

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

COVID-19 SALGININDA YAPIM PROJELERİNDE OLUŞAN
RİSKLER VE DİJİTAL UYGULAMALAR

Gizem GÜNLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Konut Üretimi ve Yapım Yönetimi Programı

Danışman

Doç. Dr. Tuğçe ŞİMŞEKALP ERCAN

Kasım, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**COVID-19 SALGININDA YAPIM PROJELERİNDE OLUŞAN
RİSKLER VE DİJİTAL UYGULAMALAR**

Gizem GÜNLÜ tarafından hazırlanan tez çalışması 26.11.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Konut Üretimi ve Yapım Yönetimi Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Tuğçe ŞİMŞEKALP ERCAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Tuğçe ŞİMŞEKALP ERCAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Serhat BAŞDOĞAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ürün BİÇER, Üye
Beykent Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Tuğçe ŞİMŞEKALP ERCAN sorumluluğunda tarafımda hazırlanan COVID-19 Salgınında Yapım Projelerinde Oluşan Riskler ve Dijital Uygulamalar başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Gizem GÜNLÜ

İmza



CANIM AİLEME...

TEŞEKKÜR

Belirsizliği fırsatlara çevirerek riskleri kontrol etmenin karma bir yapıya sahip yapım projeleri açısından önemi büyüktür. COVID-19 salgınının dünyayı etkisi altına almasıyla birlikte literatürde inşaat sektöründe proje yönetimi kapsamında yeni riskler doğduğu görülmüştür. Bu araştırma; döneme özgü yeni riskleri araştırmakla birlikte, yenilikçi dijital uygulamalarla, döneme özgü riskleri indirgeyerek; “yeni” risklerin doğurduğu tehdit ve fırsatlara karşı yapım firmalarının gelecekte sürdürülebilir yönetim stratejileri geliştirmesine de katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Tez kapsamında yürüttüğüm alan çalışmam sürecince, değerli zamanlarını ayırarak bana yardımcı olan ve görüşleri ile çalışmama katkıda bulunan 5 inşaat firmasına (Tahincioğlu A.Ş., Gülyapısan, A.Ş., Yalın Tan Partners, Guçlen inşaat ve Aşçıoğlu inşaat) görüşmelerde ve tezimde, araştırmalarıma zaman ayırarak katkılarını esirgemeyen Ahmet Gül, inş. müh. İlyas Gül, inş. müh. Emine Turgut, mimar Sena Akgül, inş. müh. Ozan Çavuş, inş. müh. Mehmet Mollamehmetoğlu, mimar Ayşegül Yılmaz’a teşekkür ediyorum. Yüksek lisans tezinin hazırlanma sürecinde beni yapıcı eleştirileriyle yönlendiren, bilgi, tecrübe ve yardımlarını esirgemeyen, sürecin başından sonuna kadar her aşamasında tez çalışmama büyük katkıda bulunan değerli tez danışmanım ve değerli hocam Doç. Dr. Tuğçe ŞİMŞEKALP ERCAN’a, bugüne kadar çalışmalarımda bana her zaman destek olan, maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen her an yanımda hissettiğim başta canım anneme, babama, ağabeyime ve çok değerli dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Kasım, 2021

Gizem GÜNLÜ

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	7
1.2 Tezin Amacı	11
1.3 Hipotez	12
2 COVID-19 SALGINININ GETİRDİĞİ YENİ RİSKLER VE İNŞAAT	
SEKTÖRÜ	13
2.1 Yapım Projelerinde Risk Yönetim Süreci	16
2.1.1 Risklerin Sınıflandırılması	19
2.2 Yapım Projelerinde COVID- 19 Sürecinde Oluşan Riskler	21
2.3 COVID-19 Salgınında Yapım Projelerindeki Yeni Risklerin Literatür Üzerinden Analizi ve Sınıflandırılması	34
3 COVID-19 SALGINININ BERABERİNDE GETİRDİĞİ YENİ RİSKLER	
ÜZERİNDE KULLANIMA SOKULABİLECEK DİJİTAL TEKNOLOJİLER	41
3.1 Yapım Projelerinde COVID-19 Salgınına Karşı Kullanılabilecek Teknolojiler	41
3.2 Dijital Teknolojilerin Önündeki Engeller	56
3.3 Dijital Teknolojiler İçin Sağlayıcı Kaynaklar	58
3.4 Yeni Aktörler ve Uzmanlıklar	67
4 COVID-19 SALGINININ BERABERİNDE GETİRDİĞİ YENİ RİSKLERİN	
ÖNLENMESİ ÜZERİNE ÖRNEK ÇALIŞMA	70

4.1 Metodoloji.....	70
4.2 Alan Çalışmasının Kapsamı.....	73
4.3 Çoklu Örnek Olay Analizi	74
4.3.1 Proje A	75
4.3.2 Proje B	79
4.3.3 Proje C	82
4.3.4 Proje D	86
Proje E.....	91
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	105
KAYNAKÇA	111
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	122

KISALTMA LİSTESİ

3D	Three Dimensional
4D	Four Dimensional
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
API	Application Programming Interface
ARTS	Augmented Reality- based Real World Training System
BIM	Building Information Modeling
BT	Bilişim Teknolojileri
CAD	Computer Aided Design
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
COVID-19	Corona Virüs Disease 2019
GSYH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
IoT	Internet of Things
MEP	Mechanical, Electrical, Plumbing
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VR	Virtual Reality
YBM	Yapı Bilgi Modellemesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 1 Sektörel güven endeksleri (Soylu, 2020)	2
Şekil 1. 2 GSYH ve inşaat sektöründe büyümenin seyri (% puan) (Türkiye Mütcaahhitler Birliğı, 2021).....	2
Şekil 1. 3 İnşaat sektörü temel göstergeler (Türkiye Mütcaahhitler Birliğı, 2021).....	3
Şekil 2. 1 Risk yönetiminin içerdiiği faaliyetler (Çam, 2005).....	17
Şekil 2. 2 Yapım projelerinde genel risk yönetimi çerçevesi (Zou, Kiviniemi, & Jones, 2017).	18
Şekil 2. 3 İnşaat risklerinin sınıflandırılması diyagramı (Dikmen, Birgonul, & Han, 2006)	20
Şekil 2. 4 (Arslan B. A., 2020)	22
Şekil 2. 5 COVID-19 salgınının 2019’da inşaat sektöründe oluşturduğu riskler (Isherwood, McMahon, Shah, & Khanbabi, 2020).....	25
Şekil 2. 6 COVID-19 salgını sonrasında, çalışanlara güvenli bir iş yeri sağlama önemi önerileri (Isherwood, McMahon, Shah, & Khanbabi, 2020).	27
Şekil 2. 7 Kriz durumunda fayda sağlayacak yönetim stratejileri.....	27
Şekil 2. 8 İnşaat çalışanların COVID-19’a maruz kalma riskleri (Gamio, 2020).	28
Şekil 3. 1 BIM projelerinde mimari tasarım sürecinde oluşan iş akışı tablosu (He, Schnabel, Chen, & Wang, 2017)	44
Şekil 3. 2 Veri tabanı teknolojisinde bulut ve cihaz arasındaki erişimi gösteren şema..	46
Şekil 3. 3 Veri tabanı teknolojisinde depolama kullanımını gösteren şema.....	46
Şekil 3. 4 Veri tabanı teknolojisinde kurtarma sistemini gösteren şema.....	47
Şekil 3. 5 <i>Walt Disney California Adventures</i> 4D CAD modelinin ekran fotoğrafları (Fischer, 2021).	49
Şekil 3. 6 Sahada uygulanan alarm sisteminin cihazlarının açıklamalı gösterimi (Teizer, 2010).	49
Şekil 3. 7 Sosyal mesafenin ayarlanması için sahada kullanılan baret ‘ <i>WakeCap</i> ’ (Goodman, 2020).	50
Şekil 3. 8 VR kullanımı ile oluşturulmuş bina sistemi örneğı (Wong, Yip, & Yong, 2020).	51
Şekil 3. 9 SentioVR kullanılarak tasarlanan, sanal gerçeklik uygulama örneğı (Archdaily,2018).....	52
Şekil 3. 10 Bir inşaat projesi için artırılmış gerçeklik uygulaması (Kıvrak & Arslan, 2018).....	53
Şekil 3. 11 Lazer tarama ile bilgisayara aktarılmış mekân örneğı (Shanbari, Blinn, & Issa, 2016).....	54

Şekil 3. 12 Helm ve diğerleri tarafından tasarlanan robot (Helm, Ercan, Gramazio, & Kohler, 2012).....	55
Şekil 3. 13 MARSHA projesinde kullanılan 3D yazıcı AI Space Factory (MARSHA, 2021).....	56
Şekil 3. 14 Dijital teknolojileri engelleyen faktörler (Sun, Jiang, Skibniewski, Man, & Affiliation, 2015).	57
Şekil 3. 15 BIM sağlayıcısına örnek olarak Autodesk AEC ile tamamlanmış Ümraniye-Ataşehir- Göztepe metro hattı BIM modeli (Autodesk, Inside Look at 12 Projects Winning With BIM, 2021).....	60
Şekil 3. 16 IoT bulutu ve nesnelerin interneti şantiye alanında çalışma şeması (IoT in construction, 2021).	61
Şekil 3. 17 4D CAD teknolojisi sağlayıcısına örnek olarak Revit programında tasarlanan modelin gerçek zamanlı aşamaları (Revit, 2021).	62
Şekil 3. 18 4D CAD teknolojisi sağlayıcısına örnek olarak Revit programında tasarlanan modelin gerçek zamanlı aşamaları (Revit, 2021).	62
Şekil 3. 19 VR sağlayıcısına ait şantiyede eğitim amacıyla kullanılan örnek VR uygulaması (Jasoren, 2021).	63
Şekil 3. 20 Revit'te oluşturulmuş mimari modelin Ecotect kullanılarak çevresel analizlerini çıkaran örnek model (Ding, Niu, Liu, Wu, & Zuo, 2020).	64
Şekil 3. 21 Trimble sağlayıcısının oluşturduğu lazer tarama modeli örneği (Gleason, 2013).	65
Şekil 3. 22 SAM robotuna ait fotoğraf (Construction Robotics, 2021).....	66
Şekil 3. 23 Ahşap montaj robotu (dfab, 2021).	66
Şekil 3. 24 Poliüretan malzemeden duvar üreten 3D yazıcı örneği (Batiprint 3D, 2021).	67
Şekil 3. 25 BIM aktörleri ve uzmanlıkları şeması (Biblus, 2021).....	68
Şekil 3. 26 BIM uygulamaları ile ilgili süreci yönetme adımları (Autodesk, Autodesk, 2021).	69
Şekil 4. 1 Tezin metodolojisi.....	71

TABLO LİSTESİ

Tablo 2. 1 COVID-19 Salgınında yapım projelerindeki tespit edilen yeni risklerin literatür üzerinden analizi ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş, (-) risk oluşmamış).....	35
Tablo 2. 1 COVID-19 Salgınında yapım projelerindeki tespit edilen yeni risklerin literatür üzerinden analizi ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş, (-) risk oluşmamış).(devamı)	36
Tablo 2. 2 Literatürde belirlenen risklerin sınıflandırılması	38
Tablo 4. 1 A Projesi proje özellikleri	75
Tablo 4. 2 A Projesinde görüşme yapılan kişiler	75
Tablo 4. 2 A Projesinde görüşme yapılan kişiler(devamı).....	76
Tablo 4. 3 A Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş, (-) risk oluşmamış).....	78
Tablo 4. 4 B Projesi özellikleri	79
Tablo 4. 4 B Projesi özellikleri(devamı)	80
Tablo 4. 6 B Projesinde görüşme yapılan kişiler	80
Tablo 4. 7 B Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş, (-) risk oluşmamış).....	82
Tablo 4. 8 C Projesi özellikleri	83
Tablo 4. 9 C Projesinde görüşme yapılan kişiler	83
Tablo 4. 10 C Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş, (-) risk oluşmamış).....	85
Tablo 4. 11 D Projesi proje özellikleri	86
Tablo 4. 11 D Projesi proje özellikleri(devamı).....	87
Tablo 4. 12 D Projesinde görüşme yapılan kişiler	87
Tablo 4. 13 D Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış).....	90
Tablo 4. 13 D Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış).(devamı).....	91
Tablo 4. 14 E Projesi özellikleri.....	91
Tablo 4. 15 E Projesinde görüşme yapılan kişiler.....	92
Tablo 4. 16 E Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış).....	94
Tablo 4. 17 Alan çalışmasında sorulan sorular sonucunda risklerin belirlendiği tablo ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış).....	95

Tablo 4. 18 COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulgular ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya oluşmamış, (-) risk oluşturmamış). . 98

Tablo 4. 18 COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulgular ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya oluşmamış, (-) risk oluşturmamış)(devamı)..... 99

Tablo 4. 19 COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulguların Literatür ve Vakalar Üzerinden Karşılaştırılması ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış. (i) literatür ve vakalarda ortak görülen riskler, (ii) literatür ve vakalarda hiç bahsedilmemiş veya yaşanmamış riskler (iii) literatür ve vakalarda ortak görülmeyen riskler. 101

Tablo 4. 19 COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulguların Literatür ve Vakalar Üzerinden Karşılaştırılması ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış. (i) literatür ve vakalarda ortak görülen riskler, (ii) literatür ve vakalarda hiç bahsedilmemiş veya yaşanmamış riskler (iii) literatür ve vakalarda ortak görülmeyen riskler.(devamı) 102

Tablo 4. 19 COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulguların Literatür ve Vakalar Üzerinden Karşılaştırılması ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış. (i) literatür ve vakalarda ortak görülen riskler, (ii) literatür ve vakalarda hiç bahsedilmemiş veya yaşanmamış riskler (iii) literatür ve vakalarda ortak görülmeyen riskler.(devamı) 103

Tablo 5. 1 Belirlenen risklerin sınıflandırılması ve teknolojilerle çözümleme 106

COVID-19 Salgınında Yapım Projelerinde Oluşan Riskler ve Dijital Uygulamalar

Gizem GÜNLÜ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Tuğçe ŞİMŞEKALP ERCAN

COVID-19 salgını, tüm dünyayı etkilediği gibi, yapım sektörü üzerinde de olumlu ve olumsuz etkiler yaratmıştır. Salgın, yapım projeleri özelinde; evden çalışma koşullarının etkisiyle bilgi sızıntısı meydana gelmesi, malzemelerin şantiyeye taşınması için lojistik zincirlerde yaşanan sorunlar gibi birçok “yeni” riski beraberinde getirmiştir.

Literatürde, yapım projelerinin risk yönetim süreçleri için yenilikçi dijital teknolojilerin kullanımının önemi vurgulanmaktadır. Bu çalışmada; yenilikçi dijital uygulamaların, yapım projelerinde oluşan COVID-19 salgınına özgü riskleri indirmek için nasıl, neden ve hangi aktörlerin katılımı ile kullanıma sokulabileceği araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak literatürden COVID-19 salgınına özgü “yeni” yapım projesi riskleri tanımlanmış, kullanılan çoklu örnek olay analizi gerçekleştirilerek, araştırma sorularına cevap aranmıştır. Veri toplama yöntemi olarak, örnek projelerden uzmanlarla birebir görüşmeler gerçekleştirilmiş, projelerle ilgili bilgi ve belgelere ulaşılmıştır. Veriler çapraz durum sentezlemesi yöntemiyle analiz edilerek, örnek projeler arasında karşılaştırma yapılmış, benzer ve farklı yönlerini ortaya koyarak yeni riskler ve kullanıma sokulan dijital teknolojiler ilişkilendirilmiştir.

Bu tez çalışması, COVID-19 salgınının yapım projeleri üzerindeki etkilerini, oluşan yeni risklerle bu risklere karşı kullanılan uygulamaları, dijital araçlar üzerinden araştırmıştır.

Çalışma; yapım sektöründe COVID-19 salgını sürecine özgü oluşan yeni risklerin tanımlanmasını, sınıflandırılmasını, bu risklerle başa çıkmak konusunda hangi dijital araçlarla hangi yöntemlerin kullanılması gerektiğinin analizlerini yaparak sektörün gelecek pozisyonlarına yön verecektir. Söz konusu tez araştırması sonuçları, “yeni” risklerin doğurduğu tehdit ve fırsatlara karşı yapım firmalarının gelecekte sürdürülebilir yönetim stratejileri geliştirmesine de katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: İnşaat sektörü, yapım projesi, dijital araçlar, inovasyon, COVID-19.



Risks in Construction Projects and Digital Applications in the COVID-19 Outbreak

Gizem GÜNLÜ

Department of Architecture

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tuğçe ŞİMŞEKALP ERCAN

The COVID-19 outbreak had both positive and negative effects on the construction industry, as it has affected the World. The epidemic has brought many “new” risks especially in construction industry such as information leakage due to the effect of working from home conditions, problems in logistics chains for transporting materials to the construction site.

The literature highlights the importance of using innovative digital technologies for risk management processes of construction projects. In this study; It has been researched how, why and with the participation of which actors innovative digital applications can be used to reduce the risks specific to the COVID 19 epidemic in production projects. For this purpose, firstly, the risks of “new” construction project specific to the COVID-19 epidemic were defined from the literature and the digital tools used were investigated. In the second stage, multiple case studies were conducted on three selected major construction projects, and answers were sought to the research questions.

As a data collection method, interviews were conducted with the experts from the sample projects, and information and documents related to the projects were obtained. The data were analyzed by cross-state synthesis, comparisons were made between sample projects, new risks and digital technologies introduced were correlated by revealing their similarities and differences.

This thesis study has investigated the effects of the COVID-19 epidemic on construction projects, the new risks that have arisen and the applications used against these risks through digital tools.

This thesis study; It will guide the future positions of the industry by defining and classifying the new risks specific to the COVID-19 epidemic process in the construction industry, analyzing which digital tools and which methods should be used to deal with these risks. The results of the aforementioned thesis research will also contribute to the development of sustainable management strategies by production companies in the future against the threats and opportunities posed by "new" risks.

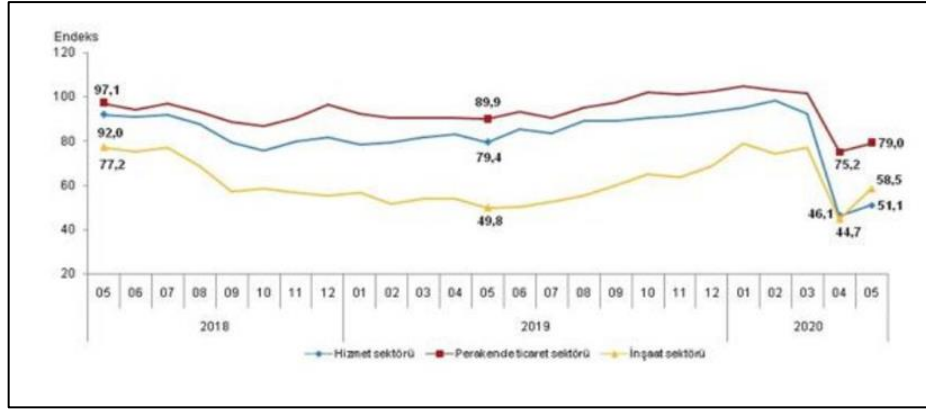
Keywords: Construction industry; construction project; digital tools; innovation; COVID-19.

COVID-19 salgını, tüm dünyayı etkilediği gibi (Yiğitol & Sarı, 2020), yapım sektörü üzerinde de olumlu ve olumsuz etkileri olmuştur. Bu çalışma, 13 Mart 2020'deki ulusal acil durum ilanından bu yana COVID-19 salgınının Türkiye inşaat endüstrisi üzerindeki etkilerinin yarattığı yeni proje riskleri ve kullanıma sokulan dijital teknolojileri araştırmaya odaklanmıştır.

Türkiye’de ilk COVID-19 vakası 11 Mart 2020’de resmi olarak açıklanmıştır. Sosyal hayat, çalışma hayatı, eğitim ve ulaşım gibi birçok alanda salgına ilişkin önlemler alınmıştır. Bu önlemler sonucu, ekonomik faaliyetler de son bulma noktasına gelmiştir (Balcı & Çetin, 2019).

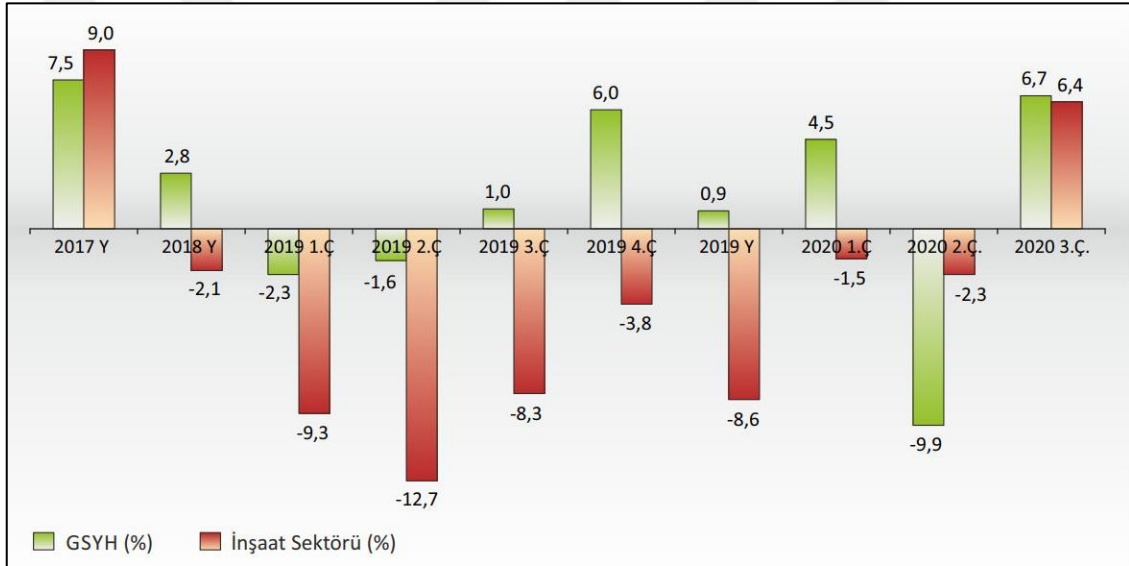
Faaliyetlerine devam edebilen sektörler; üretim, nakliye ve satış hizmetleri gibi işler ile iletişim, elektrik, su, doğal gaz ve belirli ölçüde ulaşım vb. en temel hizmetler olmuştur. Özellikle tam dijitalleşmenin olmadığı sektörlerin süregelen çalışma şekilleri sekteye uğramıştır. Bu sektörlerden biri de inşaat sektörüdür. Bazı projelerde kısmi kısıtlamalara gidilirken bazı projelerde tam durdurma kararları alınmıştır. COVID-19’un inşaat sektöründeki en belirgin etkilerinin istihdam dalgalanmaları, iş kaybı, zaman aşımı, maliyet aşımı ve finansal sorunlar olduğu görülmüştür (Gamil & Alhagar, 06.2020).

Üretimin düşüşü ile birlikte ekonomilerin büyüme oranlarına dair öngörüler de revize edilmiştir. Türkiye, çalışma hayatının COVID-19 salgınının neden olduğu ekonomik krizden önemli ölçüde etkilenen ülkeler arasında yer almaktadır. Salgınla birlikte Türkiye’ye dair büyüme oranları da aşağı yönlü hareket etmiştir. Öncesinde Dünya Bankası tarafından 2020 yılı için %3 olarak belirlenen Türkiye ekonomisinin büyümesine ilişkin oranı “*Fighting COVID-19*” raporunda %0,5 olarak aşağı yönlü revize edilmiştir. Ayrıca söz konusu rapora göre 2021 ve 2022 yılları için ise Türkiye’ye ilişkin ekonomik büyüme oranının %4 olması beklenmektedir (WORLD BANK, 2020). IMF’in Türkiye’ye ilişkin ekonomik büyüme oranı tahminlerine göre, 2020 yılı için %5 daralma ve 2021 yılı için ise %5 büyüme öngörülmektedir (IMF, 2021).



Şekil 1. 1 Sektörel güven endeksleri (Soylu, 2020)

2020 Sektörel güven endeksleri incelendiğinde salgının meydana gelmesiyle inşaat sektöründe ani bir güven kaybı yaşandığı gözlenmektedir (Şekil 1. 1).



Şekil 1. 2 GSYH ve inşaat sektöründe büyümenin seyri (% puan) (Türkiye Müteahhitler Birliği, 2021)

(Şekil 1. 2)'de gösterildiği gibi, yurtiçi ve yurtdışı ekonomik gelişmelerin etkisiyle 2018 senesinden beri küçülen inşaat sektörü, 2020 COVID-19 dönemi üçüncü çeyreğinden itibaren yeniden büyümeye başlamıştır. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre 2020 yılının son çeyreği, Nisan- Haziran döneminde sektör %2,3 küçülmüştür. Üçüncü çeyrek ise %6,4 büyümeye kaydetmiştir. Bu gelişme, normalleşme adımlarıyla ekonomide başlayan hareketlenmenin yansımalarını ve özellikle konut satışlarına yönelik avantajlı kredilerin etkisini göstermektedir (Türkiye Müteahhitler Birliği, 2021).

İnşaat Sektörü Temel Göstergeler	2019 - 3.Ç.	2020 - 3.Ç.	Değişim (%)
GSYH Büyüme (%)	1,0	6,7	
İnşaat Sektörü Büyüme (%)	-8,3	6,4	
İnşaat Sektörü Güven Endeksi (Aralık)	68,9	73,3	6,4
Yapı Ruhsatı Sayısı (adet) (kümülatif)	180.763	357.807	97,9
Yapı Kullanım İzin Belgesi Sayısı (adet) (kümülatif)	545.006	423.733	-22,3
İlk El Konut Satışları (adet) (kümülatif) (Kasım)	436.202	432.842	-0,8
Konut Kredileri Hacmi (milyar TL) (Kasım)	194,8	279,5	43,5
Konut Kredisi Faiz Oranları (% - yıllık) (Aralık)	12,64	18,71	

Şekil 1. 3 İnşaat sektörü temel göstergeler (Türkiye Müteahhitler Birliği, 2021)

COVID-19'un ülkemizde görülmesiyle birlikte, inşaat projelerinin yürütülmesinde bir gerileme yaşanmıştır. (Şekil 1. 3)'deki tabloda da görebileceğimiz gibi TÜİK' in yılın ikinci çeyrek dönemine ait GSYH (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) verileri de inşaat ve makine-teçhizat yatırımları dahil olmak üzere gayrisafi yatırımları da %6,1 oranında daralma yaşandığını göstermektedir (Türkiye Müteahhitler Birliği, 2021).

İnşaat yatırımlarının bir önceki yılın 3. çeyrek dönemine göre %14,7 arttığı açıklanmıştır. İnşaat sektörü 200'ü aşkın alt sektöre yarattığı iş imkânı ile ekonomiyi önemli ölçüde etkilemektedir. TÜİK' in Ekim 2020 dönemi verilerine göre, inşaat sektöründe ülkede istihdam edilen kişi sayısı artmıştır (110 bin kişi). Hizmetler, tarım ve sanayi sektörlerinde ise gerilemiştir. İnşaat sektöründe, özellikle geçen yıl daralan istihdam hacmi, yeniden artmış, istihdam edilen kişi sayısı 1,7 milyonu aşmıştır. Diğer yandan, sektördeki büyümenin gelecek dönemde korunabilmesi ve gelecek dönemlerde devam edebilmesinin önünde, COVID-19'un neden olduğu belirsizlikler bulunmaktadır. Borçluluk oranları da sektörde yükselmiş durumdadır. 2019 Ekim ayında başlayan ve büyük şirketlerin bankalara olan kredi borçlarının yeniden yapılandırılmasını içeren süreçte, yapılandırma yıllık 19,5 milyar TL büyüklüğüne ulaşmış ve bunun yaklaşık 2,3 milyar TL'lik kısmını inşaat sektörü oluşturmuştur (Türkiye Müteahhitler Birliği, 2021). Ayrıca yükselen faiz oranları ve dalgalı döviz kuru sektörde fonlama maliyetlerini artırmıştır. Çimento, akaryakıt, demir, bitüm, boru gibi malzeme fiyatlarında son iki yıldır artışlar görülmüştür. TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi kapsamında son bir yılda malzeme endeksi %22, işçilik endeksi %14, ekim ayı itibariyle artmıştır. Böylece son 16 ayın en yüksek seviyesine ulaşan inşaat maliyetleri, Endeks Ekim 2020'de bir önceki aya göre ise %3 yükselmiştir (Türkiye Müteahhitler Birliği, 2021).

COVID-19 salgınının tüm Dünya’da olduğu gibi Türkiye ekonomisine ve yapım projelerine olumlu ve olumsuz etkileri olmuştur. Yapım projelerinin olağan seyrini değiştiren bu durum, beraberinde döneme özgü “yeni” proje riskleri doğurmuştur. Bu çalışma literatür taramaları üzerinden döneme özgü oluşan yeni riskleri araştırmayı hedeflemektedir.

Teknoloji birçok açıdan hayatımızı kolaylaştırmakta; sağlık, eğitim, iletişim, inşaat, ulaşım, ticaret alanları gibi birçok alanda pek çok işi kısa sürede ve zahmetsizce yapabilmemize olanak sağlamaktadır. Dijital Dönüşüm, Dijitalleşen Endüstri, Dördüncü Sanayi Evrimi gibi birbirine benzer değişik kelimelerle ifade edilen Sanayi 4.0 ile birlikte; her ölçekten firmayı ve ülkemiz ekonomisinin tüm sektörlerini etkileyecek akımlar gelişmektedir ve bu akışın içinde yer almadan endüstriyel faaliyetlere devam etmek zorlayıcı görünmektedir. Kurumların, ileriye yönelik tüm strateji ve politikalarında, yatırım, geliştirme plan-proje ve uygulamalarında da büyük resme odaklı olarak, Sanayi 4.0 dönüşümü de firmalar için bir ana çerçeve oluşturmaktadır (Fırat, 6 Haziran 2016) . İnşaat sektöründe de diğer sektörlerde olduğu gibi dijitalleşmenin ve inovasyonun verimlilik açısından önemi büyüktür.

Bu çalışmada COVID-19’a özgü “yeni” yapım proje riskleri ile dijital teknolojiler üzerinden başa çıkabilme yöntemleri literatür araştırması ve çoklu örnek olay analizi üzerinden araştırılmıştır.

COVID-19 salgınının neden olduğu ekonomik krizin özellikleri

Geçmiş yıllarda yaşanan küresel krizler, ekonomi otoriterlerince daimî olarak benzerlikleri ve farklı yanlarıyla birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Krizlerin çıkış noktaları, uygulanan politikalar, yansımaları, sonuçları bakımından kıyaslanmış ve değerlendirilmiştir. İçinde bulunulan COVID-19 salgınının sebep olduğu küresel kriz de muhakkak ki bu kıyaslanmaların içerisinde yer alır. Ancak, içinde bulunduğumuz COVID-19 salgınının yaratmış olduğu krizin geçmişte yaşanan diğer küresel krizlerden ayıran en önemli özelliği çıkış noktasının salgına dönüşen bulaşıcı bir hastalık olmasıdır. Bulaşma hızının yüksek kabul edilmesi nedeniyle gündelik hayata dair çok ciddi kısıtlamalar getirilmiştir. Çok sayıda ülkede sokağa çıkma yasağı getirilmiş, birçok Avrupa ülkesinin ve ABD’nin sağlık sisteminin çökmesine neden olmuştur. Fiziki teması kısıtlandıran bu salgın, haliyle üretim süreçlerinin yavaşlamasına veya devlet kanalıyla

durdurulmasına neden olmuştur. Tüm bunlar değerlendirildiğinde, krizin genel özelliklerini şu şekilde ifade edebiliriz;

- A tipiktir.
- Ekonomik ya da finansal çıkışlı değildir.
- Krizin kaynağı salgındır.
- Aşılması da sadece ekonomik ve finansal çözüm alternatifleri ile imkanı değildir.
- Krizin sona ermesindeki en temel etken salgının da ortadan kalkmasıdır.
- Ülkelerin kendi kendine yeterliliğini odak haline getirmiştir.

COVID-19; mutlak veya mukayeseli üstünlüklere dayalı ticari sistemleri derinden sarsmıştır. Ayrıca bu krizin etkilerinin derin bir yapıya ulaşp ulaşmaması ve yıkıcılığı, diğerlerinden farklı olarak sadece finansal ve ekonomik yapıya bağlı değil, aynı zamanda beşerî odaklı olmasından dolayı, ülkelerin üretim ve yönetim sistemlerinin dijitalleşme oranıyla son derece yakından ilişkili olmuştur. Krizin beşerî merkezli olmasına neden olan bir diğer faktör de krizin aşılmasında hane halklarının rolünün büyük olmasıdır. Salgının sona ermesiyle krizin aşılması mümkündür. (Bu yönüyle de diğer krizlerden ayrılır.) ve bu konuda hane halkının sorumluluğu büyüktür (Balcı & Çetin, 2020).

COVID-19'un istihdam& çalışma hayatı açısından etkileri ve öngörülleri

COVID-19 salgını hayati riski yüksek ve çok ağır bir küresel salgın olduğundan; bu salgına karşı alınan önlemler, dünya genelinde ve ülkemizdeki piyasaları, dolayısıyla çalışma hayatını etkilemektedir (ILOa, 2020).

Dünyanın üretim alanında öncü ülkelerinden biri olan özellikle Çin'de yaşanan üretim aksaklıkları, tüm dünyaya yayılmış; bununla birlikte işletmelerin varlığı tehlike altına girmiştir. Üretim sürecindeki aksamalarla çalışma hayatı krizden 4 temel yönle etkilenmiştir.

- İşyeri ve iş kapanışları,
- Çalışma saatlerindeki kayıplar,
- İşletme riskleri,
- İşgücüne etkileri.

İşyerlerinin kapanması ve işlerin aksaması, karantinalar, sokağa çıkma yasakları, seyahat kısıtlamaları, tecritler, anaokullarından üniversitelere tüm eğitim kurumlarının tatil edilmesi, birçok sektörün durma noktasına gelmesi ve bunların diğer sektörler üzerinde bir domino etkisi doğurmasından, dünya genelinde işletmeler ve dolayısıyla çalışanlar, ani ve derinden etkilenmişlerdir (ILO, 2020).

Türkiye’de orta-yüksek düzeyde istihdam riski bulunduran ve COVID-19 salgınından büyük ölçüde etkilenen bir sektör de 1.533.000’lik istihdam seviyesiyle inşaat sektörüdür. İnşaat sektörü birçok alt işkolundan girdi sağlayarak (backward linkage) istihdam deposu olmuş, son 20 yılda ekonominin motor gücü fonksiyonunu icra etmiştir. Sektör yaklaşık 3 yıldır bir durağanlığın içindeyken, COVID-19 salgınının ortaya çıkardığı ilâve talep azalması, arz güçlükleri gibi durumlar; bu sektörü istihdam azalması açısından orta-yüksek risk grubuna sokmaktadır. Sektörün en büyük olumlu yönü, kamu taahhüt işlerinin sürüyor olmasıdır (Balcı & Çetin, 2019).

Türkiye’de COVID-19 salgınına karşı istihdam ve çalışma hayatı açısından alınan tedbirler& uygulamalar

Dünya Sağlık Örgütü tarafından ilan edilen COVID-19 salgınına karşı ülkeler, salgın sebebiyle oluşan kriz ortamının ekonomik ve çalışma hayatına dair olumsuz etkilerini ulusal ve küresel çapta önlemler alarak en aza indirmeye çalışmaktadır.

100 milyar TL bütçeli “Ekonomik İstikrar Kalkanı” paketi 18 Mart 2020 tarihinde Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan tarafından açıklanmıştır. Daha sonra muhtelif destek ve programlar da ilave olarak açıklanmıştır. 25 Mart 2020 tarihinde “Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair 7226 Sayılı Kanun” (Kamuoyunda bilinen adıyla “torba kanun”) yürürlüğe girmiştir. Bu bağlamda KOBİ’lerle ilgili destekler yer alır. COVID-19 salgınına bağlı olarak krizden en fazla etkilenen KOBİ’lerle ilgili KOSGEB, öncelikle KOBİ’lerin geri ödeme yükümlülüklerini ötelemiştir. Bunların yanı sıra çalışma koşullarıyla ilgili COVID-19 salgını dönemine özgü olağanüstü hallerden dolayı birtakım yasa değişiklikleri yapılmıştır. Bu bağlamda, 4857 sayılı İş Kanunu’nda, “Bu kanun kapsamında olan veya olmayan her türlü işçinin iş sözleşmesi, COVID-19 salgın hastalık neticesinde kamu yararının gerektirmesi nedeni ile bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren üç ay 37 gün süreyle 25’inci maddenin birinci fıkrasının ikinci bendinde gösterilen sebepler dışında işveren tarafından feshedilemez. Fesih yasağı uygulanan hallerde işveren işçiyi ücretsiz izne ayırabilir. Bu madde kapsamında

belirlenen fesih yasağı süresini altı aya kadar uzatmaya Cumhurbaşkanı yetkilidir” şeklinde değişiklik yapılarak, ücretsiz izin döneminde ödeme yapılmasına ve işten çıkarma yasağı getirilmesine ilişkin 4688 sayılı Kamu Görevlileri Sendikaları ve Toplu Sözleşme Kanunu ile 4447 sayılı İşsizlik Sigortası Kanunu’nda da değişiklikler yapılmıştır. Yasaya göre, çalışanını işten çıkaran işveren veya işveren vekiline, işten çıkarılan her işçi için aylık brüt asgari ücret tutarında (2.943 TL) idari para cezası verilecektir (Balcı & Çetin, 2019).

COVID-19 salgını nedeniyle faaliyetlerini yavaşlatan veya durduran tüm işletmeler kısa çalışma ödeneğine başvurabilmektedir. Kısa Çalışma Ödeneği, ekonomik açıdan zorlayıcı sebepler olmasıyla, işyerindeki haftalık çalışma sürelerinin geçici olarak en az üçte bir oranında azaltılması ya da işyerinde faaliyetin tamamen veya kısmen en az dört hafta süreyle durdurulması (süreklilik koşulu aranmaksızın) hallerinde uygulanır. Bu kapsamda sigortalılar için çalışmadıkları dönemde (üç ayı aşmamak üzere) geçerli olacak şekilde gelir desteği sağlamaktadır (İŞKUR, 2020) .

Asgari Ücret Desteği 26.03.2020 tarihli 31080 (mükerrer) sayılı Resmî Gazete ’de yayımlanarak yürürlüğe girmiş olan 7226 sayılı Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair kanunun 29.Maddesi ile 5510 sayılı kanuna eklenen geçici 80.maddedeye göre; asgari ücret desteği ile işverenlerin çalıştırdıkları işçi başına günlük 2,5 TL ve aylık 75 TL tutarında destek sağlanmıştır.

1.1 Literatür Özeti

Tezin kavramsal çerçevesi içinde, COVID-19 salgınının yapım projelerine etkileri, yapım projelerinde kullanılan teknolojiler incelenmiş, veri toplama teknikleri olarak literatür taraması yapılmıştır. Literatürdeki çalışmalar şu şekilde sınıflandırılabilir;

Yapım projelerinde risk ve risk yönetim süreci;

Yapım projelerinde oluşan risklerin yönetim süreci araştırılmıştır. Bu konuda çalışılmış tez, makale ve seminerlere rastlanmıştır.

