Design) uygulandı mı?
UYGULAMA SAFHASI	21. Uygulama sürecinde rol alan aktörler kimlerdi ve sorumlulukları nelerdi? 22. Tasarım ve uygulama arasında farklılıklar oldu mu? Olduysa hangi konularda gerçekleşti? 23. Uygulama sürecini nasıl kontrol ettiniz? 24. Proje ile ilgili riskler önceden belirlendi mi? Hangi aşamalarda kullanıldı? 25. Atık yönetim planı mevcut muydu? Mevcutsa, nasıl bir atık planı oluşturuldu? 26. Projede yeşil/sürdürülebilir olarak nitelendirebileceğiniz malzeme kullandınız mı? Tedarik edilmesinde sorunlar yaşandı mı (varsa neler)? Bu konuda yüklenicinin sorumlulukları ne oldu?

İŞLETME/ KULLANIM SAFHASI	27. İşletme sürecinde rol alan aktörler kimlerdi ve sorumlulukları nelerdi? 28. Bu aşama için bir atık yönetim planı oluşturuldu mu? 29. Binanın kullanım/bakım-onarım kılavuzu var mı? 30. Binaın ömrünü uzatmak adına bakım-onarım faaliyetleri yapıyor mu? Buna yönelik ne gibi çalışmalarınız mevcut?
YIKIM SAFHASI	31. Son zamanlarda kentsel dönüşüm projesi yürüttünüz mü? 32. Yıkım aşamasında sürdürülebilirlik açısından bir deneyim yaşadınız mı? Yaşamadıysanız yıkıma yönelik görüşleriniz ne olurdu? Binaların ömrü ne şekilde uzatılabilir?

BÖLÜM 4

33. Proje müdürü hangi aşamada devreye girdi? Bütün süreçlerde aktif olarak rol aldı mı?

.....

34. “Beşikten beşiğe” anlayışı içerisinde tüm malzemelerin yeniden kullanılması mümkün mü?

.....

35. BIM uygulamaları ile ilgili ne düşünüyorsunuz?

.....

36. Yönetim araçlarının faydalı olduğunu düşünüyor musunuz? Projelere genel anlamda ne gibi katkıları oldu?

ÖZGEÇMİŞ

Duygu ÇIBUK



1990 yılında Gaziantep'te doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimini Gaziantep'te tamamladım. Mersin Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden mezun oldum. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yapı Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapım Proje Yönetimi programındaki yüksek lisans öğrenimimi tamamladım. Halen, İstanbul Gedik Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışma hayatıma devam etmekteyim.