Çam, (2005)’de ‘İnşaat Sektöründe Proje Risk Yönetimi ve Bir Risk Modellemesi Örneği’ adında bir yüksek lisans tezi yapmıştır.Bu tezin amacı; proje risk yönetimi sistemini ve bu sisteme getirilen farklı yaklaşımları tanıtmak, proje risk yönetiminin inşaat sektöründeki önemini ve gerekliliğini vurgulamak ve bir risk yönetimi modeli örneği ile proje risk yönetimi sisteminin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır (Çam, 2005).

Uğur 2006 tarihinde, Türkiye Mütcahitler Birliği tarafından düzenlenen "İnşaat Sektöründe Riskler ve Risk Yönetimi" eğitim seminerinde; risk yönetim sistemi, Türkiye'deki inşaat sektörü aktörlerinin sorumluluk, risk, risk yönetimi algılamaları, yorumları ve uygulamaları hakkındaki çalışmalarını sunmuştur (Uğur, 2006).

Risk yönetimi, bir proje veya yatırımda karşımıza çıkabilecek olası risklerin sistematik kontrol şekli olarak tanımlanabilir. Bu sigorta sistemi veya sihirli bir riski yok etme yöntemi değildir. Bu yalnızca olabilme ihtimali mümkün riskleri en kısa zamanda belirlemek ve projeye olan olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla riskleri yönetmektir (Öztaş A. Ö. Ö.). Risk yönetimi, bir proje veya yatırımda karşılaşılması tahmin edilen risklerin sistematik kontrol prosedürü olarak da tanımlanabilir. Bu ne bir sigorta sistemidir ne de sihirli bir riski yok etme yöntemidir. Bu sadece mümkün olan en kısa zamanda olası riskleri belirlemek ve projeye olan zararlı etkilerini azaltmak için riskleri yönetmektir (Öztaş A. Ö. Ö., 2005). Riskleri tamamen yok etmek mümkün değildir. Ancak azaltılabilmesi mümkündür. Bu da risk yönetimi sayesinde gerçekleşir. Özellikle inşaat projelerinin sahip olduğu rekabet ortamı ve karmaşık yapısı, risk yönetiminin önemini vurgulayıcı niteliktedir. Riskler projeye olası etkileri ve projenin amaçlarıyla birlikte değerlendirildiklerinde; proje yönetimiyle risk yönetimi arasında doğrudan bir ilişki olduğu görülür (Güler, 2017).

COVID-19 salgını sırasında oluşan riskler;

COVID-19 salgınının dünyayı etkisi altına almasıyla birlikte literatürde inşaat sektöründe proje yönetimi kapsamında yeni riskler doğmuştur. Bu çalışmada; yapım projelerinde oluşan risklerin araştırılmasına ek olarak yeni çıkan bu risklerin araştırılması için salgından sonraki çalışmalara odaklanılmıştır. Makaleler, anketler ve web seminerleri incelenmiş; araştırmalar sonucu edinilen verilerle COVID-19 salgını sonrası yapım projelerinde oluşan yeni riskler tespit edilmiştir. Ayrıca literatür araştırmaları; dünyanın çeşitli ülkelerindeki projeler üzerinden küresel çapta yapılmıştır.

Alsharef ve diğerleri (2021), yaptıkları çalışma ile COVID-19 salgınının ABD'de (Amerika Birleşik Devletleri) inşaat sektörü üzerindeki erken etkilerini araştırmaya odaklanmıştır. Bu konuda olumlu ve olumsuz etkiler görülmüştür. Olumsuz etkiler arasında projelerde önemli gecikmeler, malzemelerin zamanında temin edilememesi, üretkenlik oranlarında düşüş, malzeme fiyatlarındaki artışlar ve diğerleri yer almıştır. Olumlu etki olarak da tıbbi tesislerin hızlı bir şekilde inşası, konut binalarının inşası,

ulaşımla ilgili işler ve vasıflı işçi istihdam etme fırsatları yer almıştır. 13 Mart 2020'de yapılan ulusal acil durum ilanı sonucunda, çalışma hedefleri; Amerika Birleşik Devletleri'ndeki (ABD) farklı eyaletleri ve farklı endüstri sektörlerini temsil eden proje yöneticileri, mühendisler, tasarımcılar ve denetçiler olmuştur (Alsharef, Banerjee, Uddin, Albert, & Jaselskis, 2021).

Minnullina ve diğerleri (2020), Rusya'da yaptıkları çalışma ile Rusya Federasyonu inşaat sektöründe COVID-19'un etkilediği faktörleri araştırmıştır. Bu etkilere kısaca, karantina bölgelerinde çalışmanın kısıtlanması, yapılan sözleşmelere uyulmaması, hammadde temini zorlukları, uzak bilgisayarlarda çalışma nedeniyle bilgi sızıntısı meydana gelmesi, çalışanların uzaktan çalışma formatına geçmesiyle işlerin yavaşlaması gibi örnekler verilebilir. Makalede araştırmacılar, bir inşaat şirketinin çalışanlarının güvenilirlik ve risk toleransı açısından COVID-19 salgını sırasında değerlendirmesi üzerine çalışmışlardır (Minnullina, Savoskina, Frolova, Sevalnev, & Truntsevsky, 2020).

Isherwood ve diğerleri (2020), CII (*Construction Industry Institute*)'nin organize ettiği web semineri serisinden 24 Nisan 2020'de yapılan web seminerinde, COVID-19 salgınının 2019'da inşaat sektöründe oluşturduğu risklere değinilmiştir. İnşaat risk yönetimi ve yapım yönetimi alanlarında uzman olan kişiler, ABD'de bulunan şirketlerinin COVID-19 salgını sırasında karşılaştığı riskleri sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırma; seyahat yasakları, küresel durgunluk, çalışan güvenliği, tedarik zinciri, yasal faktörler ve teknolojik riskler olarak yapılmıştır. Bu risk analizinden sonra risk yönetimi çözümlerini de kapsayan öneriler geliştirmişlerdir (Isherwood, McMahon, Shah, & Khanbabi, 2020).

Afkhamiaghda ve Elwakil (2020), COVID-19 virüsünün inşaat sektöründeki bulaşma risklerini araştırmışlardır. ABD'deki durumu literatür üzerinden araştıran makale; bölge, iklim, şantiye özellikleri, çalışan yaşları ve malzeme ve ekipman unsurlarını ele alarak şantiyelerdeki COVID-19 bulaşma riskini hesaplamıştır. Sonuç olarak diğer endüstrilerle karşılaştırıldığında inşaatın işgücü verimliliği oranı düşüktür (BLS, 2019). Bu belirli bir görevi tamamlamak için ya daha fazla işçinin atanması ya da daha fazla zaman ayırması gerektiği anlamına gelir. Bu durum; yakın temasta bulunan insan popülasyonunun artmasına yol açacak ve herhangi bir hastalığa yakalanma riskini artıracaktır (Afkhamiaghda & Elwakil, 2020).

Shibani ve diğerkleri (2020) tarafından, Birleşik Krallık 'ta konut ve ticari yapı geliştirme konusunda uzmanlaşmış inşaat şirketleri tarafından yapılan ve COVID-19 salgını nedeniyle durdurulmuş iki yapım projesi araştırılmıştır. Bu projelerin yöneticileri ile görüşme yapan Shibani ve diğerkleri, şirketlerin karşılaştığı zorlukları ve yeni riskler karşısında benimsedikleri yeni stratejileri tanımlamışlardır. Bu zorluklara kısaca; inşaat malzemelerinin teslimatında yaşanan gecikmeler, inşaat projesinin tamamlanmasında yaşanan gecikmeler, sosyal mesafenin uygulanmasında yaşanan zorluklar gibi örnekler verilebilir (Shibani, Hassan, & Shakir, 2020).

Mckinsey & Company (2021) sitesinin yazdığı makalede, Clifford Chance firmasından David Metzger'le (Clifford Chance'in Küresel İnşaat Grubu ve Koronavirüs Danışma Grubu'nun başkanı) COVID-19 krizi boyunca edindikleri tecrübelerle ilgili röportaj yapılmıştır. Metzger'in ifadelerine göre COVID-19 salgını kriziyle birlikte geleneksel inşaat sözleşmeleri kullanışsız hale gelmiştir. COVID-19 salgınının beraberinde getirdiği belirsizlikler, maddi akışları ve finansal programları etkilemiştir. COVID-19 salgınının dünyayı etkilemesiyle inşaat sektöründe küresel tedarik zincirinde bozulmalar meydana gelmiştir. Bu durum birçok yükleniciyi ve tedarikçiyi yalnızca teslimat hedeflerini kaçırmak olarak değil; aynı zamanda tamamen iflas etme riskiyle karşı karşıya bırakmıştır (Mckinsey&Company, 2021).

Ogunnusi ve diğerkleri (2020), literatür araştırmasında COVID-19 salgınının inşaat sektöründeki olumlu ve olumsuz etkilerini araştırmayı amaçlamışlardır. Veri toplama aşamasında ise, inşaat profesyonelleri üzerinde bir anket hazırlamışlardır. Uluslararası düzeyde yapılan araştırmada; farklı ülkelerden Mimarlar, İnşaat Mühendisleri, İnşaat/Yapı Mühendisleri, Elektrik Mühendisleri, Makina Mühendisleri, İnşaat/Proje Yöneticileri ve Metraj Uzmanları gibi katılımcıların oluşturduğu 71 adet anket incelenmiştir. Tespit edilen etkiler şunlardır; proje durumu olarak, projelerin %90'dan fazlasının COVID-19 salgınından etkilendiği açıkça belirtilmiştir. Katılımcıların yaklaşık %51'i projelerinin COVID-19 nedeniyle kısmen durdurulduğunu belirtirken, katılımcıların %40'a varan kısmı tamamen durdurulduğunu belirtmiştir (Ogunnusi, Hamma-adama, Salman, & Kouider, 2020).

COVID-19 salgınında yapım projeleri risk yönetim sürecinde kullanılabilecek teknolojiler

COVID-19 salgınında yapım projelerinde kullanılabilecek teknolojiler konusunda, öncelikle COVID-19 salgını öncesi de kullanılan teknolojiler araştırılmıştır. Bu teknolojilerin tanıtımları yapılmış, verimli kullanılabilmeleri halinde yapım projeleri için oluşturacakları avantajlar anlatılmıştır. COVID-19 salgınının ortaya çıkardığı yeni problemlere çözüm getirmek için literatürde özellikle önerilmiş olan güncel teknolojiler de bu mevcut teknolojilerin yanında dile getirilmiştir.

Zou ve diğerleri (2017)'de, BIM ve BIM ile ilgili teknolojilerin inşaat sektöründe risk yönetiminde tekrar gözden geçirilmesi hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu makale, geleneksel risk yönetiminin mevcut durumunu ve zorluklarını özetlemekte ve BIM tabanlı risk yönetiminin son durumu hakkında sistematik ve eleştirel bir literatür taraması gerçekleştirmiştir. Mevcut engelleri ve gelecekteki ihtiyaçları tartışmıştır (Zou, Kiviniemi, & Jones, 2017).

COAA'nın web seminerleri sunumlarından derlediği; COVID-19 risklerini yönetmek için en iyi ilkeler (2020) adlı raporda, COVID-19'un inşaat sektöründe oluşturduğu risklerin yönetimi için öneriler sunulmuştur. Bu öneriler; sağlıklı ve üretken şantiye alanları oluşturma, risklere karşı kazanmaya dayalı davranış geliştirme, dijital teknolojileri kullanma, süreçleri yeniden keşfetme, tüm çalışanları interaktif ekip çalışmasına dahil etmek, saha dışındaki sağlık risklerini karşılamaktır. Bunlar, proje yönetimi açısından önemli birer alanı oluşturur. Teknolojileri COVID-19 risklerine karşı kullanmanın gereksinimleri ve faydaları da bu raporda açıklanmıştır (COAA, 2020).

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada COVID-19 salgınına özgü yeni çıkan yapım riskleri ile dijital teknolojiler üzerinden başa çıkabilme yöntemlerinin literatür ve çoklu olay analizi üzerinden araştırılması hedeflenmiştir.

Çalışmanın alt amaçları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Çalışmada inşaat sektöründe oluşan 'yeni' risklerin tanımlanması hedeflenmiştir.
- İnşaat sektöründe yapım risk yönetiminde kullanılan dijital teknolojilerin araştırılması hedeflenmiştir.
- Yapı bilgi modellemesi sistemi araştırılarak, bu sistemle entegre kullanılabilecek teknolojilerin tespiti amaçlanmıştır.
- Yapı bilgi modellemesinde kullanılan teknolojileri engelleyen faktörler araştırılması amaçlanmıştır.

- Yapım projelerinin risk yönetim sürecinde kullanılan teknolojilerle ortaya çıkan yeni aktörler, uzmanlar ve sağlayıcıların tespit edilmesi hedeflenmiştir.

1.3 Hipotez

Bu çalışmanın temel varsayımı “COVID-19 salgınında yapım projeleri için yeni risklerin oluştuğu ve risklerle başa çıkmada dijital teknolojilerin kullanımının sürece olumlu destek sağlayacaktır.

Bu varsayım doğrultusunda temel hipotezler şu şekilde sıralanabilir:

H1: COVID-19 salgınında yapım projelerindeki riskleri indirmekte dijital teknolojilerin kullanımı süreci olumlu etkiler.

H0: COVID-19 salgınında yapım projelerindeki riskleri indirmekte dijital teknolojilerin kullanımı süreci olumlu etkilemez.

H2: COVID-19 salgınında yapım projelerindeki riskleri indirmekte dijital teknolojilerin kullanımı ile proje organizasyonunda değişim gerçekleşmiştir. (Yeni aktörler gelmiştir).

H0: COVID-19 salgınında yapım projelerindeki riskleri indirmekte dijital teknolojilerin kullanımı ile proje organizasyonunda değişim gerçekleşmemiştir.

H3: COVID-19 salgınında yapım projelerinde yeni riskler oluşmuştur.

H0: COVID-19 salgınında yapım projelerinde yeni riskler oluşmamıştır.

Bu çalışma; yapım sektöründe COVID-19 salgını sürecine özgü oluşan en güncel risklerin tanımlanmasını, sınıflandırılmasını sağlayacaktır. Bu anlamda kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre ulaşılan yeni risklerle başa çıkmak konusunda hangi dijital araçlarla hangi yöntemlerin kullanılması gerektiğinin analizlerini yaparak sektörün gelecek pozisyonlarına yön verilmesi hedeflenmektedir. Çalışmanın orijinal katkısı olarak sonuçlarının, “yeni” risklerin doğurduğu tehdit ve fırsatlara karşı yapım firmalarının gelecekte etkin ve verimli yönetim stratejileri geliştirmesinde etkili olabileceğini söyleyebiliriz.

COVID-19 SALGINININ GETİRDİĞİ YENİ RİSKLER VE İNŞAAT SEKTÖRÜ

Risk, sosyal bilimlerin pek çok farklı disiplini ile etkileşim halindedir. Belki de bu nedenle literatürde çeşitli risk tanımlarına rastlanmaktadır (Orel & Akkan, 2018). Bu tanımlar; “tehlike”, “tehdit”, “meydan okuma” veya “belirsizlik”, “İstenmeyen tehlikelerin olasılığı ve ilgili sonuçları” (Zou, Kiviniemi, & Jones, 2017), şeklinde çeşitli farklı kelimelerle benimsenmiştir. Kaynaklarda rastlanan çeşitli risk tanımları tablolastırılmıştır (Tablo 2.1)

Tablo 2. 1 Literatürde incelenen risk tanımları tablosu

Risk Tanımları	Kaynak
İstenmeyen tehlikelerin olasılığı ve ilgili sonuçları	(Zou, Kiviniemi, & Jones, 2017)
Parasal olarak modellenen ve ölçülebilen, bir olasılık dağılımı olarak ifade edilebilen belirsizlik	(Oehmen, Locatelli, Wied, & Willumsen, 2021)
Belirsizliklerin hedefler üzerindeki etkisi	ISO 3100
Proje risk yönetimi el kitabı, riski proje hedeflerini olumlu ya da olumsuz etkileyebilir belirsizlik olarak tanımlamaktadır.	(Jutte, 2012)
Amerika Birleşik Devletleri Washington Eyaleti Ulaştırma Departmanı tarafından hazırlanan Proje Risk Yönetimi Rehberi’ne göre; genel tanımıyla risk, meydana geldiğinde bir veya daha fazla hedefi etkileyebilecek herhangi bir belirsizlik olarak belirtilmiştir.	(WSDOT, 2018)

Tablo 2. 1 Literatürde incelenen risk tanımları tablosu(devamı)

McNeil vd. tarafından risk, basit bir yaklaşım olarak; $\text{risk} = \text{risk meydana gelme olasılığı} \times \text{risk oluşum etkisi}$ olarak tanımlanmaktadır.	(McNeil, Frey, & Embrechts, 2005)
Al-Bahar ve Crandall tarafından risk kelimesinin kullanımının, değişik toplumlarda tekdüze olmayıp farklılıklar arz edebilmekte olduğunu ve bu bağlamda, genel olarak; gelişmekte olan toplumlar, riski, hasar veya kayıp olarak tanımlayabilirken, gelişmiş toplumların, riski, kâr veya kazanç kaybı olarak değerlendirebilmekte olduklarının belirtildiğini ifade etmektedir.	(Al- Bahar & Crandall, 1990)

Risk; literatürdeki en genel tanım ile, belirli faaliyetlerin neticelerindeki önceden tahmin edilemeyen belirsizlik durumudur. Belirli bir olasılık ile tanımlanabilen olay veya eylemler ‘risk’ kabul edilebilir

Risk kavramı, farklı sektörlerle göre değişik şekillerde tanımlanabilmektedir. Risk kavramı, bağlantılı olduğu belirsizlik kavramı ile karıştırılmaktadır. Bu kavramların belli yönlerde ayrıştığı yerler vardır. Bir riskin varlığından söz edilmek isteniyorsa belirsizlik ve beklenmeyen bir kayıp veya kazanç söz konusu olmalıdır. Sonucun bir kayıp veya kazanç ile sonuçlanabileceği bekleniyor ise riskten bahsedilemez. Topçu’ya (2013) göre; karşılaşılabilecek en büyük risk, riskin farkında olmamaktır denilebilir (TOPÇU, 2013).

Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat endüstrisinde risk yönetimi küresel bir konudur. Risklerin yeterince yönetilememesi, yalnızca proje hedeflerine ulaşmada zorluklara yol açmaz, aynı zamanda şehirlerin gelecekteki büyümesinde arazi kullanım planlamasını ve kentsel mekânın tasarımı da etkileyebilir (Zou, Kiviniemi, & Jones, 2017). Diğer sektörlerle nazaran inşaat sektöründe, çıktıların eksiksiz bir şekilde öngörülmesi epeyce zordur. Çünkü her projenin kendine özgü problemleri vardır. Projenin başlangıcında belirlenen parametreler inşaat aşamasında farklılık gösterebilir. Risk ölçeği; zaman, nitelik ve maliyet bakımından özellikle büyük ölçekli projelerde fazladır.

Bu bağlamda değerlendirilen risklerin minimum seviyeye çekilmesi, projenin hedeflenen kalite standartlarına uygun bir şekilde sonuçlandırılması için bütünsel bir proje yönetimine ihtiyaç vardır.

Birçok katmanı bir arada bulunduran proje yönetimi sürecinde; kendi isteği doğrultusundaki sürede, maliyette ve nitelikte sonuçlandırılmasını isteyen mal sahibi, mal sahibinin istekleri doğrultusunda projelendirme çalışmasını yapan tasarım ekibi, inşaat yapımını gerçekleştiren yüklenici ve yükleniciye entegre alt yükleniciler, hukuki otoriteler, bütün bu tarafların koordinasyonunu sağlayan proje yönetim ekibi aktif görev alır.

Riskler bakımından inşaat üretiminin özellikleri;

İnşaatı oluşturan bölümlerden; inşaat tipi, inşaatın yeri ve şartları (iklim, işçi, toprak yapısı vs.) her projede farklılık gösterdiğinden üretim sistemi de farklılık gösterir. Bundan dolayı, üretimin teknoloji seçimi, sürecin belirlenmesi ve bunların arasında optimizasyonun sağlanması, inşaat projeleri açısından büyük önem taşımaktadır.

Risk bir işe başlanıldığı andan itibaren mevcut hale gelir. Proje riskleri; oluşması durumunda, maliyet, kapsam, kalite ve zaman çizelgesi gibi bir ya da daha fazla proje hedefi üzerinde negatif ya da pozitif etkisi olabilecek belirsiz bir durum ya da olaylardır. Proje risk yönetimi; bir projede risk yönetiminin belirlenmesi, planlaması, riskin kontrolü, yanıtların planlanması ve süreçlerini içermektedir (PMBOK, 2013).

Genellikle inşaat sektöründe işletme açısından nitelikli pazar araştırması ve finansman gücüne göre uzun süreli planlamalar yapılamamaktadır. Ayrıca ülke politikalarından etkilenen inşaat piyasasında; maliyetlerin öngörülmesi zor olmakla birlikte, şeffaf bir tablo gözükmemektedir. Yapı işletmeleri bu nedenle piyasaya göre kapasitelerini ayarlayabilmekte zorlanmakta ve uzun dönemli planlamalar yapamamaktadırlar.

Keşif sırasında kaçınılmaz olan risk unsuruna dikkat edilmelidir. Mal sahibinin inşaatı taşeron etmesi, her türlü karar yetkisini kendinde bulundurması gibi etkenler risk faktörünü olumsuz yönde etkiler.

İnşaat sektöründe vazgeçilmez üretim faktörleri olan; insan ve makine ölçeğini değerlendirdiğimizde, bunların işyeri, iklim, çalışma koşulları gibi değişkenlere bağlı olduğu görülür. Bu değişken koşullar tahminleri ve verilen teklifleri etkiler.

Şantiyelerdeki çekirdek ekibin dışında kalan inşaat işçileri, her projede işi ve yöntemleri tekrar öğrenmekte, sisteme uyum sağlamaya çalışmaktadırlar. Yukarıda bahsedilen değişkenlerden dolayı, inşaat, proje ve şartnamelerdeki mevcut belirsizlikler sonucu, işlerin bir kısmı geleneksel yöntemlerle yapıma açık hale gelmektedir. Bu durum gayri resmi ilişkilerin hâkim olmasına sebebiyet vermekte; inşaat sektörü bu gayri resmi ilişkilerin sürekli baskısı altında kalmaktadır (Arslan & M., 2003).

2.1 Yapım Projelerinde Risk Yönetim Süreci

Risk Yönetimi; doğru karar ve etkinliklerle, kesintisiz olarak nelerin risk olduğunu belirleyip, hangilerinin incelenmesi gerektiğine karar vermek, risklerin üstesinden gelmek için stratejiler belirlemektedir. Risk yönetiminde;

- Belirsizlik tanımlanır, detaylarıyla incelenir.
- Fırsatlar belirlenir, tehditlerle ilişkilendirilir.
- Risk derecesi sayısallaştırılır ve risk toleransı belirlenir (Çam, 2005).

Deviprashadh proje risk yönetimini, tüm proje boyunca ortaya çıkan risklerin, analiz edildiği, bu risklere karşılık verildiği, tanımlandığı ve riskleri ortadan kaldırmak, kontrol etmek veya azaltmak için en uygun sonucun elde edilmeye çalışıldığı sistematik bir süreç olarak tanımlanabildiğini tarif edebilmektedir (Y.Göç & E.Acar, 2010).

Risk yönetimi, belirsizlikleri tamamen ortadan kaldıramaz. Potansiyel riskleri değerlendirip, olası olumsuz etkilerini önleyici şekilde, verilere göre tavır almayı sağlayan bir disiplindir. Değerlendirmelerinin sonucu süreçte sürekli iyileştirmeler yapar. Risk yönetiminin içerdiği faaliyetler (**Şekil 2. 1**)’de tablolştırılmıştır.

Risk Yönetiminin İçerdiği Faaliyetler
• Risk yönetiminin planlanması
• Risklerin belirlenmesi
• Risklerin oluşma olasılığı ve sonuca etkilerinin belirlenmesi
• Risklerin önem derecesinin belirlenmesi
• Risklerin nicelenmesi
• En kritik risklerin belirlenmesi
• Risklerin temel nedenlerinin belirlenmesi
• Riskleri en aza indirgeyecek faaliyetlerin ve önlemlerin planlanması, uygulanması
• Risk azaltma ve yönetim faaliyetlerinin etkinliğinin izlenmesi

Şekil 2. 1 Risk yönetiminin içerdiği faaliyetler (Çam, 2005).

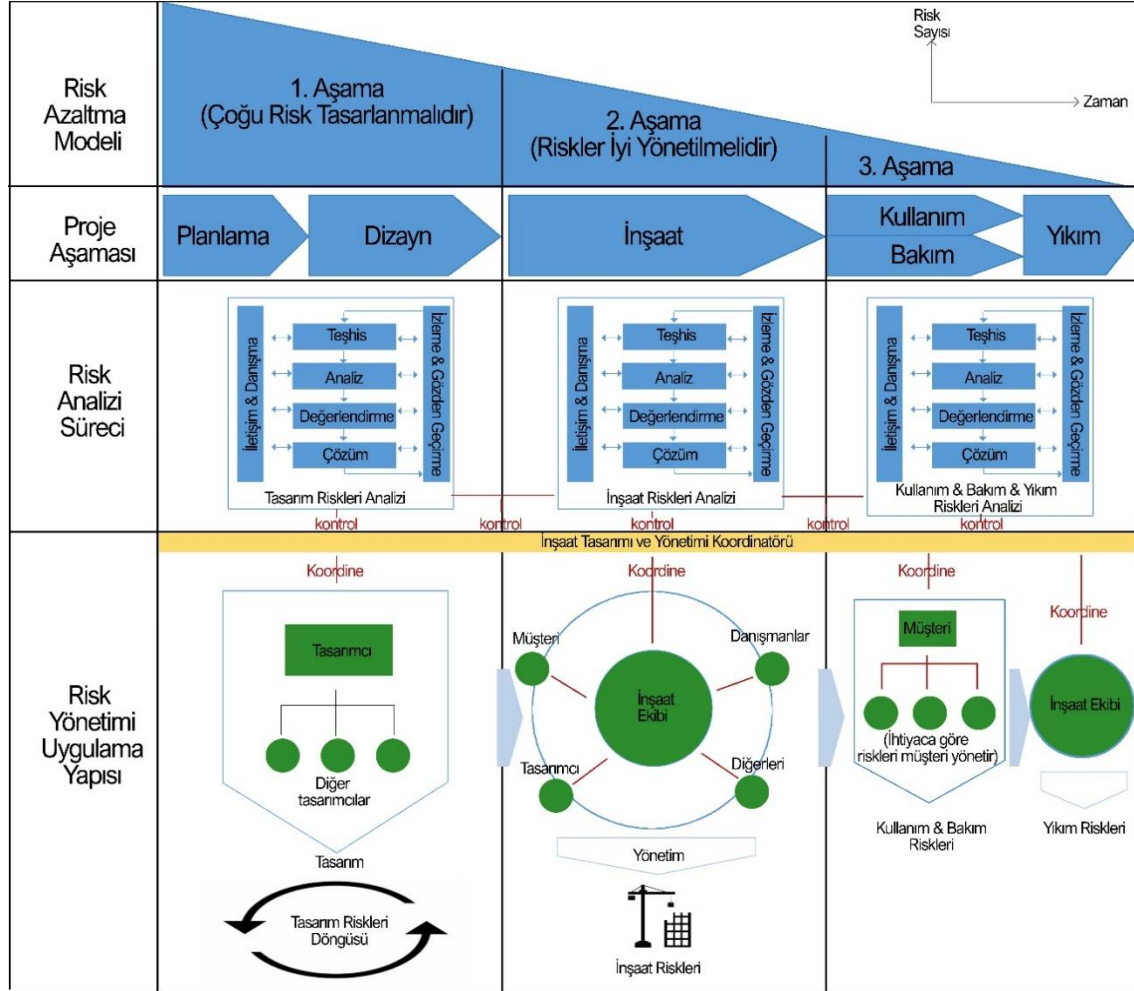
Proje risk yönetiminde asıl amaç, belirsizliği fırsatlara çevirerek riskleri kontrol etmektir. Tüm projeler; girdi, süreç, çıktı ve geribildirimlerden oluşan döngüyle basit bir yönetime sahipken; risk yönetimi belirsizlik, olasılık veya öngörülemeyen karmaşık durumlardan oluşur. Risk yönetiminin aşamaları şöyledir:

- Riskin tanımlanması: Riskin tipi ve kaynağı tanımlanır.
- Riskin sınıflandırılması: kişi veya kuruluşlar üzerindeki riskin etkisi türüne göre analiz edilir.
- Risk analizi: Sonuçlar analitik yöntemlerle incelenir. Risk faktörlerinin etkisi belirlenir.
- Risk tutumu: Risk hakkındaki alınan kararlar, gösterilen yaklaşımlardır.
- Risk tepkisi: Riski yönetirken nelere dikkat edilmesi gerektiğini inceler (Uğur, 2006).

Proje risk yönetimi, olası terslikler sonrası müdahale değil, bu olaylar gerçekleşmeden yapılan hazırlıklardır. İleriye dönük planlarla projeyi amacından sapmadan başarıya ulaştırabilecek alternatif planı seçmek mümkündür.

Yapım projelerinde risk yönetimi; 3 aşamada sınıflandırılabilir. Bunlar; tasarım, yapım ve kullanım aşamalarıdır. Tasarım aşamasında çoğu risk yapıma geçmeden önce tasarlanmalıdır. Tasarım aşamasındaki risklerin azaltılması, inşaat aşamasına geçmeden

önce gerekli bir süreçtir. Yapım aşamasında ise riskler iyi yönetilmelidir. Yapım aşamasındaki risklerin yönetimi, projenin kullanıcıya geçmeden önce çoğu riskin azaltılmasını sağlar. Son olarak kullanım ve yıkım aşamalarında oluşabilecek risklerin de kontrol edilmesi gerekir. Yapım projelerindeki riskleri azaltmak için izlenen yol (Şekil 2. 2)'de gösterildiği gibidir (Zou, Kiviniemi, & Jones, 2017).



Şekil 2. 2 Yapım projelerinde genel risk yönetimi çerçevesi (Zou, Kiviniemi, & Jones, 2017).

Yukarıda gösterilen şekilde (Şekil 2. 2), yapım projelerinde planlama ve dizayn aşamasında oluşan riskleri tasarlamak için açıklanan risk analiz süreci ve risk yönetiminin uygulama yapısı açıklanmıştır. Risk analiz sürecinde, risk yönetimi başlığında bahsi geçen ilkeler ve aşamalar kullanılmış, bu süreçten sonra inşaat tasarımı ve koordinatörü kontrolünde risk yönetimi uygulamasına geçilmiştir. Risk yönetimi uygulamasında; tasarım aşamasında, tasarımcı ve ekibinin süreç olarak riski belirlemeden çözümlemeye kadar olan aşamaları koordine bir şekilde uygulamaları gerekir. Yeni risklerin

belirlenmesi ve risklerin tasarım ekibi tarafından çözümlenmesiyle tasarım riskleri bir döngü şeklini alır. İnşaat sürecine kadar devam eden bu döngü, inşaatta oluşabilecek risklerin önceden tasarlanmasında büyük fayda sağlar.

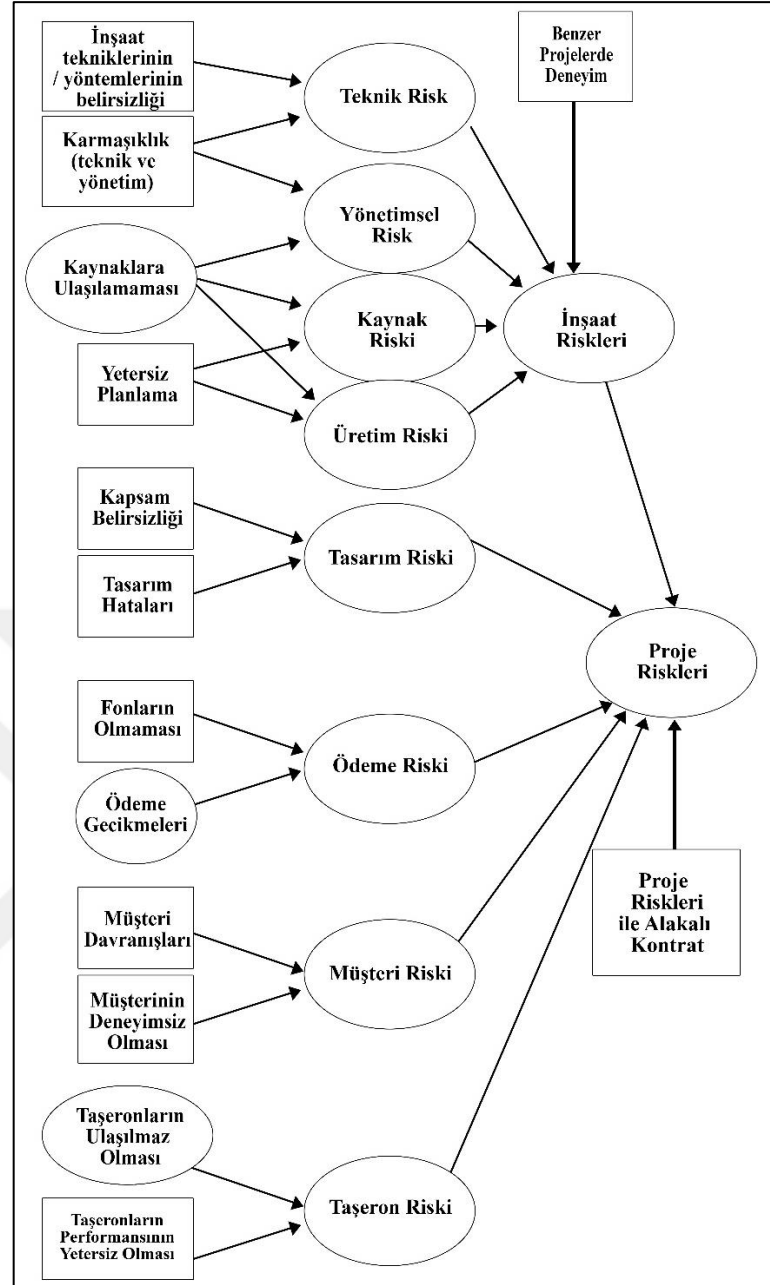
Tasarımdan sonraki inşaat aşamasında da risklerin yönetilmesi için teşhis, analiz, değerlendirme ve çözüm adımları izlenmelidir. Bu adımları inşaat tasarımı ve yönetimi koordinatörü ile beraber başta inşaat ekibi olmak üzere müşteri, danışmanlar, tasarım ekibi ve diğer aktörler koordine bir şekilde uygulayıp çözüme ulaştırmalıdır. İnşaat aşamasında oluşan riskler, inşaat sonlanana kadar devam eden bir zaman diliminde çözümlenmeye ve indirgenmeye devam eder.

Son olarak kullanım ve bakım durumlarında da oluşan risklerin azaltılması gerekir. Bu riskleri kullanıcı ile birlikte ihtiyaca göre inşaat ekibi ve inşaat yönetimi ve koordinatörü çözer. Yıkım aşamasında da inşaat aşaması gibi oluşacak riskleri inşaat ekibi ve inşaat tasarımı yönetimi ve koordinatörü çözer.

Bu çalışmada, 2. aşama olan yapım aşamasında oluşan risklere odaklanılmıştır. İnşaat aşamasında COVID-19 salgınının da oluşturduğu yeni riskler incelenir ve bu risklerin çözülmesi ve indirgenmesi için öneriler getirilmeye çalışılır. Özellikle iletişim ve koordinasyon konularına etki eden COVID-19 salgını dönemi, bu problemlerden kaynaklanan riskleri oluşturmuştur (Isherwood, McMahon, Shah, & Khanbabi, 2020).

2.1.1 Risklerin Sınıflandırılması

Literatürde tespit edilen bu riskleri sınıflandırırken Dikmen ve diğerleri tarafından 2006'da yayımlanan makalede yer alan tablodan yararlanılmıştır (**Şekil 2. 3**). Bu tabloda inşaat riskleri; teknik riskler, yönetsel riskler, kaynak riskleri, üretim riskleri, tasarım riskleri, ödeme riskleri, müşteri riskleri ve taşeron riskleri olarak sekiz ayrı başlıkta incelenmiştir.



Şekil 2. 3 İnşaat risklerinin sınıflandırılması diyagramı (Dikmen, Birgonul, & Han, 2006)

COVID-19 salgını sürecinde oluşan riskler, yukarıdaki diyagramda gösterilen sınıflandırma türüne göre sınıflandırılmıştır. Yeni oluşan riskler, bu risklerden birden fazlasına ait olabildiği gibi; bir kategoride de bu risklerin birden fazlasına rastlanmıştır.

2.2 Yapım Projelerinde COVID- 19 Sürecinde Oluşan Riskler

COVID-19 salgını sürecinde yapım projelerini etkileyen faktörler literatürde araştırılmış, bu faktörlerin oluşturduğu riskler bulunan kaynaklarda karşılaştırılmıştır. Kaynaklarda bulunan riskler tanımlanmıştır.

Alsharef vd. (2021)'de Tespit Edilen Riskler (Alsharef, Banerjee, Uddin, Albert, & Jaselskis, 2021)

Alsharef vd. (2021)'de bulunan riskler sınıflandırılıp araştırma sorularının temel başlıklarını oluşturmuştur. Bu çalışmayla beraber eklenen bilgiler ve kaynaklarla desteklenmiştir.

Görüşülen kişiler, yaşanan genel ve olumsuz etkiler, yaratılan yeni fırsatlar ve üstlenilen risk yönetimi çalışmaları da dahil olmak üzere salgın ile ilgili deneyimleri hakkında bilgi vermişlerdir. Bildirilen olumsuz etkiler arasında projelerde önemli gecikmeler, malzemelerin zamanında temin edilememesi, üretkenlik oranlarında düşüş, malzeme fiyatlarındaki artışlar ve diğerleri yer almıştır. Yaratılan yeni fırsatlar arasında da tıbbi tesislerin hızlı bir şekilde inşası, konut binalarının inşası, ulaşım ile ilgili işler ve vasıflı işçi istihdam etme fırsatları yer almıştır.

Geniş çapta benimsenen risk yönetimi önlemleri, güvenliğini artırmaya ve diğer proje risklerini azaltmaya yönelik önlemleri içeriyordu. Kabul edilen güvenlik önlemleri arasında çalışanların bez yüz maskeleri takmasının zorunlu tutulması, sosyal mesafe protokollerinin benimsenmesi, inşaat operasyonlarının kademelendirilmesi, COVID-19 ile ilgili eğitim verilmesi, işyerine girmeden önce sıcaklık kontrollerinin yapılması ve diğerleri yer aldı. Diğer proje risklerini yönetmeye yönelik önlemler arasında, gelişen salgını gözden geçirecek ve öneriler sunacak, inşaat işletmelerinin gecikmelerle mücadele etmek için gerekli kabul edildiğini savunan ve hükümet yardım programlarından yararlanan bir görev gücü ekibinin oluşturulması yer aldı.

Çalışma bulguları, salgının inşaat sektörü üzerindeki erken etkilerini anlamak isteyen sektör paydaşları için faydalı olacaktır. Sektör paydaşları ayrıca rapor edilen bulgulara dayanarak sürekli, güvenli ve üretken uygulamalar oluşturabilir.

Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği

Tedarik kanalında yaşanan yerel veya uluslararası aksaklıklar, beraberinde malzeme tesliminde gecikme riskini doğurmuştur. Üretim kanallarının çalışmalarını durdurması ve kısıtlaması sebebiyle de malzeme yetersizliği riski oluşmuştur (Kelaniya & Lanka, 2020).

Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski

Pek çok projede uzaktan çalışmaya geçilmesiyle, hazırlıklı bir altyapının olmamasından kaynaklanan adaptasyon süreci oluşmuş ve verimsizlik yaşanmıştır. Firmalarda yeterli teknolojik altyapı olmadığı gözlemlenmiştir. Dijital altyapı eksiklikleri yüzünden, firma bilgilerinin sızdırılması gibi riskler doğmuştur.

Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar

İzinlerin ve işten çıkarmaların başlatılmasıyla, çalışanların üzerinde oluşan psikolojik baskı ve akabinde getirdiği psikolojik problemler riskini de salgın sürecinin oluşturduğu yeni riskler arasında sayılabilir.

Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski

Özellikle salgın döneminin ilk çeyreğinde kısıtlı sayıdaki koruyucu malzeme miktarı iş akışında kesintilere uğramasına neden olmuştur. (Şekil 2. 4 ' de görüldüğü gibi yapım projelerinin işbirlikçi doğasından kaynaklanan virüsün yayılma oranı ivme kazanmıştır.



Şekil 2. 4 (Arslan B. A., 2020)

İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar

Sıklıkla değişen salgın önlemleri kapsamında zaman zaman pek çok ülkede çalışmaları kısıtlama kararları alınmıştır. Bu durumlarda inşaat faaliyetlerinin ne zaman devam edebileceğine dair belirsizlikler, çalışmaları sekteye uğratmıştır. Alınan kısıtlama

kararlarının; bazı ülkelerde bölgeden bölgeye değiştiği, bazı ülkelerde ise uygulamalarda bölgesel bazda farklılıklar görüldüğü gözlemlenmiştir. Bu da çalışma sistemini olumsuz yönde etkilemiştir.

Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları

Salgının beraberinde getirdiği belirsizlik atmosferi, projelerin iptal edilmesine ve askıya alınmasına neden olmuştur. İşletmelerin salgın önlemleri kapsamında kapatılması veya yarı zamanlı açık tutulması, piyasalarda nakit akışı sıkıntısına neden olmuştur. Piyasalardaki nakit akışı sıkıntısı da projelerin yavaşlamasına veya askıya alınmasına neden olmuştur.

Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi

Nakit akışı zorlukları nedeniyle ödemelerde zincirleme sıkıntılar yaşanmıştır. COVID-19 süreci boyunca çalışmalarına devam eden taşeron ekipleri bulmakta zorluk çekilmiştir. Pek çok projede, daha önce planlanmış mekanik havalandırma sistemlerinin yeniden değerlendirilmesi gibi revizeler gündeme gelmiştir. Projelerin tasarımlarında değişiklik talebi artışları yaşanmıştır. Tedarik zincirlerinde yaşanan problemler maliyet artışına neden olmuştur (Kelaniya & Lanka, 2020).

Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski

Mücbir sebepler başlığı altında sözleşme maddeleri yeterince detaylandırılmadığında şirketler arasında ödeme gibi konularda anlaşmazlıklara yol açmıştır (Casady & Baxter, 2020).

Minnullina vd. (2020)'de Tespit Edilen Riskler (Minnullina, Savoskina, Frolova, Sevalnev, & Truntsevsky, 2020)

Makalede, Rusya Federasyonu inşaat sektöründe COVID-19'un etkilediği faktörler araştırılmıştır. Araştırmacılar makalede, sınırlı ulaşım kullanımına sahip bir salgında inşaat şirketlerinin karşılaştığı ana riskleri vurgulamıştır. Aynı zamanda, şirketlerin gelişimindeki önemli sıçramalardan biri, çalışanlar arasında sınırlı olası bilgi aktarımı ile yeni bir yaklaşım gerektiren bilgi teknolojilerinin güncellenmesidir. Dolayısıyla krizin etkilediği önemli bir faktör, ofis çalışanlarının uzaktan çalışmalarının oluşturduğu risklerdir. Makale, bir inşaat şirketinde çalışanları güvenilirlik ve risk toleransı açısından değerlendirmek için önerilen önerilerin test edilmesini sunar. Test tavsiyelerinin

sonuçları, şirketin dahili bilgi ortamının önemli belgelerine erişimi kısıtlama olasılığını veya ihtiyacını yansıtır.

COVID-19 salgınının, Rusya Federasyonu inşaat sektörüne getirdiği riskler aşağıda sıralanmıştır;

- Karantina bölgelerinde çalışmanın kısıtlanması;
- Tedarikçi ve müteahhitlerin yetersizliği veya yokluğu (malzemeler, sarf malzemeleri, bileşenler vb. bina tedariklerinden bahsediyoruz). Bu özellikle büyük çaplı olduğunda yatırım projeleri için önemlidir.
- Yeni personel bulma ve mevcut çalışanların eğitilmesi zorluğu,
- Tedarikçilerin, bilinen bir nedenden dolayı, yapılan sözleşmeye uymamaları veya mutabık kalınan süre içinde sözleşmeyi yerine getirememeleri durumunda oluşan riskler,
- Hem hammadde temini hem de malzemelerin şantiyelere taşınması için lojistik zincirlerin hesaplanması ve inşasında hatalar. Ayrıca, şirketin yetersiz fiyatlandırma ve pazarlama politikaları riski de buraya eklenebilir.
- Uzak bilgisayarlarda çalışma nedeniyle bilgi sızıntısı meydana gelmesi,
- Birçok yatırım projesinde inşaat ve tesisat işlerinin kesilmesi veya tamamen durdurulması,
- İflas etmiş ortaklarla veya iflasın eşiğindeki ortaklarla anlaşmalar yapma riski,
- Ofis çalışanlarının uzaktan çalışma formatına geçmesiyle bağlantılı olarak personelin yavaşlaması ve çok daha fazlası.

Bu riskler kaçınılmaz olarak hemen hemen tüm inşaat şirketlerinin gelir ve işletme sermayesi açığını etkilemiştir.

Bununla birlikte, karantina nedeniyle çevrimiçi teknolojiler alanındaki bilimsel ve teknolojik ilerlemelere rağmen, çoğu şirket, 2020 krizine kadar şirket içinde uygulanan yönetsel kararları almak için bilgi sisteminin daha fazla kullanılmasının imkansızlığı sorunuyla karşı karşıya kalmıştır. Bu, aşağıdaki nedenlerden kaynaklanmaktadır:

- Birbirinden önemli ölçüde uzak olan ofis çalışanları arasında sınırlı veri aktarımı,
- Çalışanın evdeki masaüstü ve bilgisayarının yetersiz donanımı,
- Bazıları için belirli dahili elektronik belgelerin sınırlı erişimi veya kullanımının yasaklanması,

- Çalışanlar; dürüst olmayan çalışanlardan rakiplere bilgi sızıntısı riski.

Bu sorunları çözmek için, bazı şirketler, personel-bilgi etkileşimine ağırlık vererek mevcut yönetim karar verme sistemini gözden geçirmiştir.

Isherwood vd. (2020)'de Tespit Edilen Riskler (Isherwood, McMahon, Shah, & Khanbabi, 2020)

CII (*Construction Industry Institute*)'ın organize ettiği web semineri serisinde 24 Nisan 2020'de yapılan web seminerinde, COVID-19 salgınının 2019'da inşaat sektöründe oluşturduğu risklerden bahsedilmiştir. Bu riskler (**Şekil 2. 5**)' de görüldüğü gibi; seyahat yasakları, küresel durgunluk, çalışan güvenliği, tedarik zinciri riskleri, yasal faktörler ve teknolojik riskler olarak sıralanmıştır.

Seyahat Yasakları	•Zorunlu sokağa çıkma ve seyahat yasakları. •Sanal çalışma, şirketlerin dijital teknolojileri benimsemeyi hızlandırmasını sağladı.
Küresel Durgunluk	•Brent Ham petrol fiyatları 25\$'ın altına düşerken, virüs vurduğundan beri ABD'de işsizlik 26 milyona ulaştı. •OPEC+ anlaşması, küresel arzı günde 20 milyon varile indirdi; depolama kapasitesi endişeleri devam ediyor. •Büyük oyuncular 2020 Capex'i en az %20 azalttı ve çoğu kesinti 3.Ç ve 4.Ç'de gerçekleşti
Çalışan Güvenliği	•Yeterli KKD sağlama gereği ve yeni sosyal mesafe kurallarını uygulama •Çok sayıda OSHA (İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi) şikayeti ve işçilerin protesto etmesi •Artan devamsızlıklar için planlama
Tedarik Zinciri Riskleri	•Asya'daki üretim tesislerinden kaynaklanan ürün gecikmeleri •Maddi gecikmeler ve proje etkileri
Yasal Faktörler	•Mücbir sebep hükümleriyle korunmayan sözleşmeler •İş hukuku riskine maruz kalma
Teknoloji	•Geleneksel yöntemlerin uygulandığı inşaat sektöründe yeni çalışma yöntemlerini benimsemenin çok yavaş olması •Tüm endüstri katılımcıları arasında uyumun zor olması

Şekil 2. 5 COVID-19 salgınının 2019'da inşaat sektöründe oluşturduğu riskler (Isherwood, McMahon, Shah, & Khanbabi, 2020)

Yukarıdaki tabloda da bahsedildiği gibi inşaat sektörüne etki eden faktörler küresel çapta veya şirket ölçeğinde sebepler olabilir. Küresel çapta etkilere sebep olarak; seyahat yasakları, tedarik zinciri riskleri ve küresel durgunluk gösterilebilir. Şirket ve yerel

coğrafya ölçeğindeki faktörler ise çalışan güvenliği, yasal faktörler ve teknoloji olarak söylenebilir.

COVID-19'dan Kaynaklanan İşgücü Etkileri

Bir kuruluşun COVID-19'dan kaynaklanan yetenek ve işgücü zorluklarını benimseme ve üstesinden gelme yeteneği, iyileşme için kritik olacaktır. Gözden geçirilmesi gereken bu etkenler;

- Güvenli bir işyeri sağlamak
- Kritik iş gücü risklerini değerlendirmek
- Empati ile liderlik etmek
- Paydaşlar arası iletişim
- İşgücü maliyetlerini karşılamak
- Uzaktan çalışmayla ilgilenmek
- RIF (*Reduction in Force* (işten çıkarma)'leri yönetmek
- Alandaki denetçileri etkinleştirmek
- Kurumsal bilgiyi elde tutmak

şeklindedir. Bu etkenlerden; güvenli bir işyeri sağlamak, empati ile liderlik etmek ve paydaşlar arası iletişim sağlamak ile alakalı öneriler açıklanmıştır.

Güvenli Bir İşyeri Sağlamak

Kuruluşların, temel çalışanlar için güvenli bir iş yeri ve ekipman sağlaması kritik öneme sahiptir. (Şekil 2. 6)'de verilen listede, güvenli çalışma için gerekli önlemler sıralanmıştır. Bunlar, çalışanların yeni normale uyum sağlamasına yardımcı olmak için mevcut İK politikalarını esnetmek ve çalışana güvenli iş alanı sağlamak gibi önlemlerdir.

Esnek İK Politikaları	• İzin esnekliğini artırmak • Etkili uzaktan çalışmayı kolaylaştırmak / gerekli altyapıyı sağlamak • Seyahat ve karantina parametrelerini uygulamak • Doğum desteği için esneklik sağlamak
Güvenli iş pratikleri	• Sosyal mesafeyi uygulamak • Potansiyel olarak hasta bireyleri izole etmek • İş istasyonu (kişisel çalışma alanı) / ortak alan temizliği • Girişlerde ateş ölçme kontrolü gereksinimleri
Çalışan Güvenliği	• Güvenlik yönergelerine uymak • İnşaat yapısında sosyal mesafeyi güvenle birleştirmek (kişi başına metrekare) • Değiştirilmiş HVAC standartları ve sınırlı kapalı alan • Kafeterya ve yemekhanelerdeki yerleşim düzenlerinin yeniden yapılandırılması

Şekil 2. 6 COVID-19 salgını sonrasında, çalışanlara güvenli bir iş yeri sağlama önlemi önerileri (Isherwood, McMahon, Shah, & Khanbabi, 2020).

Bir Krizde Empati ile Liderlik Etmek

Çalışanların toplu stres yaşadığı durumlarda liderlik yapmak, istikrarlı bir destek sistemi oluşturma amaçlı olmalı ve görünür olmalıdır. Bu liderlik unsurları (Şekil 2. 7)'de sıralanmıştır.

Bir Ağ Oluşturmak	•Ekiplerin yanıtlarını yürütmek için ekipleri/görev güçlerini uygulamak •Ağ genelinde iş birliğini ve iki yönlü diyalogu teşvik etmek
Liderliği Yükseltmek	•Başkalarını kriz müdahalesine liderlik etmeleri için yetkilendirmek •Karar verme için yeni "normal" süreç oluşturmak
Çevik Karar Verme	•Belirsizliğe bekleyerek değil, duraklayarak, değerlendirerek ve ardından harekete geçerek tepki vermek. •Senaryo tabanlı planlama: En iyi hazır verilere dayalı olarak hareket etmek
Çalışanlara Empatiyle Yaklaşmak	•İnsanların nasıl mücadele ettiğine dikkat etmek ve destek sağlamak •Zorluklara karşı şefkat ve duyarlılık göstermek
Şeffaf İletişim Kurmak	•Söylentilerin veya yanlış bilginin önüne geçmek •Sık güncellemeler sağlamak

Şekil 2. 7 Kriz durumunda fayda sağlayacak yönetim stratejileri

Paydaşlar Arası İletişim Sağlamak

Bir gruba çok fazla veya çok az odaklanmak sonucu etkileyebilir. İyi yürütülen bir iletişim stratejisi tüm paydaşları kapsayan, şeffaf, zamanında ve amaca yönelik olmalıdır.

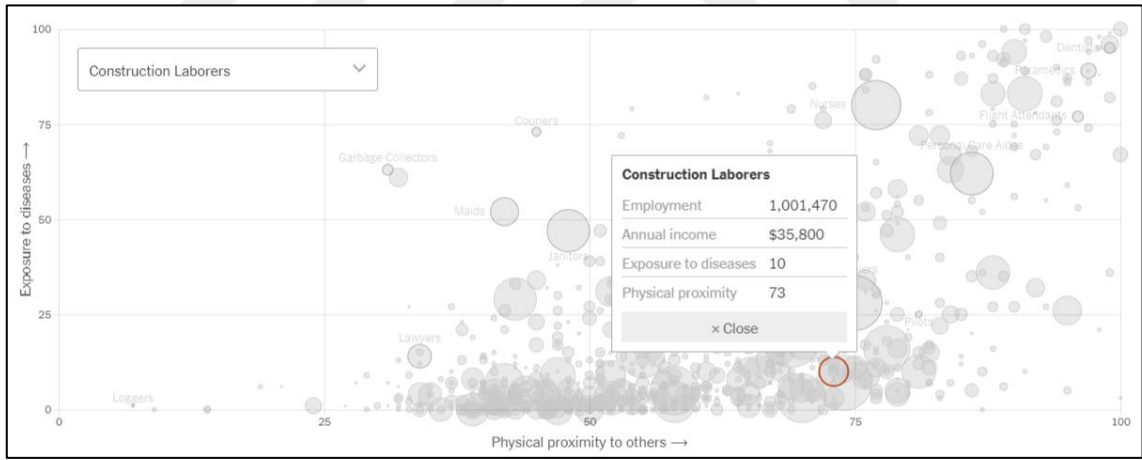
- Kriz yönetimi
- Ekip çalışanları ile iletişim kurmak
- Müşterilerle iletişim kurmak
- Hissedarlara güven vermek
- Topluluklarla proaktif olmak

Afkhamiaghda & Elwakil (2020)'de Tespit Edilen Riskler (Afkhamiaghda & Elwakil, 2020)

Araştırılan bu makalede, COVID-19 virüsünün inşaat sektöründeki bulaşma riskleri araştırılmıştır. ABD'deki durumu araştıran makale; bölge, iklim, şantiye özellikleri, yaş, malzeme ve ekipman unsurlarını ele alarak şantiyelerdeki COVID-19 bulaşma riskini hesaplamıştır. İnşaat sektöründeki mesleklerin özellikleri gereği şantiyede yapılmasını gerektirir. İşçiler, denetçiler, marangozlar ve diğerleri aynı anda bir çalışma alanında çalışacakları için enfekte olma riskini artırır.

İnşaat alanları, özellikle konut ve ticari projeler, çoğunlukla inşası devam eden bir çevrede, mahallelerle çevrilidir. Bu nedenle, şantiye yeterince korunmazsa, bulaşıcı hastalık kontamine bir şantiyeden mahalleye veya tam tersi şekilde kolayca yayılabilir.

New York Times tarafından geliştirilen (Şekil 2. 8), her meslek için hastalığa maruziyeti göstermektedir (Gamio, 2020). Bu çizelgedeki her baloncuk bir mesleği temsil eder ve balonun boyutu işte çalışan sayısını temsil eder. Y eksenini, belirli bir meslekte çalışanların ne sıklıkla hastalık ve enfeksiyona maruz kaldığını gösterir.



Şekil 2. 8 İnşaat çalışanların COVID-19'a maruz kalma riskleri (Gamio, 2020).

X eksenini, birlikte çalışan çalışanların yakınlığını tanımlar. Bu şekilde görüldüğü gibi, inşaat işçileri, virüse maruz kalma oranı %25 iken, birbirleriyle orta derecede yakın (kol mesafesi) çalıştıkları için virüsü yayma açısından önemli risk altındadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), CDC (*Centers for Disease Control*) (ABD Hastalık Kontrol Merkezleri) ve OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) (ABD İş Sağlığı ve Güvenliği Kuruluşu) tarafından tanımlanan faktörlere ek olarak, çalışma ortamlarının türü de COVID-19 virüsünün yayılma hızını hızlandırmada çok önemli bir faktör oynayabilir.

Virüsün bulaşma riskleri değerlendirilirken şantiye özellikleri de dikkate alınmalıdır. Şantiye alanı, malzeme, ekipman, geçici tesisler ve çok sayıda işçiye ev sahipliği yapan sınırlı alanlardır (Guo, 2002).

Projenin türü ve büyüklüğüne bağlı olarak, her bir şantiye için personel sayısı değişiklik gösterebilir. İnşaat sektöründeki ilk altı meslek aşağıdaki gibidir;

- İşçiler
- Marangozlar
- Denetçiler
- Yöneticiler
- Elektrikçiler
- Boyacılar
- Tesisatçılar

Proje yönetimini daha verimli hale getirmek için çok sayıda araç ve yazılım mevcuttur (RS araçları, Procore, Insight, vb.). Ancak inşaat sektöründeki mesleklerin özellikleri şantiyede yapılmasını gerektirmektedir. Bu işçiler, denetçiler, marangozlar ve diğerleri aynı anda bir çalışma alanında çalışacakları için enfekte olma riskini artırır.

Sonuç olarak diğer endüstrilerle karşılaştırıldığında, inşaatın işgücü verimliliği oranı düşüktür (BLS, 2019). Bu, belirli bir görevi tamamlamak için ya daha fazla işçinin atanması ya da daha fazla zaman ayırması gerektiği anlamına gelir. Optimum üretkenliğe ulaşmak için proje yöneticileri ve denetçiler, çalışma alanına farklı işçi ve işçi ekipleri atar. Bu, yakın temasta bulunan insan popülasyonunun artmasına yol açacak ve herhangi bir hastalığa yakalanma riskini artıracaktır.

Shibani vd. (2020)'de Tespit Edilen Riskler (Shibani, Hassan, & Shakir, 2020)

Araştırmacı, bir proje yöneticisi ve bir inşaat şirketi yöneticisi ile iki ayrı görüşme yapmıştır. Her iki görüşmedeki kişi de konut ve ticari daire geliştirme konusunda uzmanlaşmış inşaat şirketleri ile çalışmaktadır. İlk görüşme proje yöneticisi ile yapılmıştır. COVID-19 salgını ilan edilmeden önce şirketin devam eden üç projesi olduğu dile getirilmiştir. Ancak salgın nedeniyle projelerden biri tamamen durmak zorunda kalırken, ikinci proje devam etmiştir. İkinci görüşme inşaat şirketi yöneticisi ile gerçekleşmiştir. Şirketin yirmi bir dairelik ticari bir proje üzerinde çalıştığı bildirilmiştir.

Projenin, mayıs ayına kadar tamamlanması gerekirken COVID-19 salgını nedeniyle proje tamamlanmamıştır.

COVID-19 salgını sonucunda inşaat şirketleri yeni stratejiler benimsemiştir. Üstlenilen stratejilerden bazıları şunlardır; tedarikçilerle iyi bir ilişki kurmak ve işçilerin haftada iki veya üç gün çalışacakları vardiyalarla çalışması. COVID-19 salgını sırasında inşaat şirketlerinin karşılaştığı zorluklar şunlardır:

- Sokağa çıkma yasakları ve sektörel durgunluk nedeniyle inşaat malzemelerinin teslimatında gecikmeler olmuştur.
- Sokağa çıkma yasakları ve diğer güvenlik önlemleri nedeniyle inşaat projelerinin tamamlanmasında gecikmeler yaşanmıştır.
- Sosyal mesafenin uygulanmasında zorluklar yaşandığı tespit edilmiştir.
- İnşaat şirketlerinin mali kayıplar yaşadıkları tespit edilmiştir. Bankalardan ve müşterilerden gelen paraya erişim eksikliği nedeniyle mali kriz yaşadıkları bildirilmiştir.
- Küresel salgının yaşanmış olmasına rağmen inşaat şirketlerinin hala benzer bir küresel salgına hazırlık konusunda gelecek stratejilerinin olmadığı bildirilmiştir.

Mckinsey & Company (2021)'de Tespit Edilen Riskler (Mckinsey&Company, 2021)

Clifford Chance firmasından David Metzger'le (Clifford Chance'in Küresel İnşaat Grubu ve COVID-19 Danışma Grubu'nun başkanı) COVID-19 krizi boyunca edindikleri tecrübelerle ilgili röportaj yapılmıştır. Metzger'in ifadelerine göre COVID-19 salgını kriziyle birlikte geleneksel inşaat sözleşmeleri kullanışsız hale gelmiştir. COVID-19 salgınının beraberinde getirdiği belirsizlikler, maddi akışları ve finansal programları etkilemiştir. COVID-19 salgınının dünyayı etkilemesiyle inşaat sektöründe küresel tedarik zincirinde bozulmalar meydana gelmiştir. Bu durum birçok yükleniciyi ve tedarikçiyi yalnızca teslimat hedeflerini kaçırmak olarak değil; aynı zamanda tamamen iflas etme riskiyle karşı karşıya bırakır. Her paydaş için geçerli gelir gecikmeleri, zaman ve maliyet aşırımları, azalan geçerli nakit akışı, teminat ve fesih riskleri oluşur.

Bu riskleri azaltmakla alakalı, David Metzger'in sözleri şu şekilde olmuştur. COVID-19 salgınıyla ilgili kısıtlamalar projede aşamalı olarak kaldırılacağı için, projenin minimum ek gecikmeyle devam etmesi sağlanmaya çalışılmalıdır. Bu durum, paydaşlardan kendi çıkarlarını savunmaya alışkın olanlar için mantıksız görünebilir. Ancak daha geniş resimden baktığımızda uzlaşının her paydaş için daha faydalı olduğu görülür. Bekleme

dönemleri, bir dizi faaliyetin askıya alındığı sabit bir dönemdir. Bu dönemi paydaşlar bekleme dönemi yerine tasarım geliştirmenin bir devamı olduğu kabul edilebilir. Bu dönemler projeyi yeniden yapılandırmak için bir fırsat sunuyor olabilir. Böylece projenin uygulama evresinde daha hızlı sonuçlar alınabilir. Ayrıca proje sahipleri, yükleniciler ve tedarikçilere tahsis edilmiş olan mali riskleri üstlenmeyi değerlendirebilir. Bir tedarikçi veya yüklenici iflas ederse, bir bağlantının sonlandırılması gerekirse, çok daha fazla ek maliyetlere, gecikmelere, risklere sebep olur. Bu nedenle iş akışının aksamaması için proje sahiplerinin, çıkan ek maliyetleri kısmi karşılamayı tartışabilir (Mckinsey&Company, 2021).

Ogunnusi vd. (2020)'de Tespit Edilen Riskler (Ogunnusi, Hamma-adama, Salman, & Kouider, 2020)

Bu araştırma, COVID-19 salgınının inşaat sektöründeki olumlu ve olumsuz etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Veri toplama aşamasında, inşaat profesyonelleri üzerinde bir anket yapılmıştır. Mimarlar, İnşaat Mühendisleri, İnşaat/Yapı Mühendisleri, Elektrik Mühendisleri, Makina Mühendisleri, İnşaat/Proje Yöneticileri ve Metraj Uzmanlarından oluşan 71 adet anket sonucu alınmıştır. Uluslararası düzeyde yapılan anket, çoktan seçmeli seçenekleri olan kapalı uçlu ve açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Anketi şu alt başlıklar yapılandırmıştır:

- Demografi,
- COVID-19 nedeniyle proje durumu,
- COVID-19'un etkileri ve diğer yorumlar.

Ankete katılanların konumlarında, özellikle “evden çalışmayı” desteklemek için mevzuat, bilişim teknolojisi altyapısı ve sosyal mesafeye uyum açısından çeşitlilik olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, bu kategorideki yanıtlar (hükümet kılavuzları, kararları ve destekleri) niteliksel ve özel olarak değerlendirilir. Öte yandan, işin durdurulması ve COVID-19 salgınının etkilerinin önemi nicel olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak; iş akışı ve tedarik zinciri kesintisi, yeni politika sorunları ve çalışanların kaygısı inşaat sözleşmesinin standart formlarında COVID-19 ile mücbir sebeplerin gözden geçirilmesi alanındaki bazı zorlukları ortaya koyduğu söylenilmiştir. Bununla birlikte, modern tedarik planlaması, sanal çalışma gerekliliği ve tasarım değerlendirmeleri alanında fırsatlar geliştiği gözlenmiştir. Bu çalışma, COVID-19 salgınının neden olduğu en aza indirilmiş insan teması durumunda, ek acil durum

planlarının ve yeni bir çalışma stratejisinin geliştirilmesinin önünü açmak için gerekli öneriler vermiştir.

COVID-19 salgını sonrası oluşan riskler

- (Bailey, Bouchardie, & Madalena, 2020), COVID-19 salgınının etkisini ve nasıl yönetildiğini vurgulamıştır. Bu salgının inşaat projeleri üzerinde önemli bir etkisi vardır. Ancak, hukuki sonuçlar sözleşmeden sözleşmeye, uluslardan uluslara değişiklik göstermektedir. Her ne kadar COVID-19 salgını projeleri yarım bırakmasa da süreçleri yavaşlatarak aksamalara ve gecikmelere neden olmuştur. Bazı projeler tamamen durdurulmuş ve daha sonraki bir tarihte çalışılmaya başlanmıştır.
- Sağlık ve güvenlik risk değerlendirmeleri bilimsel, tıbbi ve resmi yönergelere göre oluşturulmalıdır. Örneğin, kapalı bir ortamda çalışan insanlar, dışarıda çalışan insanlardan daha yüksek risk altındadır.
- COVID-19'un öngörülemeyen bir durum olması mücbir sebep olarak kabul edilebilir. FIDIC (*Federation Internationale Des Ingenieurs Conseils*) (Müşavir Mühendisler Uluslararası Federasyonu)'na göre, herhangi bir standart sözleşme biçimi kapsamındaki mücbir sebepler, genellikle COVID-19 salgını sırasındaki gecikme için sözleşme süresinin uzatılmasını sağlar ancak maliyet için tazminat sağlamaz. Kamu makamları tarafından yapılan herhangi bir yeni düzenleme, yasal etkiye sahip olabilir ve projelerin başlamasından önce ortaya konan herhangi bir sözleşme pozisyonu/ yükümlülüğü geçersiz kılınabilir. Salgınlar sırasında harekete yönelik bu kısıtlama göz önüne alındığında, 'kilitli', kaçınılmaz maliyetler için zaman tazminatının uzatılmasını sağlayabilecek bir yasa değişikliği gerekmektedir (2017 FIDIC Formları).
- (Hook, 2020)'a göre, bu salgının etkisinin bazı mühendislik ve inşaat şirketlerinin borcunu düzene sokmaya, finansman yollarını düşünmeye veya iflas riskini almaya zorlayabileceğini de açıklamıştır. İleriye bakıldığında, mühendislik ve inşaat şirketleri; piyasada yaşanan bir değişiklikte, toparlanmalarını başlatmak için bazı "ulusal hükümetler" tarafından sağlanan altyapı yatırımını içerecek yeni bir muafiyetle karşılaşacaklardır. Öte yandan kaynak sınırlamalarıyla da karşılaşılabilir.
- Suiko (Turner & Townsend şirketinin bir parçası) tarafından COVID-19 salgını sırasında tamamlanan 45 proje üzerinde gerçekleştirilen bir ankette, işgücü

sıkıntısı ve sosyal mesafenin etkisi nedeniyle, yaklaşık %7'lik verim kaybı ortaya çıkarılmıştır (Construction Manager, 2020). Uzaktan çalışırken tasarım bilgilerinin yetersiz aktarımı da verimlilikte %1, malzeme bulunamama ve teslimat ise %7'lik kayba neden olduğu tespit edilmiştir (Suiko, 2020).

- Avustralya hükümetinin hareket kısıtlamaları ve “küresel durgunluk” olarak adlandırılan olağanüstü uygulamalarına örnek olarak, virüsün yayılmasını sınırlamak için hem ülke içinde hem de dışında seyahati kısıtlamak verilebilir. Bu beklenmedik durum nedeniyle Endonezya ve Çin, altyapı ve inşaat sektörünün ihtiyaç duyduğu ekipman, mal ve tesis ihracatı için kapalı ve erişilemez durumda kalmıştır. Bunun sonucu olarak projelerin teslimi sektöre uğramıştır.

COVID-19 salgını sonrası oluşan fırsatlar

(Gumble, 2020) “Toplum ve endüstri olarak bu bittiğinde eskisi gibi olmayacağız. Farklı bir şekilde çalışmaya oldukça başarılı bir şekilde adapte oluyoruz”. Bu, sanal ortamın “yeni normal” olarak inşaat faaliyetlerimize daha fazla entegre olacağını ve bu teknolojik araçların uyarlanması nedeniyle daha fazla çalışma esnekliği olacağını gösteriyor. (Gumble, 2020)’ın ifadesi Kale (2020) tarafından da desteklenmektedir: “Evde yapılabilecek birçok ofis tabanlı inşaat rolü olduğundan şüpheleniyorum. Bu dönem, bu esnekliğin uygulanabilir olduğunu kanıtlamış olabilir ve daha yaygın olarak kabul edilmelidir”. Bu, yenilikçi inşaat teknolojisindeki ilerlemenin inşaatı her zaman ileriye taşıdığını belirten Jones (2020) tarafından desteklenmektedir. Teknoloji, şantiyenin daha verimli bir iş gücüyle güvenli olmasını sağlamıştır. Ayrıca iş birliğini geliştirmiş, üretkenliği artırmış ve diğer karmaşık projelerin üstesinden gelmiştir. Örneğin, sahadaki iş verimliliğini artırmak için eyleme dönüştürülebilir ve gerçek verilerle sahadaki çalışmanın ilerlemesini izlemek için sahalara yapay zekâyla çalışan robotlar konulmaya başlanmıştır. Teknolojiyi benimseyen ve uygulayan inşaat şirketleri, projeleri (özellikle bu COVID-19 döneminde) daha iyi iş birliği içinde, artan üretkenlikle, planlanan bütçe altında ve zamanında tamamlayarak kâr marjını artırarak tamamlıyor. Dahası, COVID-19 salgını ile küresel sera gazı (GHG) emisyonları önceki kayıtlara kıyasla azalacaktır. Bu, Hepburn ve diğerleri tarafından tanımlanan iklim değişikliğinin iyileştirilmesinde bir “dönüm noktası” olabilir (Hepburn ve diğerleri, 2020).

Makale Bulguları

Proje durumu olarak, projelerin %90'dan fazlasının COVID-19 salgınından etkilendiği açıkça belirtilmiştir. Katılımcıların yaklaşık %51'i projelerinin COVID-19 nedeniyle kısmen durdurulduğunu belirtirken, katılımcıların %40'a varan kısmı tamamen durdurulduğunu belirtmiştir. Katılımcılardan biri, projelerin ilk aşamada tamamen durdurulduğunu ve daha sonra kısmi halde devam ettirildiğini açıklamıştır. Diğer katılımcılar, projenin türüne bağlı olarak operasyonun günlük olarak yeniden yapılandırıldığını iddia ederek herhangi bir durdurma deneyimi yaşamadıklarını belirtmişlerdir. Bir katılımcı da hem tam durma hem de kısmi durma deneyiminin olduğunu iddia eden bir görüş sağlamıştır.

Sokağa çıkma yasaklarının; iş aksamalarının %73'ünü kapsadığı ve ilerlemeyi etkilediğinden, hafifletilmesi genel olarak büyük bir rahatlama işareti olmuştur. Karşılaştırıldığında, çalışanların yaklaşık %8'i haftalık işin ilerlemesini engellemeden işe geri dönmüştür. Ne yazık ki, %18'inde hala projelerinde tamamen durdurulma yaşanmaktadır (2020). Katılımcıların %56'sı, bir hükümet kararıyla işin askıya alındığını belirtmiştir. Katılımcıların %10'u kendi kişisel kararları ile işe gitmediğini belirtmiştir.

2.3 COVID-19 Salgınında Yapım Projelerindeki Yeni Risklerin Literatür Üzerinden Analizi ve Sınıflandırılması

COVID-19 salgını sonrası kapsamında araştırılan makalelerin ve web seminerlerinin sonucunda tespit edilen riskler tablo haline getirilmiştir.(**Tablo 2. 2**) Bu kaynaklar, farklı ülkeler ve örnekler arasından seçilmiştir. Aşağıdaki tabloda literatürde belirlenen risklerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 2. 1 COVID-19 Salgınında yapım projelerindeki tespit edilen yeni risklerin literatür üzerinden analizi ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş, (-) risk oluşmamış).

COVID-19 SALGININDA OLUŞAN RİSKLER		TOPLAM	(Alsharef, Banerjee, Uddin, Albert. & Jaselskis. 2021)	(Minnullina, Savoskina, Frolova. Sevalnev. & (Isherwood, McMahon, Shah. & Khanbabi. 2020)	(Afkhamiaghda & Elwakil, (Shibani, Hassan, & Shakir, (Mckinsey&Company, (Ogunnusi, Hamma-adama, Salman. & Kouider. 2020)				
1	Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği	4	+	o	+	o	+	o	+
2	Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski	4	+	+	+	o	o	o	+
3	Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar	4	+	o	+	+	+	o	o
4	Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski	3	+	o	+	+	o	o	o
5	İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar	5	+	+	+	o	o	+	+

Tablo 2. 1 COVID-19 Salgınında yapım projelerindeki tespit edilen yeni risklerin literatür üzerinden analizi ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş, (-) risk oluşmamış).(devamı)

6	Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları	6	+	+	+	o	+	+	+
7	Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi	6	+	+	+	o	+	+	+
8	Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski	5	+	+	+	o	o	+	+

Malzeme tesliminde gecikme ve malzeme yetersizliği konusunda; toplam 4 çalışma bu riskten bahsetmiştir. Bu risk, COVID-19 salgını sırasında küresel çapta etkisi olan bir risktir. İnşaat malzemeleri sağlayıcılarının üretimi yavaşlatması veya durdurması sonucunda ortaya çıkmıştır.

Uzaktan çalışmayla yaşanan verimsizlik riski konusunda; toplamda 4 çalışmada bu riskten bahsedilmiştir. Bu risk, uzaktan çalışmadan kaynaklanan şirket içi yaşanan iletişimsizlikler ve çalışma ortamının sağlanamaması gibi faktörlerle oluşmuştur.

Çalışma hayatı koşullarında oluşan zorluklar konusunda; COVID-19 salgını sırasında inşaat sektöründe, iş güvenliği riskleri, uzaktan çalışma riskleri, mali problemler ve daha birçok zorluk ortaya çıkmıştır.

Kişisel koruyucu ekipman (KKD) kıtlığı, yapım projelerinin işbirlikçi doğası gereği virüsün yayılma riski konusunda; toplam 3 çalışmada bu riskten bahsedilmiştir. Bunlar ; yeterli KKD sağlama gereği ve yeni sosyal mesafe kurallarını uygulama konusunda oluşan zorluklar ve virüsün yayıldığı durumlarda iş güvenliği açısından yaşanan riskler oluşmuştur.

İnşaat faaliyetlerinin salgın sürecinde kesintiye uğramasının gerekliliğine ilişkin uygulamalarda farklılıklar konusunda; toplam 5 çalışmada bu riskten bahsedilmiştir.

Devam eden projelerin askıya alınması, yavaşlatılması, yeni projelerin başlangıç tarihinde gecikme ve projelerde revize ihtiyaçlarıyla birlikte maliyet artışları konusunda; toplam 6 çalışmada bu riskten bahsedilmiştir. Çalışma koşullarında oluşan zorluklar, malzeme gecikmeleri, uzaktan çalışmayla yaşanan verimsizlikler bu riskin oluşmasına kaynak sağlamıştır.

Fiyat artışları, ek maliyetler, gelir kaybı ve ödeme gecikmesi konusunda; toplam 6 çalışmada bu riskten bahsedilmiştir. COVID-19 salgınının sebep olduğu ekonomik etkiler ve projelerde gereken ek maliyetler bu riske sebep olmuştur.

Yapım şirketleri arası anlaşmazlıkların artması riski konusunda; toplam 5 çalışmada bu riskten söz edilmiştir. İnşaat sektöründe projelerde birden fazla yapım şirketi çalıştığı için COVID-19 döneminde oluşan risklerin farklı etkileri bu şirketlerin arasında anlaşmazlık oluşturmıştır.

Bu bölümde tespit edilen ve sınıflandırılan riskler, alan çalışması için bir altlık oluşturmıştır. Literatürde tespit edilen bu sekiz adet riskin; kaynaklar üzerinden analizi yapılmış ve ardından alan çalışması olarak Türkiye’de COVID-19 salgını sırasında yapımına devam edilen üç adet yapım projesi seçilmiştir. Bu projelerdeki firmalarla görüşmeler yapılmış bu risklerin oluşup oluşmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

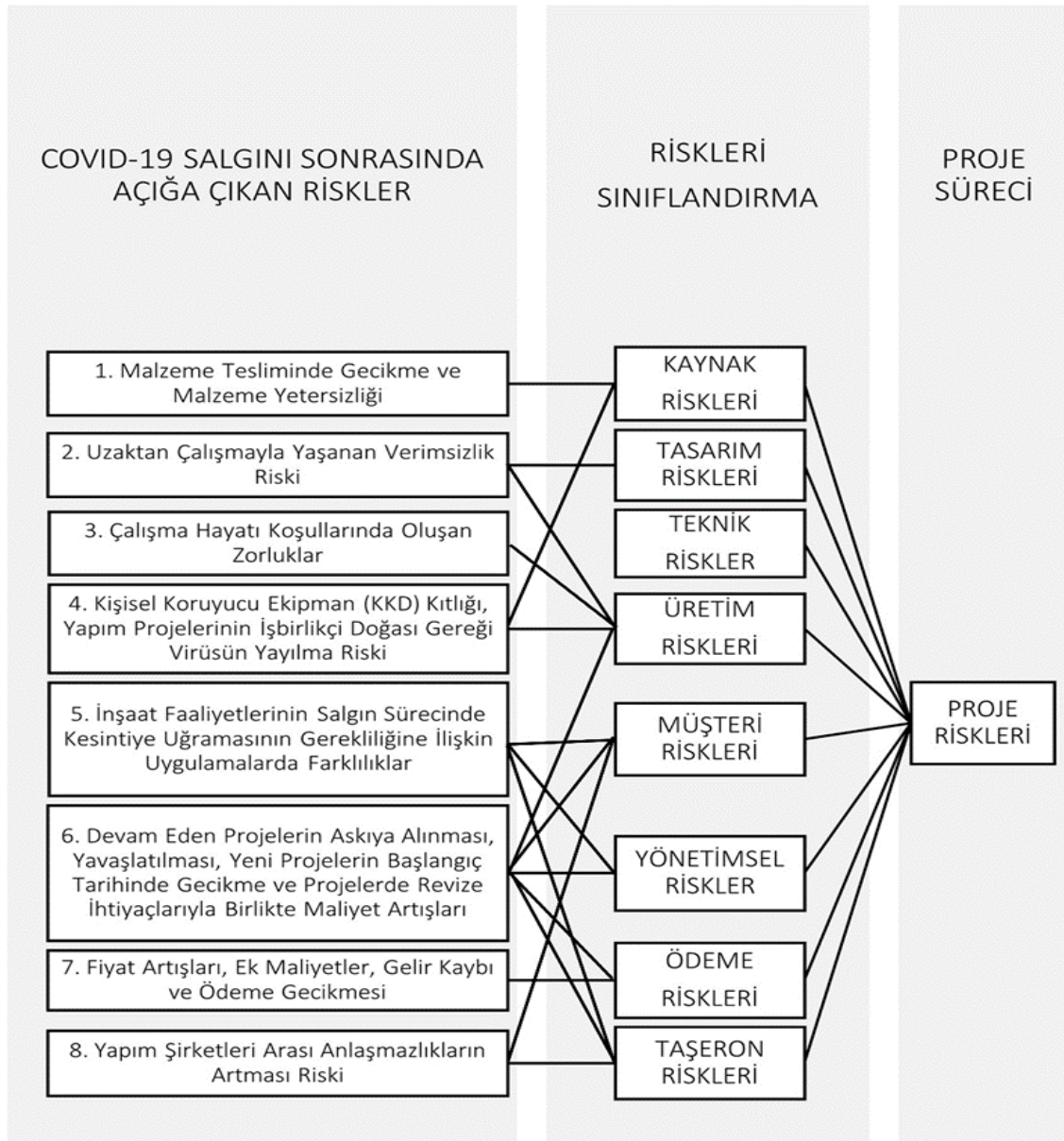
Ayrıca literatürde, bu oluşan risklerin indirgenmesi için yapılan çalışmalar da incelenmiştir. Çeşitli proje yönetim önerileri sunan birçok çalışmaya rastlanmıştır. Bu risk çözümü önerileri arasında önde gelen çözüm önerisi olarak; yapım projelerinde kullanılabilecek teknolojilerin sayısını, verimliliğini artırmak ve oluşan duruma yönelik yeni teknoloji çözümleri sağlamak söylenebilir. Bu incelemeden sonra, üçüncü bölümde risklerin indirgenmesi için kullanılabilecek bilgi teknolojileri araştırılmış, COVID-19 salgını döneminde yapı projelerine ne gibi faydalar sağlayabilecekleri üzerinde çalışılmıştır.

Risklerin Sınıflandırılması

Aşağıdaki şekilde, COVID-19 salgını sonrasında tespit edilen risklerin sınıflandırılmasında, (Birgönül, Dikmen, & Han, 2007) ‘a ait (

Tablo 2.)’deki diyagram kullanılmıştır.

Tablo 2. 2 Literatürde belirlenen risklerin sınıflandırılması



Yukarıdaki şekilde yapılan sınıflandırmada; literatür araştırmasından elde ettiğimiz risklerden, malzeme tesliminde gecikme, malzeme yetersizliği riski ve kişisel koruyucu ekipman (KKD) kıtlığı, yapım projelerinin işbirlikçi doğası gereği virüsün yayılma riski sınıflandırmadan kaynak risklerine girmektedir. Malzeme yetersizliği ve kişisel korucu ekipman malzemeleri doğrudan kaynaklarla ilgilidir.

Uzaktan çalışmayla yaşanan verimsizlik riski doğrudan tasarım risklerine etki etmektedir. Uzaktan çalışmayla verimsizlik yaşanarak, tasarım kararlarında hatalar oluşabilmektedir.

Teknik riskler kapsamına; uzaktan çalışmayla yaşanan verimsizlik riskini ve çalışma hayatı koşullarında oluşan zorlukları sokabiliriz. Uzaktan çalışmanın doğurduğu özellikle

iletişimlerde yaşanan verimsizlik; teknik anlamdaki konularda sorunlara sebep olabilmektedir. Yanlış anlaşılan bir konu üzerinden yapılan bir uygulama; ciddi anlamda kayıplara yol açabilir. Çalışma hayatı koşullarındaki zorluklar teknik anlamdaki uygulamaları zorlayıcı hale getirir. Çalışmanın ilerleyen kısımlarında göreceğimiz vaka analizlerinden D projesinin proje müdürü bu konu hakkında *‘İşçi zaten zor koşullarda alışıyor. Sürekli maskeni tak, sosyal mesafenin koru gibi uyarılarda bulunduğumuzda bu sefer iletişimimiz yıpranıyor. Bir de uygulamasını yapması iyice zorlayıcı hale geliyor.* ‘ifadelerini kullanmıştır.

Üretim riskleri arasına; malzeme tesliminde gecikme ve malzeme yetersizliği (malzeme yetersizliği ve teslimlerindeki gecikmeler, doğrudan etimi etkilediği için), kişisel koruyucu ekipman (KKD) kıtlığı ve yapım projelerinin işbirlikçi doğası gereği virüsün yayılma riskini (COVID-19’un sahada yayılması, personel sıkıntısına sebep olur ve doğrudan üretim sürecini etkiler) sokabiliriz.

Müşteri riskleri arasına; inşaat faaliyetlerinin salgın sürecinde kesintiye uğramasının gerekliliğine ilişkin uygulamalarda farklılıklar, devam eden projelerin askıya alınması, yavaşlatılması, yeni projelerin başlangıç tarihinde gecikme ve projelerde revize ihtiyaçlarıyla birlikte maliyet artışları, fiyat artışları, ek maliyetler, gelir kaybı ve ödeme gecikmesinden bahsedebiliriz.

Diğer yandan malzeme tesliminde gecikme ve malzeme yetersizliği (retim aksar ve yönetimsel anlamda kayıplara neden olur) yönetimsel risklere girer. Çalışma hayatı koşullarında oluşan zorluklar, devam eden projelerin askıya alınması, yavaşlatılması, yeni projelerin başlangıç tarihinde gecikme ve projelerde revize ihtiyaçlarıyla birlikte maliyet artışları da yönetimsel problemler oluşturabildiği için yönetimsel riskler arasındadır. Fiyat artışları, ek maliyetler, gelir kaybı ve ödeme gecikmesi; inşaat organizasyon sürecini etkiler. Bu segmentlerden birinin değişiklik göstermesi inşaat sürecinde domino etkisi gösterir, dolayısıyla yönetimsel anlamda risk oluşturur.

Fiyat artışları, ek maliyetler, gelir kaybı ve ödeme gecikmesi de aynı zamanda ödeme riskleri arasındadır. Yapım şirketleri arası anlaşmazlıkların artması riski ödeme sürecini etkileyeceği için, ödeme riskleri arasına sokulabilir.

İnşaat faaliyetlerinin salgın sürecinde kesintiye uğramasının gerekliliğine ilişkin uygulamalarda farklılıklar, devam eden projelerin askıya alınması, yavaşlatılması, yeni projelerin başlangıç tarihinde gecikme ve projelerde revize ihtiyaçlarıyla birlikte maliyet

artışları, fiyat artışları, ek maliyetler, gelir kaybı ve ödeme gecikmesi, yapım şirketleri arası anlaşmazlıkların artması risklerinin tamamı taşeron risklerini de etkiler.



COVID-19 SALGINININ BERABERİNDE GETİRDİĞİ YENİ RİSKLER ÜZERİNDE KULLANIMA SOKULABİLECEK DİJİTAL TEKNOLOJİLER

İnsan etkenini de içinde bulundurduğunu ve sürekli bir devingenlik içinde olan problemlerin varlığını düşündüğümüzde risk yönetiminin de devingen ve kendini yenilemeye muhtaç olduğu gerçeği kaçınılmazdır. Bu çalışma Dünya'nın en güncel problemlerinden biri olan COVID-19 salgınının inşaattaki etkilerini risk yönetimi kapsamında incelemeyi amaçlamaktadır. Gelişen teknoloji risk yönetimi kapsamının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Risk yönetimini kontrol edilebilirliğini kolaylaştıran teknolojiler arasında; otomatik kural denetimi, bilgi tabanlı sistemler, reaktif ve proaktif BT (bilgi teknolojisi) tabanlı güvenlik sistemleri, ICT (Information and Communication Technology/ Bilgi ve İletişim Teknolojileri), BIM, 4D CAD ve sanal gerçeklik (VR) gibi teknolojilerden bahsetmek mümkündür.

Bu bölümde bu teknolojilerin araştırılıp açıklanmasının yanı sıra bahsi geçen teknolojilerin kullanılmasını engelleyen faktörler, teknolojilerin sağlayıcı kaynakları , bu teknolojilerin inşaat sektöründe kullanılmasıyla birlikte ortaya çıkan yeni aktörler ve uzmanlıklar da araştırılmıştır.

3.1 Yapım Projelerinde COVID-19 Salgınına Karşı Kullanılabilecek Teknolojiler

Çalışmanın bu bölümünde literatür taraması yapılmış, COVID-19 döneminde kullanılabilecek teknolojiler araştırılmıştır. COVID-19 hem mevcut teknolojilerin kullanımını hızlandırmış hem de yeni teknolojilerin geliştirilmesini teşvik etmiştir. Şantiyelerdeki belirli COVID-19 risklerini indirmek için teknoloji kullanımı gerekmektedir (COAA, 2020). Bu bölümde, aşağıdaki dört başlıkta etkinleştirilmesi gereken teknolojiler araştırılmıştır:

1. İşçiler için sağlık kontrolleri ve sağlık taraması
2. Sağlık & Hijyen eğitimi
3. Yönetim Toplantıları ve İletişim

4. Temassız işlemler (yakın işçi temasının ve virüs yayılımının sınırlandırılması).

Sağlık taramaları verimliliğini ve güvenilirliğini artırmak için uygulamaların kullanımı

Sağlık taramalarını hızlandırmak ve şirket konumlarında hazır bilgilere sahip olmak için çok sayıda uygulama vardır ve geliştirilmektedir.

Teknoloji uygulamaları;

- Eklentileri mevcut Enterprise sistemlere (yani SAP) uygulamak
- Aduro
- Crowd Blink Protect

Teknolojik Uygulamalarda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar;

- Ateş ölçümleri güvenilir olmayabilir (örneğin, sıcak veya soğuk yerlerde açık havada çalışanlar için).
- Bilgi güvenliğinin korunması gerekmektedir, doğru kullanıcı veri tabanlarının sürdürülmesi için yönetim planlamaları oluşturulmalıdır.

Uzaktan toplantılar, iş birliği, eğitim ve randevular için teknolojiler

2020'den önce şirketler eğitim, iş birliği ve iş planlaması için sanal toplantı araçlarını ve yazılımlarını benimsemişlerdir; COVID-19 salgını, bu teknolojilerin benimsenmesini hızlandırmıştır.

Zoom ve **Teams** gibi uzaktan toplantı yazılımlarının standart işlevlerine ek olarak, bu araçlardan bazılarının aşağıdakiler de dahil olmak üzere ek işlevleri vardır;

- Yerleşik planlayıcılar,
- Dosya paylaşımı,
- Sunum,
- Yapışkan notlar ve diğer beyin fırtınası faaliyetleri,
- Oylama,
- Arama odaları,
- Soru sormak ve etkileşim kurmak için forumlar.

Klakson Uygulaması;

Temassız ve uzaktan iletişimin avantajlarına ek olarak, bu yazılım çözümleri yüz yüze toplantılar için başka birçok avantaj da sunar:

- Maliyetler,
- Anonim paylaşım,
- Gerçek zamanlı tablolama,
- Denetim görüntüleme,
- Belgeleme kolaylığı vb.

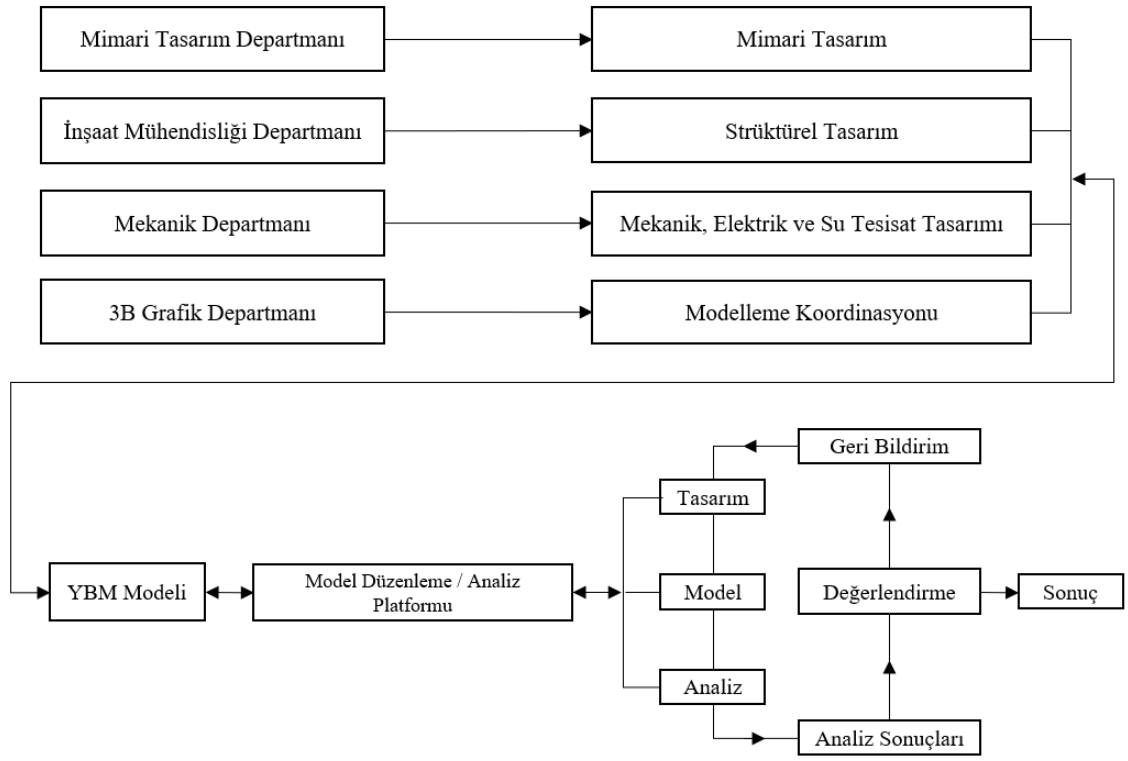
Temassız işlemler

Yapılan literatür taraması sonucunda, şantiyedeki işçi sayısını azaltmak ve temaslı çalışan sayısını indirmek için kullanılabilecek teknolojilerin uzaktan çalışmaya uygun teknolojiler olduğu görülmüştür. Bu kapsamda; yapı bilgi modellemesi (BIM) ve BIM ile entegre teknolojiler tespit edilmiştir. Özellikle, bulut bilişim ve mobil cihazlar, veri tabanı teknolojisi, proaktif BT tabanlı güvenlik sistemleri, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik teknolojisi, lazer tarama teknolojisi ve robotik üretimlerin BIM ile beraber kullanıldığı tespit edilmiştir. Ayrı ayrı başlıklandırılan bu teknolojilerin önce tanımları yapılmış, program ara yüzlerinden ve çalışma şekillerinden örnekler verilmiştir. Kullanım alanlarından bahsedilmiş ve yapı bilgi modellemesi süreçlerine nasıl dahil oldukları örneklerle incelenmiştir.

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)

BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) ve BIM ile ilgili dijital teknolojilerin hızlı gelişimi ve benimsenmesi nedeniyle, bu teknolojilerin risk yönetimi için kullanımı, durumun kapsamlı bir şekilde gözden geçirilmesi talebine yol açan ve büyüyen bir araştırma trendi haline gelmiştir (Zou, Kiviniemi, & Jones, 2017). Yapı Bilgi Modellemesi tüm dünyada klasik yöntemlerden daha entegre bir proje yönetimi sağlayan, yapının bütün fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini 3 boyutlu bir model üzerinde birleştirerek bilgi olarak depolanabilen ve yapının tüm yaşam döngüsü boyunca görev alan paydaşların ortak olarak bu sistemden yararlanabilmesini sağlayan bilgi paylaşım sürecidir (Oehmen, Locatelli, Wied, & Willumsen, 2021).

Yapı bilgi modellemesi, yapım yönetimi açısından ele alınması gereken aşamalara ışık tutar ve bu aşamalarda ortaya çıkabilecek sorunlara çözümler getirir. Yapı bilgi modellemesi iş akışı sürecinde yer alan aktörler ve kullanılan yöntem şeması (**Şekil 3. 1**)'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1 BIM projelerinde mimari tasarım sürecinde oluşan iş akışı tablosu (He, Schnabel, Chen, & Wang, 2017)

BIM daha sonraki yıllar geliştirilerek yapım risklerini tasarım aşamasında belirlemek ve riskleri azaltmayı hedeflemek, inşaatта güvenliği incelemek, izlemek ve yönetmek amacıyla kullanılmayı hedeflemiştir. Geçmiş güvenlik kayıtları ve bir projenin risk dağılımını tahmin edebilecek bir teoriyle yola çıkılmış (Sulankivi, 2013) ve BIM tabanlı bir otomatik güvenlik kuralı kontrol prototipi geliştirilmiştir.

Yapı bilgi modellemesi yazılımlarıyla beraber çalışan ve her aşamadaki kullanımına katkı sunan belirli teknolojiler araştırılmıştır. Bu teknolojiler, BIM yazılımlarına kolaylıkla entegre olabilen, inşaat sırasında yönetimi kolaylaştıran cihazlardan ve yazılımlardan oluşur. Özellikle, bulut bilişim ve mobil cihazlar, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojisi, lazer tarama teknolojisi ve robotik üretimlerin inşaat sektöründe BIM ile beraber kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu teknolojilerin tanımı yapılmış, kullanım şekilleriyle alakalı örnekler verilmiştir.

Bulut Bilişim Teknolojisi

Bulut bilişim, cihazların paylaşılan bir ağ ortamına bağlı olduğu her yerde kullanıma uygun ve kolaylıkla ağ erişimi sağlayan bir yapıdır. Etkileşimli bilgi işlem kaynakları havuzu (örneğin, ağlar, sunucular, depolama cihazları, uygulamalar ve hizmetler) gibi

hizmet sağlayıcıların etkileşimiyle sağlanan, minimum yönetim çabası ile hızlı bir şekilde tedarik edilebilir ve yayınlanabilir bir sistemdir. Bu bulut modeli dört dağıtım sisteminden oluşur (Mell & Grance, 2011).

Bulut bilişim türleri; özel bulut, topluluk bulutu, genel bulut ve hibrit bulut sistemleri olarak dört kısma ayrılır. İlk olarak bu bulutlardan genel bulutun verilerinin herkese açık paylaşıldığı bir sistem olarak işlemesi ile birlikte sırayla topluluk bulutunun belirli bir topluluğa açık verileri içermesi, üçüncü olarak özel bulut sisteminde de şirketler tarafından kullanılan üst düzey güvenlik korunmasının sağlandığı, son olarak özel ve genel bulutların her ikisinin de ortak kullanılabildiği hibrit bulut sistemleri, bahsedilen türlerdir (Mell & Grance, 2011).

Veri Tabanı Teknolojisi

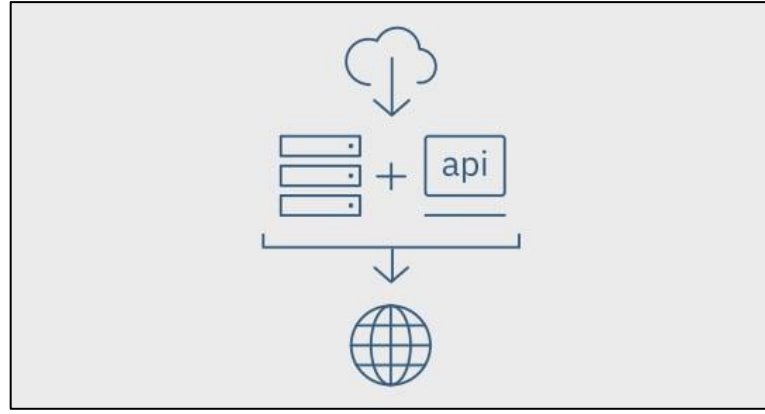
Bulut veri tabanı, bulut platformu üzerinde kurulabilen ve kolaylıkla erişilebilen bir veri tabanı hizmetidir. Geleneksel veri tabanlarının mevcut birçok işlevinin yanı sıra bulut bilişimin kattığı esnekliği de sağlar. Kullanıcılar, veri tabanını yüklemek ve hayata geçirmek için gereken yazılımları mevcut bulut altyapısına kurar.

Veri tabanı teknolojisinin temel özellikleri şu şekildedir:

- Bulut platformu üzerinde kurulan ve kolayca erişilen bir veri tabanı hizmetidir.
- Kurumsal kullanıcıların özel olarak üretilmiş donanımları satın almadan ellerindeki cihazlarla veri tabanı barındırmalarına olanak sağlar.
- Kullanıcının kendisi tarafından yönetilebilir, hizmet olarak sunulabilir ve bir sağlayıcı tarafından yönetilir.
- SQL (mySQL dahil) veya NoSQL veri tabanları tarafından desteklenir
- Erişim, herhangi bir web arabirimi veya satıcı firmaya ilişkin bir API ile sağlanır (IBM, 2021).

Geçmiş kazalardan öğrenilen deneyim ve bilgilerle gelecekteki çalışmalarda tehlikeleri önlemek amacıyla geliştirilen veri tabanı teknolojisidir (Forstnyne, 2014). Bu da kaza mekanizmasının daha iyi anlaşılmasına ve kazaların önleme derecesini artırmıştır.

Veri tabanı teknolojisini tercih eden kullanıcılar için sağladığı avantajlar (Şekil 3. 2), (Şekil 3. 3) ve (Şekil 3. 4)' de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2 Veri tabanı teknolojisinde bulut ve cihaz arasındaki erişimi gösteren şema

Her Yerden Erişim kolaylığı; Veri tabanını kullanan kullanıcılar herhangi bir satıcı firma cihazı veya web arabirimini kullanarak hemen her yerden bulut veri tabanlarına kolaylıkla giriş yapabilir (IBM, 2021).



Şekil 3. 3 Veri tabanı teknolojisinde depolama kullanımını gösteren şema

Depolama Kapasitesine Ölçeklenebilirlik; Bulut veri tabanları, zaman içerisinde gelişen ve değişen ihtiyaçları karşılamak için kullanım sırasında depolama kapasitelerini artırabilir. Kullanan şirketler yalnızca kullandıkları kaynaklar için ödeme yaparlar (IBM, 2021).



Şekil 3. 4 Veri tabanı teknolojisinde kurtarma sistemini gösteren şema

Olağanüstü durumlarda kurtarma sistemi; Doğal afetler, cihaz arızaları veya elektrik kesintisi gibi durumlarda uzak sunucularda yedeklemeler yapılarak buluttaki veriler güvende tutulur (IBM, 2021).

Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti teknolojisi, birbirleri arasında veri aktarımını sağlayıp etkileşim kuran bağımsız makine veya organize olmuş sistemlere verilen genel addır (TMMO, 2021). Nesnelerin interneti, sorunsuz bir şekilde bağlantı kurma, veri, bilgi paylaşma ve ortamdaki değişikliklere tepki verebilen akıllı nesnelere (şeylere) atıfta bulunur. (Zawra, 2017). Küresel salgın ile birlikte insanların evlerine kapanması ve gerek sosyal gerek iş hayatından tam ya da kısmi olarak izole edilmesi beraberinde, mevcut düzenin sorunsuz işleyebilmesi için insanların internete her an bağlı olma durumunu önemli hale getirmektedir. Dolayısıyla uzaktan erişim teknolojileri böyle bir dönemde popülerlik kazanmaktadır. COVID-19' un nesnelerin interneti üzerindeki etkisini şu şekilde özetlemek mümkündür (Lueth, 2020).

- Uzaktan varlık erişimi önem kazanmaktadır.
- Belirli IoT uygulamalarında artış yaşanmaktadır.
- Dronlar için yeni kullanım alanları oluşmaktadır.
- Takip ve izleme çözümleri daha yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Akıllı şehir veri platformları önemli hale gelmektedir (Yiğitöl & Sarı, 2020).

4D CAD

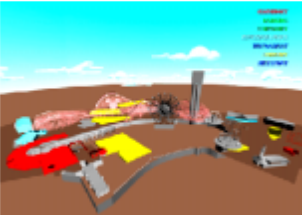
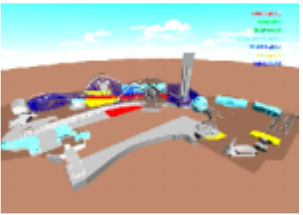
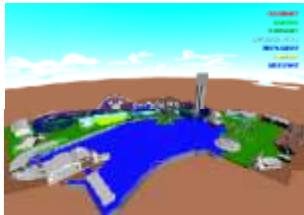
İnşaat sektöründe yapıları sanal ortamda canlandırma ihtiyacına karşılık çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunlar; sanal gerçeklik, (3D) animasyon, dört boyutlu(4D) modelleme sanal gerçekliktir. Son zamanlarda inşaat bilişim teknolojisinde oldukça

önemli değişimlere neden olan BIM yaklaşımıysa bu dönemlerin özelliklerini barındırmaktadır (GÖKYİĞİT, OCAK 2014).

Bir inşaat firmasıyla 4D modelleme altyapısı aktif bir şekilde kullanılabilir hale gelmesi için belli bir süreç ve aşamalar gerekir. Bu aşamalar; tasarım koordinasyonu, 4D modellemenin kabulü, inşaat koordinasyonudur. İnşaat firmalarında donanımsal sistem değerlendirme, kullanılabilirlik çalışmaları ve yönetim planı revizyonu gibi konularda 4D'nin kullanılabilirliği incelenir. Firma 4D'nin faydalarına ikna olduysa 3D modeli oluşturulur ve inşaat departmanı ile 4D'nin koordinasyonunun takibi sağlanır (GÖKYİĞİT, OCAK 2014).

4D CAD modellerin 3D'den ayrıştığı nokta, modele zaman kavramının da etken olarak eklenmesidir. 4D CAD modeller, çeşitli katılımcılarından oluşan bir proje ekibinin, proje kapsamını proaktif ve zamanında keşfetmesini sağlar, iyileştirmesini kolaylaştırır. Proje yönetiminde; inşaatteki iyileştirmeler ile gelen kazanımları keşfetmeyi ve uygulamayı kolaylaştırır. Ayrıca, yerinde üretimden kaynaklanan zaman-mekân çatışmalarının hızlı tanımlanması ve çözülmesi için kolaylık sağlar. 4D CAD modeller, özellikle zor şantiye koşulları ve birçok paydaşı içeren projelerde; proje yönetimi açısından daha faydalı olduğunu kanıtlamıştır.

4D CAD kullanımına örnek olarak, *Walt Disney Imagineering* şirketinin, California'daki *Adventure Land* inşasını planlamak için kullandığı 4D modeller verilebilir. *California Adventures*'ın inşaatında birçok inşaat dışı paydaş, zor şantiye koşulları ve karşılanması gereken bir bitiş tarihi olduğu için 4D proje yönetimi uygulamasından faydalanmıştır. 4D model, inşaat için daha iyi bir dizi özellik ve tasarım çizimleri üretmek için kullanılmış, proje ekibi tarafından daha az plansız değişiklik isteği gelmiştir. Bu sayede daha küçük bir inşaat ekibi gerekmiş ve projenin planlanandan önce rahat bir şekilde tamamlanması sağlanmıştır. (Şekil 3. 5) 'de bu proje için inşa edilen 4D modelden birkaç anlık görüntüyü gösterir (Fischer, 2021).

		
Şubat 2000	Haziran 2000	Kasım 2000

Şekil 3. 5 Walt Disney California Adventures 4D CAD modelinin ekran fotoğrafları (Fischer, 2021).

Proaktif BT Tabanlı Güvenlik Sistemleri

Reaktif BT tabanlı güvenlik sistemleri, güvenlik riski tanımlama ve inşaat güvenliği yönetimi planlamasına yardımcı olmak için 4D simülasyon ve sanal prototipleme sağlayabilir. Daha önceki bilgi ve deneyimlerle doğrudan bağlantılı olan inşaat projeleri, proje yaşam döngüsünün dinamik süreçleri boyunca değişme alışkanlığına sahiptir (Forstnyne, 2014). Bu beklenmedik değişiklikleri, beklenmedik güvenlik risklerini yönetmek için; tehlikeli alanları takip etmek, gerçek verileri toplamak önemlidir. Daha fazla analiz için sahalardan alınan anlık veriler ve aktif inşaat çalışma alanına acil uyarı veya geri bildirimde bulunulması, bunların gerçek tehlikeler ortaya çıkmadan önce yapılabilmesi; proaktif BT tabanlı güvenlik sistemleri sayesinde mümkündür (Teizer, 2010). Bu sistemlere örnek olarak verilebilecek sahada güvenlik için uygulanan alarm uygulaması (Şekil 3. 6)' de gösterilmiştir.



Şekil 3. 6 Sahada uygulanan alarm sisteminin cihazlarının açıklamalı gösterimi (Teizer, 2010).

COVID-19 salgını süresindeki uygulamalara örnek olarak mevcut BT tabanlı sistemlerin yeni '*sosyal mesafe*' kavramına göre tekrar ele alınması gösterilebilir. (Şekil 3. 7)'de gösterilen '*WakeCap*' işçiler arasında 1,5 metre mesafe azaldığında alarm sistemini çalıştıran bir baret örneğidir (Goodman, 2020).



Şekil 3. 7 Sosyal mesafenin ayarlanması için sahada kullanılan baret ‘*WakeCap*’
(Goodman, 2020).

Sanal Gerçeklik Teknolojisi (VR)

Sanal gerçekliğin literatürde çeşitli tanımları bulunmaktadır. Sanal gerçeklik; geleneksel yöntemlere göre etkili deneyim ve tecrübelerin uygulanabildiği, aktif etkileşime imkân tanıyan bir araçtır. Bilgi teknolojilerindeki gelişimle birlikte sanal gerçeklik teknolojisi de kullanışlı araçlar olarak gelişimini sürdürmüştür. Sanal gerçeklik, bilgisayar aracılığıyla tasarlanan dijital temsil ile gerçek dünyanın yansımasıdır. Çeşitli donanımlarla dijital temsili ile etkileşime geçilebilmektedir. (KAYABAŞI, Eylül,2005)

Sanal gerçekliğin, her geçen gün farklı amaçlarla kullanımı artmaktadır. Beş duyuya çok yönlü hitap eder. Kullanılan özel ekipmanlar aracılığıyla ve simülasyonlarla kullanıcıyla etkileşime geçilir. (Orhan Ö., 2011)

VR, saha çalışma ortamındaki tehlikeli senaryoları simüle ederek potansiyel tehlikelerin görülmesi ve önlemlerinin alınabilmesinde kullanılabilir.

Sanal gerçekliğin teknolojik gelişmelerle birlikte 21 Y.Y. ’da gelişimi artmıştır. 21.YY’dan itibaren 3D görüntüleme ve modelleme araçları tasarım sürecinin standart bir parçası haline gelmiştir. Sanal gerçeklik teknolojileri; projeleri tüm aşamalarıyla simülasyon olarak incelerler ve projelerin iyileştirilmesine katkı sağlarlar. Sanal gerçeklik teknolojileri ile projelerin tasarım aşamasında olası riskler ve sorunlar tespit edilebilir. Risksiz koşullarda projelerin gözlemlenmesi ve deneyimlenmesini sağlar. Deneyimler sayesinde riskler öncesinde önlemler alınarak güvenli şartlar meydana getirilir. Bu maliyetce zamandan tasarruf sağlanması anlamına gelir (Bateman I., 2009).

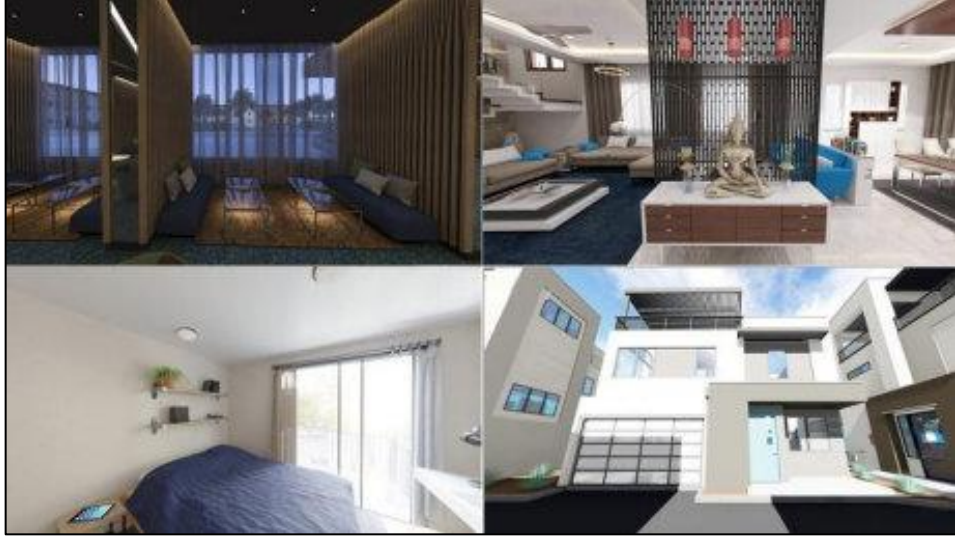
Kullanıcıyı bilgisayar simülasyonlu bir ortama sokan bir teknolojidir. Tamamen farklı bir gerçeklikle tanışmış olma hissini oluşturur. Binaları simüle etmede VR'ın kullanımı geçmişte birçok kez tanıtıldığı gibi aynı zamanda teknolojideki ilerleme gözle görülür seviyelere ulaşmıştır (Wong, Yip, & Yong, 2020). VR'ın günümüzde çeşitli alanlarda uygulanması, teknolojinin daha ileri teknolojik cihazlarla desteklenmesi, günümüzde oluşan görsellerin daha kaliteli olmasını sağlamıştır. Bu cihazlardan inşaat sektöründeki ortam için uyarlanan ve kullanılan örnekler mevcuttur (Şekil 3. 8).



Şekil 3. 8 VR kullanımı ile oluşturulmuş bina sistemi örneği (Wong, Yip, & Yong, 2020).

Sanal gerçeklik araçları peyzaj, çevre düzenlemesi ve mimari gibi alanlarda da kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik araçları ile mimari çalışmalarda, tasarım aşamasında olan gerçeklikler için simülasyonlar düzenlenir (M.E. Portman *, eylül,2015).

Sanal ortamda çeşitli olasılıklar tasarlanarak müşteri, işveren ya da yüklenici odaklı çözümler; mimarlar tarafından geliştirilmektedir. IrisVR, InsiteVR, Roomle, CubicVr, Around Media, Stambol Studios gibi firmalarca sanal gerçeklik uygulamaları mimari çözümlerde kullanılmaktadır. (Şekil 3. 9)'da SentioVR sanal gerçeklik yazılımı kullanılarak tasarlanan konut modeli görülmektedir. Müşteriler için geliştirilen simülasyonda; odalar arası geçişler, odaların ışık alma kapasitelerini inceleme gibi işlemler yapılabilmektedir.



Şekil 3. 9 SentioVR kullanılarak tasarlanan, sanal gerçeklik uygulama örneği
(Archdaily,2018)

Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik; gerçek dünyanın, sanal dünyadan gelen bilgi ile zenginleştirilmesidir (Wang & Dunston, 2007). Artırılmış gerçeklik, sanal gerçekliğin bir varyasyonudur. Sanal gerçeklikten farklı olarak; artırılmış gerçeklik görme, duyma ve dokunma duyularını zenginleştirmeyi amaçlar. İnşaat sektörü, bu gelişmiş teknolojiyi henüz yeterince kullanamayan sektörlerden biridir. İnşaat sektöründe artırılmış gerçeklik teknolojisinden faydalanılarak şantiyelerdeki personelin kullanabileceği akıllı cihazlarla başarılı uygulamalar ortaya çıkarmak, inşaat projelerinde yeni bir dönemin başlangıcı olacaktır (Agarwal, 2016).

Bir artırılmış gerçeklik modeli olan ARTS (Augmented Reality-based Real World Training System) ile gerçek saha eğitimi yerine operatörün, gerçek bir inşaat ekipmanı ile sanal malzeme ve sanal hedeflerle donatılmış gerçek bir şantiye ortamında eğitilmesi hedeflenmiştir. ARTS ile eğitim alan operatör; sanal nesneler ile görsel, işitsel ve dokunsal zenginleştirmelerle, gerçeğe yakın bir varlık hissiyatı ve etkileşimi hissedebilecektir (Kıvrak & Arslan, 2018). Bir inşaat projesi için artırılmış gerçeklik uygulaması (Şekil 3. 10)' da gösterilmiştir.



Şekil 3. 10 Bir inşaat projesi için artırılmış gerçeklik uygulaması (Kıvrak & Arslan, 2018)

Coğrafi Bilgi Sistemleri

BIM, nesnelerin geometrik verilerini maksimum ayrıntı düzeyde tanımlarken, coğrafi bilgi sistemi (CBS) ise makro perspektiften çevresel bilgilerin bir koleksiyonudur (Irizarry, 2012). CBS, güvenlik risklerini izlemek ve kontrol etmek için bir karar destek sistemine (DSS) entegre edildi. Son zamanlarda, şantiye güvenliği risk yönetimini ve optimizasyonunu iyileştirmek için BIM ve GIS birbirlerine entegre edildi (Irizarry, 2012).

Lazer Tarama Teknolojisi

Lazer tarama, bir mekânın yaşam döngüsünün belirli bir anında, yerleşik bir noktadan alınan verilerle modellerinin geliştirilmesini sağlar. Bu verilerin doğruluk yüzdesi ve elde edilme hızı, lazer tarama sayesinde gerçeğine çok yakın ve zaman olarak elverişli bir çalışma sağlar.

Lazer taramanın kullanılmasıyla mümkün kılınan doğruluk, manuel ölçüm ve geleneksel saha araştırma teknikleri ile kıyaslandığında, benzersizdir. Ayrıca, araç ve yöntemleri sayesinde, saha koşullarının dokümantasyonu ve yorumlanması doğrudan etkilenir. Saha ölçümlerinin dijital modellere dönüştürülmesi sırasında lazer taramanın kullanılması, profesyonel ölçme ekipmanı, mevcut veri miktarının toplanması gibi bazı gerekliliklere kolaylık sağlamaktadır. Lazer tarayıcılar, bir veri toplama hızına yaklaşılabılır. Saniyede milyon puanla, belirli bir hedefin kapsamlı veri setlerine yol açar. Lazer tarama doğru

yapıldığında ve yürütüldüğünde, model doğruluğuna ¼” (6mm) veya daha az varyanta ulaşabilir. Artan doğruluk, kazanılan zaman baz alındığında, lazer tarama; proje iş akışlarına entegre edildiğinde proje ekibi tarafından maliyet tasarrufu sağlayabilir. Bütün bu faktörler; BIM proses endüstrisinin bir parçası olarak lazer taramanın, artan popülaritesine ve kullanımına yol açmıştır (Shanbari, Blinn, & Issa, 2016). Lazer tarama uygulaması için örnek olarak (Şekil 3. 11)’deki bilgisayara aktarılmış bir mekân çalışması gösterilebilir.



Şekil 3. 11 Lazer tarama ile bilgisayara aktarılmış mekân örneği (Shanbari, Blinn, & Issa, 2016)

Lazer ölçüm cihazlarının kullanılması, proje yönetiminde; yüklenicilerin verileri doğrudan BIM araçlarına raporlamasına yardımcı olur. Sütunların doğru yerleştirilip yerleştirilmediğini kontrol etmek için kullanılabilir. Lazer taramanın diğer kullanımları, rehabilitasyon çalışmalarını ve yerleşik ayrıntıların yakalanmasını içerebilir. Lazer tarama hizmetleri dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bina tarandıktan sonra, taranan bileşenleri temsil eden bina modeli, operatörler tarafından etkileşimli olarak oluşturulur (Sacks, Liston, Eastman, & Teicholz, 2008).

Robotik Üretim

Genelde endüstriyel üretimde kullanılan robotik fonksiyonlu ortamlar, inşaat alanlarıyla karşılaştırıldığında sabit ve sürekli. Robotik fabrikasyon geleneksel olarak aşağıdakilerle ilişkilendirilmiştir;

- Sabit konumlandırmanın olduğu yüksek teknoloji endüstriyel ortamlar,
- Sabit koşullar.

Fabrikasyon sürecinde üstlendiği rol, robotun yapabileceği fonksiyonları belirler. Bu şekilde sabit bir endüstriyel ortamdan farklı olarak bir şantiye, mekânsal olarak karmaşıktır. Robotik bir sistemin içinde bulunabileceği heterojen ortam sürekli değişmektedir ve öngörülemeyen olaylara maruz kalmaktadır (Helm, Ercan, Gramazio, & Kohler, 2012). Bu sebeple, inşaat sahaları için ayrı olarak üretilecek robotlarda zorlu koşullara uyum sağlayabilecek birtakım özelliklerin bulunması gerekmektedir.

Örneğin, Helm ve diğerleri inşaat ortamında kullanabilecek bir robot geliştirmişlerdir (Şekil 3. 12) (2012).

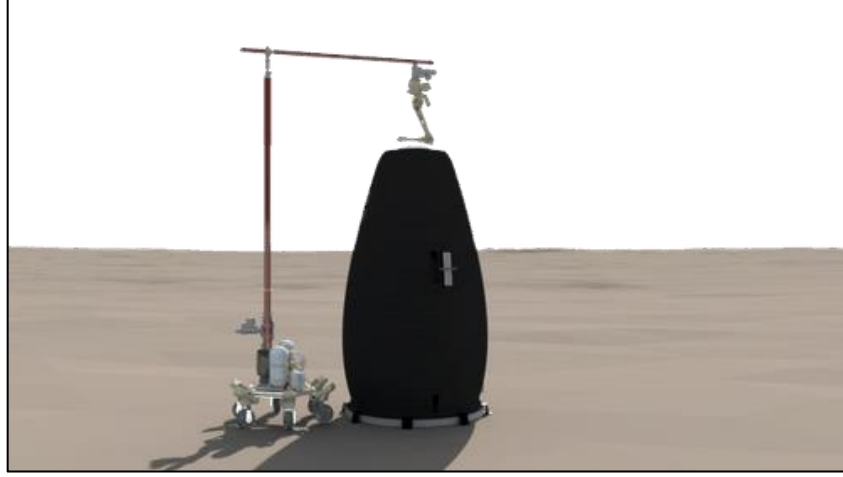


Şekil 3. 12 Helm ve diğerleri tarafından tasarlanan robot (Helm, Ercan, Gramazio, & Kohler, 2012)

3D Baskı Teknolojileri

Günlük dilde ‘3D Baskı’ terimi olarak kullanılan katmanlı üretim, katmanın üstüne katman ekleyerek 3D nesneler üretmek için yapılan bir işlem olarak tanımlanabilir. 3D baskı teknolojileri; beton üretimi, uzayda koloni yapılarda, ucuz ve pratik konut yapılarında, cephelerde, duvarlarda, döşemelerde, düzensiz yüzey şekillerinde ve kalıp üretimlerinde, yapısal eleman imalatı gibi alanlarda kullanılır (Straub, 2013).

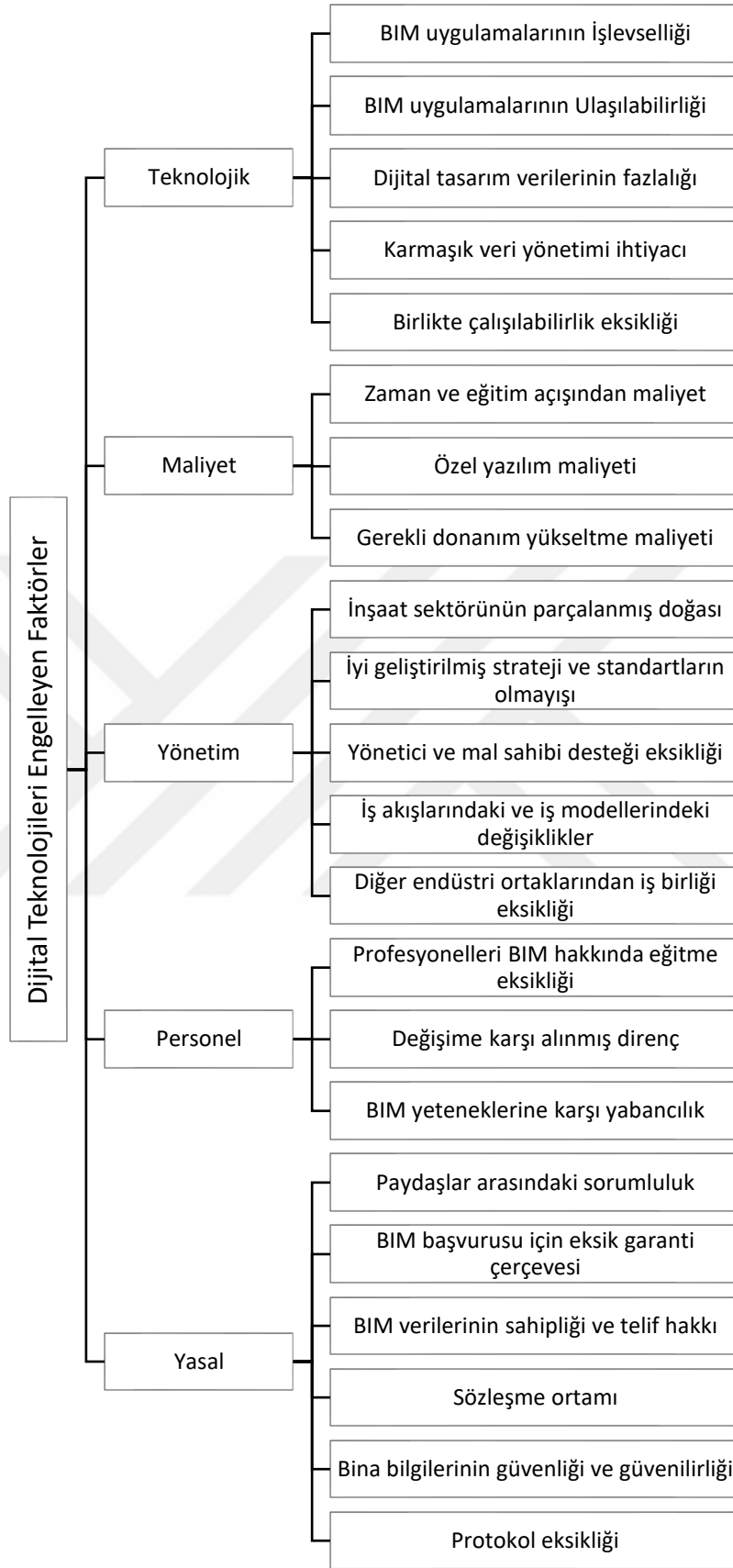
Lokal malzemenin kullanılması ve işgücünü azaltıcı etkenlerde öne çıkan 3D teknolojisi kullanımı, inşaat sektörü için önemli bir yere sahip olacaktır. Bu örneklerden biri olan *AI Spacefactory* projesi (Şekil 3. 13)’de gösterildiği gibi insansız ve çevredeki malzemeleri kullanabilen bir üretimi mümkün kılmaktadır (MARSHA, 2021).



Şekil 3. 13 MARSHA projesinde kullanılan 3D yazıcı AI Space Factory (MARSHA, 2021)

3.2 Dijital Teknolojilerin Önündeki Engeller

Önceki bölümde bahsedilen teknolojilerin sektörde uygulanabilirliği birçok faktörle alakalıdır. Bu teknolojilerin sağlanması ve etkili bir biçimde kullanılabilmesi için iş gücü ve kaynakların yeterli olması gerekir. Bu bağlamda birden çok faktör BIM teknolojilerinin verimli bir şekilde kullanılmasını etkiler. Bu faktörler (Şekil 3. 14) ‘de gösterildiği gibi teknolojik, mali, yönetsel, personel, yasal gibi farklı alanlarda ortaya çıkan problemler ve eksiklikler şeklinde sınıflandırılmıştır.



Şekil 3. 14 Dijital teknolojileri engelleyen faktörler (Sun, Jiang, Skibniewski, Man, & Affiliation, 2015).

Yukarıdaki (Şekil 3. 14)'da bahsedilen faktörler şu şekilde açıklanabilir;

Teknoloji temelli faktörlere; BIM yazılımlarının ulaşılabilirliği ve işlevselliği gösterilebilir. Bir diğer faktör ise projede oluşan dijital verilerin fazlalığı ve buna bağlı olarak karmaşık verilerin yönetimi ihtiyacıdır. Son olarak teknolojik sistemlerin oluşturabileceği ortamdan kaynaklanan faktörlerden biri olarak birlikte çalışma eksikliği söylenebilir.

Maliyet temelli faktörlere; BIM yazılımlarının gerektirdiği eğitim maliyeti ve zaman açısından oluşabilecek maliyetler örnek verilebilir. Ayrıca BIM yazılımları için gereken yazılım maliyeti ve bu yazılımlara uyum sağlayabilecek gerekli donanım yükseltme maliyeti söylenebilir.

Yönetim temelli faktörlere; inşaat sektörünün parçalı doğası ve proje paydaşlarının karmaşık yapısı örnek gösterilebilir. BIM ile alakalı iyi geliştirilmiş strateji ve standartların olmayışı, yönetici ve mal sahibi desteği eksikliği gibi örnekler verilebilir. Ayrıca iş akışlarındaki ve iş modellerindeki değişiklikler, buna uyum sağlanmaması; diğer endüstri ortaklarından BIM sisteminin yürütülmesi için gereken iş birliği eksikliği gösterilebilir.

Personel temelli faktörlere; proje profesyonellerini BIM hakkında eğitime eksikliği sayılabilir. Çalışanlarda iş akışı değişimine karşı alınmış direnç ve BIM yeteneklerine karşı yabancılık çekme etkileri görülebilir.

Son olarak yasal faktörlere; paydaşlar arasındaki BIM projesinde artan sorumluluk, BIM uygulamaları için eksik garanti çerçevesi, BIM verilerinin sahipliği ve telif hakları, sözleşme ortamı engelleri, proje bilgilerinin güvenliği ve güvenilirliği ile paydaşlar arasındaki protokol eksikliği gösterilebilir.

3.3 Dijital Teknolojiler İçin Sağlayıcı Kaynaklar

Bu bölümde, inşaat sektöründe kullanılan ve COVID-19 salgınında faydalı olabilecek sözü geçen teknolojilerin sağlanması için ulaşılacak başlıca geliştirici kaynaklar araştırılmıştır. Bu teknolojilerin bazıları yazılım esaslı kaynaklar olup bazı teknolojiler ise yazılımla beraber donanım ve cihazlarla sağlanır.

BIM Sistemleri İçin Sağlayıcı Kaynaklar

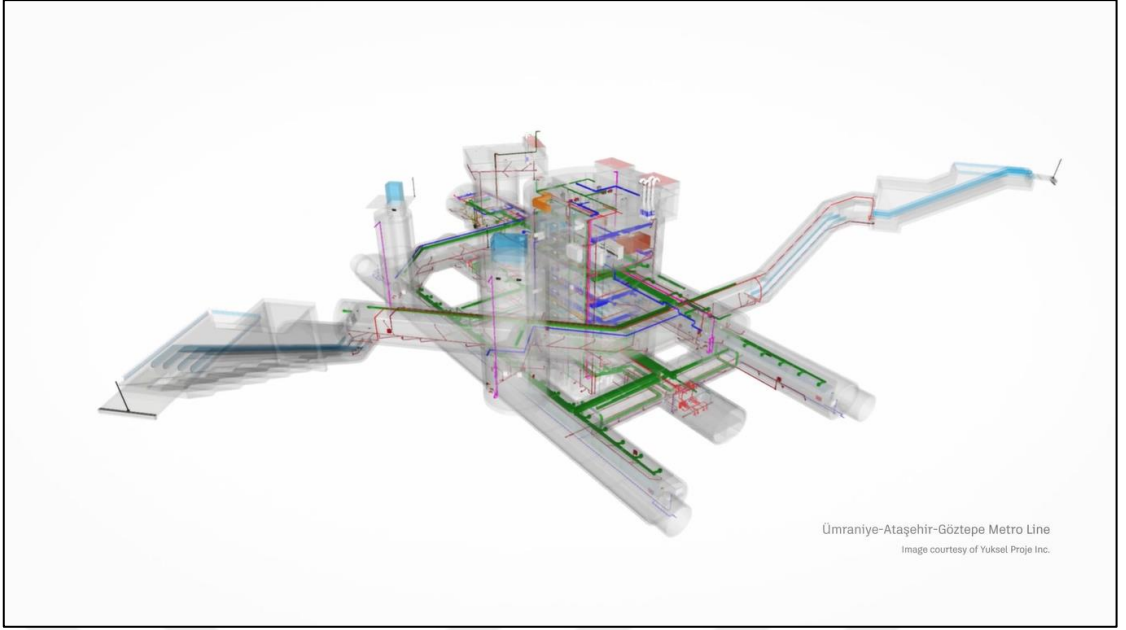
BIM sistemleri için genel olarak; mimarlık ve yapı mühendisliği, alt yapı mühendisliği ve inşaat sektörü gibi kullanım alanları doğrultusunda tasarlanan farklı yazılımlar mevcuttur. Bu yazılımlardan sektörde en yaygın kullanılanları araştırılmıştır.

BIM sağlayıcılarına örnek olarak başta Autodesk Architecture, Engineering & Construction Collection (AEC) verilebilir. Autodesk'in oluşturduğu bu BIM koleksiyonu; bina tasarımı, sivil altyapı ve inşaat için entegre BIM ve CAD araçları; Revit, AutoCAD, Civil 3D, Navisworks, Fabrication CADmep ve daha fazlasını içerir.

AEC Collection'un kategorize ettiği bu yazılım sistemi;

- Bina tasarımı; mimarlık, yapı mühendisliği, mekanik, elektrik ve tesisat (MEP) mühendisliği
- Sivil alt yapı tasarımı; taşımacılık, tesis tasarımı ve su sistemleri
- İnşaat; genel yükleniciler, MEP yüklenicileri ve yapı imalatçıları (Autodesk, 2021) şeklindedir.

Autodesk AEC ile uygulanan proje örneği olarak Türkiye'de uygulanan Ümraniye – Ataşehir- Göztepe metro hattında 2023' te tamamlanacak olan proje verilebilir. Projede, farklı disiplinlerde tasarlanmış yirmi farklı modelin Revit, Civil 3D ve InfraWorks dahil olmak üzere Autodesk yazılımı ile, tek bir koordinasyon modelinde birleştirilmesi, iş birliğini artırmış, buna bağlı olarak süre ve maliyeti azaltmıştır. Sonunda birinci etabı ile toplamda 60 km'yi kapsayacak projenin tasarım ekibi; sıhhi tesisat, elektrik tesisatı ve HVAC dahil olmak üzere çeşitli disiplinleri entegre etmek ve koordine etmek için BIM'in yazılımını, modern inşaat teknolojisi ile sorunsuz bir şekilde tamamlamak için kullanmıştır (Autodesk, Inside Look at 12 Projects Winning With BIM, 2021). Bu projeye ait örnek BIM modeli (**Şekil 3. 15**)' da gösterildiği gibidir.



Şekil 3. 15 BIM sağlayıcısına örnek olarak Autodesk AEC ile tamamlanmış Ümraniye-Ataşehir- Göztepe metro hattı BIM modeli (Autodesk, Inside Look at 12 Projects Winning With BIM, 2021)

BIM ile entegre kullanılan teknolojiler, yazılım programlarının yanı sıra donanım cihazlarından da oluşan geniş bir teknolojik alanı oluşturur. Bu teknolojilerin mevcut durumda ulaşılabilecek yaygın sağlayıcıları araştırılmış, sektörde bilinen örneklerine yer verilmiştir.

Bulut Bilişim Teknolojisi İçin Sağlayıcı Kaynaklar

Bulut bilişim teknolojisi, internet tabanlı bulut depolamalar ve yazılımların bir araya gelmesinden oluşan bir teknolojik sistemdir.

Bulut bilişim sistemi sağlayıcılarına örnek olarak IBM verilebilir. IBM, bir bulut ve yapay zekâ çözümleri şirkettir. İnşaat ve BIM projelerinde kullanılan bir örnektir (IBM Cloud, 2021).

Bulut bilişim sistemine sağlayıcı kaynak olarak birçok farklı örnek verilebilir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bu sistemler sektörde birçok farklı kaynak tarafından desteklenebilir.

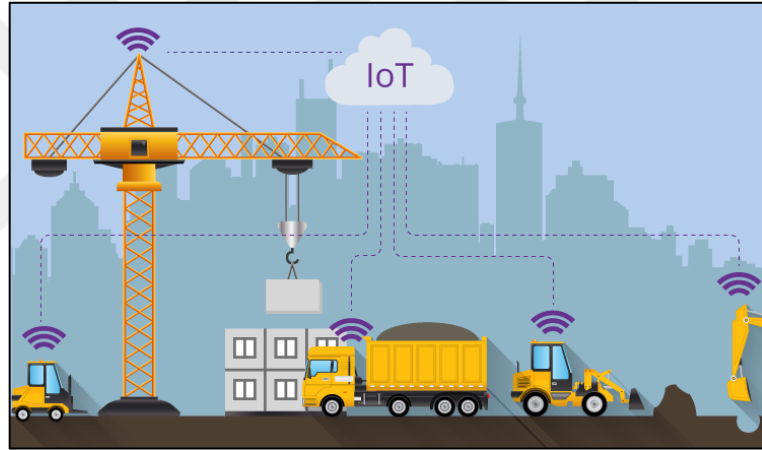
Veri Tabanı Teknolojisi İçin Sağlayıcı Kaynaklar

Veri tabanı teknolojisi de bilişim teknolojisi gibi internet tabanlı olup, kullanıcının elindeki donanımlarla kullanabileceği bir teknolojidir. Bulut depolamalar ve bununla birlikte yapay zekâ ve yazılımların bir araya gelmesinden oluşan bir teknolojik sistemdir.

Veri tabanı teknolojisine de bulut bilişim sistemi gibi sağlayıcı örneği olarak IBM verilebilir. IBM, bir bulut ve yapay zekâ çözümleri şirkettir. İnşaat ve BIM projelerinde kullanılan bir örnektir (IBM Cloud, 2021).

Nesnelerin İnterneti İçin Sağlayıcı Kaynaklar

(IoT)Nesnelerin interneti; yazılım, yapay zekâ ve aynı zamanda donanım gerekliliği ile çalışan bir sistemdir. İnşaat alanındaki nesnelere özel donanımlarla eklenen ve bulut bilişim ile desteklenen bu sistem (Şekil 3. 16)' da gösterildiği gibi çalışır. (IoT) nesnelerin interneti sistemlerinin inşaat sektörünün yanı sıra endüstri, lojistik ve diğer alanlarda da kullanımı yaygındır. İnşaat sektöründe kullanılan IoT sistemlerin sağlayıcısına örnek olarak, ScienceSoft şirketi örnek gösterilebilir (ScienceSoft, 2021). Bu sistemde kullanılan teknolojiler; bulut sistemleri, sensör sistemleri, internet ve tablet esaslı yazılımlardır.

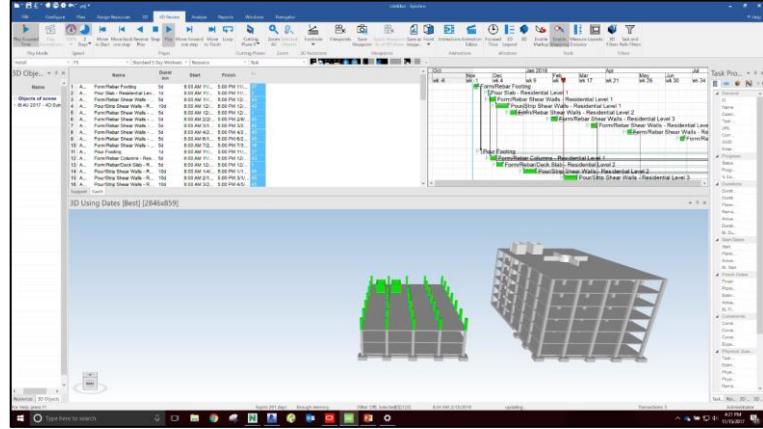


Şekil 3. 16 IoT bulutu ve nesnelerin interneti şantiye alanında çalışma şeması (IoT in construction, 2021).

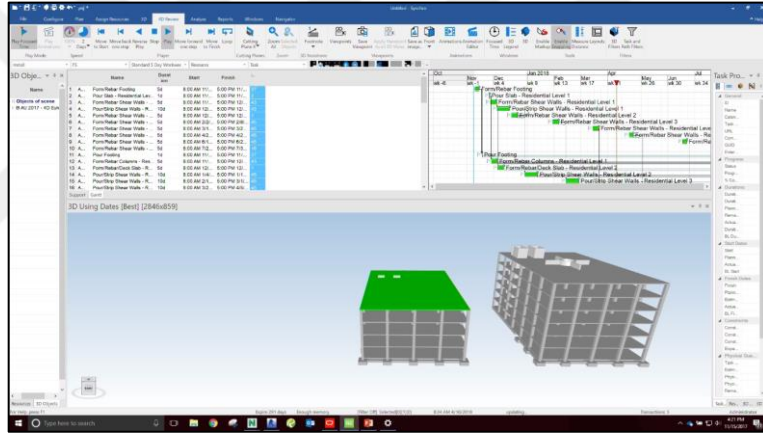
4D CAD İçin Sağlayıcı Kaynaklar

4D CAD, BIM yazılımları ile entegre kullanılan bir yazılım sistemidir. Bu sistemde BIM modeline eklenen gerçek zamanlı model kavramı, özel bir entegre yazılımla sağlanır. Bu yazılımların sağlayıcıları mevcutta BIM yazılımlarının sağlayıcılarıyla aynıdır. Örnek olarak yine Autodesk, Revit programı gösterilebilir (Revit, 2021). Bu sistemin çalışma prensibine ve kullanımına örnek olarak (Şekil 3. 17) ve (Şekil 3. 18)' de görüldüğü üzere Revit programında oluşturulan modelde aynı zamanda oluşturulan iş akışı ve zamana bağlı komutlarla ilerletilen model simülasyonu oluşturulmuştur. Bu simülasyon

belirlenen gün ve iş kalemi sıralamalarına bağlı kalarak modelin gerçek zamanlı şantiye görünümünü gösterir.



Şekil 3. 17 4D CAD teknolojisi sağlayıcısına örnek olarak Revit programında tasarlanan modelin gerçek zamanlı aşamaları (Revit, 2021).



Şekil 3. 18 4D CAD teknolojisi sağlayıcısına örnek olarak Revit programında tasarlanan modelin gerçek zamanlı aşamaları (Revit, 2021).

Proaktif BT Tabanlı Güvenlik Sistemleri İçin Sağlayıcı Kaynaklar

Bu sistemler özellikle şantiye sahasına uygun özel üretilmiş donanımlar ve alarm sistemleri gibi farklı cihazlardan oluşur. Bu güvenlik sistemleri yine aynı zamanda bulut yazılımlarıyla ilişkilendirilerek birbiri ile bağlantılı bir sistem oluşturur. Bu güvenlik sistemlerinin sağlayıcıları şantiye sahalarına özel güvenlik şirketleridir.

Sanal Gerçeklik Teknolojisi (VR) İçin Sağlayıcı Kaynaklar

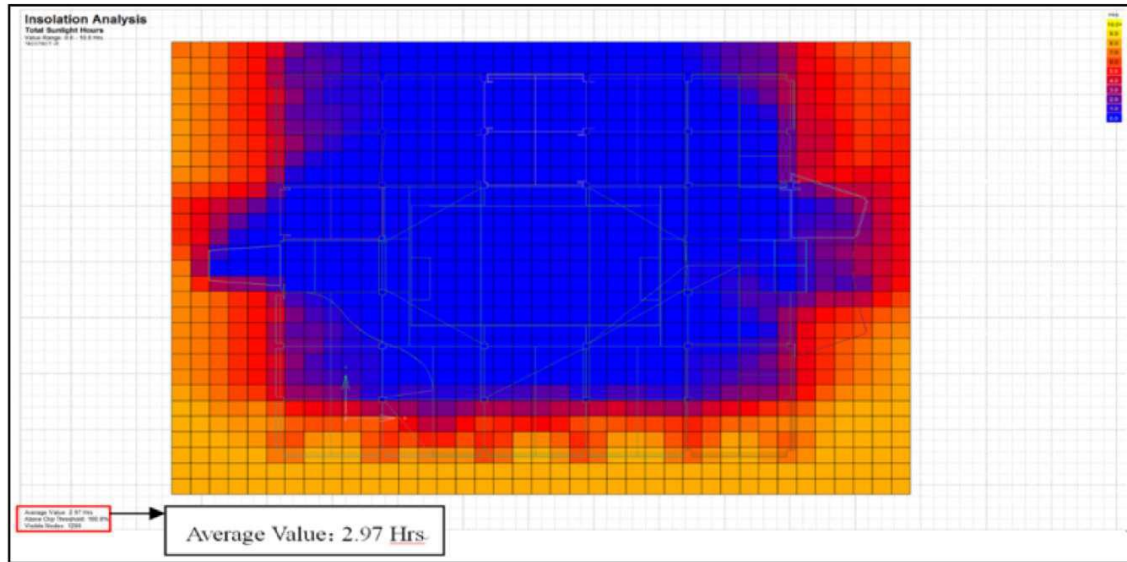
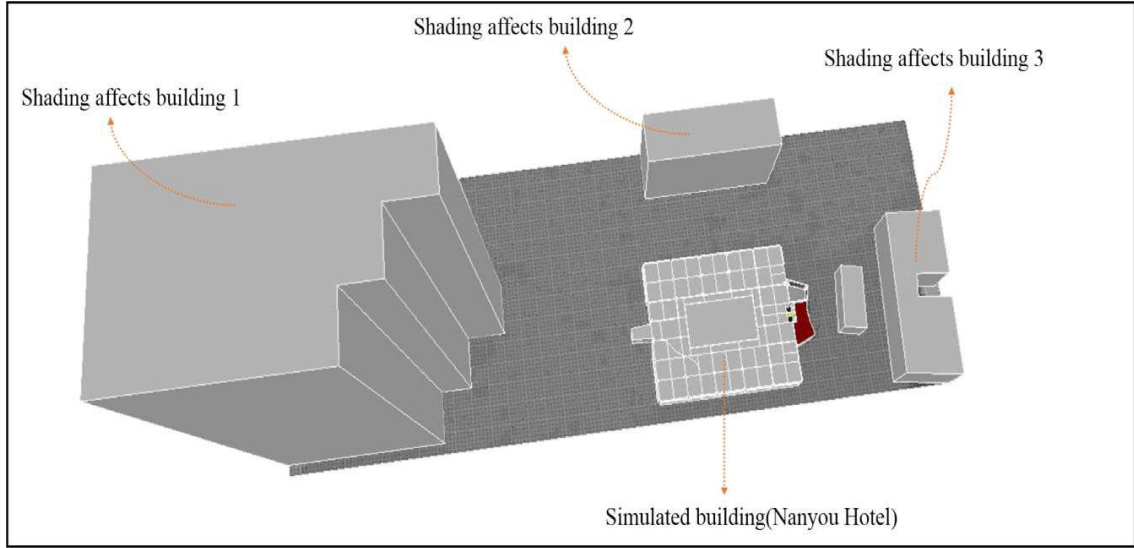
Sanal gerçeklik teknolojisi çeşitli özel donanımlar üzerinden sağlanan bir teknolojidir. Konumuzla alakalı olarak şantiye ve BIM projelerinde kullanılan VR sağlayıcısına örnek verilecek olursa Jasoren şirketi verilebilir. VR şirketi, Agile yazılım geliştirme metodolojisini kullanır (Jasoren, 2021).Yazılımla beraber VR'ın şantiye koşullarında kullanımı için gerekli donanımları da tasarlayan şirkete ait örnek VR uygulaması (Şekil 3. 19)' da verilmiştir.



Şekil 3. 19 VR sağlayıcısına ait şantiyede eğitim amacıyla kullanılan örnek VR uygulaması (Jasoren, 2021).

Coğrafi Bilgi Sistemleri İçin Sağlayıcı Kaynaklar

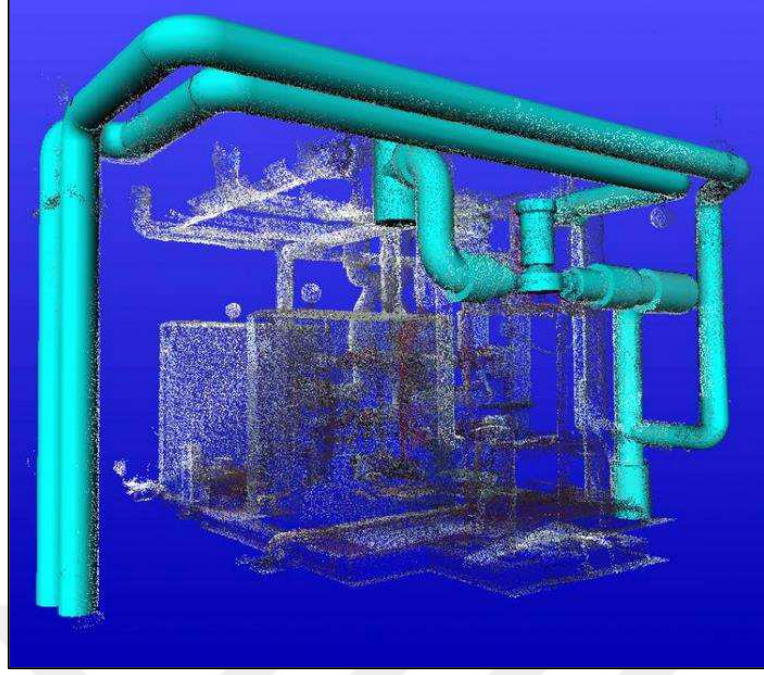
Coğrafi bilgi sistemi haritalama ve arazi ile alakalı geniş kapsamlı yazılımlardan oluşup, bu yazılımların çeşitli sağlayıcıları vardır. Uzun yıllardır kullanılan bu yazılımlar, SQL, JavaScript ve Microsoft gibi yazılım üreticilerine entegre çalışan yazılımlardır. Bu yazılımlara ArcMap programı örnek olarak verilebilir (ArcMap, 2021). Ayrıca, web tabanlı haritalama yazılımları da mevcuttur. BIM sistemlere entegre edilebilecek bir CBS yazılımına örnek verilecek olursa, Autodesk'in Ecotect programı örnek olarak gösterilebilir (Ding, Niu, Liu, Wu, & Zuo, 2020). Bu programla oluşturulan örnek model (Şekil 3. 20)'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 20 Revit’te oluşturulmuş mimari modelin Ecotect kullanılarak çevresel analizlerini çıkaran örnek model (Ding, Niu, Liu, Wu, & Zuo, 2020).

Lazer Tarama Teknolojisi İçin Sağlayıcı Kaynaklar

Lazer tarama, yazılımla beraber cihaz ve donanımların da beraber oluşturduğu bir teknolojidir. Lazer tarama cihazları birçok teknoloji üreticisi tarafından üretilen yaygın kullanımı olan donanımlardır. Bunun yanı sıra lazer tarayıcıyla beraber çalışan yazılımlar da aynı çeşitlilikte mevcuttur. Özellikle BIM sistemlerle entegre ve şantiye alanında kullanılan lazer tarayıcı sağlayıcısına örnek olarak, Trimble şirketinin ürettiği Tekla programı verilebilir (Gleason, 2013). (Şekil 3. 21)’ de bu program ile oluşturulan örnek bir model gösterilmiştir.



Şekil 3. 21 Trimble sağlayıcısının oluşturduğu lazer tarama modeli örneği (Gleason, 2013).

Robotik Üretim İçin Sağlayıcı Kaynaklar

Şantiyede robotların kullanılması ve BIM sistemlere entegre robotik teknolojilerin birçok örneği mevcuttur. Şantiyede birçok farklı fonksiyonda iş için farklı robotlar geliştirilmiştir. Bazısı insansız çalışan bu robotların bazıları da birden fazla fonksiyon içerebilir. Bu örneklerden birkaçının sağlayıcıları örnek verilecektir.

Built Robotics şirketi, insansız çalışan ekskavatör, dozer ve CTL makineleri geliştirmiştir. İnsansız çalışan bu robotların şantiye sahasında güvenli çalışabilmeleri için farklı teknolojilerden yararlanılarak çok katmanlı bir güvenlik sistemi geliştirilmiştir. Araçların güvenli olup olmadığı 10.000 saatten fazla çalıştırılarak test edilmiştir. Bu teknolojiler; çevredeki insanları ve araçları algılayacak sensörler, robotun belirli bir coğrafi sınırdaki bilgisayar yazılımı desteğiyle çalışması ve acil bir durumda denetleyici tarafından uzaktan durdurmayı sağlayan internet bağlantısıdır (Built Robotics, 2021).

Başka bir örnek olarak, tuğla duvar örme bir robot olan SAM100 gösterilebilir. Bu robot, Construction Robotics tarafından 2016'da geliştirilmiştir. Tuğla örme robotu SAM (Semi Automatic Mason yani Yarı Otomatik Duvarcı olarak çevrilebilir) bir operatörle birlikte çalışan bir robottur. (Şekil 3. 22)'de gösterilen robotun, duvar işçisinden daha hızlı ve ekonomik olması avantaj olarak bahsedilebilir. Robotun çalışabilmesi için, operatörün tuğlaları robotun bant kısmına yerleştirilmesi gerekir (Construction Robotics, 2021).



Şekil 3. 22 SAM robotuna ait fotoğraf (Construction Robotics, 2021)

Başka bir örnek ise *The National Centre of Competence in Research (NCCR)*' in ürettiği ahşap montaj robotudur. İsviçre kaynaklı olan bu araştırma merkezi, inşaat alanında teknolojik gelişmeler için çalışmalar yürütmektedir. (Şekil 3. 23)' de gösterilen robotun makine parçaları için sağlayıcı olarak GÜDEL isimli İsviçre firmasını kullanan bu merkezde araştırmacılar, eklemeli dijital ahşap yapının tasarım alanını genişletmek için yeni robotik ahşap birleştirme teknikleri geliştirmişlerdir. Montaj prosedürlerini ve hesaplamalı tasarımı birleştirerek, malzemelerin verimli kullanımını sağlayan yazılımlar geliştirmişlerdir. Ek olarak, son derece yüksek gerilimlere maruz kalan bağlantıların güçlendirilmesi için kullanılan özelleştirilmiş metal bağlantıların 3D baskısını geliştirmek için çalışmalar yapmışlardır. Ayrıca, yerinde montaj için tasarım aşamasında yapı elemanlarının montaj sıralamasını optimize etmek için imalata duyarlı yöntemleri araştırmışlardır (dfab, 2021).



Şekil 3. 23 Ahşap montaj robotu (dfab, 2021).

3D Baskı Teknolojileri İçin Sağlayıcı Kaynaklar

İnşaatta robotik üretimin bir parçası olan 3D teknolojisi, eklemeli üretim tekniği ile yapılar üretmek için kullanılır. 3 boyutlu yazıcılar farklı çeşitte malzemelerle yapı elemanları oluşturabilir. Beton, plastik, metal, polimer vb. eriyik veya sıvı halde kullanılan maddelerin katmanlar halinde üst üste getirilip dondurulmasıyla yapılar üretilir.

Kullanılan yapı ölçekli üç boyutlu yazıcılara örnek olarak, 2018’de poliüretan malzemeden duvar üreten YHNOVA gösterilebilir. Fransa Nandes Üniversitesinde yapılan konut üretimi çalışmasında araştırmacılar tarafından kullanılmış ve Fransız bir firma olan Batiprint tarafından geliştirilmiştir (Batiprint 3D, 2021). Kullanılan 3 Boyutlu yazıcı (Şekil 3. 24)’de gösterilmiştir. Ayrıca bu şirket polimer malzemeden farklı olarak beton malzeme kullanarak da yapılar üretmiştir.



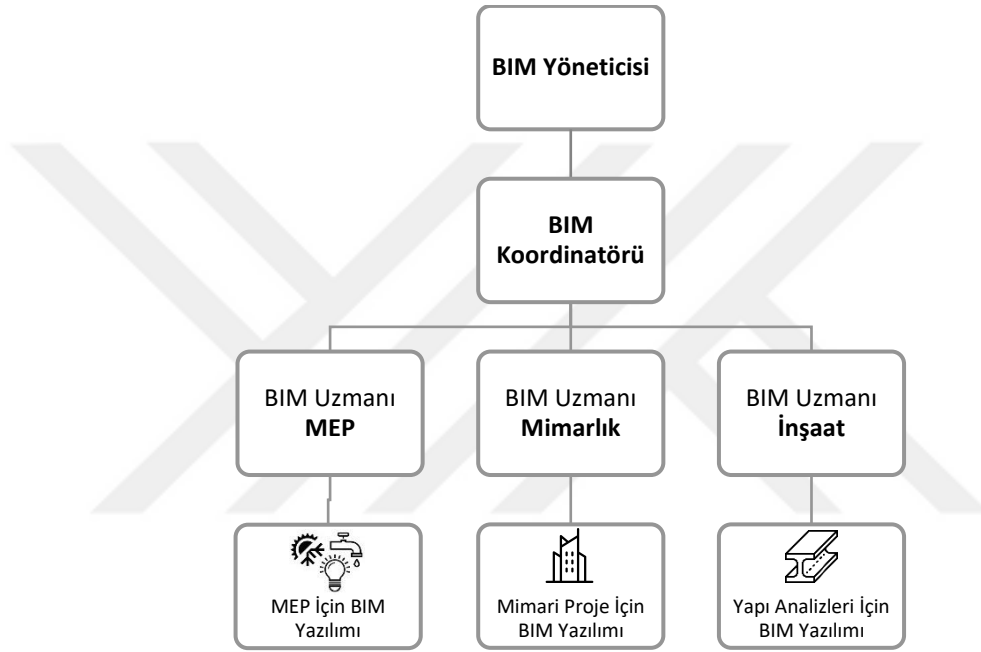
Şekil 3. 24 Poliüretan malzemeden duvar üreten 3D yazıcı örneği (Batiprint 3D, 2021).

3.4 Yeni Aktörler ve Uzmanlıklar

Bu bölümde, yapı bilgi modellemesi ile beraber ortaya çıkan yeni aktörler ve uzmanlıklardan bahsedilecektir. Bu konuda yapım projelerine eklenen yeni görevler ve iş tanımları açıklanacaktır.

BIM Yöneticisi / Koordinatörü / Uzmanı

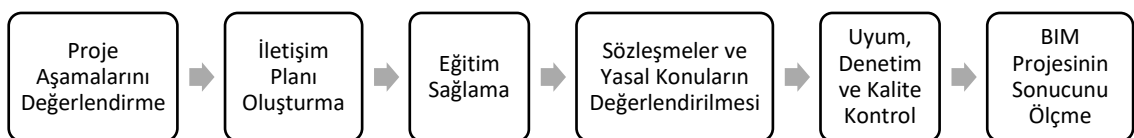
Yapı bilgi modellemesinin yapı projelerinde verimli bir şekilde kullanılabilmesi için gerekli faktörler arasında en önemlisi olan bu konuda uzmanlaşmış kişilerin projeye dahil olmasıdır. Bu uzman kişiler BIM modeli ve yönetimi ile alakalı bütün koordinasyonu tasarlayıp buna uygun şekilde projenin sürecinde rol oynamaları gerekir. Bu uzmanlıkların çalışma hiyerarşisi (Şekil 3. 25)' de gösterildiği gibi başta BIM yöneticisi olmak üzere, BIM koordinatörü ve farklı BIM yazılımı kategorilerinde uzman kişilerden oluşur.



Şekil 3. 25 BIM aktörleri ve uzmanlıkları şeması (Biblus, 2021)

BIM yönetimi ekibi, bir organizasyonun stratejik hedefleri doğrultusunda istenen sonuçları ve performansı elde etmek için BIM yazılımının tercüme edilmesini ve eyleme geçirilebilir taktikleri belirlemelidir.

BIM yönetimi ekibinin yürüttüğü herhangi bir yapım yönetimi organizasyonunda, kalıcı ve sürdürülebilir değişimleri yönetmek için bazı stratejiler oluşturmak gerekir. Her bir inşaatın kültürüne ve özelliklerine göre uyarlanmış, yönetim ekibinin dikkat etmesi gereken stratejik adımlar şöyle sıralanabilir (Şekil 3. 26).



Şekil 3. 26 BIM uygulamaları ile ilgili süreci yönetme adımları (Autodesk, Autodesk, 2021).

Yukarıda verilen şekildeki (**Şekil 3. 26**) adımlar şöyle açıklanabilir;

İlk adımda, BIM yöneticilerinin, projenin aşamalarında gerekli eylemleri tespit etmesi ve gereken değişiklikleri değerlendirmeleri gerekir.

İkinci olarak, yöneticilerin yüksek profilli bir iletişim planı yapmaları gerekir. Bu plan tüm paydaşların bir düzenle birbirine bağlanabilmesini sağlar. Bu sayede BIM projesinin gerçek zamanlı bir gerçeklik düzeyine gelebilmesi sağlanabilir.

Üçüncü adımda ise yöneticilerin, BIM teknolojisinin benimsenmesi için gerekli yeni becerilerin ve yeni çalışma yöntemlerinin projedeki çalışanlara aktarılması, gerekli eğitimlerin sağlanması için yatırım yapması gerekir.

Dördüncü adımda, BIM araçları bunlarla ilişkili süreçlerde proje sahipleri ve paydaşları arasında gereken sözleşmeler yapılmalıdır. BIM projesinde önceden öngörülen hususlarda yapılan iş birlikleri, geleneksel süreçlere kıyasla önemli ölçüde daha verimli sonuçlar verir.

Beşinci adım olarak yöneticilerin, BIM projesinin, gelişmiş standartlar doğrultusunda üretilmiş ve yönetim süreci olarak en iyi sistemin uygulanmış olup olmadığını denetlemesi gerekir. Bu proje incelemeleri sonucunda, BIM yöneticilerinin öncü önlemler almaları ve bu önlemlerin etkinliğini bir pilot uygulamada değerlendirmesi gerekir. Bu sayede olabilecek hataları yakalayabilir.

Son adımda ise BIM yöneticisi, projede belirlenen hedeflere ve aşamalara ilerleyişini ölçen temel göstergeleri belirlemelidir. BIM projesine yönelik kullanışlı bir araştırma sayesinde, proje dahilinde BIM uygulama kapasitesini ölçen bir sonuç çıkarabilir.

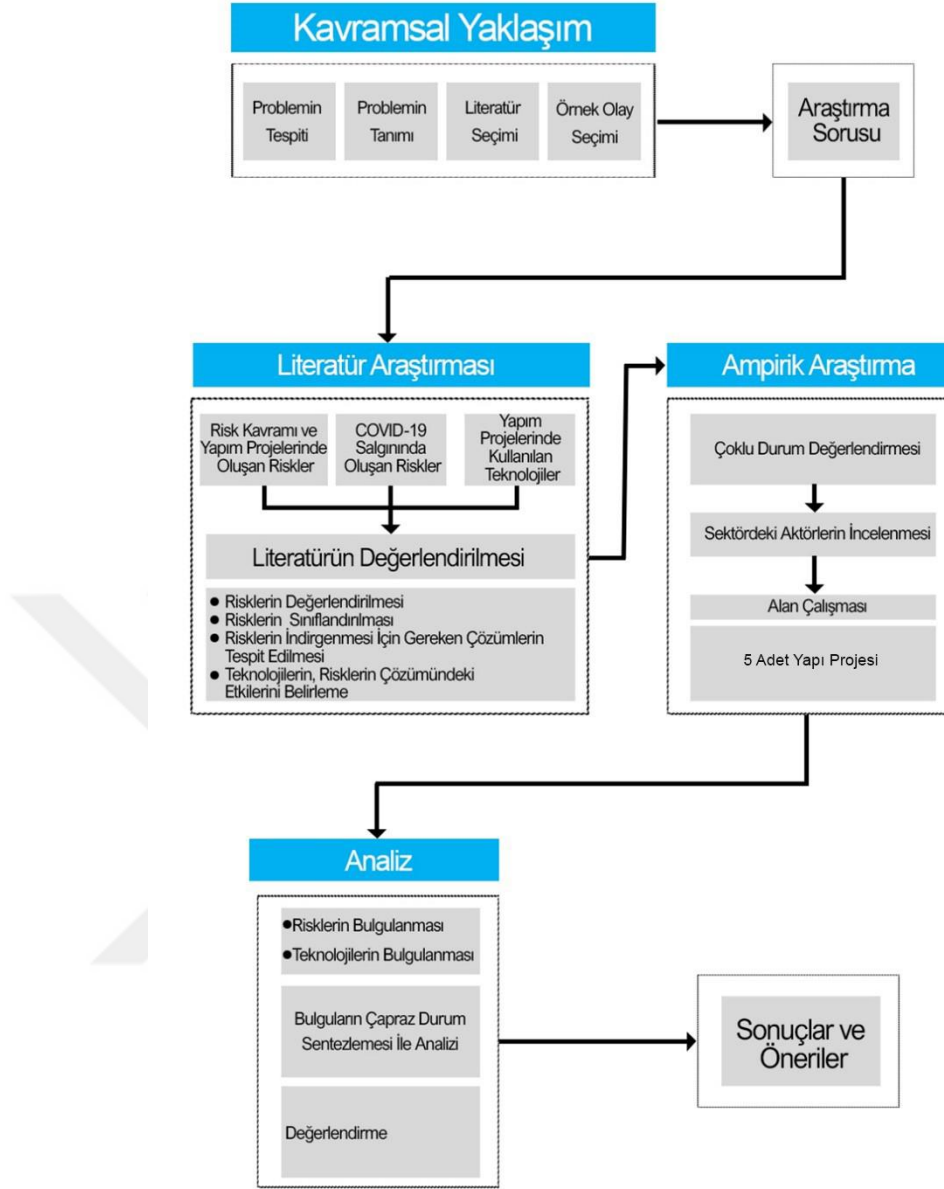
COVID-19 SALGINININ BERABERİNDE GETİRDİĞİ YENİ RİSKLERİN ÖNLENMESİ ÜZERİNE ÖRNEK ÇALIŞMA

4.1 Metodoloji

İkinci bölümde, Türkiye’deki yapım firmaları incelenmiş; COVID-19 salgınında oluşan riskler tespit edilmiştir. Yapılan araştırmada, üçüncü bölüm kapsamında araştırılan teknolojilerin literatürde anlatılan ideal şartlarına göre, pratik hayatta ne kadar uygulanıp uygulanmadığına ilişkin bir çalışma olması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’deki yapım firmaları ve şantiyelerin, COVID-19 salgını süreciyle birlikte ortaya çıkan yeni riskleri, kullanıma sokulan ve/veya sokulabilecek dijital teknolojilere indirgeyerek araştırılması amaçlanmıştır. Metodoloji olarak çoklu örnek olay analizi ve çapraz sentez yöntemi kullanılmıştır. Ortaya çıkan risklerin inovatif teknolojilerle ne kadar önlendiği veya önlenebileceği, tez kapsamında yapılan alan çalışmasıyla pratik hayata ilişkin bilgi vereceği öngörülmüştür.

Araştırmanın Tasarımı

Tezin metodolojisi (çalışmanın kavramsal yaklaşımı, literatür araştırması, ampirik araştırma, analiz, bulgular, sonuç ve öneriler) (**Şekil 4. 1**)’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 1 Tezin metodolojisi

Örneklemin Belirlenmesi

Türkiye’de inşaat sektöründe COVID-19 salgını döneminde faaliyet gösteren büyük projelerde çalışan ana yüklenici firmalar ve taşeron firmalar alan çalışmasının örneklemini oluşturmuştur. Görüşme yapılan kurumların belirlenmesinde, “tabakalı amaçlı örnekleme yöntemi” kullanılmıştır. Tabakalı amaçlı örneklemler, tabakalara ayrılmış örneklem içinden amaçlı olarak seçilen yeni örneklem grubudur. Örneğin tabakalı rastgele bir örneklem üzerinde genelleme yapabilmek; sosyal sınıf açısından istatistiksel anlamda geçerli mukayeseler yapabilmek ve sonucu tüm nüfusa genelleleyebilmek için büyük bir nüfusun içinden sosyoekonomik durum çerçevesinde

yeniden sınıflandırılabilir (Neuman, 2014) Bu anlamda daha önce tespit ettiğimiz tabakadan, araştırmanın amaçları doğrultusunda yeni örneklemi seçmemize tabakalı amaçlı örneklem seçimi denir (BALTACI, 30.04.2018). Örneğin, bir araştırmacı tipik durum örneklemesini maksimum çeşitlilik örneklemesi ile beraber kullanabiliriz. Ortalamanın altı, ortalama ve ortalamanın üstü durumlar, tabakalı amaçlı örneklemine oluşturabilir. Bu durum maksimum çeşitlilik örnekleminden daha zayıf ancak, tipik durum örnekleminden daha güçlü bir örneklemin elde edilmesine sebep olur (Liamputtong, 2013) .Tabakalı amaçlı örneklemin amacı, ana değişiklikleri belirgin hale getirmektir; ortak bir temel oluşturmak değildir. Ancak ortak bir temel oluşturma aşaması genellikle analiz sürecinde olmak üzere araştırmanın ilerleyen dönemlerinde ortaya çıkabilir (Bernard, (2011).

Bu anlamda amaçlı örnekleme yöntemleri, pek çok durumda olgu ve olayların keşfedilmesinde ve açıklanmasında kullanılmaktadır.

Alan çalışmasında, amaçlı örnekleme yöntemlerinden kolay erişilebilir durum ve maksimum çeşitlilik örnekleme tekniğinden yararlanılmıştır. Kolay erişilebilir durum örneklemesinde, erişilmesi görece kolay bireyler seçilmiştir. Bu örnekleme yöntemi, araştırmaya hız ve pratiklik kazandırmaktadır. Çünkü bu yöntemde araştırmacı, yakın olan ve erişilmesi kolay olan durumları seçmektedir. Alan çalışmasının örneklemini belirlenirken, çalışmanın amacına uygun olması için büyük proje yüklenicisi firmalar seçilmiştir. Ayrıca, bu firmaların ve büyük projelerin seçilmesindeki amaç; teknolojik imkanlarının da sorgulandığı için küçük projelere kıyasla yapım yönetimi olarak daha koordine ve teknolojik olarak da daha profesyonel imkanların kullanılması gerektiğidir.

Alan çalışmasının hedef kitlesini, Türkiye’de büyük projelerde çalışan ana yüklenici firmalar, bu firmaların projelerinde görev alan taşeron firmalar oluşturmaktadır. Bu firmalara, sektörde COVID-19 salgını sırasında yürütülen projelerin araştırılması sonucunda ulaşılmıştır. Bir sonraki aşamada, bu firmaların yöneticilerinden görüşme talep edilmiştir. Yapım firmaları ile yapılan görüşmeler; taşeron ve yüklenici firma çalışanı olan birden fazla kişinin katılımıyla oluşmuştur.

Alan çalışmasında veriler; yüz yüze, uzaktan video toplantı veya gönderilen sorulara yazı ile cevap almak gibi birden fazla yöntem ile elde edilmiştir. Bu yöntemlerin çeşitlilik göstermesinde COVID-19 salgını sürecinin devam etmesi büyük rol oynamıştır. Firmaların, COVID-19 döneminde yaşadığı yönetimsel risklerin de araştırılması nedeni

ile görüşme yapılan kişiler; genel müdür, genel koordinatör ve kurucu ortak gibi üst düzey çalışanlar arasından seçilmiştir. Aynı zamanda teknolojik imkanların da araştırıldığı sorular olduğu için eğer projede varsa BIM uygulamacıları ve uzmanları ile de görüşülmüştür.

4.2 Alan Çalışmasının Kapsamı

Alan çalışması, yapısal olarak 3 ana bölümden oluşmaktadır:

1. Bölüm: Firma ve kişi bilgileri
2. Bölüm: COVID-19 salgınının oluşturduğu risklerin sınıflandırılması ve analizi
3. Bölüm: Firmanın COVID-19 salgını öncesi kullanıyor olduğu veya salgın sırasında ek olarak kullanmaya başladığı teknolojiler

Birinci bölümde, alan çalışmasına katılan kişilerin, sorulara verdikleri yanıtların yeterliliği ve konu hakkında yetkinlikleri hakkında bir ön değerlendirme yapabilmek adına, katılımcıların çalıştığı firmanın proje alanını, proje süresini, katılımcının görev tanımını ve firma kapasitesini içeren bilgiler yer almaktadır.

İkinci bölümde, firmanın COVID-19 salgını sırasında karşılaştığı teknik, yasal-yönetmel ve finansal risklerin analizleri kapsamında ilgili ölçütlerin, proje sürekliliğini ve firmayı ne ölçüde etkilediği tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu anlamda, ikinci bölümde literatürde araştırılan dünyada yapılmış örnekleri ve firmalara etki eden risklerle COVID-19 salgını sürecindeki değerlendirmeye girdi oluşturan risklerin analizleri ve bunların alt başlıkları incelenerek, genel bir değerlendirme ve kıyaslama yapılmak istenmiştir. Toplam 3 alt bölümden ve 8 sorudan oluşan bu bölümde, sorular sözlü bir biçimde sorulmuş olup literatürde tespit edilen risklerin oluşup oluşmadığını belirlemenin dışında firmanın özel olarak karşılaştığı bir risk olup olmadığı da öğrenilmek istenmiştir.

Üçüncü bölüm ise bir sorudan oluşmaktadır. Bu bölümde, firmaların halihazırda kullandığı veya COVID-19 salgını sırasında oluşan risklere karşı önlem olarak kullanmaya başladığı herhangi bir teknoloji olup olmadığı sorusudur. Tezin 3. bölümünde literatürde araştırılan bu teknolojiler sözel olarak dile getirilmiş, firmanın bu teknolojilerden birini kullanıp kullanmadığı sorulmuştur. Bu bölümde, sorulan soru sayesinde; çalışanların kendi çalıştığı firmada eksikliğini hissettiği bir teknoloji olup olmadığı da ayrıca öğrenilmiştir.

4.3 Çoklu Örnek Olay Analizi

Tezin yöntemi olarak, nitel araştırma tekniği seçilmiştir. Araştırmanın konusu daha önceden irdelenmediği için, keşfedici bir çalışma özelliği göstermektedir. Keşfedici araştırmalar, nitel yöntem uygulamalarını gerektirmektedir. Nitel araştırma; gözlem, görüşme ve doküman analizi gibi nitel veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı bir araştırma çeşididir. Algıların ve olayların doğal ortamda gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konmasına yönelik bir araştırmadır.

Nitel araştırma, kuram oluşturmayı temel alan bir anlayışla sosyal olguları, bağlı bulundukları çevre içerisinde araştırmayı ve anlamayı ön plana çıkarmaya çalışır. Nicel araştırmalarda ise parametrelerin kesin tanımları yapılarak sınırları belirlenebilir ve bu parametreler arasındaki ilişkiler ölçülebilir (Şimşek & Yıldırım, 2005). Nicel araştırmalarda, görüşülenler “veri aktarıcısı” konumundayken; nitel araştırmalarda, görüşülenlerin “veri kaynağı” olma işlevi öne çıkmaktadır. Nicel görüşme tekniklerinde kullanılan “veri toplama” teriminin karşılığı olarak nitel görüşme tekniklerinde “veri yaratma” terimi tercih edilmektedir (Mason, 2004).

Nitel araştırma desenlerinden biri olan örnek olay incelemesi sosyal olgu ya da olayın bütüncül olarak anlaşılabilmesini sağlamak amacıyla olay ya da olguyla ilişkili bütün değişkenlerin karşılıklı etkileşiminin incelendiği bir araştırmadır (Walliman, 2006). Örnek olay incelemeleri, çağdaş olaylarla ve bu olayların ilgi odağı olan birtakım konuların nasıl ve niçin olduğu üzerine odaklanmaktadır. Bu çalışmada ise nitel araştırma yöntemlerinden örnek olay incelemesi kapsamında, araştırmanın amacına ve yöntemine uygun olarak “çoklu durum araştırması” yapılmıştır. Çoklu durum araştırması, zengin içerikli veri toplanmasına ve olguların gerçek yaşamdaki bağlantıları ile ilişkilerinin anlaşılmasına olanak vermektedir (Yin, 2009). Çoklu durum araştırması sürecinde, derinlemesine inceleme yapılmış; nitel veri toplama tekniklerinden ise gözlem ve görüşme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Nitel araştırmada, en sık kullanılan görüşme yöntemi, çalışmanın özelliğine göre açık uçlu, yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış; araştırmacının konumuna göre ise katılımcı, katılımcı olmayan gibi alt gruplara ayrılmaktadır. Nitel yöntemlerden görüşme, insanların perspektiflerini, tecrübelerini, duygularını ve algılarını açığa çıkarmak için kullanılan oldukça etkili bir metottur.

4.3.1 Proje A

4.3.1.1 Proje Özellikleri

Bu proje, İstanbul'un Maltepe ilçesi Küçükalyalı semtinde konumlanmış olup, karma yapıya sahip kentsel tasarım projesidir. 615.000 m²'lik bir araziye konumlanan proje kapsamında 4 adet ofis, 7 adet ticari blok, 10 adet konuttan oluşan toplamda 21 blok bulunmaktadır. Görüşülen firma, projenin yatırımcı ana yüklenici firmasıdır. Proje 1,5 milyar TL ihale bedeli karşılığı alınmıştır. Firmanın proje sahasında 70 'i teknik personel olmak üzere ve dönemsel olarak değişmekle beraber 720 kişi çalışmaktadır. 2017 yılında yapımına başlanan projenin %70'i tamamlanmış durumdadır. Proje ana yüklenici firma olmasıyla beraber, inşaatın yapımı sırasında pek çok alt yüklenici firmayla iş birliği yapmaktadır. A projesine ait proje özellikleri (**Tablo 4. 1**)' de gösterilmiştir.

Tablo 4. 1 A Projesi proje özellikleri

Proje Özellikleri	A Projesi
Proje Başlama Tarihi	2017
Proje Alanı	İstanbul Küçükalyalı
Proje Kapasitesi	615.000 m ² / 21 Blok
Projede Çalışan Kişi Sayısı	720

Projede görüşülen kişi; ana yüklenici firmada çalışan, 30 yaşında, kadın ve dizayn ofis mimarıdır. 1 yıldır projede çalışmaktadır. Çalıştığı pozisyon gereği; uygulamalar için detay tasarımları yapmakta ve sahada imalatları kontrol etmektedir (**Tablo 4. 2**)'de A projesinde görüşme yapılan kişiler gösterilmiştir.

Tablo 4. 2 A Projesinde görüşme yapılan kişiler

Projede Görüşülen Kişiler	A Projesi
1. Kişi	Ana Yüklenici Firmada Yönetici

Tablo 4. 2 A Projesinde görüşme yapılan kişiler(devamı)

2. Kişi	Ana Yüklenici Firmada Mimar
3. Kişi	Taşeron Firma Çalışanı

4.3.1.2 A projesinde COVID-19 Salgını Sırasında Karşılaşılan “Yeni” ve “Yüksek Etkili” Riskler

Bu projede ana yüklenici firma ile görüşme yapılmış olup, COVID-19 döneminden çok önce başlamış olan projenin salgın döneminde de hiç aksamadan devam ettiği, finansal olarak bir risk oluşturmadığı dile getirilmiştir. Ayrıca, şirket COVID-19 döneminde yeni projeler almış, inşaat sektörünün durmadan devam etmesi şirketi avantajlı bir duruma getirmiştir.

1. Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği

Ana yüklenici firma olduğu için malzeme risklerinin analizlerini proje için önceden yapmış olup, taşeron firmalardan kaynaklanan aksaklıklar dışında malzeme açısından bir problem yaşanmamıştır.

2. Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski

COVID-19 ‘un yayılma hızının arttığı bir dönemde evden çalışmaya geçilmiş ancak çok kısa sürmüştür. Bu kısa sürede bile proje süreci açısından zaman kaybı yaşanmıştır. Bu konuda sebep olarak projede çalışan mimar tarafından; *‘Çünkü evdeki çalışma ortamım, iş yerindeki çalışma ortamım gibi değildi. Teknolojik alt yapım uygun değildi. Bu durum iş yükümü artırdı. Kısa süreli bir geçiş olduğu için tüm altyapıyı da kurma gereği duymadık.*’ şeklinde bir cevap alınmıştır.

3. Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar

Firma, değişen çalışma şartlarıyla personelleri için her türlü imkânı sağlamıştır. Şantiyede uzaktan çalışmaya geçmeyen çalışanlara servis atanmıştır. Her türlü sağlık denetlemeleri yapılmış, gerekli ekipmanlar sağlanmıştır.

4. Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kısıtlılığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski

Bir dönem çok yoğun yayıldığı olmuş, o dönemde de evden çalışılmaya geçilmiştir. Bu durumun psikolojik etkileri çok yoğun hissedilmiştir. Bu süreç için; *‘Her yer kapalı*

olduğu için deşarj olabileceğimiz bir ortam olmadı ve bu yüzden işlerimizi daha yorgun, bitkin , bir nebze daha isteksiz yürüttük. ' şeklinde bir cevap alınmıştır.

Ayrıca tam kapanmanın pek çok sektörde yaşanmasına rağmen inşaat sektörünü etkilememesi ve inşaat sektörü çalışanlarının şantiye alanında çalışmaya devam etmesi çalışanlara değer verilmediğini hissettirmiştir. Bu da yine COVID-19'un psikolojik etkileri için söylenebilecek bir anekdot olarak eklenmiştir.

5. İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar

Genel olarak yatakhane olmayan şantiyeler durdurulmuş, bu şantiyede herhangi bir durma olmamıştır.

6. Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski

Bu soruya ana yüklenici firmada çalışan kişi; *'Taşeronların fiyat artırmasında COVID-19'un dolaylı etkisi olmuş olabilir. Doğrudan bir etkisi olduğunu düşünmüyorum. Ekonomi etkilendiği için, dolar kuru ve maliyetler de ister istemez etkileniyor. Ama bu kur değişkenliği her dönemde çeşitli sebeplerden olabiliyor. Yalnızca COVID-19'a özgü bir durum değil. ' şeklinde bir cevap vermiştir.*

7. Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları

Askıya alınma durumu yaşanmamıştır. Hatta büyük ölçekli bir firma olmanın etkisiyle yeni projeler alındığı dile getirilmiştir. Projenin durdurulmasıyla alakalı soruya; *'Salgının ülkede pik yaptığı dönemlerde bile şantiyeye çalışmaya geldik. En kritik dönem diyebilirim. Temasta olduğumuz birkaç kişinin COVID-19 geçirdiğini öğrendik. O sırada evden çalışmaya döndük. Testlerimiz yapıldı. Risk taşımadığımız görülünce zaman kaybetmeden şantiyeye geri döndük' şeklinde bir cevap alınmıştır.*

8. Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi

COVID-19'dan kaynaklanan ek maliyetler yaşanmıştır. Uzaktan çalışmaya geçilmediği için tüm çalışanlara servis sağlanması, yemekhanede COVID-19 salgınına göre yapılan yeni düzenlemeler, kişisel koruyucu ekipmanları, ateş ölçerler, termal kameralar gibi önlem amaçlı alınan tedbirlerin ekstra maliyetleri ortaya çıkmıştır. Ödeme gecikmeleri yaşanmadığı dile getirilmiştir.

Tablo 4. 3 A Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş, (-) risk oluşmamış).

COVID-19 Salgınında Oluşan Riskler		A Projesi
1	Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği	-
2	Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski	+
3	Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar	+
4	Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski	-
5	İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar	-
6	Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski	+
7	Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları	-
8	Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi	+

4.3.1.3 Projede Kullanılan Teknolojiler

Şirkette COVID-19 öncesinde de kullanılan bir veri tabanı sistemi mevcuttur. Bu sistem sayesinde kısa süreli evden çalışma sistemine geçildiğinde uzak masaüstünden de şirketin veri tabanına ulaşılabilirdi ve çalışıldığı dile getirilmiştir. Ancak evdeki ekipmanın yetersizliği nedeniyle bu çalışmanın yavaşlamış olduğu ve uzaktan çalışmanın daha uzun olacağı zamanlarda bu problemin de giderilebileceği ifade edilmiştir.

Şantiye kısmında ise uzaktan çalışmaya hiç geçilmemiş olup bahsedilen teknolojilerle alakalı COVID-19 salgını döneminde herhangi bir ek teknoloji edinme yaşanmamıştır.

Teknolojik çalışma altyapısı sorusuna projede çalışan mimardan; ‘işyerlerindeki bilgisayarlarımıza, hiçbir veriyi kendi bilgisayarımıza aktarmadan bağlanabiliyorduk, bunu örnek verebilirim. Şantiye çalışmasında en fazla ekibin %35 ‘i uzaktan çalışabilir. Onun dışında ekiplerin şantiye yerinde olup, imalatları kontrol etmesi gerekir. Evden çalışabilecek kısım; dizayn ofis ve teknik ofis. Diğer tüm alanlar; elektrik, mekanik, harita gibi sahada imalatları kontrol etmek zorundadırlar. Dizayn ve teknik ofiste de yine en azından bir kişinin sahada bulunması, diğer disiplinlerle iletişim halinde olması gerekir.’ şeklinde cevap alınmıştır.

4.3.2 Proje B

4.3.2.1 Proje Özellikleri

Bu proje, İstanbul’un Beyoğlu ilçesinde Karaköy Rıhtımından Mimar Sinan Üniversitesi Fındıklı Kampüsü’ne kadar uzanan 1.2 kilometrelik sahil şeridini, 112 bin 147 metrekaarelik alanı kapsamaktadır.

İlk ihalesi 2005 yılında yapılan projenin teklifini 3 milyar 538 milyon euroluk teklifle 2 yatırım ortağı firma kazanmıştır. Konum itibariyle önemli denilebilecek bir alanda inşa edilen projede, inşaat aşımına gelinene kadar, süreç pek çok değişikliğe uğramıştır. Çeşitli kurumların olumlu ve olumsuz eleştirilerini almıştır. Proje içerisinde; otel, kafeler, restoranlar, mağazalar, ofisler ve 2 sanat müzesi bulunduran bir destinasyon projesidir.

Görüşülen firma ana yüklenici firmadan bir alt katmanında yer alan alt yüklenici firmadır. Firma projenin tüm ince işlerini 2016 yılında ihale ile almıştır. 2017 yılında yapımına başlanılmış, şu anda ise projenin son teslimleri yapılmaktadır. İnce işler kalemi yaklaşık 100 milyon dolara ihale ile alınmıştır. Firma bünyesinde sahada 30’u teknik personel olmak üzere 250 kişi çalışmaktadır. Proje özellikleri (Tablo 4.)’da gösterilmiştir.

Tablo 4. 4 B Projesi özellikleri

Proje Özellikleri	B Projesi
Proje Başlama Tarihi	2017
Proje Alanı	İstanbul Karaköy

Tablo 4. 5 B Projesi özellikleri(devamı)

Proje Kapasitesi	122.147 m2
Projede Çalışan Kişi Sayısı	250

Görüşülen kişi taşeron firma sahibi olup, 35 yaşında, erkek, çalışma pozisyonu itibariyle de projenin ihale edilmesinden, proje yürütücülüğüne kadar tüm süreci yöneten kişidir (Tablo 4.).

Tablo 4. 6 B Projesinde görüşme yapılan kişiler

Projede Görüşülen Kişiler	B Projesi
1. Kişi	Taşeron Firma Yöneticisi

4.3.2.2 B projesinde COVID-19 Salgını Sırasında Karşılaşılan “Yeni” ve “Yüksek Etkili” Riskler

Bu projede görüşülen kişi, taşeron firma yöneticisidir. Büyük projelerde ana yüklenici firma dışında taşeron firmaların karşılaştığı risklerden bahsetmişlerdir.

1. Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği

COVID 19 salgınının yayılma riskinden dolayı; üreticilerin ve diğer firmaların tam kapasite çalışmamlarıyla birlikte malzeme üretimlerinde aksaklıklar ve yetersizlikler yaşandığı dile getirilmiştir.

2. Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski

Yalnızca kısmi olarak dizayn ofis ve teknik ofis uzaktan çalışmaya geçmiş, şantiye çalışmasında uzaktan çalışma olmamıştır. Şantiyede COVID-19 salgını öncesiyle kıyasladığında düşük verimle karşılaşıldığı dile getirilmiştir.

3. Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar

Değişen çalışma koşullarına çok hızlı uyum sağlanmış, gerekli tüm ekipmanlar tedarik edilmiştir. Yalnızca bu süreçte biraz zaman kaybı yaşandığını dile getirmişlerdir. Çalışma koşulları yine eski optimum seviyeye ulaştırıldığı ifade edilmiştir.

4. Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski

Kişisel koruyucu ekipman tedariki kısa süreli bir problem oluşturmuş olsa da devam etmemiştir. Bu masrafları taşeron firma karşılamıştır.

Ülkede COVID-19'un pik yaptığı dönemlerde, şantiyeye 2 ay ara verilmiştir. Vaka sayılarında düşüş görüldüğünde tekrar şantiye açılmış ve sonrasında hiç duraksama olmamıştır. Bu dönemdeki zararın büyük çoğunluğunu taşeron firma karşılamak zorunda kalmıştır.

5. İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar

Genellikle büyük ölçekli şantiyelerde, virüsün yayılma riskinin daha büyük olmasından kaynaklı şantiyeyi durdurma kararı alındığı dile getirilmiştir. Şantiye durdurulması konusunda; *'Bizim şantiyemizde de yaşandı. Şantiye giriş çıkışlarında termal kameralar konuldu. Ateş ölçerlerle kontroller sağlandı. Dışarıdan ziyaretçi kabul edilmedi. İzolasyon sonucu çalışanlara bu durumun psikolojik etkileri oldu.'* şeklinde cevap alınmıştır.

6. Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski

COVID-19 döneminin çalışma verimliliğine olumsuz yönde etki etmesiyle, sözleşmelerin süresinin uzadığı ifade edilmiştir. Çoğu taşeron firmanın da artan maliyetler ve süresi uzayan çalışmalardan kaynaklı, ana firmalardan fiyat farkı taleplerinde bulunduğu söylenmiştir.

7. Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları

Maliyet artışları sebepli yeni projelerin alımında iptaller yaşanmıştır. Proje revizelerinin önceden de COVID-19 salgını sırasındaki gibi yüksek miktarda olmasa da çok fazla olduğu dile getirilmiştir.

8. Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi

COVID-19 salgınından dolayı ek maliyetler çıkmış ve ödemelerin geciktiği söylenmiştir.

Tablo 4. 7 B Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş, (-) risk oluşmamış).

COVID-19 Salgınında Oluşan Riskler		B Projesi
1	Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği	+
2	Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski	-
3	Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar	-
4	Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski	-
5	İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar	+
6	Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski	+
7	Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları	+
8	Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi	+

4.3.2.3 Projede Kullanılan Teknolojiler

Bu projede taşeron firmanın kullandığı BIM sistem, veri tabanı veya benzeri herhangi bir teknoloji kullanılmadığı dile getirilmiştir. Sahadaki iş gücünün öneminden, tamamen uzaktan çalışmaya geçilemeyeceğini söylemiş 3 boyutlu BIM uygulamalarının öneminden ve firmadaki eksikliğinden bahsetmiştir.

4.3.3 Proje C

4.3.3.1 Proje Özellikleri

Bu proje, İstanbul'un Ataşehir ilçesinde bulunup, 10.000m² inşaat alanına kurulan bir teknoloji merkezidir. 1 Haziran 2019'da yapımına başlanmış olup, halen devam etmektedir.

Görüşülen firma, ilgili projenin; elektrik, mekanik, statik ve mimari uygulama işlerini almıştır. İlgili proje için firmada 10'u teknik personel olmak üzere 100 kişi çalışmaktadır. Projenin ihale bedeli gizli tutulmaktadır. Proje özellikleri (**Tablo 4.**)'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 8 C Projesi özellikleri

Proje Özellikleri	C Projesi
Proje Başlama Tarihi	2019
Proje Alanı	İstanbul Ataşehir
Proje Kapasitesi	10.000 m ²
Projede Çalışan Kişi Sayısı	100

Görüşülen kişi firmada mimar unvanı ile çalışan, 40 yaşında, erkek; çalıştığı pozisyon itibariyle proje yürütücülüğü yapan kişidir. 2. Kişi ise BIM uygulayıcısı olarak şantiyenin ofis kısmında çalışmış 28 yaşında bir mimardır (**Tablo 4.**).

Tablo 4.9 C Projesinde görüşme yapılan kişiler

Projede Görüşülen Kişiler	C Projesi
1. Kişi	Proje Yürütücüsü Mimar
2. Kişi	BIM Uygulayıcısı Mimar

4.3.3.2 C projesinde COVID-19 Salgını Sırasında Karşılaşılan “Yeni” ve “Yüksek Etkili” Riskler

C projesinde görüşülen kişi COVID-19 salgınının etkilerini genel olarak şu şekilde değerlendirmiştir; *COVID-19 salgını başında aslında bizim saha işlerimiz bitiyordu. Bu*

sebeple çok büyük sıkıntı yaşamamakla beraber sonradan talep edilen ilave işlerde malzeme tedariklerinde sıkıntı yaşadık. Bunun haricinde inşaat süresince COVID-19 önlemleri en sıkı şekilde alındı. Örneğin aynı m2 içerisinde sınırlı sayıda işçi çalıştırabildiğimiz için teslim süreleri ayrıca uzadı. Salgında sayıların artıta olduğu dönemde ise özellikle marangoz atölyeleri de kapandığı için 2 ay işleri durdurmak zorunda kaldık.

1. Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği

Özellikle ithal ürünlerde, aydınlatmaların tedarikinde çok gecikmeler olmuş. Burada üretilen her şeyin ham maddesi yurtdışından tedarik edildiği için gecikmeler tüm kalemlere yansımıştır.

2. Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski

Evden çalışan kişilerin teknolojik imkân yetersizliği ve buna bağlı işlerin yavaşlaması yaşanmıştır.

3. Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar

Şantiyede çalışanların çalışma saatlerinde bir değişiklik olmamakla beraber evden çalışmaya geçen çalışanın saatleri düzensiz bir duruma geçmiştir. Düzensiz çalışma saatleri çalışanları olumsuz yönde etkilemiştir.

4. Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski

Özellikle KKD konusunda tedarik kıtlığı yaşanmıştır.

Çalışmalar sırasında süreç içerisinde COVID-19 testi pozitif çıkan personeller olmuştur. Bu dönemde o kişinin temas ettiği veya aynı ortamda bulunduğu kişiler tespit edilmiş ve hepsi için test talebinde bulunulmuştur. 15 gün karantina süreçleri yaşanmıştır.

5. İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar

İnşaat faaliyetlerinin salgın sürecinde kesintiye uğraması gerekli görüşmemiş, böyle bir risk faktörü hissedilmemiştir.

6. Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski

Saha işlerinin gecikmesi, bürokratik destek ile çözülmüştür.

7. Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları

M2 içerisinde sınırlı sayıda işçi çalıştırılabildiği için teslim süreleri ayrıca uzamıştır. Salgında sayıların artışta olduğu dönemde ise özellikle marangoz atölyeleri de kapandığı için 2 ay işleri durdurmak zorunda kalmışlardır.

8. Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi
Çalışanlara karşı ödeme gecikmeleri oluşmuştur.

Tablo 4. 10 C Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş, (-) risk oluşmamış).

COVID-19 Salgınında Oluşan Riskler		C Projesi
1	Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği	+
2	Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski	+
3	Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar	+
4	Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski	+
5	İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar	o
6	Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski	+
7	Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları	+
8	Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi	+

4.3.3.3 Projede Kullanılan Teknolojiler

Bu konuda projede çalışan COVID-19 döneminde uzaktan çalışan BIM uygulayıcısı ile yapılan konuşmada; projenin yalnızca Revit üzerinden modelinin çalışıldığı ancak projenin, sahadaki çalışanlara aktarılırken iletişim problemleri yaşandığı, şantiyede uygulaması yapılan bazı MEP noktalarında hatalar ortaya çıktığı ve bunun sonucunda baştan uygulama yapıldığı bilgisi alınmıştır. Bu bağlamda çalışanın, projede eksikliğini gördüğü bir örnek olarak çalışanlar arasında eş zamanlı proje bilgilerini modelleyen yapı bilgi modellemesi sistemi olan BIM360 ve firma çalışanlarının sürekli iletişimde olduğu iş yeri ortamı gibi bir sanal çalışma ortamı sağlayan Microsoft Teams uygulamalarıdır. Sonuç olarak bu projede BIM sistemin kullanıldığını fakat verimli bir şekilde kullanılmadığı için şantiye ve çizim ofisi arasında literatürde verilen örnekler gibi herhangi bir kolaylık sağlamadığı tespit edilmiştir.

4.3.4 Proje D

4.3.4.1 Proje Özellikleri

Proje; Tokat ilinin merkez ilçesinde konumlanmış olup bir havalimanı projesidir. Yapım sözleşmesi 12.07.2018 tarihinde imzalanmış ve 18.07.2018 tarihinde işe başlanmıştır. COVID-19 sürecinin ilan edildiği tarihlerde şantiyesi devam eden bir projedir. Proje kapsamında 45 metre genişliğinde 2700 metre uzunluğunda beton pist, 1 adet 265 metre uzunluğunda taksi yolu, 29.000 m² apron (4 uçak kapasiteli), 53.200 m² çevre yolu, 10.400 metre güvenlik duvarı, 19 adet nöbetçi kulübesi, vor ve regülatör binaları bulunmaktadır. Projenin ihale bedeli 500 milyon TL'dir. Firmanın altında ortalama proje süresi boyunca işçiler ve teknik personeller dahil olmak üzere ortalama 70 kişi çalışmıştır. Bu sayı dönemler halinde 110 kişiye kadar yükselmiştir.

Tablo 4. 11 D Projesi proje özellikleri

Proje Özellikleri	D Projesi
Proje Başlama Tarihi	2018
Proje Alanı	Tokat Merkez

Tablo 4. 11D Projesi proje özellikleri(devamı)

Proje Kapasitesi	204.200
Projede Çalışan Kişi Sayısı	70

Görüşülen kişi firmada mimar unvanı ile çalışan, 32 yaşında, erkek; çalıştığı pozisyon itibariyle **ise** proje müdürüdür (**Tablo 4.**).

Tablo 4. 12 D Projesinde görüşme yapılan kişiler

Projede Görüşülen Kişiler	D Projesi
1. Kişi	Ana Firma Proje Müdürü

4.3.4.2 D projesinde COVID-19 Salgını Sırasında Karşılaşılan “Yeni” ve “Yüksek Etkili” Riskler

Bu projede görüşülen kişi, ana firma yöneticisidir. Projenin maliyet yönetimi, program organizasyonu ve uygulama süreci kontrolü, görev sorumluluğundadır.

1. Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği

Fabrikalardaki üretimlerin durması ve aynı ürüne daha çok firmanın talep etmesi piyasadaki arz-talep dengesine etki etmiştir. Bu durumda malzeme yetersizliğine yol açmış ve malzeme teslimlerinde gecikmeler yaşanmıştır.

2. Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski

Dizayn ofis ve teknik ofis açısından uzaktan çalışmayla ilgili bir problem yaşanmamıştır. Şantiye kısmında şantiyenin doğası gereği uzaktan çalışmaya geçilememiş, bu durum da şantiyenin uzamasına sebep olmuştur.

3. Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar

Kişisel koruyucu ekipmanlarının, zaten stres yüklü, zor şartlar altında çalışan işçilerin üzerinde psikolojik baskılar yarattığı; şantiye ortamında gerginliklerin yaşanmasına sebep olduğu görülmüştür.

4. Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kısıtlılığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski

Kişisel koruyucu ekipman tedariki konusunda bir problem yaşanmamıştır. Yalnızca şantiye masraflarını belli bir miktar artırmıştır.

5. İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar

İnşaat faaliyetlerinin salgın sürecinde kesintiye uğramasının gerekliği düşünüldüğü halde; suistimale açık halde olmasından bahsedilmiştir. Taşeron firmaların sürecin açıklarından faydalanılarak ekstra süreler istediklerinden, bu durumda projenin teslim sürecine etki ettiğinden bahsedilmiştir. Suistimale uğratan taşeron firmanın değiştirilmesi düşünüldüğünde ise maliyetlerde artış, kalitede düşüş yaşandığından bahsedilmiştir.

6. Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski

Yapım sözleşmelerinde mücbir sebepler başlığı altında gerekli maddelerin yer aldığından bahsedilmiştir. Ancak bu durumun yine de iki tarafın da zarar görmesine engel olmadığından bahsedilmiştir. Görüşülen proje müdürü; *“Mücbir sebepler başlığı altındaki maddelerin yaptırımı olan cezai müeyyideleri uygulamaya başladığında taşeron firmanın yerine yeni firma bulunması gerekmektedir. Yeni gelen firma önceki firmanın yanlışlarını üstlenmemekte ;2 ayda yapılacak iş planı yine 3 aya uzamaktadır.”* ifadelerini kullanmıştır.

Yönetimsel Olarak Açıkların Oluşması Riski

Döneme özgü getirilen yasalarla işçi çıkarmalarının yasaklanması da yönetimsel olarak sorunlara yol açmış; suistimale açık durumlar doğurmuştur. Proje yürütücüsü; *“Planlamaların bozulması, süreçlerin uzaması kaliteden ödün vermeye neden olmuştur. Bu durumda mühendislik bakış açısına ters bir durumdur.”* ifadelerine yer vermiştir.

COVID 19'un hızlı yayılma durumu, iş planına doğrudan etki etmektedir. Örnek olarak bir işçinin hastalığa yakalanması, tüm çalıştığı ekibe bulaştırmasıyla aniden işçi bulma durumunu doğurmuş, sınırlı sayıda bulunan nitelikli işçi sayısını daha azaltmış; bu durum arz-talep dengesinden dolayı bir işçiye ödenen ücreti yükseltmiş, maliyeti artırmıştır.

7. Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları

Devam eden proje dönemle birlikte bir süre askıya alınmıştır, ilerleyen dönemlerde de döneme özgü diğer dönemlere göre projenin yavaşlaması söz konusudur. Bu da maliyetler artışlarına yol açmıştır.

8. Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi

Proje müdürü, TL'deki değer kaybından dolayı zaten maliyetler her geçen gün artıyor. Bunun dışında döneme özgü yaşanan; tedarik zincirindeki sıkıntılardan ve hammadde sıkıntısından dolayı iki kat daha fazla etkilenmiştir, ifadelerini kullanmıştır. Ayrıca müteahhit firmaların satışlarında durgunluklar yaşanması nakit akışlarında bazı problemlere yol açmıştır. COVID-19 ile mücadelede piyasayı canlandırma amacıyla alınan kararlar çerçevesinde konut alımlarında kredi faiz oranları düşürülmüş, bu durum piyasaları canlandırmış. Nakit akışlarında hareketlenmelere neden olmuş ve bu sorunu çözüm oluşturmuştur.

4.3.4.3 Projede Kullanılan Teknolojiler

Dönemin dijital teknolojilere öneminin artırdığı söylenmiştir. *“Örnek verilecek olursa, yaptığımız iş programlarında hata payının olmaması gerekiyor. Çünkü piyasadaki ürün yetersizliği ve kıtlığı, bir sonraki ürünün 2 ay sonra gelmesi anlamına geliyor. Çıkardığımız metrajların eksiksiz olmasını gerektiriyor, yanlış olduğu takdirde 2 ay daha projenin uzaması proje için çok uzun bir süre, diğer kalemlerin uygulanmasına doğrudan etki ediyor. Ayrıca; Ms Project ve diğer 3 boyutlu programlar kullanılarak, verimlilik daha iyi ölçülebilir, daha iyi bir organizasyon yapılabilir. Bu sayede, ekipleri yayarak sosyal mesafeyi koruyabiliriz. Bu teknolojiler maliyetlerin kontrolü açısından da önemlidir.”* ifadelerine yer verilmiştir.

Proje müdürü şantiyenin COVID-19'un olumsuz yönlerinden daha az etkilenmesi için modüler teknolojileri önermiştir. Bunun üzerine modüler teknolojiler araştırıldığında;

Sistemin Avantajları olarak;

- Şantiyedeki hızlı yapımı sayesinde yapının erken tamamlanmasını sağlar.
- Şantiyeye fabrikadan hazır getirildiği için malzeme depolama alanı ihtiyacını en aza indirmektedir. Yapım sırasında ilkim şartlarından etkilenmeyeceği için şantiyede belli bir mevsime bağlı kalmadan sürekliliği sağlayıp hızlı inşaya imkân verdiği gibi çevreye ve komşu binalara yapımdan kaynaklı bir zarara neden olmaz.
- Makinelerle fabrikada üretilen modüler strüktürler, geleneksel tekniklerle inşa edilmiş bir bina ile aynı bina ömrünü sağlayabilmenin yanı sıra yapılar uzun

ömürlü olup, değişen ihtiyaçlara cevap verebilecek şekilde esnek olarak planlanabilmektedir.

- Zamanla yapıda yenilenmesi ya da değiştirilmesi istenilen inşaatlar yapının tamamını etkilemeden yapılabilmektedir. Bu şekilde esnek ve değiştirilebilir mekanlar tasarlamaya imkân tanımaktadır.
- Bu sistem sayesinde fabrikada işin %60- %98'ine kadar yapılabilmesi sayesinde prefabrikasyon derecesinin %90'a kadar yükselebilmesi, inşaat süresinin oldukça kısılmasını sağlamaktadır.
- Bu sistem yüksek düzeyde kalite kontrolüne imkân sağlamaktadır. En iyi şantiye dışı üretim ve yerleştirmeden önce kontrolle güvenli yapım sağlanmaktadır.
- Üretilen sistemler şantiyede montaj ve yapım çalışmalarında da kontrole imkân vermektedir.

Tablo 4. 13 D Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış).

COVID-19 Salgınında Oluşan Riskler		D Projesi
1	Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği	+
2	Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski	+
3	Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar	+
4	Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski	-
5	İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar	+

Tablo 4. 13 D Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış).(devamı)

6	Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski	+
7	Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları	+
8	Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi	+

Proje E

4.3.4.4 Proje Özellikleri

Bu proje İzmir'in Aliğa ilçesinde konumlanmış olup;1980 yılında kurulmuş, uzmanlık alanı liman inşaatı olan Türkiye'nin birden çok yerinde liman şantiyeleri olan bir firmanın projesidir. Firmanın şantiyedeki pozisyonu Ana yüklenici firmadır. Projenin başlangıç zamanı; C0VID-19'un Türkiye'de ilk görülmeye başlandığı sıralarda olmuştur. (11 Mart 2021). Şantiyenin 20'si teknik personel olmak üzere,170 çalışanı vardır. İhale bedeli 130 milyon TL olan projenin çalışma alanı 8100 m2'dir.

Tablo 4. 14 E Projesi özellikleri

Proje Özellikleri	E Projesi
Proje Başlama Tarihi	2021 mart
Proje Alanı	İzmir Aliğa
Proje Kapasitesi	8100 m2
Projede Çalışan Kişi Sayısı	170

Görüşülen kişi, projenin şantiye şefi olan 28 yaşında, erkek bir inşaat mühendisidir.

Tablo 4. 15 E Projesinde görüşme yapılan kişiler

Projede Görüşülen Kişiler	E Projesi
1.Kişi	Proje Yürütücüsü İnşaat Mühendisi

4.3.4.5 E projesinde COVID-19 Salgını Sırasında Karşılaşılan “Yeni” ve “Yüksek Etkili” Riskler

Bu projede görüşülen kişi, taşeron firma yöneticisidir. Büyük projelerde ana yüklenici firma dışında taşeron firmaların karşılaştığı risklerden bahsetmişlerdir.

1. Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği

Liman şantiyesi yapımlarında malzemeleri şantiye başlamadan çok önce şantiyeye ulaştırıldığı için malzeme tedarikinde herhangi bir aksaklık yaşanmadığı belirtildi.

2. Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski

Şantiye çalışmasında uzaktan çalışma olmamıştır.

3. Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar

Şantiyede COVID-19 salgını öncesine göre verimlerde düşüş yaşanmıştır. Bunda çoğu işçinin uzun süreli izne çıkamaması, çalışırken maske takımının zorunlu olması, düzenli aralıklarla PCR testi istenmesi gibi zorunluluklar etkili olmuştur. Bu zorluklar işçi bulma konusunda sıkıntılar yaratmıştır. Şantiye yönetimi tarafından işçilerin çalışma koşullarındaki zorlukları yenme amacıyla koşullarda iyileştirmeler yapılmaya çalışılmıştır. Örnek olarak; işçilerin dinlenme zamanlarında keyifli vakit geçirebilecekleri oyun salonları, maç salonları gibi eğlence alanları yaratılmıştır. Bu durumlar da şantiye maliyetlerini yine etkilemiştir.

4. Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski

Kişisel koruyucu ekipman tedariki bir problem oluşturmamıştır. Ancak COVID-19'un hızlı yayılma riskinden dolayı günde 3 kere maske dağıtılmıştır. Bu durum da tüm şantiye kişi sayısı da düşünüldüğünde maliyetleri etkilemiştir. COVID-19'un hızlı yayılma riskinden dolayı işçi alımlarında yatılı işçiler tercih edilmiştir. Bu durumda işçi

bulunmasında problem yaşatmıştır. Gelen işçilerin COVID-19'la mücadelede önlem amaçlı evlerine uzun süre gitmelerine izin verilmemiştir.

Ülkede COVID-19'un pik yaptığı dönemlerde, şantiyeye 2 ay ara verilmiştir. Vaka sayılarında düşüş görüldüğünde tekrar şantiye açılmış ve sonrasında hiç duraksama olmamıştır. Bu dönemdeki zararın büyük çoğunluğunu taşeron firma karşılamak zorunda kalmıştır.

5. İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar

Dönem sürecinde COVID-19'la yayılma durumları pik yapana kadar şantiye süreci devam etmiştir. Bir dönem iki gün içerisinde 41 kişide COVID-19 pozitif vakasına rastlanması sonucu, şantiyenin 2 hafta boyunca kapatılması uygun bulunmuştur. Ayrıca yaşanan bu tecrübenin sonrasında hijyen ve sağlık açısından alınan önlemler artırılmıştır.

6. Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski

Şantiye şefi; Liman şantiyesi sözleşmeleri, mücbir sebepler başlığı altında gerekli ekstra süreler göz önünde bulundurularak yapıyor. Bu sebeple fiyat teklifimizi ona göre verdiğimiz için COVID-19'un şantiye sürecini etkilemesi anlamında; ekonomik ve hukuksal boyutta firmayı etkilememiştir, ifadelerine yer vermiştir.

7. Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları

Yeni proje alımlarımda da bir değişiklik yaşanmadı. 'Mücbir sebepler başlığı altındaki maliyet artışları, proje ihale dönemi öncesinde hesaba katıldığı için şantiye sürecini etkilemedi.

8. Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi

Şirketin ödeme alımları yurtdışı kaynaklı olduğu için ödemelerde bir gecikme yaşanmadı.

Tablo 4. 16 E Projesi riskler tablosu ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış).

COVID-19 Salgınında Oluşan Riskler		E Projesi
1	Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği	-
2	Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski	o
3	Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar	+
4	Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski	+
5	İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar	+
6	Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski	-
7	Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları	-
8	Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi	-

4.3.4.6 Projede Kullanılan Teknolojiler

Bu projede kullanılan en belirgin teknoloji olarak; BMS (Batch Management System) ile dünya üzerindeki GPS sisteme bağlanılarak şahmerdan dubaları doğru koordinatlara yerleştirilmesi söylenebilir. Bunun dışında kazıkların taşınması, yerleştirilmesi vb. diğer süreçler insan faktörünün yönlendirdiği birtakım ekipmanlarla oluyor. Ayrıca BIM uygulamaları proje yönetimi kapsamında kullanılmaktadır. İyileştirme anlamında öneri olaraksa görüşülen şantiye şefi; kullanılan ürünlerin fabrikalaşmasını sunmuştur. Şantiye şefi; *“Örnek olarak; boru üretimi veya kaynakları yapılmış conta imalatı şantiye ortamında fabrikalaştırılarak yapılabilirse imalat çok daha hatasız ve kısa sürede*

olabilir, ancak Türkiye’de ne yazık ki bu tarz uygulamalar halen insan gücüne bırakılmakta. Bunda ucuz işgücü etkili olabilmektedir.” ifadelerine yer verdi.

4.4 Verilerin Analizi

Yapılan görüşmeler sonucunda, risklerin sınıflandırılması açısından elde edilen bulgular tablolatırılmıştır (**Tablo 4.**). Bulgulanan veriler çapraz durum sentezlemesi ile değerdendirilecektir.

Tablo 4. 17 Alan çalışmasında sorulan sorular sonucunda risklerin belirlendiğı tablo
((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış).

COVID-19 Salgınında Oluşan Riskler		TOPLAM	A Projesi	B Projesi	C Projesi	D Projesi	E Projesi
1	Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliğı	2	-	+	+	+	-
2	Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski	3	+	+	+	+	o
3	Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar	3	+	+	+	+	+
4	Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereğı Virüsün Yayılma Riski	2	-	+	+	-	+
5	İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar	1	-	+	-	+	+
6	Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski	2	-	+	+	+	-

Tablo 4. 17 Alan çalışmasında sorulan sorular sonucunda risklerin belirlendiği tablo
((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk
oluşturmamış).(devamı)

7	Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları	3	+	+	+	+	-
8	Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi	2	-	+	+	+	-

Yukarıdaki risk analizleri tablosunda sorulan sorular neticesinde literatürde tespit edilen 8 adet risk alan çalışmasında tespit edilen projelerde çalışanlara sorulmuştur. Bu risklerin hangi projelerde ortaya çıktığına dair karşılaştırma yapılmıştır.

Malzeme tesliminde gecikme ve malzeme yetersizliği konusunda; B, C ve D projelerinde bu risk görülürken A ve E projesinde görülmemiştir. A projesinde görülme nedenini röportaj yapılan çalışanlar, projenin %70'inin COVID-19 salgını öncesinde bitmiş olduğunu ve karşılaşılabilecek malzeme gecikmelerinin taşeron firmaları etkilediğini ancak ana yüklenici firmanın daha önceden bu riski hesapladığını dile getirmişlerdir. E projesinde görülme sebebiyse liman inşaatı olduğu için; teknik anlamda inşaat başlamadan önce tüm gerekli malzemeleri limanda stoklamalarıdır.

Uzaktan çalışmayla yaşanan verimsizlik konusunda; dört projede de bu risk gözlemlenmiştir. Projelerde, evden çalışmadan kaynaklı ekipman yetersizliği ve ofis ortamındakinden farklı olarak iletişimsizlik görülmüştür. Proje çalışanlarının anlık değişiklikleri izleyememesi, iletişimsizlik, beraberinde revizyon artışı ve yanlış uygulamaları getirmiştir. E projesinde uzaktan çalışma yaşanmadığı için bahsedilmemiştir.

Çalışma hayatı koşullarında oluşan zorluklar konusunda; her beş projede de uzaktan çalışmaya geçen çalışanların özellikle çalışma saatlerinde yaşanan düzensizlik ve bunun oluşturduğu psikolojik etkiler görülmüştür.

Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) kıtlığı, yapım projelerinin işbirlikçi doğası gereği virüsün yayılma riski konusunda; B, C, D ve E projelerinde bu risk görülmüştür. A projesinde ekipman tedarikinde herhangi bir problem yaşanmadığı dile getirilmiştir. Şantiye şartlarında virüsün yayılma riskine karşı her dört projede de önlemler alınmıştır.

Bu önlemler; A projesinde sahada çalışan personel sayısının azaltılması, m2'ye düşen işçi çalışma alanının ayarlanması; B projesinde sosyal mesafenin korunması ile alakalı uyarılar, C projesinde yine sosyal mesafenin korunması, D projesinde kişiye özel yatakhanelerin oluşturulması, E projesinde ekipman sayısının çoğaltılması gibi söylenebilir.

İnşaat faaliyetlerinin salgın sürecinde kesintiye uğramasının gerekliliğine ilişkin uygulamalarda farklılıklar konusunda; B, D ve E projesinde bu riskle karşılaşılmıştır. A ve C projelerinde bu riskle karşılaşılmamıştır. B, D ve E projesinde, virüsün yayılma riskine karşı şantiyede durdurma kararı alınmıştır. A ve C projelerinde şantiye durdurulmadan devam etmiştir.

Yapım şirketleri arası anlaşmazlıkların artması riski konusunda; A ve E projesinde bu riskle karşılaşılmazken B, C ve D projelerinde bu risk görülmüştür. A projesinde görülmemesi sebebi, ana yüklenici firmanın bu konuda oluşabilecek riskleri önceden azaltması olarak dile getirilmiştir. E projesinde ise sözleşme imzalanmadan önce mücbir sebepler başlığı altında iyi bir planlama yapıldığı, ona göre sözleşmelerin imzalandığından bahsedilmiştir. Özellikle B projesinde projenin taşeron firması olması sebebiyle diğer firmalar arası anlaşmazlıkların daha sık görüldüğü dile getirilmiştir. C projesinde bu problemlerin görüldüğü ve bürokratik süreçle çözüldüğü dile getirilmiştir. D projesinde ise COVID-19 salgınıyla mücadelede alınan tedbirler neticesinde suistimale açık hale gelen durumlardan kaynaklı yapım şirketleri arasında anlaşmazlıklar çıktığından bahsedilmiştir. Mühendis; *COVID-19 olduğunu söyleyen pek çok firma çalışanı oldu, ilk çıktığı zamanlar bu hastalığın teşhisini anlamak o kadar kolay değildi. HES kodları çıkmamıştı. Mecburen inanmak zorunda kalıyorduk ve işlerimizin aksamasına neden oluyordu*, ifadelerine yer vermiştir.

Devam eden projelerin askıya alınması, yavaşlatılması, yeni projelerin başlangıç tarihinde gecikme ve projelerde revize ihtiyaçlarıyla birlikte maliyet artışları konusunda; her beş projede de bu risklerden en az biri görülmüştür. A projesinde, projenin yavaşladığı ve maliyetin arttığı dile getirilmiştir. Ancak bu risklere rağmen projede çalışan şirketin olumsuz etkilenmediği ve yeni projeler konusunda bir problem oluşmadığı dile getirilmiştir. B ve D projesinde, revize artışı, yavaşlama ve projenin bir süre askıya alınması söz konusu olmuştur. C projesinde de bu riskler görülmüş firmanın yeni alınacak projelerinin iptal edildiği dile getirilmiştir. E projesinde mühendis *'Vaka sayılarının en üst noktalara çıkmasıyla biz de projemizi askıya almak durumunda kaldık, ancak risk*

yönetimi planlamamızda mücbir sebepler başlığında böyle bir risk skalasını göz önünde bulundurduğumuz için maliyetlerin artışı proje bütçesini etkilemedi.' ifadelerine yer vermiştir.

Fiyat artışları, ek maliyetler, gelir kaybı ve ödeme gecikmesi konusunda; A ve E projesinde bu riskle karşılaşılmazken B, C ve D projelerinde karşılaşılmıştır. A projesinde, fiyat artışları ve ek maliyetlerden oluşabilecek risklerin önceden önlemlerinin alındığı dile getirilmiştir. B projesinde, fiyat artışları ve ek maliyetlerin taşeron firmayı etkilediği ve gelir kaybı oluşturduğu söylenmiştir. Bunun sonucunda çalışanlara ödeme gecikmeleri yaşanmıştır. C ve D projesinde de fiyat artışları ve ek maliyetler sebebiyle çalışanlara ödemelerin aksadığı dile getirilmiştir.

4.5 Temel Bulgular

Alan çalışmasının bulguları, çoklu durum incelemelerinde olduğu üzere örneklemin tanımı; COVID-19 salgını sırasında oluşan risklerin tanımlanmasıdır.

COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulgular

Literatürde tespit edilmiş riskler dışında alan çalışmasında öne çıkan bulgular (Tablo 4.17)'de gösterilmiştir. Bu riskler, literatürdeki riskleri destekleyen konulardadır.

Tablo 4. 18 COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulgular ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya oluşmamış, (-) risk oluşturmamış).

COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulgular		TOPLAM	A Projesi	B Projesi	C Projesi	D Projesi	E Projesi
1	Uzaktan Çalışma Durumundan Kaynaklanan Çalışma Saatlerinde Uzama ve Bunun Oluşturduğu Psikolojik Etkiler	2	+	o	+	o	o
2	Evden Çalışmanın Sonucu Olarak Teknolojik Ekipman Yetersizliği ve Buna Bağlı Yaşanan Gecikmeler	2	+	o	+	o	o

Tablo 4. 18 COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulgular ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya oluşmamış, (-) risk oluşturmamış)(devamı)

3	Projelerde Revizyon Artışı	2	-	+	+	-	-
4	Uzaktan Çalışmaya Bağlı Olarak Yanlış Uygulamalar ve Buna Bağlı Ek Maliyetler	2	o	+	+	o	o
5	Salgın Sırasında Uzaktan Çalışmaya Geçilmeyen Birimlerde Yaşanan Bulaşma Riski	3	+	+	+	+	+
6	Salgın Sırasında Uzaktan Çalışmaya Geçilmeyen Birimlerde Ulaşım Gereksinimi	1	+	o	-	-	O
7	Yönetimsel Olarak Açıkların Oluşması Riski (Çalışma Saatleri vb. Konularda Çalışan Kaynaklı Usulsüzlük gibi Konularda)	1	o	o	o	+	o

Yukarıdaki tabloda **(Tablo 4.17)**'da bahsedilen alan çalışmasında öne çıkan riskler konusunda karşılaştırmalar yapılmıştır

Uzaktan çalışma durumundan kaynaklanan çalışma saatlerinde uzama ve bunun oluşturduğu psikolojik etkiler konusunda; A ve C projelerinde uzaktan çalışmaya geçilen birimlerde bu risk sıkça görülmüştür. B projesinde görüşülen kişi firma yöneticisi olduğu için bu riskten bahsedilmemiştir. D ve E projesinde ise uzaktan çalışmaya geçilmemiştir.

Evden çalışmanın sonucu olarak teknolojik ekipman yetersizliği ve buna bağlı yaşanan gecikmeler konusunda; A projesinde yalnızca bir haftalık kısa bir sürede evden çalışmaya geçildiği, o dönemde de evdeki teknolojik imkanların yetersizliğinden kaynaklı gecikmeler yaşandığı söylenmiştir. Bu evden çalışmaya geçişin kısa süreli olması sebebiyle ev ortamında teknolojik imkân sağlanmaya gerek görülmediği dile getirilmiştir. B projesinde, evden çalışmaya geçilmediği söylenmiştir. C projesinde, görüşülen kişinin kendi isteğiyle evden çalışmaya geçtiği ve teknolojik imkanını kendisi sağladığı tespit edilmiştir. D ve E projesinde ise uzaktan çalışmaya geçilmemiştir.

Projelerde revizyon artışı konusunda; A, D ve E projesinde proje revizyonlarının artmadığı dile getirilirken B ve C projelerinde bu riskle karşılaşılmıştır. C projesinde

proje revizyonları sebebiyle çok fazla duraksama yaşandığı ve yanlış uygulamalar yapıldığı dile getirilmiştir. Bu revizyonların artışının sebebi olarak, proje ofisinde çalışan mimarların COVID-19 salgını döneminde uzaktan çalışmaya geçmesi ile birlikte şantiye sahasında yerinde ölçüm ve tespit yapamamaları gösterilebilir. Bu eksikliklerin sonucunda projenin uygulamayla uyuşmaması, uygulama yapan işçilerle iletişimsizlik ve sonuç olarak da yanlış uygulamalar görülmüştür.

Uzaktan çalışmaya bağlı olarak yanlış uygulamalar ve buna bağlı ek maliyetler konusunda; A projesinde böyle bir risk oluşmazken B ve C projelerinde görülmüştür. C projesinde yanlış uygulamalara rastlanmıştır. D ve E projesinde ise uzaktan çalışmaya geçilmemiştir.

Salgın sırasında uzaktan çalışmaya geçilmeyen birimlerde yaşanan bulaşma riski konusunda; her beş projede de alınan önlemlere rağmen bulaşma riskiyle karşı karşıya gelinmiştir. Bunun sebebi olarak uzaktan çalışmaya geçemeyen birimlerin aynı ortamda temas halinde olması gösterilebilir.

Salgın sırasında uzaktan çalışmaya geçilmeyen birimlerde ulaşım gereksinimi konusunda; A projesinde uzaktan çalışmaya geçilmeyen birimlerde ulaşım sağlanmış, B projesinde böyle bir ulaşım ihtiyacı duyulmamıştır. C ve D projesinde de böyle bir gereksinim, risk olarak hissedilmemiştir. B ve E projesinde ise inşaat alanında işçilerin konaklayabileceği alanlar olduğu için risk oluşturmamıştır.

Yönetimsel olarak açıkların oluşması riski konusunda D projesinde görüşülen kişi böyle bir durumun yaşandığından bahsetmiştir. *‘Mühendisler olarak sahada her işimizi planlı, kaliteli ve uygun maliyette yapmak isteriz. Mücbir sebepler öne sürerek kişiler anlaşılan süreleri, kaliteyi ihmal ettiler. Hastalığın da sahip olduğu belirsizlikler yüzünden karşı çıkamadığımız durumlar oluşturdu. Örnek vermek gerekirse insanların testi COVID-19 negatif çıksa da salgından hayatını kaybedenler oldu. Ya da hastalığın başlangıç seviyesinde hasta olup olmadığınız belli olmuyor, ilerleyen zamanlar da netleşiyor. Bütün bunlar yüzünden inşaat süreci suistimale açık hale geldi, mühendislik bakış açısına ters şeyler oluşturdu. Taviz vermek zorunda kaldık.*’ ifadelerine yer vermiştir.

A, B, C ve E projelerinde böyle bir riskten bahsedilmemiştir.

Alan çalışmasında, literatüre ek olarak tespit edilen bu riskler, inşaat sektöründe Türkiye’de öne çıkan COVID-19 salgını sonrası riskler olarak değerlendirilebilir.

Tablo 4. 19 COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulguların Literatür ve Vakalar Üzerinden Karşılaştırılması ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış.  literatür ve vakalarda ortak görülen riskler,  literatür ve vakalarda hiç bahsedilmemiş veya yaşanmamış riskler  literatür ve vakalarda ortak görülmeyen riskler.

COVID-19 Salgınında Oluşan Riskler		TOPLAM (+, -, 0)	A Projesi	B Projesi	C Projesi	D Projesi	E Projesi	(Alsharef ve diğ. (2021)	(Minnullina ve diğ. (2020)	(Isherwood ve diğ. (2020)	(Afkhamiaghda & Elwakil, 2020)	(Shibani, Hassan, & Shakir, 2020)	(Mckinsey&Company, 2021)	(Ogunnusi ve diğ. (2020)
1	Malzeme Tesliminde Gecikme ve Malzeme Yetersizliği	7,2,3	-	+	+	+	-	+	o	+	o	+	o	+
2	Uzaktan Çalışmayla Yaşanan Verimsizlik Riski	8,0,4	+	+	+	+	o	+	+	+	o	o	o	+
3	Çalışma Hayatı Koşullarında Oluşan Zorluklar	9,0,3	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	o	o
4	Kişisel Koruyucu Ekipman (KKD) Kıtlığı, Yapım Projelerinin İşbirlikçi Doğası Gereği Virüsün Yayılma Riski	6,2,4	-	+	+	-	+	+	o	+	+	o	o	o
5	İnşaat Faaliyetlerinin Salgın Sürecinde Kesintiye Uğramasının Gerekliliğine İlişkin Uygulamalarda Farklılıklar	8,2,2	-	+	-	+	+	+	+	+	o	o	+	+

Tablo 4. 19 COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulguların Literatür ve Vakalar Üzerinden Karşılaştırılması ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış. (I) literatür ve vakalarda ortak görülen riskler, (II) literatür ve vakalarda hiç bahsedilmemiş veya yaşanmamış riskler (III) literatür ve vakalarda ortak görülmeyen riskler.(devamı)

6	Yapım Şirketleri Arası Anlaşmazlıkların Artması Riski	8,2,2	-	+	+	+	-	+	+	+	o	o	+	+
7	Devam Eden Projelerin Askıya Alınması, Yavaşlatılması, Yeni Projelerin Başlangıç Tarihinde Gecikme ve Projelerde Revize İhtiyaçlarıyla Birlikte Maliyet Artışları	10,1,1	+	+	+	+	-	+	+	+	o	+	+	+
8	Fiyat Artışları, Ek Maliyetler, Gelir Kaybı ve Ödeme Gecikmesi	9,2,1	-	+	+	+	-	+	+	+	o	+	+	+
9	Uzaktan Çalışma Durumundan Kaynaklanan Çalışma Saatlerinde Uzama ve Bunun Oluşturduğu Psikolojik Etkiler	2,0,10	+	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o
10	Evden Çalışmanın Sonucu Olarak Teknolojik Ekipman Yetersizliği ve Buna Bağlı Yaşanan Gecikmeler	2,0,10	+	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o
11	Projelerde Revizyon Artışı	2,3,7	-	+	+	-	-	o	o	o	o	o	o	o
12	Uzaktan Çalışmaya Bağlı Olarak Yanlış Uygulamalar ve Buna Bağlı Ek Maliyetler	2,0,10	o	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o

Tablo 4. 19 COVID-19 Salgınında Oluşan ve Görüşmelerde Öne Çıkan Bulguların Literatür ve Vakalar Üzerinden Karşılaştırılması ((+) risk tespit edilmiş, (o) risk dile getirilmemiş veya yaşanmamış, (-) risk oluşturmamış. (I) literatür ve vakalarda ortak görülen riskler, (II) literatür ve vakalarda hiç bahsedilmemiş veya yaşanmamış riskler (III) literatür ve vakalarda ortak görülmeyen riskler.(devamı)

13	Salgın Sırasında Uzaktan Çalışmaya Geçilmeyen Birimlerde Yaşanan Bulaşma Riski	5,0,7	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o
14	Salgın Sırasında Uzaktan Çalışmaya Geçilmeyen Birimlerde Ulaşım Gereksinimi	1,2,9	+	o	-	-	o	o	o	o	o	o	o	o	o
15	Yönetimsel Olarak Açıkların Oluşması Riski (Çalışma Saatleri vb. Konularda Çalışan Kaynaklı Usulsüzlük gibi Konularda)	1,0,11	o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o

Yukarıdaki tabloda (I) bahsedilen alan çalışmasında ise literatürde bulunan kaynaklardan elde edilen riskler ile örnek alan çalışmalarındaki elde edilen risklerin bulguları karşılaştırılmıştır. Ortak görülen riskler turuncu renk ile gösterilmiştir. Sarı renk ile gösterilen kutular, ilgili kaynakta (literatürde veya vakalarda) ortak görülmeyen risklerdir. Dolayısıyla riskler arasında karşılaştırılma yapıldığında bir sırada sarı renk gördüğümüzde, literatür ve vakalar arasındaki farklı riskleri fark ederiz. Kırmızı ile gösterilen kutular ise hiç bahsedilmemiş veya yaşanmamış risklerdir. 9,10,11,12,13,14 ve 15 numaralı risklerde soldan itibaren 7 kutunun da kırmızı renk ile gösterilmesi bize bu risklerin yalnızca örnek olaylarda görülen yeni riskler olduğunu, literatür kaynaklarında rastlanılmadığını gösterir.

Elde edilen verilere göre bulunan risklerden; malzeme tesliminde gecikme ve malzeme yetersizliği durumu ele alındığında literatürde yedi kaynaktan dördünde yaşanmış olup; durum araştırmasında beş vakadan üçünde görülmüştür. Uzaktan çalışmayla verimsizlik yaşandığı düşüncesi literatürde dört kaynakta onay görmüş; vaka çalışmalarında beş vakadaki katılımcıların ortak fikri olmuş, bir vakada ise hissedilmemiştir. Çoklu durum analizine göre beş vakada da COVID-19 salgınıyla beraber çalışma hayatında zorluklar

yaşanmıştır. Literatür araştırmamızda yedi kaynaktan dördünde bu durumun yaşandığından bahsedilmiştir. Kişisel koruyucu ekipman (KKD) kıtlığı riski, vakaların üçünde görülürken; literatürde yedi kaynaktan üçünde bahsedilmiştir. Yapım projelerinin işbirlikçi doğası gereği virüsün yayılma riski her zaman vardır. Önüne geçilebilmesi, en azından riskin azaltılması dijitalleşme ile mümkün olabilir. İnşaat faaliyetlerinin salgın sürecinde kesintiye uğramasının gerekliliğine ilişkin uygulamalarda farklılıklar olduğu riski vakalardan üçünde gözlemlenmiş; literatür araştırmalarında ise yedi kaynaktan dördünde görülmüştür. Devam eden projelerin askıya alınması, yavaşlatılması, yeni projelerin başlangıç tarihinde gecikme ve projelerde revize ihtiyaçlarıyla birlikte maliyet artışları riskleri hem literatürde hem de vakalarda en çok gözlemlenen risklerdendir. Beş vakanın dördünde görülmüştür. Literatür araştırmasına göre yedi kaynaktan altısında rastlanır. Fiyat artışları, ek maliyetler, gelir kaybı ve ödeme gecikmesi gibi risklerinde görülme oranı yüksektir. Beş vakadan üçünde gözlemlenirken; literatürde yedi kaynaktan altısında rastlanır.

Ayrıca incelenen vakalarda literatürde olmayan yeni risklere rastlanmıştır. Bunlardan; uzaktan çalışma durumundan kaynaklanan çalışma saatlerinde uzama ve bunun oluşturduğu psikolojik etkiler, vakalardan ikisinde görülürken; evden çalışmanın sonucu olarak, teknolojik ekipman yetersizliği ve buna bağlı yaşanan gecikmeler beş vakadan ikisinde rastlanır. Projelerde revizyon artışı ve uzaktan çalışmaya bağlı olarak yanlış uygulamalar ve buna bağlı ek maliyetler risklerine beş vakanın ikisinde bahsedilmiştir. Salgın sırasında uzaktan çalışmaya geçilmeyen birimlerde yaşanan bulaşma riski tüm vakalarda görünen bir risktir. Son olarak da salgın sırasında uzaktan çalışmaya geçilmeyen birimlerde ulaşım gereksinimi ve yönetsel olarak açıkların oluşması riskleri birer vaka da dile getirilmiştir.

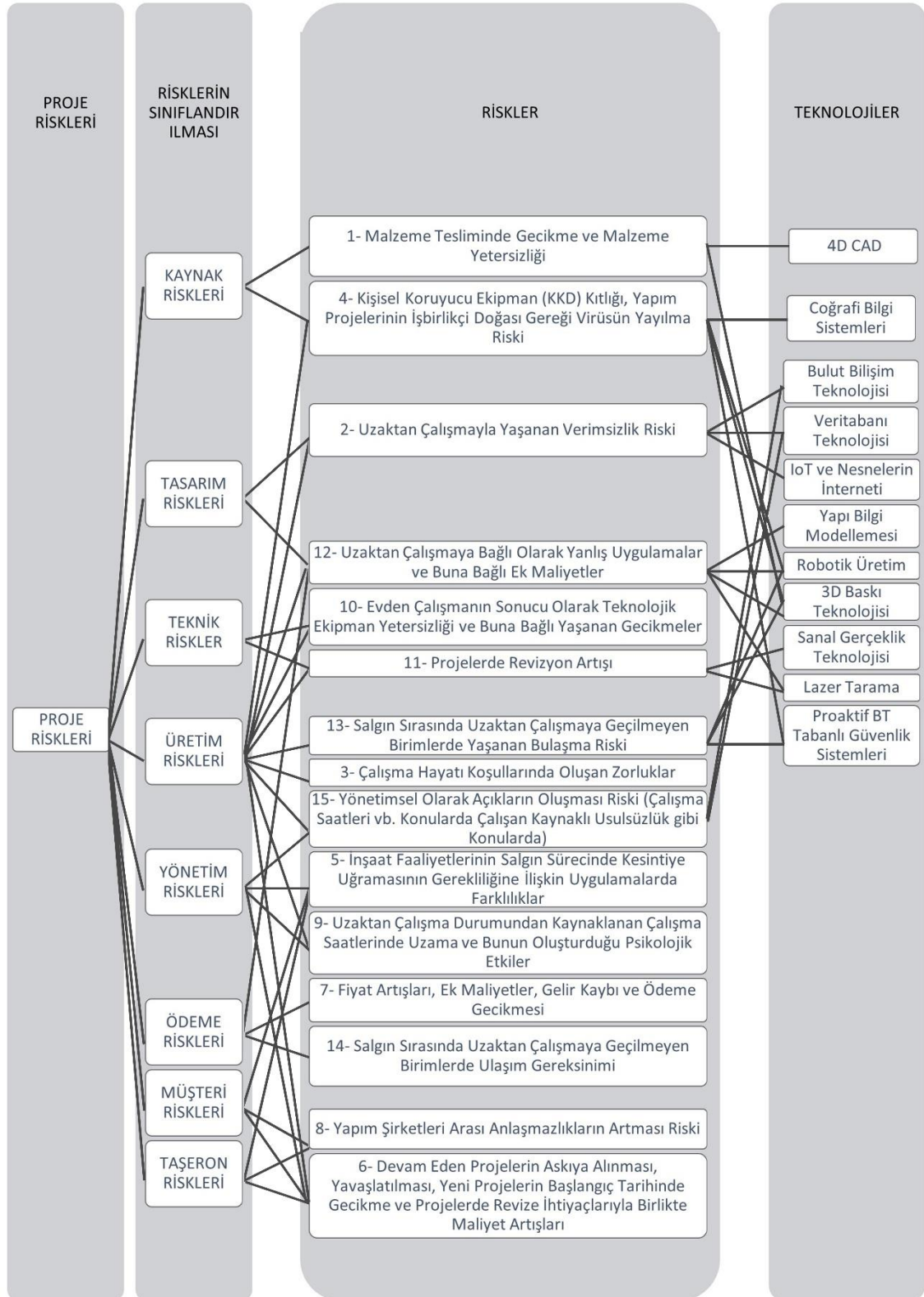
COVID-19 salgınının Dünya ve Türkiye ekonomisine, ayrıca dolaylı ve doğrudan bir yolla yapım endüstrisine olumlu ve olumsuz etkileri olmuştur. Giriş bölümünde COVID-19 dönemiyle birlikte inşaat sektöründeki genel gidişattan bahsedilmiştir. COVID-19 salgınının neden olduğu ekonomik krizin özelliklerinden bahsedilmiş, COVID-19'un istihdam& çalışma hayatı açısından etkileri ve öngörülleri anlatılmıştır. Türkiye'de COVID-19 salgınına karşı istihdam ve çalışma hayatı açısından alınan tedbirler ve uygulamalar açıklanmıştır.

İkinci bölümde öncelikle yapım projelerindeki risk kavramından ve risk yönetim sürecinden bahsedilmiştir. Olağan seyrinde iken yapım projeleri, projenin başarıyla sonuçlanamaması ihtimaline karşılık birtakım riskler taşır. COVID-19 süreciyle beraber yapım projelerinin taşıdığı riskler evrilmiş; beraberinde döneme özgü 'yeni' proje risklerini doğurmuştur. Bu proje riskleri literatür üzerinden ve çoklu durum araştırması ile incelenmiştir. Literatüre göre döneme özgü oluşan riskler arasından sekiz başlık belirlenmiştir.

Üçüncü bölümde, inşaat sektöründe kullanılan dijital teknolojiler anlatılmıştır. Bu teknolojilerin uygulanmasında önündeki engellerden ve bu teknolojilerin sağlayıcılarından bahsedilmiştir. Bu teknolojilerle ortaya çıkan uzmanlıklar ve yeni aktörlerden bahsedilmiştir. Tezin hipotezlerinden birinde öne sürüldüğü gibi bu teknolojilerin verimli kullanılabilmesi sonucunda COVID-19 salgını sırasında karşılaşılabilecek risklerin azaltılması söz konusu olabilir.

Dördüncü bölümde ise literatürde görülen COVID-19 dönemine özgü risklerin araştırma kapsamını genişletmek amacıyla alan çalışmaları yapılmıştır. Alan çalışmasında, Türkiye'de bulunan 5 adet yapı projesinin COVID-19 salgını sırasında oluşan riskleri tespit edilip nasıl indirgenebileceği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda bulunan riskler (Şekil 2. 3)'den referans alınarak sınıflandırılmıştır. Oluşan risklerin indirgenmesinde; teknolojik imkân olarak neler yapılabileceği ve bu yöntemlerle risklerin nasıl indirgenebileceği, literatürdeki teknoloji örnekleri üzerinden değerlendirilip risklerle karşılaştırılarak öneriler sunulacaktır.

Tablo 5. 1 Belirlenen risklerin sınıflandırılması ve teknolojilerle çözümleme



(**Tablo2.2**)’de literatürde belirlenen riskler sınıflandırılmıştır. (**Tablo 4.18**)’da görülen görüşmelerde elde edilen bulgulardaki riskler de (**Şekil 2. 3**)’deki diyagramdan referans alınarak sınıflandırılmaya dahil edilmiştir. Görüşmelerden elde edilen risklerden; uzaktan çalışmaya bağlı olarak yanlış uygulamalar ve buna bağlı ek maliyetler tasarım riski kapsamında değerlendirilebilir.

Görüşmelerden elde edilen risklerden; evden çalışmanın sonucu olarak teknolojik ekipman yetersizliği, buna bağlı yaşanan gecikmeler ve projelerde revizyon artışı riski teknik riske girer. Evden çalışma sonucu yaşanan teknolojik ekipman yetersizliği, teknik çalışmaların verimini etkiler. İnşaat sektöründe teknik çalışma süreci pek çok alandaki disiplinler arası çalışmaların koordinasyonu ile olur. Bu koordinasyonun sağlıklı yürütülmesiye teknolojik ekipman altyapıyla doğrudan ilişkilidir.

Projelerdeki revizyon artışı riskini, üretim riski kategorisine de sokmak mümkündür. Projelerdeki revizyon sayısı arttıkça teknik kapsamdaki iş akışı zarar görür. Örneğin; yapılan bir teknik çizimin onaylanıp imalata geçme süresi, proje revizyona girdikçe uzayacaktır. Aynı zamanda revizyon sayısı arttıkça üretim süreci doğrudan olumsuz etkilenecektir. Şekil 2. 9’deki kategorilere ek olarak; evden çalışmanın sonucu olarak teknolojik ekipman yetersizliği, buna bağlı yaşanan gecikmeler riski, uzaktan çalışmaya bağlı olarak yanlış uygulamalar, buna bağlı ek maliyetler, uzaktan çalışma durumundan kaynaklanan çalışma saatlerinde uzama; bunun oluşturduğu psikolojik etkiler riski, yönetsel olarak açıkların oluşması riski ve salgın sırasında uzaktan çalışmaya geçilmeyen birimlerde yaşanan bulaşma riskleri, üretim riskleri kapsamında değerlendirilmektedir. Üretim süreci belirli bir iş programı çerçevesinde ilerler. İş programına etki eden faktörler arasına; teknolojik ekipmanlarını uygulamaların doğruluğunu, maliyet ve yönetim mekanizmasını, çalışan psikolojisini, çalışan sağlığını, sokmak mümkündür. Bu faktörlerden herhangi birinin etkilenmesi iş programına yansıtacağı için üretim sürecini ilgilendirmektedir.

Yönetim riskleri kapsamında; yönetsel olarak açıkların oluşması riski, uzaktan çalışma durumundan kaynaklanan çalışma saatlerinde uzama ve bunun oluşturduğu psikolojik etkileri riskini söyleyebiliriz. COVID-19 salgınıyla mücadele kapsamında alınan önlemler sonucu, birtakım çalışma koşullarında değişikliklere gidilmiştir. Bu da kontrol mekanizmasının çok güçlü olmamasından kaynaklı yönetsel açıklara sebebiyet vermiştir. Uzaktan çalışma durumundan kaynaklanan çalışma saatlerinde uzama; bunun

oluşturduğu psikolojik etkiler de çalışanların ruh sağlığı dengede bir şekilde işlerini yapmalarını etkiler ve çalışanları kontrol etmekte yönetsel zorluklara neden olur.

Uzaktan çalışmaya bağlı olarak yanlış uygulamalar, buna bağlı olarak ek maliyetler ve salgın sırasında uzaktan çalışmaya geçilmeyen birimlerde ulaşım gereksinimi riski ödeme riski kapsamında incelenmiştir. Uzaktan çalışmaya bağlı olarak yapılan yanlış uygulamaların maliyetlerinin karşılanması konusu, müşteri& yüklenici kapsamında problemlere neden olabilir. Aynı zamanda salgın sırasında uzaktan çalışmaya geçilmeyen birimlerde ulaşım gereksinimi ek maliyet oluşturacağı için ödeme riskine girer.

Çalışmada ortaya çıkarılan risklerin teknolojik imkanlarla çözülmesi konusunda aşağıdaki öneriler verilebilir;

- Kaynak risklerinden, malzeme tesliminde gecikme, malzeme yetersizliği konusunda; daha çok küresel malzeme tedarikçilerinden kaynaklanan bu risk, yerel önlemleri ve inşaat ölçeğinde alınabilecek teknolojik önlemleri aşan bir durum olmakla beraber, projede malzeme gereksinimlerinin ne zaman ve ne kadar olacağını önceden hesaplayan bir teknolojiyle indirgenebilir. Öneri olarak 4D CAD uygulamaları, 3 boyutlu projeye kattığı zaman olgusuyla bu malzeme ihtiyaçlarını; projenin hangi aşamasına ne zaman geçileceği ve bu aşamalarda ne kadar malzeme gerekeceğini önceden hesaplayabilecek imkanlar verebilir. Diğer yandan malzeme gecikmesi ve yetersizliği problemine ortamdaki malzemeyle üretim yapabilme imkânı sağlayan 3D baskı teknolojisi öneri olarak verilebilir.

3D baskı teknolojilerinin kullanımıyla ilgili, E projesindeki inşaat mühendisinin görüşlerine göre de oldukça faydalı ve etkili olabilecek bir teknolojidir. Sahada inşaat başlamadan önce hazır edilen malzemelerin, 3d teknolojilerle üretilebilecek bağlantı ürünlerle monte edilebileceği böylelikle çok daha hatasız ve kısa sürebileceğinden bahsetmiştir.

- Kaynak ve üretim risklerinden kişisel koruyucu ekipman (KKD) kıtlığı, yapım projelerinin işbirlikçi doğası gereği COVID-19 salgınının yayılma riski konusunda; KKD kıtlığı yine inşaat sektörünün dışında, malzeme sağlayıcılarının oluşturduğu bir risk olarak kabul edilebilir. Yapım projelerindeki iş gücü gereksiniminden kaynaklanan COVID-19 salgınının yayılma riskinin indirgenmesi için, iş gücünü azaltabilecek ve uzaktan çalışmaya olanak sağlayabilecek robotlar ve 3 boyutlu yazıcıların şantiyede kullanıma sokulması öneri olarak verilebilir. Aynı zamanda COVID-19 salgınının yayılma riskini

azaltabilecek coğrafi bilgi sistemlerinden ve proaktif BT tabanlı güvenlik sistemlerinden faydalanmak mümkündür. Çalışanlar arasındaki sosyal mesafeler bu sistemlerin veri tabanlarından faydalanarak korunabilir. Otonom ya da yarı otonom robotların şantiyede kullanıma sokulması da çalışan insan sayısını azaltacağı için virüsün bulaşma riskini indirgemedede bir çözüm olarak sunulabilir.

- Tasarım risklerinden, uzaktan çalışmayla yaşanan verimsizlik riski konusunda; bu riski oluşturan birçok etken vardır. Bunlardan biri literatürde tespit edilen ve alan çalışmasında da görüşülen kişinin dile getirdiği gibi ofis çalışanlarının birbiri arasında iletişiminin kopması olabilir. Bu riski indirgeyebilecek teknolojiye örnek olarak, ofis çalışanlarının sahadaki çalışanlarla birebir iletişimde olabileceği sanal çalışma ortamları (Microsoft Teams gibi), BIM sistemlerine entegre çalışabilen bulut bilişim sistemleri ve veri tabanı sistemleri gösterilebilir. Bu sistemlere ek olarak şantiye alanında kullanılan makinelerin İoT teknolojisiyle uzaktan erişime elverişli hale getirilmesi yine bu riski indirgeyebilecek bir başka teknolojik öneridir. Bu konuda bahsedilen teknolojilerin verimli kullanımı için uzaktan çalışmaya geçen kişilere alakalı teknolojik ekipmanın sağlanması da gerekmektedir.

Bu konuda C projesinde COVID-19 döneminde uzaktan çalışan BIM uygulayıcısı; projenin yalnızca Revit üzerinden modelinin çalışıldığı, bu yüzden projenin sahadaki çalışanlara aktarılırken oluşan iletişim problemlerine karşı BIM entegre sistemlerinin de sisteme dahil edilmesi gerektiği görüşünü paylaşmıştır. Böylelikle uzaktan erişme çok daha elverişli hale gelecektir.

- Tasarım, üretim ve ödeme risklerinden uzaktan çalışmaya bağlı olarak yanlış uygulamalar ve buna bağlı ek maliyetler risklerinin önüne geçilmesi konusunda yapı modellemesi, lazer ve VR teknolojilerinden faydalanılabilir. Şantiyedeki durumun gerçek zamanlı taramaları lazer tarama teknolojisiyle yapılabilir ve bu görüntüler çalışanlara VR teknolojisiyle ulaştırılabilir. Yapı modellemesi sayesinde tasarım risklerinin önüne geçilerek şantiye ortamından uzakta sağlıklı bir çalışma ortamı oluşturulabilir.

Bu konuyla ilgili olarak D projesindeki görüşülen şantiye şefi ‘ Yaptığımız iş programlarında hata olmaması gerekiyor. Bu süreçte imalatların düzgün ölçü alınıp doğru yapılmasıyla doğrudan orantılı. COVID-19 süreci boyunca bu planlamaların sarkması riskiyle karşı karşıya kaldık. VR ,lazer ve yapı modellemesi teknolojileri sayesinde imalata girecek ürünlerin doğru ölçülmesi en

azından projelerdeki revizyon sayısını azaltacak, yapılan simülasyonlarla tek seferde imalata gidilebilmesi bize uzaktan daha sağlıklı çalışma ortamı sağlayacaktır' ifadelerine yer vermiştir.

- Üretim ve teknik risklerinden projelerde revizyon artışı riski üstesinden lazer teknolojisi ve sanal gerçeklik ile gelinebilir. Şantiyedeki durumun taramaları lazer tarama teknolojisiyle yapılabilir ve bu görüntüler çalışanlara VR teknolojisiyle ulaştırılabilir.
- Üretim risklerinden, salgın sırasında uzaktan çalışmaya geçilmeyen birimlerde yaşanan bulaşma riskini önlemek amaçlı çalışanlar arasındaki sosyal mesafeler, proaktif BT tabanlı güvenlik sistemi veri tabanlarından faydalanarak korunabilir. Ayrıca otonom ya da yarı otonom robotların şantiyede kullanıma sokulması da çalışan insan sayısını azaltacağı için virüsün bulaşma riskini indirgemede bir çözüm olarak sunulabilir.
- Yönetim risklerinden, yönetimsel olarak açıkların oluşması durumu vakalardan birinde bahsedildiği gibi COVID-19 salgınıyla mücadelede alınan önlemler kapsamı sonucu doğmuştur. Örnek verilecek olursa COVID-19 salgınının şantiyelerde görülmeye başlanmasıyla çalışma saatleri, günleri vb. konularda çalışan kaynaklı usulsüzlüklerin kontrolü güçleşmiştir. Bu riskin önüne geçebilmek amaçlı, çalışanların kontrolünü daha kolay sağlamak açısından bulut bilişim ve veri tabanı teknolojisini önerebiliriz.
- Yönetim, ödeme, müşteri ve taşıyon riskleri gibi riskler üretim aksaklıklarından kaynaklı oluştukları için üretim, teknik, tasarım ve kaynak risklerini çözümleyen teknolojiler dolaylı olarak bu risklerin çözümüne de etki etmektedir.

- Ababneh. (2000). An Integrated Approach Of Construction Risk Management And Evaluation. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; doktora tezi.*
- Afkhamiaghda, M., & Elwakil, E. (2020). Preliminary Modeling of Coronavirus (COVID-19) Spread in Construction Industry. *Journal of Emergency Management Vol. 18, No. 7, 9-17.* doi:10.5055/jem.2020.0474
- Agarwal, S. (2016). Review on Application of Augmented Reality in Civil Engineering. *International Conference on Inter Disciplinary Research in Engineering and Technology*, 68-71. 2021 tarihinde <https://edlib.net/2016/icidadret/ICIDRET2016015.pdf> adresinden alındı
- Al- Bahar, J., & Crandall, K. (1990). Systematic Risk Management Approach for Construction Projects. *ASCE*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1990\)116:3\(533\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1990)116:3(533)) adresinden alındı
- Alsharef, A., Banerjee, S., Uddin, S., Albert, A., & Jaselskis, E. (2021). Early Impacts of the COVID-19 Pandemic on the United States Construction Industry. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph18041559>
- Anderson, G. (1990). *Fundamentals of Educational Research*. London: The Felmer Press.
- ArcMap. (2021). ArcGIS: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/> adresinden alındı
- Arslan, & M. (2003). Türkiye'de İnşaat Proje Yönetiminin Yeri,. *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Arslan, B. A. (2020, Mayıs-Haziran). www.santiye.com.tr. [santiye.com.tr](http://www.santiye.com.tr): <https://www.santiye.com.tr/edergi/381/74/> adresinden alındı
- Autodesk. (2021). <https://www.autodesk.com.tr/solutions/bim> adresinden alındı
- Autodesk. (2021). Autodesk. BIM leadership: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/pdfs/autodesk-ebook-bim-getting-started-guide-bldgs-en.pdf> adresinden alındı

- Autodesk. (2021). *Inside Look at 12 Projects Winning With BIM*. Autodesk: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/bim/docs/autodesk-bim-excellence-ebook.pdf> adresinden alındı
- Bailey, J., Bouchardie, N., & Madalena, I. (2020). *COVID-19: The Current Impact on Construction and Engineering Projects*. <https://www.whitecase.com/https://www.whitecase.com/publications/alert/covid-19-current-impact-construction-engineering-projects> adresinden alındı
- Balcı, Y., & Çetin, G. (2019). COVID-19 Pandemi Sürecinin Türkiye'de İstihdama Etkileri ve Kamu Açısından Alınması Gereken Tedbirler. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Covid-19 Sosyal Bilimler Özel Sayısı*, 40-58.
- Balcı, Y., & Çetin, G. (2020). COVID-19 PANDEMİSİNİN TÜRKİYE EKONOMİSİNDE İSTİHDAM VE ÇALIŞMA HAYATI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ. [info:eu-repo/semantics/openAccess](https://info.eu-repo.semantics/openAccess) adresinden alındı
- Baloi D., P. A. (2003). Modelling Global Risk Factors Affecting Construction Cost Performance. *International Journal of Project Management*.
- BALTACI, A. (30.04.2018). *Nitel Araştırmalarda Örneklem Yöntemleri ve Örnek Hacmi Sorunsalı Üzerine Kavramsal Bir İnceleme*.
- Bateman I., j. D. (2009). Reducing gain-loss asymmetry: a virtual reality choice experiment valuing land use change. *Journal of Environmental Economics and Management*. 58(1),106-118.
- Batiprint 3D. (2021). <https://www.batiprint3d.com/fr> adresinden alındı
- Batiprint 3D. (2021). https://www.batiprint3d.com/sites/default/files/2020-05/Revue_de_Presse%20%281%29.pdf adresinden alındı
- Bernard, H. R. ((2011). . Research Methods in Anthropology. *Research Methods in Anthropology: Qualitative And Quantitative Approaches*.
- Biblus. (2021). BIM Manager, BIM Specialist and BIM Coordinator roles and responsibilities: <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-manager-bim-specialist-and-bim-coordinator-roles-and-responsibilities/> adresinden alındı

- Birgönül, MT, & Dikmen, İ. (1996). İnşaat Projelerinin Risk Yönetimi. *İMO Teknik Dergi* 97,1305-1326.
- Birgönül, T., & Dikmen, İ. (1996). İnşaat Projelerinin Risk Yönetimi M. *İMO Teknik Dergi*, 1305-1326.
- Birgönül, T., Dikmen, İ., & Han, S. (2007). Using Fuzzy Risk Assessment to Rate Cost Overrun Risk International Construction Projects. *sciencedirect*.
- BLS. (2019). *U.S Bureau of Labor Statistics; Labor productivity and costs*. www.bls.gov: <https://www.bls.gov/lpc/construction.htm> adresinden alındı
- Built Robotics*. (2021). <http://www.builtrobotics.com/> adresinden alındı
- Casady, C. B., & Baxter, D. (2020). Pandemics_Public-Private_Partnerships_PPPs_and_Forve_Majeure_COVID-19_Expectations_and_Implications. *COCID-19 Expectations and Implications Article in Construction Management and Economics*.
- COAA. (2020). Best Principles for Managing COVID-19 Risks. *Construction Owners Association of Alberta ("COAA")*, 1-163. <https://www.coaa.ab.ca/library/best-principles-for-managing-covid-19-risks/> adresinden alındı
- Construction Manager*. (2020). Construction expected to shed 10% of workforce by September: <https://constructionmanagemagazine.com/construction-expected-to-shed-10-of-workforce-by-september/> adresinden alındı
- Construction Robotics*. (2021). <https://www.construction-robotics.com/sam-2/> adresinden alındı
- Çam, F. (2005, Ocak). İnşaat Sektöründe Proje Risk Yönetimi ve Bir Risk Modellemesi Örneği Yüksek Lisans Tezi. *İ.T.Ü. İşletme Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- dfab*. (2021). The National Centre of Competence in Research : <https://dfab.ch/streams/spatial-timber-assemblies#> adresinden alındı
- Dikmen, I., Birgonul, M., & Han, S. (2006). Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects. *Middle East Technical University, Civil Engineering Department*.

- Ding, Z., Niu, J., Liu, S., Wu, H., & Zuo, J. (2020). An approach integrating geographic information system and building information modelling to assess the building health of commercial buildings. *Journal of Cleaner Production* 257.
- Fırat, S. Ü. (6 Haziran 2016). Sanayi 4.0 dönüşümü nedir? Belirlemeler ve Beklentiler. *Global Sanayici Dergisi, ÇOSB Yayını*.
- Fischer, M. (2021). *4D CAD Modeling: Visual Intelligence for Construction Management*. Stanford.edu: <https://web.stanford.edu/~fischer/research/4DCADModeling.pdf> adresinden alındı
- Forstnyne, P. (2014). Proactive construction safety systems and human factor. *Proc. Inst. Cib. Eng. Manage.; Procurement Law*, 167, 242-252.
- Gamil, D. Y., & Alhagar, A. (06.2020). The Impact of Pandemic Crisis on the Survival of Construction Industry: A Case of COVID-19. *Mediterranean Journal of Social Sciences*.
- Gamio, L. (2020). *The Workers Who Face the Greatest Coronavirus Risk*. nytimes: <https://www.nytimes.com/interactive/2020/03/15/business/economy/coronavirus-worker-risk.html> adresinden alındı
- Gleason, D. (2013). Laser Scanning for an Integrated BIM. *Lake Constance 5D-Conference 2013*. 2021 tarihinde <https://www.tekla.com/de/trimble-5d/laser-scanning-for-bim.pdf> adresinden alındı
- Goodman, J. (2020). *Hard hat device facilitates social distancing, contact tracing*. <https://www.constructiondive.com/news/hard-hat-device-facilitates-social-distancing-contact-tracing/580822/> adresinden alındı
- GÖKYİĞİT, E. (OCAK 2014). TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 4 BOYUTLU (4D) MODELLEMENİN UYGULANABİLİRLİĞİ. *İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ↔ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ*.
- Gumble, C. (2020). Making the best of a bad situation. *Construction Manager, May*, 18. https://www.constructionmanagemagazine.com/wp-content/uploads/2020/06/Construction_Manager_May_2020.pdf adresinden alındı

- Guo, S.-J. (2002). Identification and Resolution of Work Space Conflicts in Building Construction. *J Const Eng Manage*.
- Güler, G. (2017). İNŞAAT PROJELERİNDE ÇALIŞANLARIN RİSK YÖNETİMİ VE RİSK AZALTICI TEDBİRLER KARŞISINDAKİ TUTUMLARI:. *AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ YÜKSEK LİSANS TEZİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI*.
- Gürer, & E., E. (1997). İnşaat Sektöründeki Riskler Korunma Seçenekleri ve İnşaat Sigortaları. *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü ,İstanbul*.
- He, H., Schnabel, M., Chen, R., & Wang, N. (2017). A Comprehensive Application of BIM Modelling for Semi-underground Public Architecture. *Future Trajectories of Computation in Design 17th International Conference CAAD futures*, 297-308.
- Helm, V., Ercan, S., Gramazio, F., & Kohler, M. (2012). Mobile Robotic Fabrication on Construction Sites: dimRob*. *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 4335-4341. doi:10.1109/IROS.2012.6385617
- Hook, J. (2020). *Engineering & Construction in a post-COVID world: weathering the storm*. <https://www.pwc.com/>: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/crisis-solutions/covid-19/engineering-construction-post-covid-world.html> adresinden alındı
- IBM. (2021). *Bulut veritabanı nedir?* IBM: <https://www.ibm.com/tr-tr/cloud/learn/what-is-cloud-database> adresinden alındı
- IBM Cloud. (2021). IBM: <https://www.ibm.com/tr-tr/cloud> adresinden alındı
- ILO. (2020, 04 7). ILO Monitor: COVID-19 and the World of Work. Second Edition, Updated estimates and Analysis.
- ILOa. (2020, 5 11). *In the face of a pandemic: Ensuring Safety and Health at Work*. <https://www.ilo.org/global/public>: <https://www.ilo.org/global/public> adresinden alındı
- IMF. (2021, 05 15). "World Economic Outlook, April 2020: The Great Lockdown". www.imf.org: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/04/14/weo-april-2020> adresinden alındı

- IoT in construction*. (2021). Science Soft: <https://www.scnsoft.com/blog/cutting-back-construction-costs-and-delays-with-iot> adresinden alındı
- Irizarry, J. (2012). Optimizing location of tower cranes on construction sites through GIS and BIM integration. *Electron. J.Inform.Technol.Constr.*, 17,361-366.
- Isherwood, R., McMahon, K., Shah, R., & Khanbabi, F. (2020). *The COVID-19 Workforce Challenge*. CII: <https://www.construction-institute.org/blog/2020/april-2020/the-covid-19-workforce-challenge> adresinden alındı
- İŞKUR. (2020, 05 16). www.iskur.gov.tr: <https://www.iskur.gov.tr/isveren/kisa-calisma-odenegi/genel-bilgiler/> adresinden alındı
- Jasoren. (2021). *Virtual reality in construction*. Jasoren: <https://jasoren.com/virtual-reality-in-construction/> adresinden alındı
- Jutte, B. (2012). *Project Risk Management Handbook*. USA: Xlibris Corporation.
- Kara., & I. (2004). *Türkiye Koşullarında Profesyonel Proje Yönetim Şirketlerinin Yapısı İçin Model Önerisi*. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri .
- Karaçar, P. (2000). Türk İnşaat Sektöründe İhale Sürecine Yönelik Risk Yönetimi Kapsamında Alan Çalışması. *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü.*
- KAYABAŞI, Y. (Eylül,2005). SANAL GERÇEKLİK VE EĞİTİM AMAÇLI KULLANILMASI. *The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET*.
- Kelaniya, W., & Lanka, S. (2020, 07). A Review on Sri Lankan Construction Industry L.P.D.S. Pathirana Kelani Cables PLC. *SSRG International Journal of Economics and Management Studies(SSRG-IJEMS)*, 2393-9125.
- Kıvrak, S., & Arslan, G. (2018). İnşaat proje imalatlarında artırılmış gerçeklik teknolojisi uygulamaları. *POLİTEKNİK DERGİSİ*, 379-385. doi:2147-9429
- Kocakulak, & M. (1997). Proje Yönetim Danışmanlığı Yapan Firma Bakışıyla Proje Yönetim Sistemi ve Uygulama Örneği. *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Koo, B. (2000). Feasibility study of 4D CAD in commercial construction. *J. Constr. Eng. Manage*, 126,251-260.

- KÜÇÜKERDEN, Ç., GÜRCANLI, G. E., & MAHÇİÇEK, S. B. (2021). İnşaat projelerindeki riskler ve bu riskleri azaltmak için inşaat sektöründe kullanılan sigortalar üzerine. *BAUN FEN BİLİMLERİ ENST. DERGİSİ* 23(2) 703-715,(2021), 707-708.
- Liamputtong, P. (2013). *Qualitative Research Methods* (4th ed.). Press., South Melbourne: Oxford University.
- Lueth, K. (2020, 05 11). *The Impact Of Covid on the Internet of Things-now and beyond the Great Lockdown:Part.* www.iot-analytics.com: <https://iot-analytics.com/the-impact-of-covid-19-on-the-internet-of-things/> adresinden alındı
- M.E. Portman *, A. N.-G. (eylül,2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture,landscape architecture and environmental planning. *Computers, Environment and Urban Systems.* journal homepage: www.elsevier.com/locate/ceus adresinden alındı
- MARSHA. (2021). AI Space Factory: <https://www.aispacefactory.com/marsha> adresinden alındı
- Mason, J. (2004). *Qualitative Researching, Second Edition*. London: Sage Publications.
- Mckinsey&Company. (2021, 07 03). <https://www.mckinsey.com/https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/restarting-after-covid-19-a-qa-with-clifford-chances-david-metzger?fbclid=IwAR1qmfswzCUDNQ1N4QTpRYw9DhCVDhpeQc37PR79gvY0aDKdd2m101dSCg> adresinden alındı
- McNeil, A., Frey, R., & Embrechts, P. (2005). *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques, and Tools*. Princeton University Press.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. *NIST U.S. Department of Commerce* , Special Publication 800-145.
- Minnullina, A., Savoskina, E., Frolova, E., Sevalnev, V., & Truntsevsky, Y. (2020). Features of risk management in the construction industry in a pandemic with limited use of transport. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.

- Minnullina, A; Savoskina, E; Frolova, E; Sevalnev, V; Truntsevsky, Y. (2020). Features of risk management in the construction industry in a pandemic with limited use of transport. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Neuman, W. L. (2014). Basics of Social Research;Qualitative and Quantitative Approaches. *University of Wisconsin-Whitewater*.
- Oehmen, J., Locatelli, G., Wied, M., & Willumsen, P. (2021). Risk, uncertainty, ignorance and myopia: Their managerial implications for. *Industrial Marketing Management*, 330-338.
- Ogunnusi, M., Hamma-adama, M., Salman, H., & Kouider, T. (2020). COVID-19 pandemic: the effects and prospects in the construction industry. *International Journal of Real Estate Studies*, 120-128. www.utm.my/intrest adresinden alındı
- Orel, F., & Akkan, E. (2018). Tedarik Zincirinde Risk, Risk Yönetimi ve Performans İlişkileri: Bir Literatür. *Beykoz Akademi Dergisi*, 6(1), 84-117.
- Orhan Ö., S. K. (2011). “Eğitimde Gerçekliğe Yeni Bir Bakış:. . <http://inettr.org.tr/inetconf16/bildiri/76.p> adresinden alındı
- Öztaş A., Ö. Ö. (2005). Judgmental Risk Analysis Process Development In Construction Projects, Building and Environment.
- Öztaş A., Ö. Ö. (tarih yok). Judgmental risk analysis process development in construction projects. *Civil Engineering Department, University of Gaziantep,Building and Environment 40*.
- Patton, M. (1987). *How to Use Qualitative Methods in Evaluation*. London: Sage Publications.
- PMBOK. (2013). Proje Yönetimi Bilgi Birikini Kılavuzu,PMI. İstanbul.
- Revit, A. (2021). *Revit for the 4D World: How to Create a 4D-Ready Model Within Revit*. Autodesk: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Revit-4D-World-How-Create-4D-Ready-Model-Within-Revit-2017> adresinden alındı
- Sacks, R., Liston, K., Eastman, C., & Teicholz, P. (2008). *A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- ScienceSoft. (2021). <https://www.scnsoft.com/services/iot/development> adresinden alındı

- Shanbari, H. A., Blinn, N. M., & Issa, R. R. (2016). Laser Scanning Technology and BIM in Construction Management Education. *Journal of Information Technology in Construction*, 204-217. https://itcon.org/papers/2016_14.content.09623.pdf adresinden alındı
- Shibani, A., Hassan, D., & Shakir, N. (2020). The Effects of Pandemic on Construction Industry in the UK. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 48-60. doi:<https://doi.org/10.36941/mjss-2020-0063>
- Soylu, Ö. (2020). Türkiye Ekonomisinde COVID-19'un Sektörel Etkileri. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD)*.
- Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication* 42(4).
- Straub, H. (2013). *The potential of Additive Manufacturing for façade construction*.
- Suiko. (2020). *The lean-led recovery from COVID-19: four steps to improve productivity*. Turner & Townsend: <http://www.suiko.co.uk/lean-led-recovery-covid-19/> adresinden alındı
- Sulankivi, K. Z. (2013). Utilization of BIM-based automated safety checking in construction. *Proceedings of International CIB World Building Congress*, 5–9.
- Sun, C., Jiang, S., Skibniewski, M. J., Man, Q., & Affiliation, L. S. (2015). A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry. *Technological and Economic Development of Economy*, 23(5), 764-779. <https://doi.org/10.3846/20294913.2015.1087071> adresinden alındı
- Şimşek, H., & Yıldırım, A. (2005). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Teizer, J. (2010). Autonomous pro-active realtime construction worker and equipment operator proximity safety alert system. *Autom. Contr.*, 630-640.
- TMMO. (2021, 05 15). *Endüstri 4.0 ve yeni teknolojinin kavramları*. www.mmo.org.tr: <https://www.mmo.org.tr/istanbul/haber/ayin-makalesi-endustri-40-ve-yeni-teknolojinin-kavramlari> adresinden alındı
- TOPÇU, B. (2013). İşletmelerde kurumsal risk yönetimi. *Akademik Yayınlar, İTO*, 19.

- TUIK. (2021, 05 20). data.tuik.gov.tr: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Isgucu-Istatistikleri-Agustos-2020-33792> adresinden alındı
- Türkiye Mühendisler Birliği. (2021). *İnşaat Sektörü Analizi*.
- Uğur, L. O. (2006). İnşaat Sektöründe Riskler ve Risk Yönetimi. *Seminer Notları*. İstanbul: TMB.
- W., A. (2000). *An Integrated Approach Of Contruction Risk Management And Evaluation ,Yayınlanmış Doktora Tezi,İstanbul Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Walliman, N. (2006). *Social Research Methods, Second Edition*,. Sage Publications: London.
- Wang, X., & Dunston, P. (2007). Design, strategies, and issues towards an augmented reality-based construction training platform. *ITcon*(12), 363-380.
- WHO. (2021, 05 2021). <https://www.who.int/>. World Health Organization: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019> adresinden alındı
- Wong, J.-Y., Yip, C.-C., & Yong, S.-T. (2020). BIM-VR Framework for Building Information Modelling in Engineering Education. *ijim – Vol. 14, No. 6*, 15-38. doi:<https://doi.org/10.3991/ijim.v14i06.13397>
- WORLD BANK. (2020, 05 15). www.worldbank.org: <https://www.worldbank.org/en/who-weare/news/coronavirus-covid19> adresinden alındı
- WSDOT. (2018). *Project Risk Management Guide*. Washington State Department of Transportation: Engineering and Regional Operations Development Division, Design Office, SAEO. 2021 tarihinde <https://wsdot.wa.gov/publications/fulltext/CEVP/ProjectRiskManagementGuide.pdf> adresinden alındı
- Y.Göç, & E.Acar. (2010). Yüklenici İnşaat Kobi'lerinde Girişimci Özellikleri ve Risk Yönetimi Uygulamaları. *1.Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi*.
- Yiğitöl, B., & Sarı, T. (2020). Küresel Salgınlar ile Mücadelede Endüstri 4.0. Teknolojilerinin Rolü. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 53-73.

- Yin, R. (2009). *Case Study Research: Design and Methods, 4th Edition*,. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Zawra, L. (2017, 09). Utilizing the internet of things technologies in the implementation of industry 4.0. *In International Conference Advanced Intelligent Systems and Informatics* , 798-808.
- Zou, Y., Kiviniemi, A., & Jones, S. W. (2017). A review of risk management through BIM ve BIM-related technologies. Liverpool, İngiltere.



Konferans Bildirileri

1. Şimşekalp Ercan, T., & Günlü, G. (2021). Risks of Construction Projects and Digital Practices in the COVID-19 Outbreak. *4th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism*, 705-710. doi:10.38027/ICCAUA2021TR0054N10

